

李洪庆,郑菲,赵姚阳. 不同环境风险情景下农业土地利用效应评价——以长沙市金井镇为例[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):302-307.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.080

不同环境风险情景下农业土地利用效应评价 ——以长沙市金井镇为例

李洪庆, 郑菲, 赵姚阳

(河海大学公共管理学院土地资源管理系, 江苏南京 210098)

摘要:农业环境风险控制是系统的、复杂的、长期的过程,须要综合权衡经济、社会和环境效益。以高集约化洞庭湖粮食主产区湖南省长沙市金井镇为案例,对未来 3 种情景,以农产品产量提高为主(maximizing agricultural production,简称 MAP)的情景、以水环境质量提升为主(improving water quality,简称 IWQ)的情景、以新型城镇化建设为主(new countryside construction,简称 NCC)的情景等通过景观格局、水环境质量、经济价值、生态系统服务价值、生物多样性与农户意愿综合评价农业土地利用效应。结果表明,3 种情景下景观格局均发生变化并表现出相应的景观功能,MAP 情景下农业经济效益居首,为 6.7 亿元, TN 年输出量为 343 t,水环境质量、生物多样性维持相对稳定;IWQ 情景下生态系统服务价值最高,为 20.33 亿元/年,生物多样性最优, TN 年输出量低至 175 t,农业生态旅游为主要收入来源;NCC 情景下城镇扩张迅速,其他评价指标与基准年保持稳定;农户意愿更加倾向于 MAP 情景发展模式,但是也期望实现 IWQ 情景的生态环境效果。通过展示不同环境风险情景下农业景观格局及其土地利用效应,可为决策者制定农业环境风险控制策略、寻求合适的农业发展模式提供科学的依据。

关键词:环境风险;土地利用效应;情景分析;效应评价;长沙市金井镇

中图分类号: F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0302-06

目前我国农业普遍实行集约化生产经营模式,不仅保证了我国的粮食安全,同时也为农民增收提供了有效途径,但是由于农村社会生产力低下、农业技术推广缓慢,高集约化农业生产模式仍然依靠投入大量的劳动力、农药、化肥来实现增产增收的目的,尤其是粮食主产区、城郊农业区等,长期过量的农药、化肥施用导致土壤质量下降^[1]、重金属污染^[2]、河流富营养化等^[3],甚至影响到粮食与食品安全^[4],直接危害人类健康^[5]。虽然我国已经高度重视农业造成的非点源污染问题,且取得了一定的研究成果^[6-7],同时也在积极治理,但是由于长期的累积,农业环境风险控制仍然面临很大的挑战。农业环境风险控制是一个复杂、系统的过程,目前既有从生态

工程方向来改善和治理农业环境的研究,如采取最佳管理措施(BMPs)^[8-9]、建立人工湿地系统^[10-11]等,也有从经济、政策^[12]等方面来引导与降低环境风险的研究,如建立生态补偿制度、农业水税制度^[13]等,但无论采取何种措施,都须要深入了解未来会达到何种效果。我国社会经济发展迅速,造成农业环境风险的不确定因素日益增多,除了农业投入过程本身造成污染以外,商业公司的介入或政府政策都能够极大地影响未来农业发展方向,进而影响农业环境风险,因此,须要分析在长期不确定情形下未来农业的发展情景。情景分析法作为一种预测方法,能够展现出未来不同的发展情景,有效帮助管理者避免过高或过低评估未来的变化及其影响,十分适用于战略管理、政策分析、风险评价、决策管理、可持续评价等,在环境经济、自然资源管理、生态保护等领域有广泛的应用空间。因此,本研究借助标准景观情景法,重点对提出的 3 种未来农业发展情景从景观格局、水环境质量、经济价值、生态系统服务价值、生物多样性与农户意愿等方面综合评价农业土地利用效应,向管理者展现未来不同农业环境风险情景下的

收稿日期:2017-08-04

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金(编号:2015B13614);

国家自然科学基金重点项目(编号:41130526)。

作者简介:李洪庆(1986—),男,山东招远人,博士,讲师,从事土地利用环境风险控制与景观生态研究。E-mail: lihongqing163@126.com。

[12] 蔡为民,唐华俊,陈佑启,等. 近 20 年黄河三角洲典型地区农村居民点景观格局[J]. 资源科学,2004,26(5):89-97.

[13] 任平,洪步庭,刘寅,等. 基于 RS 与 GIS 的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究[J]. 生态学报,2014,34(12):3331-3340.

[14] 谭雪兰,周国华,朱苏晖,等. 长沙市农村居民点景观格局变化及地域分异特征研究[J]. 地理科学,2015,35(2):204-210.

[15] 龙英,舒晓波,李秀娟,等. 江西省安福县农村居民点空间分布变化及其环境因素分析[J]. 水土保持研究,2012,19(5):

000171-180.

[16] 海贝贝,李小建,许家伟. 巩义市农村居民点空间格局演变及其影响因素[J]. 地理研究,2013,32(12):2257-2269.

[17] 车明亮,聂宜民,姜曙千,等. 平邑山区农村居民点分形特征及影响因素[J]. 农业工程学报,2010,26(增刊2):360-365.

[18] 姜广辉,何新,马雯秋,等. 基于空间自相关的农村居民点空间格局演变及其分区[J]. 农业工程学报,2015,31(13):265-273.

[19] 姜广辉,张凤荣,周丁扬,等. 北京市农村居民点用地内部结构特征的区位分析[J]. 资源科学,2007,29(2):109-116.

农业景观格局和土地利用效应,以期控制农业环境风险、寻求合适的农业发展模式提供科学的参考依据。

1 案例区概况

本研究案例区为湖南省长沙市金井镇($27^{\circ}55' \sim 28^{\circ}40' \text{N}$, $112^{\circ}56' \sim 113^{\circ}30' \text{E}$) (图 1), 位于洞庭湖粮食主产区, 面积为 $13\,440 \text{ hm}^2$, 其中耕地面积为 $2\,313 \text{ hm}^2$, 地貌类型以丘陵为主, 属于亚热带季风湿润气候, 降水较集中, 金井河与脱甲河是流域内的主要河流。金井镇是住房和城乡建设部小城镇建设试点镇, 是长沙市北部的工业强镇、农业重镇和商贸中心, 融入长沙市“半小时经济圈”, 有“金铸、金革、金茶、金薯、

金菜、金米”等“六金”品牌, 农民人均纯收入为 $11\,088$ 元, 农产品生产及加工主要有稻米、蔬菜和茶叶。

金井镇属于典型的城郊高集约化农业模式, 长期采用高施肥、农药的方式提升农产品产量, 调研发现, 旱地年均纯氮使用量约为 252 kg/hm^2 , 水田约为 285 kg/hm^2 , 严重超出了国际标准。流域内有多个大规模养殖场, 很多农户也有养殖行为, 粪便、废水、废弃物直接排入河流, 导致流域内水体污染较严重, 2010 年水污染物监测数据分析显示, 流域内水体具有高氮低磷特点, 水污染物总氮浓度高于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的 V 类标准, 严重影响了金井镇饮用水质量与下游水质。

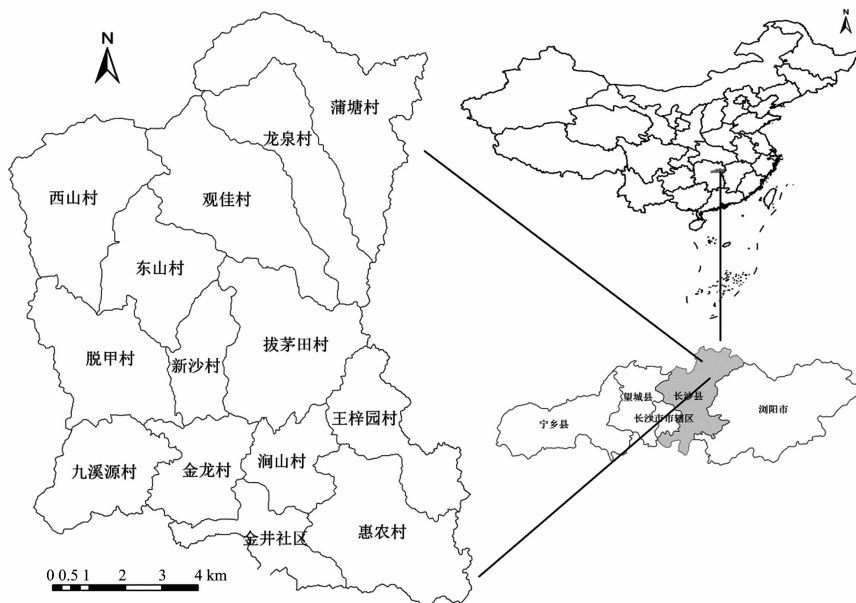


图1 金井镇位置及行政区划

随着经济社会的发展, 金井镇面临着新的发展机遇, 一方面要求保持经济快速增长, 积极发展特色产业, 如茶园、蔬菜、农业产业园等; 另一方面也面临着农业污染治理、农村环境整治、生态村镇建设等问题, 旨在在未来发展为 4A 级生态旅游镇, 两者之间须要相互配合、协调发展, 制定合理的发展规划、有效的政策法规等实现预期目标, 因此决策者须要了解不同环境、经济手段组合下未来景观格局与土地利用效应。本研究基于农业环境风险控制构建未来不同发展方向的情景, 重点对未来农业土地利用效应进行综合评价, 直接展现土地利用达到的效果, 并给予决策者多角度的参考建议。

2 不同环境风险下农业景观情景设计

标准景观情景法是情景分析法的一种, 强调将景观生态学的知识应用在政策分析中, 与传统的趋势外推法和政府规划预测相比, 该方法更加灵活, 可以设定多种变量因素, 建立多个可行的情景目标假设, 提供明确的实现路径; 与其他情景分析法相比, 该方法综合运用多学科领域知识, 专业性强, 强调利益相关者的参与, 并进行多方面综合效应评估, 非常适用于城乡建设规划、土地利用、自然资源管理等^[14]。

本研究采用标准景观情景法, 对相关利益者(包括农户、政府、企业与科研人员)调研数据进行分析, 结合金井镇的景

观格局特点、自然资源特点、经济与社会发展实际情况, 通过农业景观格局优化、农村生活废水与固体废弃物处理、养殖业调控等 3 个方面路径设计, 提出不同环境风险下的农业景观情景: 以农产品产量提高为主(maximizing agricultural production, 简称 MAP)的情景, 即提高农业生产总值, 同时保证环境风险不高于基准年; 以水环境质量提升为主(improving water quality, 简称 IWQ)的情景, 即水环境质量达到国家地表水标准, 并保证农户收入不低于基准年(2010 年); 以新型城镇化建设为主(new countryside construction, 简称 NCC)的情景, 即模拟在当前城镇化高速发展情况下乡村景观演变格局。3 种农业景观情景设计是基于经济、环境和社会不同的未来发展目标而建立的, 向管理者展示出不同发展方向下未来可能存在的农业景观格局(图 2)。本研究重点对设计的 3 种情景进行多方面的评价和对比, 了解不同发展模式下土地利用效应将达到何种效果, 从而使结果更加有助于管理者作出合理的决策。

3 不同情景下的土地利用效应评价

3 种土地利用情景分别强调了未来不同发展方向下的景观格局, 且表现出各自的特点, 为了更加直观地展现 3 种情景效果, 分别从景观格局分析、水环境质量、经济效益、生态系统

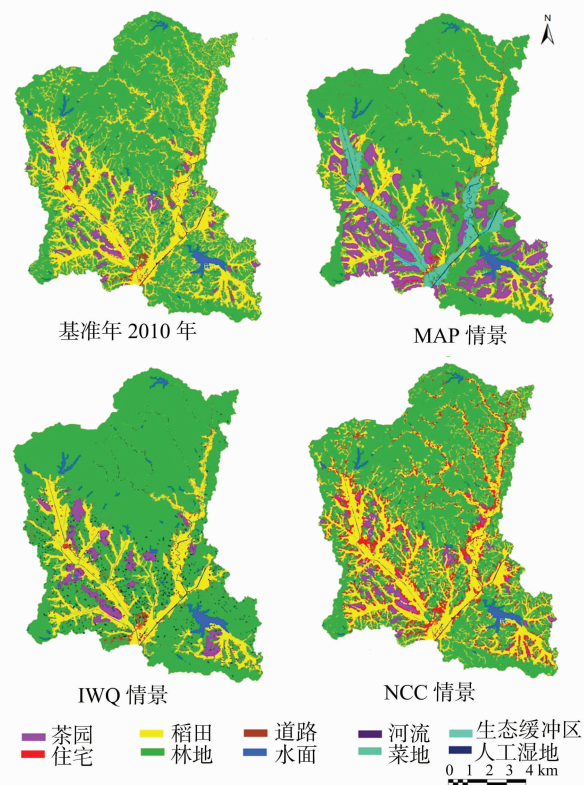


图2 不同土地利用情景景观格局

服务价值、生物多样性、农户意愿分析等方面进行土地利用效应评价,将得到的结果与基准年(2010 年)进行对比分析,并展示不同环境风险情境下土地利用效应。

3.1 景观格局分析

景观格局在一定程度上决定了景观功能,景观功能变化也会改变景观格局,因此,在设计情景实现途径时,景观格局优化是一个重要的环境风险控制方法。根据各自的情景假设目标,未来情景表现出各自不同的景观格局特点,其中景观构成见表 1。

结合图 2 景观格局分析可知,MAP 情景中为了维持低农业环境风险,林地景观面积基本维持不变,北部山区土壤条件差、面积零散的稻田与旱地实施退耕还林,但是土壤、交通条件良好的稻田变为蔬菜用地,总稻田面积虽然减少约 54.36%,但是经济效益却成倍增加,茶园面积迅速扩张,成为典型的优势产业,约为基准年的 5 倍,为了适应高集约化生产,对耕地、沟渠、河流、池塘、道路等进行土地整理,因此面积相应发生变化。IWQ 情景中为了提升水环境质量,将北部山区划为自然保护区,以保护饮用水源地,林地面积大大增加,由于退耕还林和自然保护区的建立等使得稻田面积减少了 43.16%,但是减少的主要为质量较差的二级耕地类,粮食产量仅减少约 25%,可以满足粮食安全的基本要求,茶园作为优势产业也逐渐增加,但速度远远小于 MAP 情景,生态缓冲区、人工湿地等为该情景特有景观类型,为提升水环境质量作

表 1 未来情景景观结构分析

景观类型	基准年面积 (hm ²)	MAP 情景		IWQ 情景		NCC 情景	
		面积(hm ²)	变化率(%)	面积(hm ²)	变化率(%)	面积(hm ²)	变化率(%)
林地	8 798	8 643	-1.76	9 971	13.33	8 284	-5.84
稻田	3 582	1 635	-54.36	2 036	-43.16	3 213	-10.30
茶园	328	1 668	408.54	425	29.57	326	-0.61
住宅	311	286	-8.04	232	-25.40	1 208	288.42
河流	69	103	49.28	100	44.93	69	0
道路	37	51	37.84	43	16.22	37	0
水面	317	211	-33.44	260	-17.98	306	-3.47
菜地	0	846		0		0	
生态缓冲区	0	0		42		0	
人工湿地	0	0		79		0	

出了很大贡献。NCC 情景中林地、稻田、茶园、水面面积变化较小,由于基于城镇发展趋势推导,乡村景观发生了巨大变化,城镇面积相对基准年增加了 3.88 倍。综上所述,相对于基准年,3 种不同假设目标下的土地利用结构均发生了变化,且基于不同的目标各自表现出各自的景观特色,代表着未来景观的功能定位,形成了鲜明对比。

3.2 水环境质量评价

水环境质量是未来发展十分关键的因素,也是未来环境风险控制重点监测指标之一,直接影响未来的景观格局。根据监测数据,金井镇农业非点源污染造成的地表水氮元素超标严重,因此水环境质量评价指标选取硝态氮(NO₃⁻-N)、铵态氮(NH₄⁺-N)、全氮(TN)浓度。水环境质量模拟与预测过程非常复杂,影响因素多,包括污染源、水文特征、气候变化等,相关模型虽然有很多,但是准确预测仍是一个难题。考虑未来情景是基于当前水文、气候、土壤、农业类型等参数设

计的,相对变化因素较少,因此采用非机理性水质模拟,利用线性分析、多元回归方法^[15]建立景观格局指数与水污染之间的关系模型,具体方法可参考已建立的模型^[16]。根据模型估算未来 3 种不同情景下污染物浓度值,将每个集水单元的平均浓度做成盒状。由图 3 可知,3 种情景的设计均满足原设定的目标假设,与基准年相比,MAP 情景水污染物年平均浓度低于基准年,水质量得到一定控制;IWQ 情景由于采用大量的生态环境风险控制措施,水环境质量基本控制在 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的 V 类标准内,水质提升非常明显;NCC 情景设计中由于人口、建设用地增加,导致污染源增加,因此呈现出很大的波动性,年平均污染物浓度略高于基准年,也在预计之中。

根据 2009—2010 年集水单元水径流监测数据,估算金井镇流域内不同污染物的年输出量。由表 2 可知,总氮年输出量表现为 IWQ 情景 < MAP 情景 < 基准年 < NCC 情景, IWQ

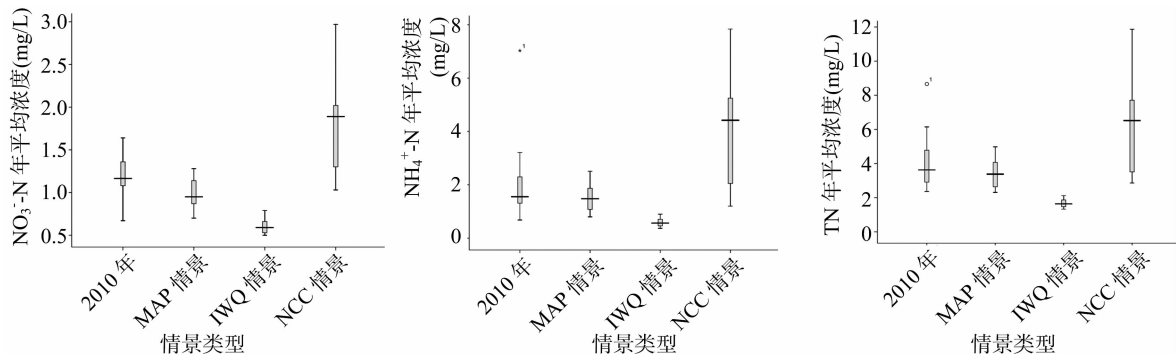


图3 未来情景污染物年平均浓度盒状

表 2 未来情景污染物年输出量

污染物	基准年输出量 (t/年)	MAP 情景		IWQ 情景		NCC 情景	
		输出量(t/年)	变化率(%)	输出量(t/年)	变化率(%)	输出量(t/年)	变化率(%)
NO ₃ ⁻ - N	170	133	-21.76	83	-51.18	241	41.76
NH ₄ ⁺ - N	143	93	-34.97	34	-76.22	242	69.23
TN	431	343	-20.42	175	-59.40	575	33.41

情景总氮输出量最小,约为 175 t/年,较基准年减少了 59.40%,而 NCC 情景为 575 t/年,较基准年增加 33.41%。在水环境质量评价分析中,IWQ 情景也表现出最优效果,说明在其情景设计下未来农业土地利用环境风险最低,如未来考虑以生态环境保护为侧重发展方向,则应重点参考此情景的发展模式。

3.3 经济效益评价

经济效益是衡量地区社会经济发展的重要因素,也是政府追求的重要指标,同时农民收入高低也决定了农民生活质量、农业发展方向等,由于本研究重点关注的是农业景观格局和土地利用发展模式,因此评价只考虑农业经济效益与农户收入。

农业是金井镇的主要收入来源之一,且一些加工业也基于农产品,已经形成了“金米、金茶、金菜、金薯”等特色产业,经济效益评价包括稻米、茶叶、蔬菜、木材、肉类与农业生态旅游等。本研究所用数据一部分来源于 2010、2014 年的实地调研,如粮食产量、水稻类型、面积、粮食收购价格、化肥农药投

入数量与价格等,另一部分来源于统计年鉴、公司经营、乡(镇)统计,如家庭户数与人口数量、蔬菜产量与价格,茶叶产量与收益等。

由表 3 可知,2010 年金井镇农业总产值为 3.95 亿元,主要收入来自养殖业,占 68%,由于养殖业造成的污染巨大,因此,在未来情景设计中养殖数量必须加以控制,并保持在畜禽养殖环境承载力范围之内。MAP 情景中继续积极发展茶园优势产业,收益增加为 2.5 亿元,约是基准年的 5 倍;同时大规模蔬菜基地的建立也增加了 1.9 亿元的农业收益,这也是 MAP 情景的特色产业。IWQ 情景中采用环境承载潜力下的养殖密度,设置水源地禁养区,养殖数量大大减少,基于生态涵养区、生态示范农业(如“百里茶廊”“茶文化节”“茶博园”等)、自然保护区等优势自然条件,传统农业逐渐向生态农业旅游业转变,生态农业旅游业的收益预计可达 3 亿元,但是总经济效益比基准年略高。NCC 情景中各项均衡发展,与基准年变化不大,维持稳定状态。

表 3 未来情景农业经济效益评价

经济来源	基准年效益 (亿元)	MAP 情景		IWQ 情景		NCC 情景	
		效益(亿元)	变化率(%)	效益(亿元)	变化率(%)	效益(亿元)	变化率(%)
水稻	0.752 1	0.434 0	-42.29	0.540 4	-28.15	0.674 7	-10.29
茶叶	0.492 5	2.501 9	408.00	0.638 1	29.56	0.488 6	-0.79
蔬菜	0	1.903 8		0		0	
肉类	2.697 2	1.293 6	-52.04	0.264 0	-90.21	1.719 3	-36.26
木材	0	0.129 6		0		0	0.00
农业生态旅游	0.010 0	0.500 0	4 900.00	3.000 0	29 900.00	1.000 0	9 900.00
合计	3.951 8	6.762 9	71.13	4.442 5	12.42	3.882 6	-1.75

金井镇是高集约化城郊农业区,农民收入高低在一定程度上也决定了金井镇未来农业发展的方向,这是一个全局性的问题,因此在考虑物价、人口数量的基础上展示各个情景下的人均农业纯收入,有助于管理者思考未来农户的收入来源(表 4)。

在 MAP 情景和 IWQ 情景中,农户纯收入均得到提升,其中 MAP 情景下最高,主要来源于茶园与蔬菜,IWQ 情景农户收入主要来源于农业生态旅游,而 NCC 情景由于重点在于城

表 4 未来情景农户人均纯收入构成

情景类型	人均纯收入(元)					
	水稻	茶叶	蔬菜	养殖	木材	农业生态旅游总计
基准年	1 501	348	0	1 734	0	12
MAP 情景	620 1	602 1	186	753	277	534
IWQ 情景	811	429	0	161	0	3 364
NCC 情景	1 104	283	0	907	0	967

镇化发展,因此农业发展较缓慢,在人口增速较快的状态下,农户的农业纯收入变化并不明显。

3.4 生态系统服务价值评价

农业除了能够提供直接经济效益外,其生态服务价值也越来越受到关注,成为评价生态环境的一个指标,该指标在资本量化时有一定的难度,目前常用方法为依据生态系统服务价值当量表进行修正估算,本研究根据 Costanza 等提出的生态系统服务价值评估体系^[17-18],结合金井镇的实际生产收益情况,计算出不同情景下的生态系统服务价值。

由表 5 可知,IWQ 情景的生态系统服务价值最高,为 20.335 8 亿元/年,高于基准年与其他 2 种情景,说明该情景能够提供更多的生态服务功能,尤其是在调节气候、涵养水源等方面表现尤为突出,这与 IWQ 情景中建立的自然保护区、禁养区、湿地、生态缓冲带有很大关系,其他 2 种情景生态系统服务价值与基准年相比变化不大,但是总体生态系统服务价值估算都远远高于直接经济价值。

表 5 未来情景生态系统服务价值

生态服务功能	生态系统服务价值(亿元/年)			
	基准年	MAP 情景	IWQ 情景	NCC 情景
供给服务	2.143 9	2.012 7	2.259 8	2.005 4
调节服务	9.505 9	8.940 6	10.804 2	8.937 0
支持服务	5.319 3	5.048 9	5.785 7	4.986 3
文化服务	1.283 8	1.231 9	1.486 1	1.210 2
总计	18.252 9	17.234 1	20.335 8	17.138 9

3.5 生物多样性评价

生物多样性是保持区域系统可持续发展的必要条件之一,其评级指标可表明该区域的生态环境如何,常用评价方法有物种多样性指数计算、生物多样性评价体系等,由于是对未来情景生物多样性进行评估,因此实地调研方法并不可取,所以采用基于景观生态学的景观格局指数来反应生物多样性,虽然具有一定的经验性与局限性,但仍能在一定程度上表示景观格局与生物多样性的关系。

由表 6 可知,MAP、IWQ 情景的散布与并列指数较高,表明在这 2 种情景下生态系统类型变化不大,较稳定,生物多样性受自然因素影响较小;但是 IWQ 情景中蔓延度指数与景观丰度密度最高,表明该情景下景观破碎度低,景观异质性最好,具有很好的连通性以及良好的生态廊道功能,且有可能生态系统受到人类的干扰最少;香浓多样性指数与生物多样性呈现正态分布关系,根据评估值可以判定金井镇香浓多样性指数与生物多样性指数关系处于正态分布右半区,MAP 情景与 IWQ 情景的土地利用程度超过了生物多样性最大值,在农业环境风险控制中要十分注意土地利用开发程度与景观破碎度;NCC情景中由于建设用地急剧增加及人口增加,对生态

表 6 未来情景生物多样性景观格局指数

情景类型	景观格局指数			
	散布与并列指数	蔓延度指数	景观丰度密度	香浓多样性指数
基准年	47.95	57.21	0.052 0	0.941 0
MAP 情景	67.66	56.81	0.059 5	1.180 1
IWQ 情景	67.60	67.39	0.074 4	0.939 9
NCC 情景	57.09	51.61	0.052 0	1.075 2

环境干扰较大,生物的生存空间被压缩,因此生物多样性表现较弱。

3.6 农户意愿分析

农户是土地利用、农业发展、农业污染控制的主要实践者,其行为直接影响未来的景观格局,在不同情景设计过程中须进行多次农户调研,了解农户行为与意愿,如了解到农户种地意识越来越淡薄、农业收益不再是影响其是否继续种地的主要因素、家庭耕地面积以 0.33 hm² 左右为宜、大部分农户希望出租自己的耕地等,这些调研结果是政府制定农业风险控制、发展规划不可忽略的因素。

根据农户对于未来情景中景观单元设计意愿调研结果分析可知,在未来景观布局上,农户作为理性人更倾向于整洁、易于管理、交通方便、收益较高的 MAP 情景发展模式,同时对于 IWQ 情景模式表现出极大的期望,80% 的农户愿意规范自己的行为,不会通过破坏生态环境来提升农业产量和个人收入,但是也对生态缓冲区和人工湿地的投资建设及其环境治理效果表示怀疑,这暗示管理者,农户主要关心的依然是如何提升家庭收入和生活水平,环境保护更需要科学的引导及持续地增加资金投入。

4 结论与讨论

本研究对未来 3 种农业发展模式,即以农产品产量提高为主的 MAP 情景、以水环境质量提升为主的 IWQ 情景、以新型城镇化建设为主的 NCC 情景进行综合评价,分别采用 ArcGIS 软件分析景观构成与格局、景观格局指数与水环境质量回归关系模型模拟水环境质量、市场直接测算法评估农业经济价值、生态系统服务价值评估体系评价生态系统服务价值、景观格局指数法评价生物多样性、调研统计法分析农户对不同情景的意愿,结果显示,MAP 情景下蔬菜基地和茶园成为特色景观,可以实现最高的农业经济效益、农户纯收入,同时水环境质量保持稳定;IWQ 情景下林地和生态缓冲区是特色景观,水环境质量最优,生物多样性和生态服务价值最高,同时农业经济效益和农户收入不降低;NCC 情景下乡村城镇是特色景观,住宅面积增加较多,同时水环境质量、农业经济效益等基本维持稳定。

本研究采用标准景观情景法描绘未来可能存在的农业发展情景,通过综合评价分析展示未来土地利用效应,该评价分析结果并不是说明未来哪一种情景会更好或哪一种情景更加适应未来的发展趋势,而是向决策者展示不同政策、环境控制方法、规划等可带来不同的土地利用效应结果,可为寻求制定未来合适的发展方向提供科学的参考。

从实际意义分析,金井镇政府为了保持经济的发展,引进了大型蔬菜基地、蔬菜加工厂,将传统稻田流转为高污染、高投入、高产出的蔬菜基地等,扩大茶园面积,破坏丘陵植被等造成一定的环境负面效应;同时为确保金井镇生活用水安全,有效减轻畜禽养殖污染,推进农村环境综合治理,加快建设生态村镇力度,制定一些相关的环境政策,如建立畜禽养殖禁养区、建立村级垃圾处理站、推广沼气、探索发展循环农业示范村等,积极改善生态环境。这些政策或行为之间存在一定的矛盾性,对于未来的发展具有不确定性影响,通过本研究展示的未来不同环境风险情景下的农业土地利用效应评价结果,

决策者可以根据实际需求来制定相关的发展策略,如未来偏向于经济发展优先型,则可多参考 MAP 情景设计模式,在控制一定的农业环境风险下发展特色经济产业,加快经济发展;如未来偏向于生态环境优先,则可多参考 IWQ 情景的设计路径,在经济、收入稳定发展下提升生态环境质量,完成生态村镇建设;但如在不干预情况下则会出现 NCC 情景的土地利用评价效应结果,因此该评价结果可以起到一定警示作用。基于该评价结果,决策者可以根据实际情况,协调经济、社会、生态之间的关系,共同发展,探寻一种合理可持续的农业发展模式。

参考文献:

- [1] Zhao B Q, Li X Y, Liu H, et al. Results from long-term fertilizer experiments in China: the risk of groundwater pollution by nitrate[J]. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2011, 58(3): 177 - 183.
- [2] 翁伯琦, 刘朋虎, 张伟利, 等. 农田重金属污染防控思路与技术对策研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(7): 1253 - 1258.
- [3] 王 未, 黄从建, 张满成, 等. 我国区域性水体农药污染现状研究分析[J]. 环境保护科学, 2013, 39(5): 5 - 9.
- [4] 周 亮, 徐建刚, 蔡北溟, 等. 淮河流域粮食生产与化肥消费时空变化及对水环境影响[J]. 自然资源学报, 2014, 29(6): 1053 - 1064.
- [5] 杨 平, 王海燕. 食品安全及其与施肥的关系[J]. 中国农学通报, 2009, 25(3): 49 - 55.
- [6] 石广明, 王金南, 董战峰, 等. 跨界流域污染防治: 基于合作博弈的视角[J]. 自然资源学报, 2015, 30(4): 549 - 559.
- [7] 刘梦霞, 周脚根, 黄 新, 等. 亚热带小流域 COD 负荷及影响因素分析[J]. 农业现代化研究, 2017, 38(1): 168 - 175.
- [8] Bracmort K S, Arabi M, Frankenberger J R, et al. Modeling long-term water quality impact of structural BMPs[J]. Transactions of the ASABE, 2006, 49(2): 367 - 374.

(上接第 294 页)

就 CLUE - S 模型本身而言,它只能识别 ASCII 格式的文件,因此在进行模型的运行过程中,格式转换问题繁杂,容易出现数据处理错误,导致模型运行失败或模拟结果偏差。因此,对于模型今后的开发和应用,统一的文件格式处理功能是重要的发展方向。

参考文献:

- [1] 陈功勋. 基于 CLUE - S 模型和 GIS 的土地利用变化模拟研究[D]. 南京: 南京大学, 2012.
- [2] 陆汝成, 黄贤金, 左天惠, 等. 基于 CLUE - S 和 Markov 复合模型的土地利用情景模拟研究——以江苏省环太湖地区为例[J]. 地理科学, 2009, 29(4): 577 - 581.
- [3] 陈 颢, 林毅伟, 林丽丽, 等. 基于 Markov 和 Logistic 模型的莆田市土地利用变化及林地转出空间模拟[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(2): 87 - 97.
- [4] 王艳东, 高露妹, 王 腾, 等. 基于改进 Markov 算法的人类活动

- [9] Panagopoulos Y, Makropoulos C, Mimikou M. Reducing surface water pollution through the assessment of the cost-effectiveness of BMPs at different spatial scales[J]. Journal of environmental management, 2011, 92(10): 2823 - 2835.
- [10] 张树楠, 肖润林, 余红兵, 等. 水生植物刈割对生态沟渠中氮、磷拦截的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(8): 1066 - 1071.
- [11] Guittonmyphilippe A, Masotti V, Hohener P, et al. Constructed wetlands to reduce metal pollution from industrial catchments in aquatic Mediterranean ecosystems: a review to overcome obstacles and suggest potential solutions[J]. Environment International, 2014, 64(3): 1 - 16.
- [12] 原伟鹏, 王 华, 刘新平, 等. 农户对耕地面源污染的防治意愿及其影响因素——以新疆玛纳斯县为例[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 549 - 553.
- [13] Mariola M J. Farmers, trust, and the market solution to water pollution: the role of social embeddedness in water quality trading[J]. Journal of Rural Studies, 2012, 28(4): 577 - 589.
- [14] 李洪庆, 刘黎明. 标准景观情景方法及其在新农村建设规划中的应用[J]. 农业工程学报, 2016, 32(增刊1): 305 - 311.
- [15] 宫殿林, 洪 曦, 曾冠军, 等. 亚热带典型农业流域河流水质多元线性回归预测[J]. 生态与农村环境学报, 2017, 33(6): 509 - 518.
- [16] Li H Q, Liu L M, Ji X. Modeling the relationship between landscape characteristics and water quality in a typical highly intensive agricultural small watershed, Dongting lake basin, south central China[J]. Environmental monitoring and assessment, 2015, 187: 129.
- [17] Costanza R, D'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. World Environment, 1997, 387: 253 - 260.
- [18] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 5 - 9.

信息挖掘[J]. 地理空间信息, 2017, 15(2): 1 - 5, 9.

- [5] Verburg P H, Soepboer W, Veldkamp A, et al. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE - S model[J]. Environmental Management, 2002, 30(3): 391 - 405.
- [6] Zhang P, Liu Y H, Pan Y, et al. Land use pattern optimization based on CLUE - S and SWAT models for agricultural non-point source pollution control[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2013, 58(3/4): 588 - 595.
- [7] 梁友嘉, 徐中民, 钟方雷. 基于 SD 和 CLUE - S 模型的张掖市甘州区土地利用情景分析[J]. 地理研究, 2011, 30(3): 564 - 576.
- [8] 曹瑞娜. 基于 GIS 和 CLUE - S 模型的山区土地利用情景模拟研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- [9] 李亦秋, 邓 欧, 张冬有, 等. 丹江口库区土地利用及其生态系统服务价值情景模拟[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 329 - 335, 封3.
- [10] 张 欣, 贾红雨, 朱 俊. 港口发展战略情景分析决策支持系统的研究[J]. 大连海事大学学报, 1997, 23(2): 15 - 18.