

DOI: 10.5846/stxb201803050434

任婷婷,周忠学.农业结构转型对生态系统服务与人类福祉的影响研究——以西安都市圈两种农业类型为例.生态学报,2019,39(7): - .

Ren T T, Zhou Z X. Influence of agricultural structure transformation on ecosystem services and human well-being: Case study in Xi'an metropolitan area. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(7): - .

农业结构转型对生态系统服务与人类福祉的影响研究 ——以西安都市圈两种农业类型为例

任婷婷^{1,2}, 周忠学^{1,2,*}

1 陕西师范大学地理科学与旅游学院, 西安 710119

2 陕西师范大学地理学国家级实验教学示范中心, 西安 710119

摘要:研究城市化地区农业类型转变对农业生态系统服务与人类福祉的影响,对调控都市农业发展、维持农业生态系统服务以及提升农户福祉等具有重要意义。以西安都市圈两个农业类型转变的村庄为案例,通过入户调查对村域的生态系统服务价值及人类福祉进行测算,分析农业转型下生态系统服务与人类福祉的相互影响。结果表明:(1)农业结构转型过程中,以粮食耕种为主的马家村的生态系统服务价值由 2000 年 141.88×10^4 元减少至 2017 年 117.58×10^4 元(降幅为 17.13%);而以蔬菜种植为主的火箭村生态系统服务价值由 727.23×10^4 元增长至 1753.23×10^4 元(增幅达 141.08%),其变化主要源于农业劳动力、农户行为及农业类型的影响。(2)不同农业类型下人类福祉差异明显,以蔬菜种植为主的火箭村人类福祉比以粮食种植为主的马家村高出 89%;表明由传统粮食种植转向现代都市农业可以提高人类福祉,在各福祉指标中农业纯收入对农户福祉影响最为显著。(3)不同农业类型下生态系统服务与人类福祉的相关程度不同,但都与农产品供给呈正相关,与农业纯收入呈负相关。以传统粮食种植为主的马家村村民对生态环境的关注度较低,而转向蔬菜种植的火箭村对水质等生态环境的关注度开始提高。生态系统服务价值和农户福祉的提升与农业类型显著相关,因此,可通过政府引导农户规划农业用地类型以优化景观格局,从而维持农业生态系统服务的可持续发展。

关键词:农业转型;生态系统服务;人类福祉;西安都市圈;相关分析

Influence of agricultural structure transformation on ecosystem services and human well-being: Case study in Xi'an metropolitan area

REN Tingting^{1,2}, ZHOU Zhongxue^{1,2,*}

1 School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China

2 National Demonstration Center for Experimental Geography Education, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China

Abstract: Studying the influence of agricultural type transformation on agro-ecosystem services and human well-being in urbanizing area has great significance on controlling urban agriculture development, maintaining agro-ecosystem services, and improving the well-being of farmers. Taking two villages of Majia and Huojian on behalf of two agricultural transformation model in the Xi'an metropolitan area as an example, we have measured the value of human well-being and agro-ecosystem services by household surveys data, and further analyzed their interaction in different transformation models. From 2000 to 2017, ecosystem-services value of the grain-farming Majia village decreased from 141.88×10^4 yuan to 117.58×10^4 yuan (by 17.13% decrease).), whilst the vegetable-planting Huojian village saw an increase from 727.23×10^4 yuan to 1753.23×10^4 yuan (by 141.08% increase). These changes primarily resulted from the alteration of agricultural labor number,

基金项目:国家自然科学基金项目(41271550)

收稿日期:2018-03-05; **网络出版日期:**2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhouzhx@snnu.edu.cn

farmer behavior and agricultural types. Additionally, we observed an obvious gap of human well-being value between two agricultural transformation models, that had 89% higher in Huojian village than that in Majia village. Specifically, agricultural pure income had significantly impact on change of the human well-being. Therefore, transformation from traditional grain planting to modern urban agriculture could improve human well-being. The degree of correlation between ecosystem services and human well-being differed among agricultural transformation models, but in these two models the human well-being values were positively related to the provisioning of agricultural products, and negatively related to agricultural net income. In Majia village, less attention was paid to the ecological environment, but Huojian village have begun to improve the awareness of the environment, such as water quality. Generally, the value of ecosystem services and farmer well-being are significantly correlated with agriculture types. Therefore, government policies can guide the design of agricultural types to optimize landscape patterns, allowing for the maintenance of sustainable development of agricultural ecosystem services.

Key Words: agricultural transformation; ecosystem services; human well-being; Xi'an metropolitan area; correlation analysis

农业生态系统是在人为控制下利用土地、光、热等自然要素逐渐形成的提供农产品的集约化的半自然生态系统,为人类提供供给服务、调节服务、支持服务及文化服务^[1]。人类福祉是一种健康、幸福、繁荣的状态,福祉水平与人类赖以生存的自然环境息息相关^[2]千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)中定义人类福祉包括:维持高质量生活的基本物质需求,健康、和谐的社会关系,安全、选择及行动的自由。人类需求的满足需要依赖于生态系统服务,本文认为以种植业为主的农村地域的人类福祉是指随着农业种植类型改变而使得人们的物质需求、经济条件、生态环境需求得到满足的前提下所产生到一种幸福的感觉。随着城市化的发展和技术的改进以及市场经济波动及国家政策的影响,世界各地的农业发生了很大的变革。中国作为世界上的农业大国之一,其土地利用及景观格局也发生了很大的演变,相应地生态系统服务的结构、过程、功能也受到不同程度的影响^[3-6]。在经济利益、政府政策及城市化影响驱动下,不同区域的农户对生态系统服务偏好不同,人们不断地调整农业生产结构、选择不同的农业类型来改变农业景观的结构和功能以获得最大的人类福祉^[7]。然而,城市化的快速发展在带动农业结构转型以满足城市居民日益增长的、多样化的物质需求的同时也产生了一系列的生态环境问题,如景观破碎度增加、生物多样性减少、土壤肥力下降、水体污染以及农业结构布局不合理等,导致生态系统的供给服务、调节服务、支持服务等生态功能退化^[7]。因此,在当前城市化地区,研究农业转型对农业生态系统服务与人类福祉的影响对调控都市农业发展、维持农业生态系统服务及提升人类福祉等具有重要的实际意义。生态系统服务作为连接生态系统与人类福祉的载体,一直以来是生态学、地理学、社会学、经济学等领域的研究热点,对于揭示农业发展对生态系统服务功能及人类福祉的影响机制具有重要的理论意义。

目前国内外学者在生态系统服务与人类福祉方面的研究主要集中在土地利用变化及景观格局演变对生态系统服务的影响,仅初步探讨了人类福祉的分类框架及影响因素等,而将生态系统服务价值与人类福祉结合起来的研究很少,从农业结构转型角度探讨其对生态系统服务以及人类福祉影响的研究则更为缺乏^[8-27]。如傅伯杰等研究了黄土高原地区退耕还林后土地利用变化对土壤保持、水文调节等生态系统服务的影响^[8],任志远等研究了陕西关中平原地区景观格局的变化^[9],但对生态系统服务变化对人类福祉的影响并未作进一步深入分析。针对人类福祉的研究始于20世纪50—60年代,MA将生态系统服务作为人类福祉的影响因素,将生态系统服务和人类福祉间的关系作为科学研究的主题后,掀起了人类福祉研究的热潮^[10]。当前围绕人类福祉的研究较少,黄甘霖等基于可持续发展的视角仅仅探讨了人类福祉研究的兴起、发展过程、基本概念和主要的研究成果及研究趋势^[10],丁屹红、唐琼等的研究仅局限于农户福祉,对人类赖以生存的生态系统服务没有涉及^[11-12]。王大尚对密云水库上游的生态系统服务及居民福祉关系的研究中,仅选取了农民人均年

收入来反映福祉水平的高低^[13]。针对农业转型的研究,自 2015 年中央经济工作提出农业供给侧结构性改革起,国内众多学者掀起了对农业转型的研究。目前国内外对农业转型研究较多,但对农业转型内涵理解不同,如翁鸣等人认为农业转型即在保证农产品质量安全的基础上,通过改变传统的农业生产方式,减少农业生产对化肥、农药的过度依赖,进而实现绿色农业发展^[14]。Vandecasteele 等人对农业转型的研究侧重于城市化引起农产品需求变化方面^[15]。农业转型对农户的生产方式的选择、农业种植结构的调整及生态环境有显著的影响,孙新华仅探讨了农业转型的动力机制^[16],宋冰洁等从农户行为角度对农业转型做了相关分析^[17],马晓冬等基于全要素生产率视角研究了江苏省农业转型发展的时空演变问题^[18],但都没有对农业转型对生态系统服务及人类福祉的影响进行进一步阐述。此外,当前针对生态系统服务及人类福祉的研究仍大多局限于大尺度区域范围内,如代光烁等研究了内蒙古高原生态系统服务与人类福祉的动态变化^[28],千旭宁等研究了渭干河流域生态系统服务空间溢出对人类福祉的影响^[29],但对村域尺度的生态系统服务价值与人类福祉问题并未作进一步研究。在我国以农户为基本单位的土地利用制度和农业生产模式下,农业结构、类型以及景观格局的变化直接受到农户行为的影响,因此,从村域尺度开展研究可以更加有效地反映农业转型对生态系统服务及人类福祉的影响。

一直以来西安都市圈是关中平原地区粮食产出的重要基地,城市化的发展及农业现代化技术变革等引起农业类型的转变,由传统粮食种植转向果业、蔬菜以及休闲农业等成为西安都市圈最突出的农业类型转变模式。农业类型的转变导致生态系统的供给服务、气候调节、娱乐文化等服务功能发生了很大变化,并对人们的生产、生活也产生了深远的影响。马家村及火箭村分别作为“传统型粮食-现代型粮食”、“传统粮食-大棚蔬菜”的典型村域,对于农业结构转型研究具有代表性。自 2000 年马家村大量年轻劳动力外流,农业机械化的提升促使马家村的农业发展在劳动力缺失的条件下得以继续维持,由传统的粮食作物种植向现代化粮食作物种植转变;火箭村在市场经济干预下部分农户开始发展蔬菜大棚种植,其收益相对于粮食作物较高,进而使得越来越多的农户由传统的粮食作物种植转向蔬菜大棚的种植。本文以保持粮食种植的马家村和转向蔬菜种植的火箭村这两种转变模式为例,通过农户问卷调查、参与式访谈和农业类型分布野外填图等相结合的方法,研究农业转型对生态系统服务功能和人类福祉的影响机制。研究内容包括:(1)测算两个村庄农业生态系统服务价值的变化;(2)构建人类福祉评价指标体系并测评两个村庄平均每户的人类福祉;(3)对生态系统服务功能与人类福祉进行相关性分析。这将对调控都市农业发展、维持农业生态系统服务功能及增加人类福祉具有重要意义。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

20 世纪 80 年代初,西安都市圈以种植小麦、玉米为主,此后随着城市化的快速发展,导致部分地区农业类型由传统的粮食种植向水果、蔬菜等现代都市农业转变,引起农业生态系统景观格局及生态系统服务发生了重大变化,同时也对农户福祉产生了深刻地影响。

马家村位于武功县贞元镇,距西安市城北 7.5 km 处,全村 150 户,总人口 700 人(其中约半数人口外出务工,多从事建筑、服务、餐饮等行业,以短期工居多,多分布于西安市周边,如图 1 所示)。全村农用地 68.93 hm²,其中林地面积 0.26 hm²,草地 5.93 hm²,宅基地 0.02 hm²/户。2000—2017 年年农作物一直以小麦和玉米为主,农业机械化水平提高,农作物产量也提升较快。自 2013 年起部分农业景观由耕地转向林地,生态系统服务价值有所增加,但伴随劳动力外出务工而出现了土地撂荒现象,部分耕地逐渐转变为草地。

火箭村隶属高陵区通远镇,位于西安市高陵区西北 3 km 处,全村辖设 9 个小组,共 1176 户,总人口 4962 人,全村土地面积 353 hm²,其中耕地 15.46 hm²,蔬菜大棚 9.47 hm²,宅基地约 0.02 hm²/户。2000 年以前农作物以小麦和玉米为主,自 2007 年小麦、玉米的种植实现机械化耕作。在政府政策、经济驱动及城市居民多样化需求选择的驱动下,大部分农户开始发展蔬菜大棚,农业景观逐渐地由耕地转向林地、园地、菜地等,发展趋

势呈现多样化,生态系统服务价值有所增加。但景观类型的多样化导致景观格局的破碎度增加,斑块面积减小,阻碍了物种间的物质迁移和能量流动,对生态系统服务价值产生了一定地负面影响。

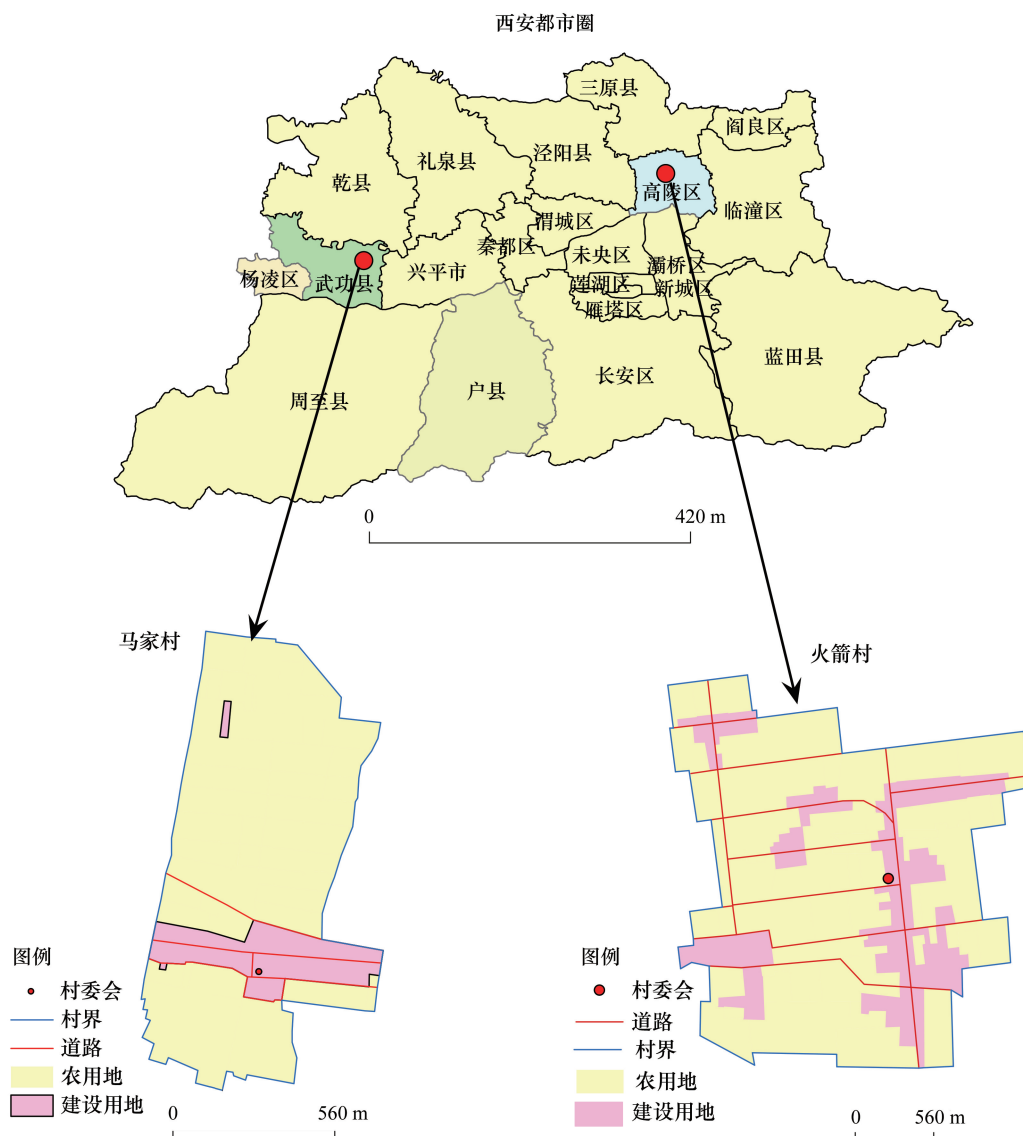


图1 研究区

Fig.1 Study area

1.2 数据来源

研究中采用的数据包括遥感影像数据、野外调查数据以及社会经济数据。具体为:①以 2017 年 TM 遥感影像数据(<http://earthexplorer.usgs.gov/>)为底图,结合野外调查,利用 ArcGIS10.0 软件进行人工填图勾绘得到 2017 年农业类型分布图;将农业类型分布图与生态系统服务价值相关联,得到 2000—2017 年马家村以及火箭村生态系统服务价值空间格局变化图。②人类福祉指标数据来源于农户问卷调查和农户参与式访谈,并参考农业发展数据和相关社会经济数据。

2 研究方法

2.1 生态系统服务功能测算

农业生态系统能够为人类提供丰富的农产品,如粮食、蔬菜、水果等;此外,农业生态系统还能够调节局部

小气候以及促进大气中的碳氧收支平衡,滞尘、杀菌、吸收空气中的有害气体以及缓解人们的精神疲劳,促进社会交往等^[30-32]。因此,本文综合考虑上述因素,选取了 5 项生态系统服务功能:供给服务、固碳释氧、气候调节、环境净化、娱乐文化服务。本文采用以往学者修正后的西安都市圈“单位面积生态系统服务当量因子”,利用价值法对农业生态系统服务各功能进行量化^[33-39]。

2.2 问卷调查和农户访谈

2017 年 3 月份到 2017 年 7 月份,对马家村和火箭村的农户进行问卷调查,一共发放了 100 份调查问卷,其中有效问卷为 90 份(有效率 90%),有效问卷数达到置信度 95% 及最大允许误差 7% 以下简单随机抽样所需的最小样本量。问卷内容包括农村情况调查和农户情况调查(表 1)。

表 1 农户信息情况

Table 1 Information of peasant households

类别 Category	分类 Classification	人数(马家村) The number of people (Majia village)	人数(火箭村) The number of people (Huojian village)
性别 Gender	男性/女性	18/23	35/14
年龄 Age	30 岁以下	0	0
	30—50 岁	24	14
	50—60 岁	12	24
	60 岁以上	5	11
家庭人口数 Family population	<4 人	5	13
	4—5 人	15	20
	>5	21	16
受教育程度 Education	小学以下	0	0
	小学	10	14
	初中	23	25
	高中	8	10
	大专及以上	0	0
家庭人均年收入/元 The annual average family income	0—5000	7	4
	5000—8000	14	12
	8000—10000	16	25
	>10000	4	8

2.3 人类福祉指标体系构建

福祉是具有多层次、多要素组成的复杂的体系,从生态系统中所获得的直接满足人类需求的服务即为人类福祉^[40]。本文认为人类福祉是指以种植业为主的农户通过改变农业类型而使得人们的生活水平、生态环境得到改善的前提下所产生到一种幸福的感觉。基于农户福祉的提升主要依赖于经济收入的提高及其生产、生活环境的改善,本文结合 MA 所提出的关于人类福祉的基本物质需求、安全这两个基本要素,侧重于生态系统服务方面选取了 12 个指标来测度生态视角下人类福祉水平,包括资源获取能力、生产及生活资料满意度、经济收入水平以及生态环境污染状况 4 个方面,同时结合研究区域的实际情况进行了调整。例如,经济收入水平仅仅考虑农业纯收入以及政府的农业补贴,而将务工或者其他收入不作考虑。各项福祉指标对人类福祉的影响程度不同,为了避免主观赋权法所带来的随机性、臆断性问题,本文权重通过熵值法来确定^[41],具体如表 2。

2.4 相关分析法

利用 Excel 和 SPSS 软件,通过皮尔森相关系数分析生态系统的供给服务、固碳释氧、气候调节、环境净化、娱乐文化服务与人类福祉各因子之间的相关性,并检验其在 $\alpha=0.01$ 及 0.05 下的显著性水平。

表 2 人类福祉指标体系
Table 2 Indicators of human well-being

福祉要素 Components of human well-being	指标层 Index layer	福祉变量取值 Well-being variables	权重 Weight
资源获取能力 Resource acquisition capability (0.31)	农产品供给	<10000 元/户 = 1 10000—20000 元/户 = 2 20000—30000 元/户 = 3 30000—40000 元/户 = 4 >40000 元/户 = 5	0.17
	人均耕地面积	<0.03 hm ² = 1 0.03—0.07 hm ² = 3 >0.07 hm ² = 5	0.11
	交通便利条件	公交 = 1 无公交 = 0	0.03
	粮食安全满意度	极不满意 = 1 不满意 = 2 一般 = 3 较满意 = 4 满意 = 5	0.03
生产、生活资料满意度 Production and subsistence satisfaction (0.27)	水质满意度	极不满意 = 1 不满意 = 2 一般 = 3 较满意 = 4 满意 = 5	0.11
	空气质量满意度	极不满意 = 1 不满意 = 2 一般 = 3 较满意 = 4 满意 = 5	0.01
	土壤肥力满意度	极不满意 = 1 不满意 = 2 一般 = 3 较满意 = 4 满意 = 5	0.12
	经济收入水平	<5000 元/户 = 1 5000—10000 元/户 = 2 10000—20000 元/户 = 3 20000—30000 元/户 = 4 >30000 元/户 = 5	0.27
生态环境污染状况 Ecological environment pollution (0.14)	农业纯收入	有 = 1 无 = 0	0.01
	生活垃圾	焚烧 = 1 无处理 = 3 集中处理 = 5	0.04
	田间秸秆处理	焚烧 = 1 无处理 = 3 回田 = 5	0.09
	化肥、农药使用情况	4500 元/hm ² = 1 3000 元/hm ² = 3 1500 元/hm ² = 5	0.01

3 结果分析

3.1 不同农业类型下生态系统服务变化分析

农业类型、结构等受到人类活动的干扰,如不同的农业类型下农户的生产方式、生活习惯、农业生产规模、技术及生产结构不同,农业生态系统服务的结构、过程、功能等也会差异较大^[42]。本文利用价值法测算得到马家村以及火箭村 2000 年、2017 年农业生态系统服务的功能价值表(表 3),为避免物价上涨对生态系统服务价值的影响,本文根据 2000、2017 年期间物价上涨指数对农业生态系统服务价值进行了修正和调整。

研究发现,2000—2017 年马家村供给服务和固碳释氧服务呈下降趋势,分别减少 3.66%、47.7%。其原因主要是随着城市化的发展,传统粮食种植中化肥、灌溉、机械化耕作等投入不断增加,而粮食种植收益相对较低,无法满足农户日益增长的生活需求。马家村距西安市较近且交通便捷,迫使大部分年轻人外流进而导致农村劳动力缺失,出现了土地撂荒或者管理不善等问题,使得生态系统的供给服务和固碳释氧服务功能也相应地降低。与火箭村相比其气候调节、环境净化、娱乐文化功能分别增加了 0.75%、6.31%、75.03%。由于部分农户的土地由耕地转为林地,不同农作物类型对 CO₂的吸收能力不同,已有研究发现林地对于调节气候、缓解温室效应具有积极作用^[38]。此外,在粮食耕作过程中,农户有意识地合理控制化肥农药的使用量,尽量使用高效肥及低残留农药,统一回收处理田间垃圾,严格监控秸秆燃烧、进行街道整治、道路硬化等,使得生态系统的调节服务、娱乐文化服务等有所提升。火箭村由传统的粮食种植转向蔬菜种植,其生态系统服务价值变化较大(图 3、5)。其中,固碳释氧功能价值减少了 42.68%,其他生态系统服务功能价值则呈现明显地增加趋势,尤其生产服务价值及休闲服务大幅上升,分别增加了 231.52%、427.5%(表 3)。主要由于火箭村自 2010 年开始发展蔬菜大棚(包括西红柿、黄瓜、芹菜、辣椒等)、林业、花卉等产值较高的农产品,建立了银杏及月季等花卉庄园供人们闲暇时间参观,在缓解生活压力的同时为枯燥、单一的乡间生活增添了生活趣味。

20 世纪 80 年代以前,大部分农户以种植粮食为主,随着城市化的发展及政府政策的影响,部分农户开始调整农业类型,发展经济收益较高的蔬菜、水果等现代都市型农业。目前,大多数农户通过施肥、技术改进来达到农业高产的目的,但农业生产过程中人们对供给服务的过度需求导致了调节服务、娱乐文化等生态服务功能的变化。本文研究发现以粮食种植为主的马家村生态系统服务总价值减少,而以蔬菜种植为主的火箭村

生态系统服务价值则显著地增加。其中,农业转型过程对生态系统服务中的娱乐文化功能影响最为明显。由粮食种植转变为草地的过程中生态系统服务价值急剧减少,由粮食种植转变为林业、花卉及蔬菜种植的过程中生态系统服务价值增加(图 2—图 5)。因此,可通过政府引导农户规划农业用地类型以优化景观格局,从而维持农业生态系统服务的可持续发展。

表 3 马家村及火箭村 2000、2017 年农业生态系统服务价值

Table 3 The value of agro-ecosystem services in Majia and Huojian village in 2000 and 2017

生态系统服务价值 Ecosystem services value	马家村 Majia village			火箭村 Huojian village		
	2000 年/万元	2017 年/万元	变化率/%	2000 年/万元	2017 年/万元	变化率/%
供给服务 Provision service	90.16	86.86	-3.66	473.62	1570.16	231.52
固碳释氧 CO ₂ absorption and O ₂ release	35.29	18.45	-47.7	191.18	109.59	-42.68
气候调节 Climate regulation	10.14	10.22	0.75	53.32	57.13	7.15
环境净化 Environment purification	1.56	1.66	6.31	7.51	7.91	5.33
娱乐文化 Entertainment and culture	0.23	0.39	75.03	1.60	8.44	427.5
合计 Total	141.88	117.58	-17.13	727.23	1753.23	141.08

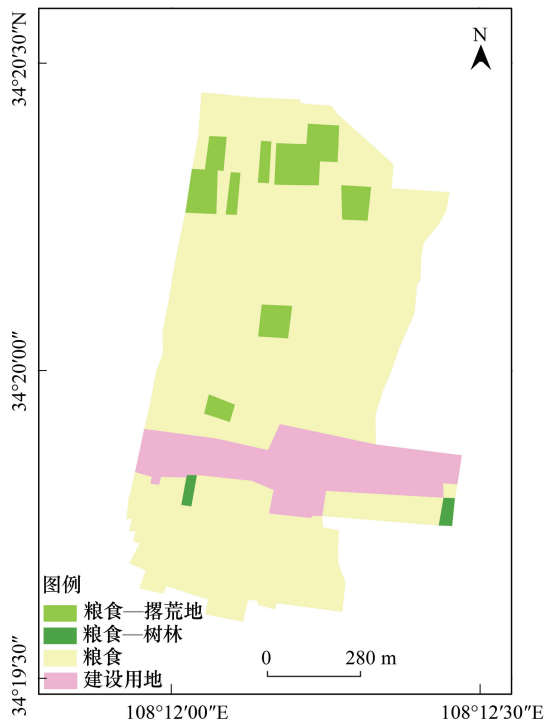


图 2 2000—2017 马家村农业类型变化图

Fig.2 The change of agricultural types in Majia village during 2000—2017

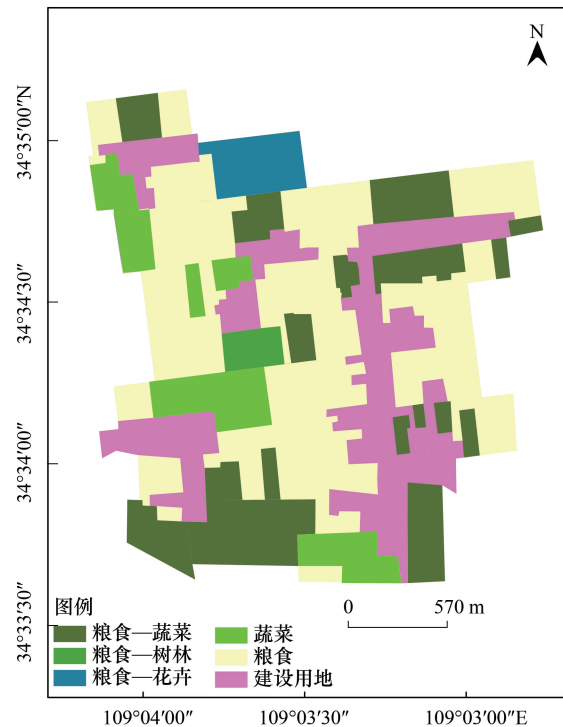


图 3 2000—2017 火箭村农业类型变化图

Fig.3 The change of agricultural types in Huojian village during 2000—2017

3.2 不同农业类型下人类福祉的影响因子分析

不同农业类型下农户所获得的农产品供给、收入等不同,进而使得人类福祉不同;反之,农户根据自身福祉水平选择种植不同的农业类型,以调整农业景观格局、增进人类福祉。

根据人类福祉指标体系测算得到马家村及火箭村的人类福祉的平均值为 2.56/户、4.83/户(图 6),其值越高则生活在该地区的农户幸福感相应地就越强。因此,由传统粮食种植转为蔬菜种植有利于增进农户福祉。

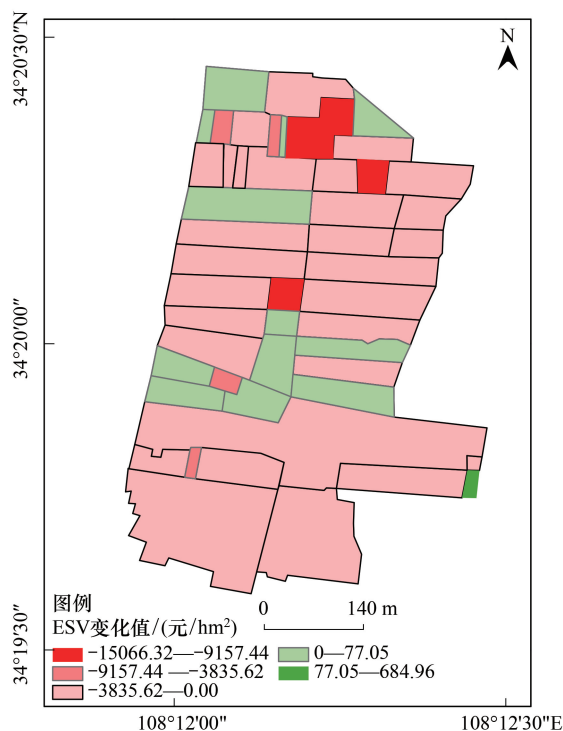


图4 2000—2017 马家村生态系统服务价值变化图

Fig.4 The change of ecosystem services value in Majia village during 2000—2017

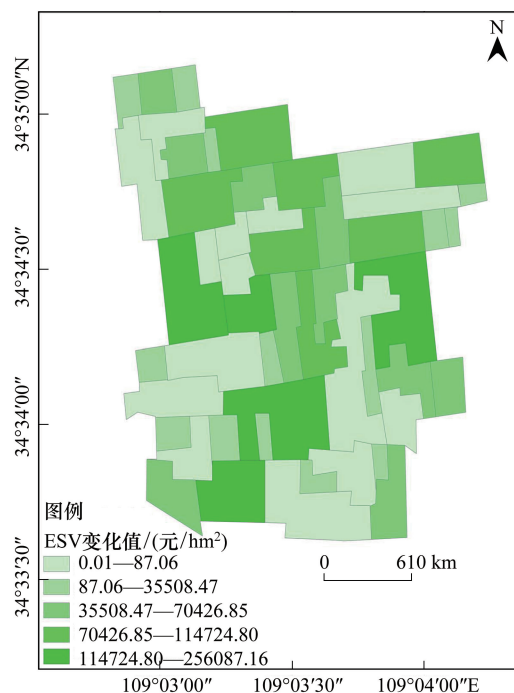


图5 2000—2017 火箭村生态系统服务价值变化图

Fig.5 The change of ecosystem services value in Huojian village during 2000—2017

不同农业类型下各福祉因子对人类的影响程度不同,但其共同点是农户更多地受到经济收入对自身幸福感的影响,较少关注空气质量以及土壤肥力等生态环境的变化。此外,以粮食种植为主的马家村的人类福祉受田间秸秆处理的影响较大。20 世纪 80 年代以前,受传统耕作习惯以及薄弱的环保意识的影响,农户焚烧大量的秸秆,不仅排放出大量 CO 、 SO_2 、 NO_2 等气体污染空气环境,而且降低了土壤蓄水保墒能力,使得粮食的产量降低^[43-44]。目前,农户大多采用机械化耕作,将农业废弃物如秸秆等利用大型机械直接回田,使得土壤容重降低,提高了土壤肥力^[45]。马家村虽然仍以粮食种植为主,但机械化的耕作方式提高了生产效率,也降低了田间秸秆对空气的污染,因而对人类福祉产生了一定的积极效益。对于火箭村而言,水质满意度及人均耕地面积对人类福祉的影响较大。农作物病虫害及土地肥力是影响蔬菜生产的主要因素,为保证一定的产量,以往农户主要通过使用除草剂、杀虫剂等化学农药来防治病虫害。此外,芹菜等蔬菜作物的种植对地力消耗较大,农户依据传统的生产实践经验而大量施用化肥、农家肥等,农药残留以及农业废弃物等导致农业面源污染,进而引起水质恶化^[46-47]。自 2010 年开始,农村建立农业生产合作社,对发展蔬菜大棚的农户进行技术培训,并鼓励倡导采用滴灌施肥技术,提高了水肥利用率,进而保证西红柿、黄瓜等蔬菜种植的持续发展。此外,政府及有关农业部门鼓励农户施用生物化肥,避免了传统的化学农药对农户自身健康的危害。蔬菜大棚的高收益吸引了大量农户就地就业,刺激了部分农户对土地的大量需求,因而人均耕地面积对以蔬菜种植为主的农户福祉影响较大。

3.3 生态系统服务与人类福祉的耦合关系

3.3.1 生态系统服务—人类福祉耦合机制

城市化发展过程中人口数量、经济总量、空间规模以及生活质量的变化引起景观格局的变化,进而使得生态系统服务的结构、功能等发生变化^[48-49]。生态系统服务价值的高低影响人类福祉水平的高低,反过来,人们根据福祉的高低及偏好选择不同的农业类型,也会使得生态系统服务价值发生变化(图 7)。

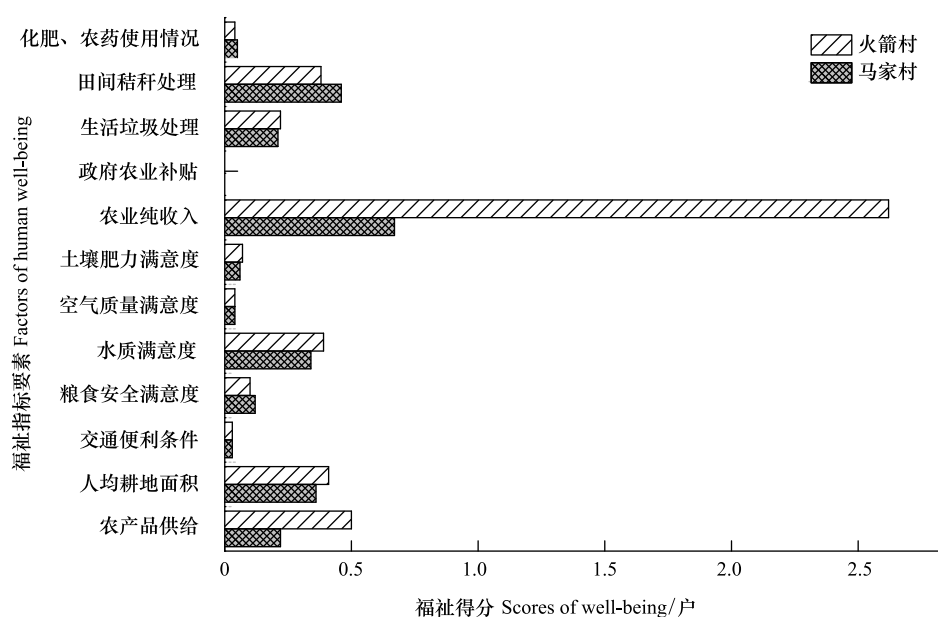


图 6 马家村、火箭村各福祉指标得分

Fig.6 Factors' scores of well-being in Majia and Huojian village

3.3.2 生态系统服务与人类福祉的相关性分析

人类福祉水平依赖于生态系统所提供的供给服务、调节服务、支持服务等,相应地农户根据人类福祉的高低来选择不同的农业类型、采取不同的生产及生活方式等直接或间接地影响到生态系统服务。为了进一步探究生态系统服务及人类福祉之间的相互关系,本文通过测算生态系统服务价值与人类福祉的相关系数,分析不同农业类型下生态系统服务价值与人类福祉之间的相关性(图 8)。

农业生态系统对人类福祉和生活质量具有显著地影响,心理学和医学研究发现亲近自然环境对改善人体健康及增进福祉具有积极的意义,如缓解心理压力^[50]。不同农业类型及其景观格局不同,相应地生态系统服务功能对人类福祉的影响也不同。反之,人类根据自身福祉通过改变土地利用方式、选择不同的农业类型等活动,对生态系统服务的结构、过程、功能等施加不同的影响。不同的农业类型下,生态系统服务功能与人类福祉的相关性具有显著地差异。

通过相关分析发现其共同点是生态系统服务均与农产品供给呈显著正相关,而与农业纯收入呈负相关,其原因可能是由于耕作方式、科学技术等的发展使得自然条件对人类发展的束缚力减弱,或者是由于生态系统服务变化的同时人类福祉的变化相对滞后^[51]。其不同点在于以传统粮食种植为主的马家村生态系统服务功能与空气质量满意度低度正相关,与水质满意度、土壤肥力满意度低度呈负相关。以蔬菜种植为主的火箭村生态系统服务功能与人均耕地面积负相关,供给服务、娱乐文化服务与水质满意度显著正相关。由此表明,以粮食种植为主的马家村比较关注农产品供给等物质需求,在种植过程中施用大量化肥、农药等,对生态环境质量关注度较低。而对于农业转型后的火箭村而言,人均耕地面积、水质等对农户的影响较显著,人们在满足物质需求的同时对生态环境的关注度提高。

4 讨论和结论

4.1 讨论

关于生态系统服务价值的变化,大量研究表明,城市化过程中土地利用变化或者景观格局变化导致生态系统服务价值降低。与以往土地利用变化下测算生态系统服务价值不同,本研究从农业类型转变的角度研究了生态系统服务价值的变化,揭示了农业结构转变对生态系统服务及景观格局影响机理,并反映了当前关中平原地区农业发展现状,对于农业规划、生态补偿及生态系统服务管理等具有重要意义。通过将两个村庄的

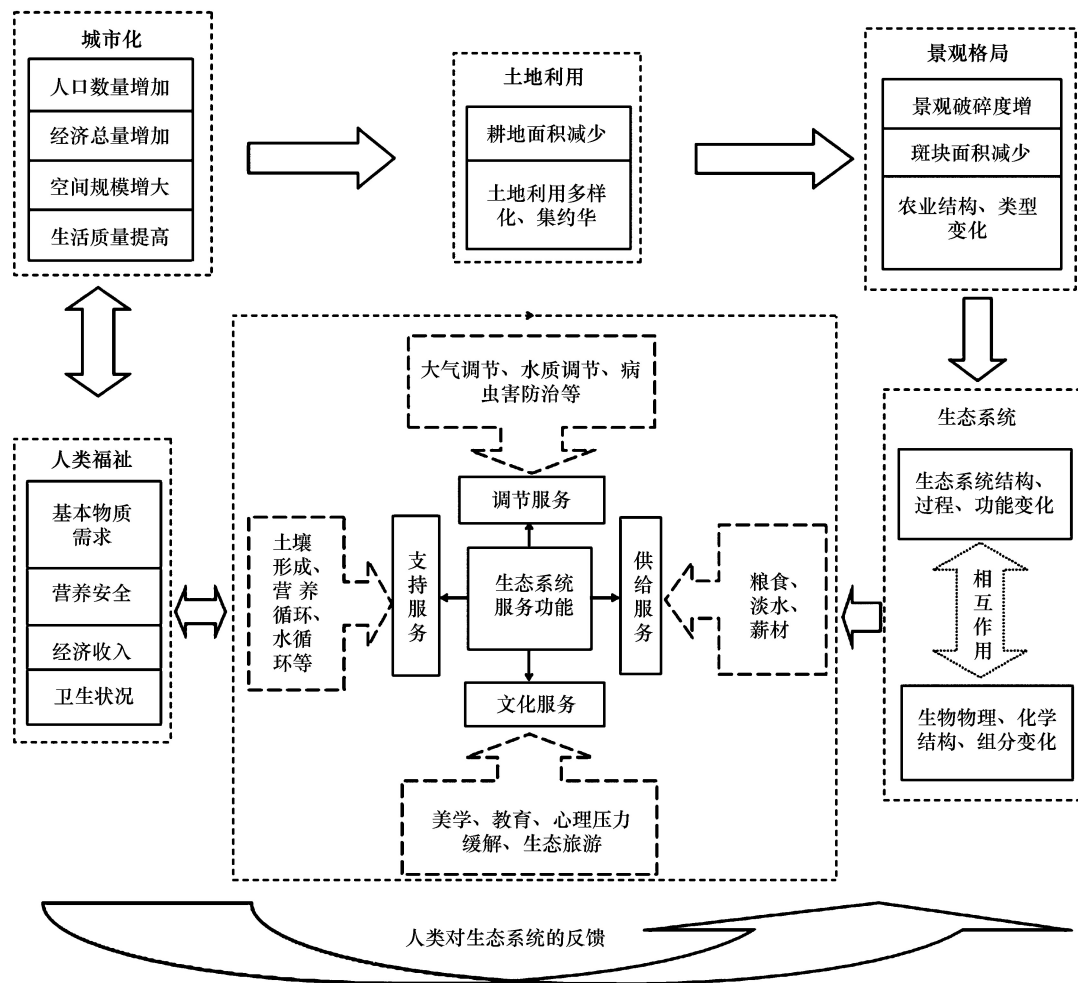


图7 生态系统服务——人类福祉耦合机制图

Fig.7 The coupling mechanism between ecosystem services and human well-being

生态系统服务价值测算结果空间化,直观地反映了农业类型由粮食转变为蔬菜种植过程中,生态系统服务价值提升了141.08%。其变化原因主要是:(1)马家村部分粮食种植区转变为撂荒地,而火箭村大量粮食种植区转化为蔬菜种植区。撂荒地的生态系统服务价值系数相对较低,因而导致马家村生态系统服务价值呈减小的趋势。(2)马家村的农业类型以粮食为主,而火箭村的农业类型由粮食转为蔬菜、花卉等。在经济拉力上,蔬菜、花卉等经济收益明显高于传统的粮食作物,此外,火箭村建立农业生产合作社对农户定期进行技术培训,使得农户的栽培技术与生态安全意识有所提升,进而刺激了蔬菜大棚的发展。在政府政策的鼓励下,火箭村大规模发展蔬菜大棚,使得供给服务、调节气候、净化环境以及娱乐文化服务等生态功能增加。因此,政府可以引导农户积极转变农业类型以调控城市化地区的农业发展、改善区域生态环境,而且马家村及火箭村农业类型转变模式研究可以为其他农村农业的可持续发展提供参考。

近年来,随着城市化的发展、农业技术的改进及国家政策的影响,西安都市圈部分地区农业发生了很大的转型,由传统的粮食种植转向果业、蔬菜等现代都市农业对人类福祉产生了很大的影响。结合研究的村域尺度的福祉及当地实际情况,本文从生态学的视角选取指标测算人类福祉,进而研究生态系统服务与人类福祉间关系。其研究结果与刘家根、Luisa E 等人的结论一致,表明生态系统服务价值与经济收入存在一定的负相关,农业转型过程中不同地区间福祉总体差异不大,但不同农业类型下各福祉因素对农户福祉影响程度不同。第一,由于农户福祉的提升主要依赖于经济收入水平的提高,因而经济的发展一定程度上可以缓解生态环境恶化对农户福祉的影响,故由传统的粮食种植向现代都市农业发展可以提高农户的福祉。第二,各福祉因素

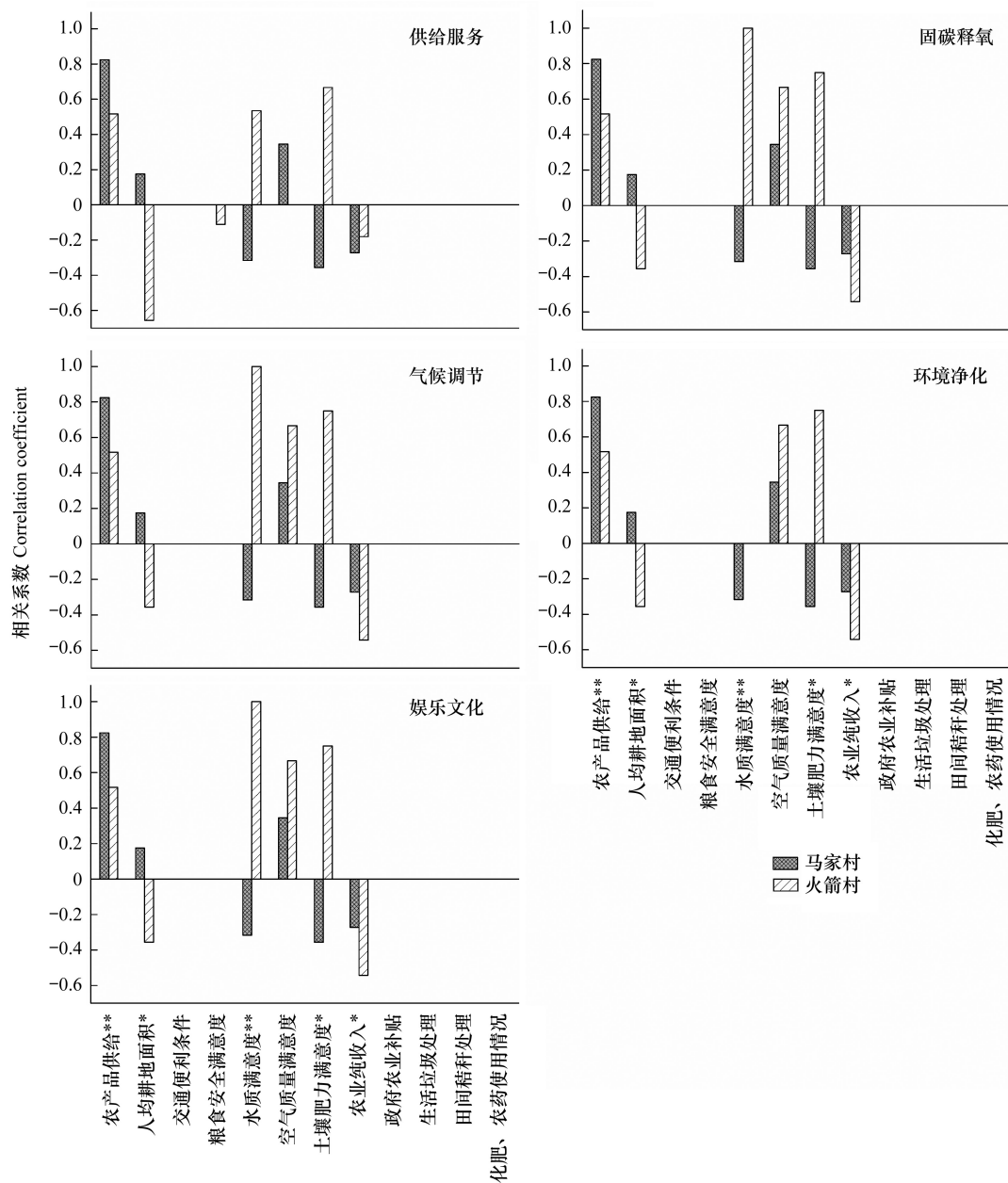


图 8 不同农业类型下生态系统服务与人类福祉的相关系数

Fig.8 Correlation coefficient between ecosystem services and human well-being under two agricultural production

* 表示 0.05 水平上显著; * * 表示在 0.01 水平上显著

对农户福祉影响中,以粮食种植为主的马家村的人类福祉受田间秸秆处理影响较大,而以蔬菜种植为主的火箭村的人类福祉更易受到人均耕地面积和水质的影响。因此,在农业转型过程中,不仅要关注农户经济收入的提高,同时应针对性地对不同农业类型下的福祉要素进行调控,才能实现各福祉要素的良性循环进而增进人类福祉。

在生态系统服务与人类福祉的定量化研究中,本文对生态系统服务价值的测算是基于土地利用变化的测度方法,一般认为采用土地利用变化测算会使测算结果产生偏差。由于相同的生态景观存在空间异质性,如林地,不同的树种、郁闭度等产生的生态系统服务价值是不同的,这样会掩盖其空间上的差异。但基于本文研究的是村域尺度,主要的植被类型有农作物(小麦、玉米、蔬菜)、苗木花卉和杂树林等,农作物生长差异不大,苗木和杂树林面积很小,而且林种及长势均匀,因此,各植被类型的空间分异很小。故本文采用土地利用变化

测算生态系统服务价值,其结果不会产生偏差。本文构建了生态系统服务视角下的人类福祉指标体系,为客观地研究生态系统服务价值及人类福祉提供了新思路。但农业转型对生态系统服务及人类福祉的影响等相关研究仍然是一个复杂的过程。在本文构建的人类福祉指标体系中,由于主要注重了经济收入状况方面,因而测度结果一定程度上掩盖了生态环境对人类福祉的影响。如在调查中,以蔬菜种植为主的火箭村经济收入高,总体人类的福祉评价要高于以粮食种植为主的马家村,但是火箭村由于化肥和农药的过量使用、土壤板结等,村民对水质、土壤的满意度低,拉低了农户的幸福感;而马家村尽管部分耕地出现撂荒现象使得粮食生产及其收益相对较低,但由于街道的环境整治等,拉高了农户的幸福感。其次,本文的福祉指标主要基于村域尺度的实际情况选取了最能反映农户幸福感的福祉因子,而忽略了农户的家庭人口数、受教育程度、娱乐文化等社会经济因素的影响。因此,后续将增加农业类型转变对生态系统服务及人类福祉影响的案例研究,并完善村域人类福祉指标体系,进而得出更有针对性的结论,予以对资源管理及农业可持续发展提供帮助。

4.2 结论

(1)从2000—2017年,不同农业类型下生态系统服务价值变化显著。农业转型过程中,以粮食种植为主的马家村的生态系统服务价值由2000年 141.88×10^4 元减少至2017年 117.58×10^4 元(降幅为17.13%),而以蔬菜种植为主的火箭村生态系统服务价值同期由 727.23×10^4 元增长至 1753.23×10^4 元(增幅达141.08%),其变化主要源于农业劳动力、农户行为及农业类型的影响。

(2)不同农业类型下人类福祉差异明显,以蔬菜种植为主的火箭村的人类福祉比以粮食种植为主的马家村高出89%;表明由传统粮食种植转向现代都市农业可以提高人类福祉,在各福祉指标中农业纯收入对农户福祉影响最为显著。

(3)不同农业类型下生态系统服务与人类福祉的相关度不同,但都与农产品供给呈正相关,与农业纯收入呈负相关。以传统粮食种植为主的马家村对生态环境的关注度较低,而转向蔬菜种植的火箭村对水质等生态环境的关注度开始提高。

参考文献(References):

- [1] 谢高地,肖玉.农田生态系统服务及其价值的研究进展[J].中国生态农业学报,2013,21(6):645-651.
- [2] Wang B J, Tang H P, Xu Y. Integrating ecosystem services and human well-being into management practices: insights from a mountain-basin area, China. *Ecosystem Services*, 2017, 27: 58-69.
- [3] Palmer M, Bernhardt E, Chornesky E, Collins S, Dobson A, Duke C, Gold B, Jacobson R, Kingsland S, Kranz R, Mappin M, Martinez M L, Micheli F, Morse J, Pace M, Pascual M, Palumbi S, Reichman O J, Reichman A, Townsend A, Turner M. Ecology for a crowded planet. *Science*, 2004, 304(5675): 1251-1252.
- [4] Le Maitre D C, Milton S J, Jarmain C, Colvin C A, Saayman I, Vlok J H J. Linking ecosystem services and water resources: landscape-scale hydrology of the little Karoo. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2007, 5(5): 261-270.
- [5] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, Melillo J M. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, 1997, 277(5325): 494-499.
- [6] 傅伯杰,周国逸,白永飞,宋长春,刘纪远,张惠远,吕一河,郑华,谢高地.中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全.地球科学进展,2009,24(06):571-576.
- [7] Wang X C, Dong X B, Liu H M, Wei H J, Fan W G, Lu N C, Xu Z H, Ren J H, Xing K X. Linking land use change, ecosystem services and human well-being: a case study of the Manas River Basin of Xinjiang, China. *Ecosystem Services*, 2017, 27: 113-123.
- [8] 张琨,吕一河,傅伯杰.黄土高原典型区植被恢复及其对生态系统服务的影响[J].生态与农村环境学报,2017,33(01):23-31.
- [9] 李晓华,任志远,周自翔.区域景观格局变化特征及人类影响因素分析——以陕西关中平原地区为例.西北大学学报:自然科学版,2005,35(5):633-636.
- [10] 黄甘霖,姜亚琼,刘志锋,聂梅,刘阳,李经纬,鲍宇阳,王玉海,邬建国.人类福祉研究进展——基于可持续科学视角[J].生态学报,2016,36(23):7519-7527.
- [11] 丁屹红,姚顺波.退耕还林工程对农户福祉影响比较分析——基于6个省951户农户调查为例[J].干旱区资源与环境,2017,31(5):45-50.
- [12] 唐琼,王文瑞,田璐,王伟伟.沙漠-绿洲过渡带农户福祉认知和综合评价——以沙坡头为例[J].干旱区资源与环境,2017,31(5):51-56.
- [13] 王大尚,李屹峰,郑华,欧阳志云.密云水库上游流域生态系统服务功能空间特征及其与居民福祉的关系[J].生态学报,2014,34(1):70-81.
- [14] 翁鸣.中国农业转型升级与现代农业发展——新常态下农业转型升级研讨会综述.中国农村经济,2017,(4):88-95.
- [15] Vandercaesteel J, Tamru S, Minten B, Swinnen J. Cities and agricultural transformation in Africa: evidence from Ethiopia//AAAE Fifth

- International Conference. Addis Ababa, Ethiopia; AAAE, 2016.
- [16] 孙新华. 农业转型的动力机制研究及其拓展. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2017, (3): 90-97.
- [17] Song B J, Robinson G M, Zhou Z X. Agricultural transformation and ecosystem services: a case study from Shaanxi Province, China. *Habitat International*, 2017, 69: 114-125.
- [18] 马晓冬, 孙晓欣. 2000 年以来江苏省农业转型发展的时空演变及问题区识别——基于全要素生产率的视角. *经济地理*, 2016, 36(7): 132-138.
- [19] 王大尚, 郑华, 欧阳志云. 生态系统服务供给、消费与人类福祉的关系[J]. *应用生态学报*, 2013, 24(06): 1747-1753.
- [20] Cruz-Garcia G S, Sachet E, Blundo-Canto G, Vanegas M, Quintero M. To what extent have the links between ecosystem services and human well-being been researched in Africa, Asia, and Latin America? *Ecosystem Services*, 2017, 25: 201-212.
- [21] Panno A, Carrus G, Laforzezza R, Mariani L, Sanesi G. Nature-based solutions to promote human resilience and wellbeing in cities during increasingly hot summers. *Environmental Research*, 2017, 159: 249-256.
- [22] Delgado L E, Marín V H. Well-being and the use of ecosystem services by rural households of the Río Cruces watershed, southern Chile. *Ecosystem Services*, 2016, 21: 81-91.
- [23] Powdthavee N, Burkhauser R V, De Neve J E. Top incomes and human well-being: evidence from the Gallup world poll. *Journal of Economic Psychology*, 2017, 62: 246-257.
- [24] Zhang D, Huang Q X, He C Y, Wu J G. Impacts of urban expansion on ecosystem services in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, China: a scenario analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways. *Resources, Conservation and Recycling*, 2017, 125: 115-130.
- [25] Fedele G, Locatelli B, Djoudi H. Mechanisms mediating the contribution of ecosystem services to human well-being and resilience. *Ecosystem Services*, 2017, 28: 43-54.
- [26] 杨莉, 甄霖, 李芬, 魏云洁, 姜鲁光, 曹晓昌, 龙鑫. 黄土高原生态系统服务变化对人类福祉的影响初探. *资源科学*, 2010, 32(5): 849-855.
- [27] 刘桂林, 张落成, 张倩. 长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响. *生态学报*, 2014, 34(12): 3311-3319.
- [28] 代光烁, 余宝花, 娜日苏, 董孝斌. 内蒙古草原生态系统服务与人类福祉研究初探. *中国生态农业学报*, 2012, 20(5): 656-662.
- [29] 乔旭宁, 张婷, 杨永菊, 牛海鹏, 杨德刚. 渭干河流域生态系统服务的空间溢出及对居民福祉的影响. *资源科学*, 2017, 39(3): 533-544.
- [30] DeClerck F A J, Jones S K, Attwood S, Bossio D, Girvetz E, Chaplin-Kramer B, Enfors E, Fremier A K, Gordon L J, Kizito F, Noriega I L, Matthews N, McCartney M, Meacham M, Noble A, Quintero M, Remans R, Soppe R, Zhang W. Agricultural ecosystems and their services: the vanguard of sustainability? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2016, 23: 92-99.
- [31] Tschamtké T, Klein A M, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters*, 2010, 8(8): 857-874.
- [32] Wood S A, Karp D S, DeClerck F, Kremen C, Naeem S, Palm C A. Functional traits in agriculture: agrobiodiversity and ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution*, 2015, 30(9): 531-539.
- [33] Zhou Z X, Li M T. Spatial-temporal change in urban agricultural land use efficiency from the perspective of agricultural multi-functionality: a case study of the Xi'an metropolitan zone. *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(12): 1499-1520.
- [34] Wu Z L, Li B, Hou Y. Adaptive choice of livelihood patterns in rural households in a farm-pastoral zone: a case study in Jungar, Inner Mongolia. *Land Use Policy*, 2017, 62: 361-375.
- [35] 周忠学. 城市化背景下农业景观变化对生态服务影响——以西安都市圈为例. *干旱区地理*, 2015, 38(5): 1004-1013.
- [36] 王云, 周忠学. 多功能性的都市农业用地效率评价——以西安市为例. *经济地理*, 2014, 34(7): 129-134.
- [37] 宋晓媚, 周忠学, 王明. 城市化过程中都市农业景观变化及其生态安全评价——以西安市为例. *冰川冻土*, 2015, 37(3): 835-844.
- [38] 邹月, 周忠学. 西安市景观格局演变对生态系统服务价值的影响. *应用生态学报*, 2017, 28(8): 2629-2639.
- [39] 李梦桃, 周忠学. 西安市城市景观的正负生态系统服务测算及空间格局. *地理学报*, 2016, 71(7): 1215-1230.
- [40] 李琰, 李双成, 高阳, 王羊. 连接多层次人类福祉的生态系统服务分类框架. *地理学报*, 2013, 68(8): 1038-1047.
- [41] 王富喜, 毛爱华, 李赫龙, 贾明璐. 基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析. *地理科学*, 2013, 33(11): 1323-1329.
- [42] 张颖聪. 四川省耕地生态服务价值时空变化研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.
- [43] 张国盛, Chan K Y, Li G D, Heenan D P. 长期保护性耕种方式对农田表层土壤性质的影响. *生态学报*, 2008, 28(6): 2722-2728.
- [44] 黄高宝, 郭清毅, 张仁陟, 逢蕾, Li G D, Chan K Y, 于爱忠. 保护性耕作条件下旱地农田麦-豆双序列轮作体系的水分动态及产量效应. *生态学报*, 2006, 26(4): 1176-1185.
- [45] 赵亚丽, 薛志伟, 郭海斌, 穆心愿, 李潮海. 耕作方式与秸秆还田对冬小麦-夏玉米耗水特性和水分利用效率的影响. *中国农业科学*, 2014, 47(17): 3359-3371.
- [46] 高懋芳, 邱建军, 刘三超, 刘宏斌, 王立刚, 逢焕成. 基于文献计量的农业面源污染研究发展态势分析. *中国农业科学*, 2014, 47(6): 1140-1150.
- [47] 朱淀, 张秀玲, 牛亮云. 蔬菜种植农户施用生物农药意愿研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(4): 64-70.
- [48] 马健. 城市化对都市农业生态系统功能的影响研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2013.
- [49] 王云. 西安都市农业景观演变对生态系统服务的影响研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015.
- [50] Bertram C, Rehdanz K. The role of urban green space for human well-being. *Ecological Economics*, 2015, 120: 139-152.
- [51] 刘家根, 黄璐, 严力蛟. 生态系统服务对人类福祉的影响——以浙江省桐庐县为例. *生态学报*, 2018, 38(5): 1687-1697.