

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.20220301.002.

崔国屹, 张艳, 晁阳, 等. 秦岭地区近40年土地利用变化及其生态环境效应[J]. 水土保持研究, 2023, 30(1): 319-326.

CUI Guoyi, ZHANG Yan, CHAO Yang, et al. Land Use Change and Eco-Environmental Effects in Qinling Mountains in Recent 40 Years[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(1): 319-326.

# 秦岭地区近40年土地利用变化及其生态环境效应

崔国屹<sup>1</sup>, 张艳<sup>1,2</sup>, 晁阳<sup>1</sup>, 赵永华<sup>1,2</sup>, 潘博华<sup>1</sup>

(1. 长安大学土地工程学院, 西安 710054; 2. 陕西省土地整治重点实验室, 西安 710054)

**摘要:**为探究秦岭地区的土地利用和生态环境效应的时空变化, 基于1980—2018年的土地利用数据, 通过生态环境质量指数、地统计分析、冷热点分析等方法, 对秦岭土地利用的时空演变特征及其生态环境效应的时空分异性, 以及影响生态环境质量的主要土地利用转型及贡献率进行了研究。结果表明: (1) 秦岭地区耕地面积持续减少427 km<sup>2</sup>, 建设用地面积大幅上涨395 km<sup>2</sup>, 其余地类变化较小; (2) 研究区生态环境质量指数稳定在0.557~0.559, 在研究时段内整体有所下降。空间分布格局呈现“中部高, 南北低”的特征; (3) 生态环境质量改善区主要分布在华阴市北部、商南县北部等8个热点区域, 生态环境恶化区主要分布在商州区的南部、长安区北部等10个冷点区域。 (4) 旱地转化为草地、林地等生态用地是生态环境质量改善的主要因素; 林地退化、草地转化为旱地、旱地变为建设用地导致生态环境质量恶化。土地利用类型的转换是影响生态环境效应的主要因素, 秦岭地区实施的生态修复工程取得了一定的效果。在秦岭生态保护工作中应该合理开发建设用地, 并提升生态用地的质量。

**关键词:**土地利用变化; 生态环境质量; 热点分析; 秦岭地区

**中图分类号:** F301.2; X171

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2023)01-0319-08

## Land Use Change and Eco-Environmental Effects in Qinling Mountains in Recent 40 Years

CUI Guoyi<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>1,2</sup>, CHAO Yang<sup>1</sup>, ZHAO Yonghua<sup>1,2</sup>, PAN Bohua<sup>1</sup>

(1. College of Land Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. Shaanxi Key Laboratory of Land Containment, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** To explore the land use changes and ecological environment effects in the Qinling Mountains, based on the land use data of Qinling Mountains from 1980 to 2018, we used the methods of ecological environment quality index, geo-statistical analysis, hot spot analysis and other methods to study the temporal and spatial evolution characteristics of Qinling Mountains land use and the temporal and spatial differentiation of ecological environment effects, as well as the impact on the ecological environment and the quality of major land use transitions and their contribution rates. The results show that: (1) the area of cultivated land in the Qinling Mountains area continued to decrease by 427 km<sup>2</sup>, the area of construction land sharply increased by 395 km<sup>2</sup>, and the rest of the land types changed little; (2) the ecological environment quality index in the Qinling Mountains area was stable with range of 0.557~0.559, and it declined overall during the study period; the spatial distribution pattern showed the characteristics of 'high in the middle and low in the north and south'; (3) the improvement areas of ecological environment quality mainly distributed in 8 hot-spot areas including the northern part of Huayin City and the northern part of Shangnan County, and the ecological environment deterioration areas mainly distributed in Shangzhou District 10 cold-spot areas such as the southern part of the city and the northern part of Chang'an District; (4) the conversion of dry land into grassland, forest land

收稿日期: 2021-12-22

修回日期: 2022-01-14

资助项目: 国家自然科学基金面上项目(41971033); 中央高校基本科研业务费专项资金(300102291507); 国家“111”引智计划项目(B08039)

第一作者: 崔国屹(1996—), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 研究方向为生态学。E-mail: cuiguoyi1996@163.com

通信作者: 张艳(1978—), 女, 河北沧州人, 博士, 副教授, 研究方向为土地利用及土地生态。E-mail: zyzhangyan@chd.edu.cn

<http://stbcyj.paperonce.org>

and other ecological land was the main factor for the improvement of ecological environment quality; the degradation of forest land, conversion of grassland into dry land, and conversion of dry land into construction land led to the deterioration of ecological environment quality. The transformation of land use types is the main factor affecting the ecological environment effect, and the ecological restoration project implemented in the Qinling region has achieved certain results. In the ecological protection work of the Qinling Mountains, the construction land should be rationally developed, and the quality of the ecological land should be improved.

**Keywords:** land use change; ecological environment quality; hot spot analysis; Qinling Mountains

土地是人类赖以生存的基础资源和社会持续发展的物质保障,土地利用反映了人类活动与自然变化的相互影响和交互作用<sup>[1]</sup>。土地利用变化是引起生态环境质量的变化重要影响因素之一<sup>[2]</sup>,因此清晰地认识土地利用变化的生态环境效应是目前国内外学者研究的热点之一。土地利用变化的生态效应研究方向主要集中在两方面<sup>[3]</sup>:宏观上从全球尺度,如大气构成、气候变化等对于土地利用的制约和限定等角度展开研究;微观方面是分析区域土地利用变化过程对水土流失<sup>[4]</sup>、土地荒漠化<sup>[5]</sup>、气候环境<sup>[6]</sup>、水环境污染<sup>[7]</sup>、生物多样性<sup>[8]</sup>以及重大自然灾害灾情等单一要素造成的影响。近年来,越来越多的国内外学者开始基于土地利用变化来研究区域生态环境质量指数,采用的方法有生态系统服务价值<sup>[9-10]</sup>、InVEST模型<sup>[11-12]</sup>、景观生态指数<sup>[13-14]</sup>、遥感生态指数等<sup>[15]</sup>来定量表征土地利用引起生态环境质量的时空变化。目前,李晓文等<sup>[16]</sup>学者提出的生态环境质量指数得到了较广泛的应用<sup>[17-19]</sup>,然而,在研究区域方面,针对秦岭山区土地利用变化生态环境效益的研究相对较少;在研究尺度方面,以往学者在不同尺度进行了尝试,但大多是基于行政区单位,人为分割了生态系统的连续性,对研究的准确性产生一定的影响。

秦岭是我国重要的生态安全屏障和地理分界线<sup>[20]</sup>,其地形地貌复杂多样,具有丰富的生物多样性。由于人类过度的耕地开垦、工矿开采、乱砍滥伐、城市扩张等活动,该地区生态环境面临威胁。近年来,党中央高度重视秦岭生态环境保护,客观的认识秦岭生态环境质量状况和影响因素,对保护好秦岭生态环境具有重要意义。因此,本文以秦岭地区为研究区,基于1980年、2000年、2018年三期土地利用数据,采用网格为研究单元保证生态环境的连续性,研究秦岭地区不同时间段土地利用变化的时空格局演变特点;运用生态环境质量指数法确定秦岭地区的生态环境质量指数,并且利用地统计原理对生态环境质量情况进行时空量化,并测算生态环境质量变化冷热点格局和土地利用变化类型的生态贡献度。本研究

旨在为秦岭生态环境保护和土地资源的可持续利用,为政府制订社会经济发展规划、国土空间规划、生态政策以及划分城市发展边界与生态功能区等方面提供科学依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 研究区概况

本文所研究的秦岭山脉范围为,南北限定在关中平原和汉江谷地之间,东西以陕西省、甘肃省和河南省的省界为界,即狭义的秦岭,地理坐标为105°42′—111°03′E,32°30′—34°48′N。涉及西安市、宝鸡市、渭南市、商洛市、汉中市和安康市等地级市内的32个县(区、市),总面积达6.07万km<sup>2</sup>,约占陕西省总面积的31%,是我国南方与北方的重要分界线。研究区海拔范围215~3 747 m,坡度范围0°~73.15°,地形复杂。年均温5~16℃,夏秋季雨水充沛,全年降水量范围438~1 287 mm。生物多样性和生态系统类型极为丰富<sup>[21]</sup>。秦岭地区的土地利用类型主要以林地、草地和耕地为主,森林覆盖率40%以上。秦岭地区现有46个森林公园、1个大熊猫国家公园、32个自然保护区、14个景点和8个地质公园。因此,该地区具有重要的生态价值。

2018年秦岭地区的32个区县的GDP为5 618.18亿元,区域间经济发展水平较不均衡。截至2018年,该地区的人口约为1 300万人,人均GDP为4.32万元。整体经济发展水平较低。

### 1.2 数据来源

本研究所使用的1980年、2000年、2018年三期土地利用数据下载于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),该数据是基于landsat 8遥感影像人工目视解译产生的,空间分辨率为1 000 m×1 000 m。土地利用分类标准采用的是中国科学院分类系统,将土地利用类型划分为6个一级地类和25个二级地类(表1)。行政边界数据为2015年发布的中国行政区划数据,源于国家基础地理信息中心([www.ngcc.cn](http://www.ngcc.cn))。

1.3 研究方法

1.3.1 生态环境质量指数 生态环境质量指数:通过构建土地利用变化与生态环境质量之间的定量关系,来表征区域内生态环境质量的总体特征<sup>[22]</sup>,见公式(1):

$$EQI=\sum_{i=1}^nLU_iEV_i/TA$$
 (1)

式中:EQI<sub>t</sub> 为 t 时期生态环境质量指数;LU<sub>i</sub> 为 t 时期第 i 种土地利用类型面积;EV<sub>i</sub> 为第 i 种土地利用类型的生态环境质量指数(见表 1);TA 为整个区域的总面积。

本文通过专家打分法,结合相关文献<sup>[23-25]</sup>和秦岭实际情况<sup>[26]</sup>,对二级土地利用类型的生态环境质量指数进行赋值,得到秦岭地区土地利用类型生态环境质量指数。

表 1 土地利用类型生态环境质量指数赋值

一级地类 编码	二级地类 编码	地类	环境质量 指数
1	11	水田	0.30
	12	旱地	0.23
	21	有林地	0.90
2	22	灌木林	0.70
	23	疏林地	0.45
	24	其他林地	0.40
3	31	高覆盖度草地	0.70
	32	中覆盖度草地	0.45
	33	低覆盖度草地	0.22
	41	河渠	0.68
4	42	湖泊	0.75
	43	水库坑塘	0.55
	44	永久性冰川雪地	0.85
	45	滩涂	0.45
	46	滩地	0.55
5	51	城镇用地	0.15
	52	农村居民点	0.20
	53	其他建设用地	0.10
	61	沙地	0.01
6	62	戈壁	0.01
	63	盐碱地	0.05
	64	沼泽	0.65
	65	地裸	0.05
	66	土地裸岩石砾地	0.01

1.3.2 地统计分析 利用 GS+ 和 ArcGIS 10.6 软件地统计学模块,采用半方差函数分析,确立最佳拟合模型。在此基础上采用克里格法对秦岭地区生态环境质量指数进行空间插值,从而表征秦岭地区生态环

境质量的空间分异性和时间变化趋势。

1.3.3 冷热点格局测算 热点分析广泛应用于地理研究中,热点和冷点分别代表统计上显著的高值空间聚集和低值空间聚集<sup>[22]</sup>。本文利用 ArcGIS 10.5 空间统计工具(Spatial Statistics Tools)中热点分析(Getis-Ord G<sub>i</sub><sup>\*</sup>)计算标准差倍数的 Z 得分和表示概率的 p 值,从而得到秦岭生态环境改善和恶化的聚集区。

1.3.4 土地利用变化类型的生态贡献率 土地利用变化类型的生态贡献率是指某种土地利用变化类型所导致的区域生态质量的改变,可表征土地利用之间的相互转换对区域生态环境质量的影响<sup>[25]</sup>,其表达式为:

$$LEI=(LE_t-LE_0)LA/TA$$
 (2)

式中:LEI 为土地利用变化类型生态贡献率;LE<sub>t</sub>,LE<sub>0</sub> 分别是指某种土地利用变化类型所反映的变化末期和初期土地利用类型所具有生态质量指数;LA 是指该变化类型的面积;TA 是指该研究区域的总面积。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化分析

秦岭地区土地利用类型主要是林地、草地、耕地,三者总所占比例约为 97%。秦岭地区地势由东向西逐渐升高,北面山坡陡峭而南坡相对平缓<sup>[27]</sup>。中西部的高海拔地区以林地为主,草地主要分布在周边中低海拔的山地地区,耕地分布在北部关中平原及南部汉江谷地地区,城乡建设用地被耕地环绕,水域用地主要为汉江、渭河流域以及南部山区的少量水库,未利用地分布在高山地区和河流沿岸。

耕地面积 1980—2000 年微小幅度下降,2000—2018 年有明显减少,减少面积为 418 km<sup>2</sup>。林地面积 1980—2000 年有小幅下降,2000—2018 年有所回升。草地面积 1980—2000 年减少了 61 km<sup>2</sup>,2000—2018 年有一定幅度的增加。城乡建设用地面积逐年增加,2000—2018 年增长幅度更为明显,1980—2018 年总增长率为 46.3%。水域面积 1980—2000 年小幅下降,2000—2018 年上升较多,涨幅 12.5%。未利用地面积先减少后增加(表 2)。

表 2 1980—2018 年土地利用变化

土地利用类型	面积/km <sup>2</sup>			净增减面积/km <sup>2</sup>	
	1980 年	2000 年	2018 年	1980—2000 年	2000—2018 年
耕地	17358	17349	16931	-9	-418
林地	24291	24254	24270	-37	16
草地	23129	23068	23141	-61	73
水域	403	392	441	-11	49
城乡建设用地	853	974	1248	121	274
未利用地	32	29	35	-3	6

2.2 土地利用的生态环境效应

2.2.1 时序变化 秦岭地区生态环境质量指数常年保持在 0.55 以上,与同时期全国水平(约 0.41)相对比<sup>[22]</sup>,生态环境情况状况明显高于全国水平。但秦岭地区生态环境质量指数在 1980—2018 年 38 年间整体呈下降的趋势,1980—2000 年下降了 0.001 16,2000—2018 年又有回升了 0.000 61。呈现先减后增的变化趋势(图 1)。

2.2.2 空间分异 由于秦岭是一个自然存在的山脉,环境质量的评价单元应当突破人为划分的行政单元的制约,为了更好地拟合秦岭地区的生态环境质量情况,本文应用半变异函数模型描述其空间的连续性,此过程借助 GS+9.0 软件实现。经多次调试,不同模型下的 3 个时期数据参数见表 3,可决系

数( $r^2$ )表明模型与变异函数数据的拟合程度,其值越大,表明模型拟合更得更好,残差(RSS)的值越小越好,综上,1980 年、2000 年、2018 年秦岭地区生态环境质量的空间分异情况的均用指数模型拟合最为理想。

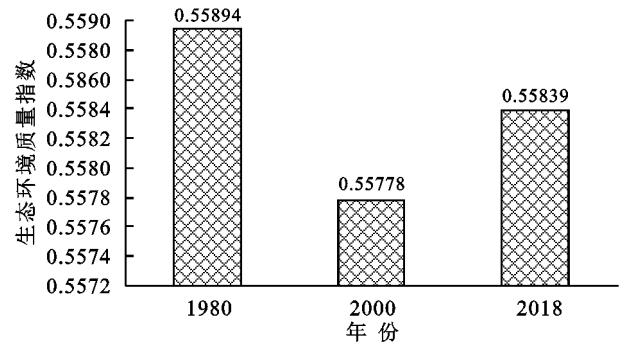


图 1 1980—2018 年生态环境质量指数均值统计

表 3 半方差函数拟合参数

年份	模型	块金值 ( $C_0$ )	基台值 ( $C_0+C$ )	变程 ( $A$ )	块金值/基台值 $C/(C_0+C)$	可决系数 ( $r^2$ )	残差 (RSS)
1980	线性模型	0.0609	0.0749	235318	0.187	0.432	0.00034
	高斯模型	0.0104	0.0697	18879	0.851	0.732	0.00016
	球状模型	0.0027	0.0696	21800	0.961	0.789	0.00017
	指数模型	0.0107	0.0707	39000	0.649	0.940	0.00004
2000	线性模型	0.0670	0.0750	235318	0.188	0.434	0.00034
	高斯模型	0.0106	0.0698	18879	0.848	0.728	0.00005
	球状模型	0.0026	0.0697	21700	0.963	0.718	0.00005
	指数模型	0.0093	0.0708	38100	0.669	0.933	0.00005
2018	线性模型	0.0612	0.0750	235318	0.183	0.422	0.00034
	高斯模型	0.0107	0.0699	18706	0.847	0.733	0.00004
	球状模型	0.0028	0.0698	21700	0.960	0.724	0.00016
	指数模型	0.0095	0.0709	37800	0.666	0.935	0.00004

1980—2018 年指数模型中的基台值( $C_0+C$ )从 0.070 7 逐年增加至 0.070 9,表明秦岭地区生态环境质量空间分布逐渐呈现更大程度的不均匀性。变程( $A$ )表示空间相关性的有效范围,变程从 1980 年的 39 000 m 减少到 2018 年的 37 800 m,表明生态环境质量指数的相关性范围不断缩小。块金基台比<sup>[28]</sup> $[C_0/(C_0+C)]$ 为空间内由随机因素引起的突变所占比例,该值越大,说明空间变异更多的是由随机成分引起的,反之,则是因为某个特定的地理事件引起的。1980 年、2000 年与 2018 年的该值在 0.64~0.67 之间

浮动,该值说明秦岭生态环境质量指数值的空间自相关性一直保持中等水平<sup>[29-30]</sup>。

拟合结果见图 2,生态环境高质量和较高质量区主要分布于秦岭的中西部,这些地区海拔较高、主要分布着林地。中质量区主要分布于研究区东南部,这些地区坡缓且大面积被草地覆盖。而秦岭北麓的西安市、宝鸡市以及南麓的汉中市地区主要是由于海拔较低且地势相对平坦,地处渭河、汉河流域,水系丰富,人类开发利用的强度较高,建设用地和耕地密布,因此大部分地区是较低质量和低质量区。

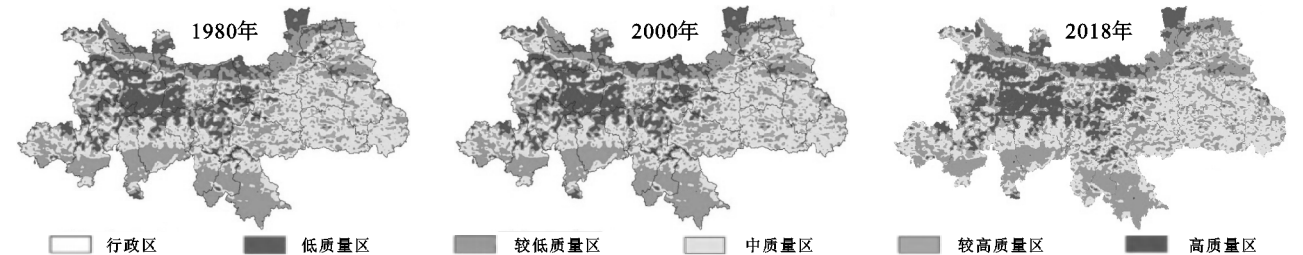


图 2 1980 年、2000 年、2018 年秦岭地区生态环境质量指数空间分布



2.3 生态环境质量变化冷热点格局演化特征

1980—2000 年秦岭生态环境质量改善区主要分布在 3 个热点区域(图 3):即华阴市和潼关县的北部(H1 地区)、汉滨区的南部(H2 地区)和商南县的北部(H3 地区)。这是由于华阴市和潼关县的北部地处渭河下游(H1 地区),80 年代该地区洪水频发。1983 年雨季,关中盆地渭河流域大面积连续性降雨,发生了较为严重的内涝,淹没了部分未利用地、耕地,有些地区洪水蒸发退却后耕地盐碱化被荒废,退化为天然草地。1983 年 7 月汉滨区汉江流域(H2 地区)发生特大洪水,河水决堤冲入安康老城区,淹没了一些民房和耕地,致使部分农村居民点、耕地和草地变为水域。商南县北部(H3 地区)靠近秦岭主脉,华山南坡,1982 年开始采取人工林、飞播林等方式开展植树造林,使部分草地进化为林地,改善了当地生态环境。

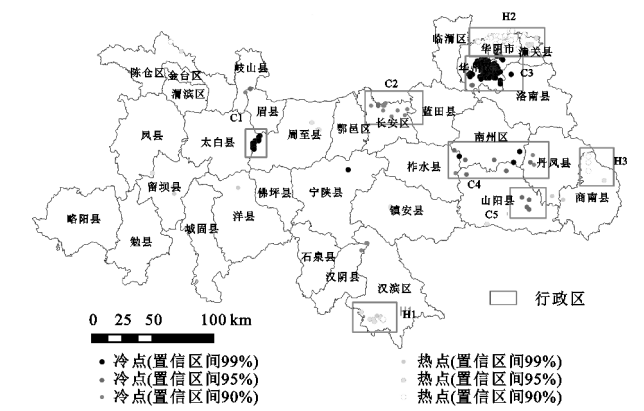


图 3 1980—2000 年秦岭生态环境质量变化的热点和冷点空间分布

生态环境恶化区主要分布在 5 个冷点区域(图 4):即周至县的西部(C1 地区)、长安区北部(C2 地区)、华州区东部(C3 地区)、商州区的南部(C4 地区)以及山阳县的东部(C5 地区)。其中 C1 地区,地处秦岭主峰太白山南坡,原周至伐木场在此设立,1983 年 108 国道周至段通车后更为商品林的砍伐销售提供了便利,天然林砍伐盛行。且周至在 1986 年经历了美国白蛾虫害,林地遭到啃食。这些事件导致该地区大量林地变为草地,从而生态环境质量发生退化。C2 地区在建设用地扩张侵占耕地的同时,人口压力致使草地被开垦成耕地用于生产粮食,导致该地区冷点聚集;C3 地区 80 年代初期在落实农业生产责任制时,误认为集体树木也全归私有,致使砍伐风兴起,仅 5 个月,南部林区树木有 25%被砍掉;C4 地区南部和 C5 地区东部远离秦岭主脉,山地坡度较缓便于开垦梯田,于是在该时间段大片林地被开发为耕地。

2000—2018 年秦岭生态环境质量改善区主要分布在 5 个热点集中的区域(图 4):长安区和鄠邑区的南部

(H1 地区)、华阴市北部(H2 地区)、潼关县西南部(H3 地区)、商州区南部(H4 地区)和周至县北部(H5 地区)。H1 地区由于靠近省会城市,人口持续流向西安城区,大量耕地闲置退化成草地;H2 地区在 2011 年开挖万亩耕地建造“华湖”,形成大片新水域;H3 地区地处华山北坡,坡度较大,种植条件不佳,且大量劳动力流向华阴和潼关城区,因此这一时期大量耕地弃耕。H4 地区邻近国家南水北调工程的二龙山水源保护地,该地区自 2004 年实施了退耕还林工程以来,森林覆盖率大幅提高,因此地类变化体现为耕地转化为林地和草地。H5 地区是“引汉济渭”工程“过渭干线”的所在地,即汉江水流通过引水渠从此地进入渭河。一些耕地、林地和草地被改造成河道。

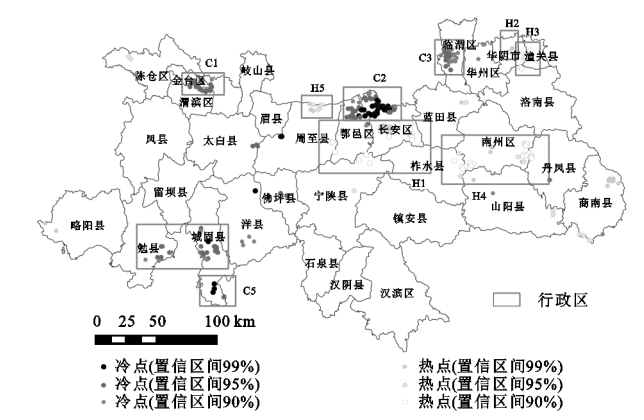


图 4 2000—2018 年秦岭生态环境质量改善的热点和冷点空间分布

2000—2018 年秦岭生态环境恶化区主要分布在 5 个冷点区域(图 4):金台区东部和渭滨区交界处(C1 地区)、长安区和鄠邑区的北部(C2 地区)、临渭区的中部(C3 地区)、勉县的东南部和城固县的中部(C4 地区)和城固县的东南部(C5 地区)。其主要原因是 C1 地区靠近宝鸡市城区, C2 地区靠近西安市城区、C3 地区靠近渭南市城区、C4 地区靠近汉中市城区,上述城市的开发边界快速扩张侵蚀其他地类, 社会经济发展对生态环境造成了一定压力。而城固县的东南部(C5 地区)主要是因为当地的部分草地被开垦为耕地。

2.4 影响生态环境质量的主要用地转型及贡献率

研究区生态环境质量指数由优化和恶化两种趋势共同作用形成,由表 4—5 可知,1980—2000 年引起生态环境质量改善的土地利用变化类型较为多样,贡献率排名前三的是旱地转化成为高覆盖度草地、河渠与水库坑塘;造成生态环境质量恶化的主要是有林地变为灌木林、高覆盖度草地和中覆盖度草地转化为旱地,三者总和占总贡献的 45.37%,其中有林地退化为灌木林地贡献率占 24.68%,这与这一时期的乱砍滥发行为有着密不可分的联系。2000—2018 年引起

生态环境质量改善的主要土地利用变化类型是旱地转化为高覆盖度草地(贡献率 0.000 7,占 52.19%)、其次是旱地转变为滩涂和其他林地;造成研究区生态环境质量恶化的变化类型较为多样和复杂,占比较大的转换类型是高覆盖度草地变为旱地、旱地转化为建设用地,两者共占比 36.9%。

表 4 1980—2000 年影响生态环境质量的主要用地转型及贡献率

导致生态环境改善			导致生态环境恶化		
土地利用变化类型	生态贡献率	贡献比重/%	土地利用变化类型	生态贡献率	贡献比重/%
水田—有林地	0.000010	2.04	旱地—农村居民点	−0.000054	3.28
旱地—有林地	0.000021	4.40	有林地—旱地	−0.000085	5.18
旱地—灌木林	0.000036	7.54	有林地—灌木林	−0.000404	24.68
旱地—其他林地	0.000011	2.35	有林地—疏林地	−0.000068	4.16
旱地—高覆盖度草地	0.000053	10.99	有林地—高覆盖度草地	−0.000045	2.77
旱地—中覆盖度草地	0.000015	3.14	有林地—中覆盖度草地	−0.000129	7.86
旱地—河渠	0.000054	11.30	灌木林—旱地	−0.000030	1.85
旱地—水库坑塘	0.000045	9.42	疏林地—旱地	−0.000030	1.85
旱地—滩地	0.000023	4.71	高覆盖度草地—水田	−0.000027	1.66
灌木林—高覆盖度草地	0.000017	3.45	高覆盖度草地—旱地	−0.000197	12.02
高覆盖度草地—有林地	0.000018	3.77	中覆盖度草地—旱地	−0.000142	8.69
中覆盖度草地—有林地	0.000030	6.28	河渠—旱地	−0.000064	3.88
中覆盖度草地—灌木林	0.000012	2.51	滩地—旱地	−0.000095	5.82
中覆盖度草地—高覆盖度草地	0.000023	4.71	总计	−0.001371	83.70
低覆盖度草地—灌木林	0.000014	2.83			
低覆盖度草地—高覆盖度草地	0.000017	3.45			
总计	0.000400	82.89			

注:由于篇幅问题,表中只陈列了对生态环境质量变化有主要作用的土地利用转移类型,剔除贡献比重低于 1.4%的土地利用转型方式。

表 5 2000—2018 年影响生态环境质量的主要用地转型及贡献率

导致生态环境改善			导致生态环境恶化		
土地利用变化类型	生态贡献率	贡献比重/%	土地利用变化类型	生态贡献率	贡献比重/%
水田—高覆盖度草地	0.000034	2.50	水田—农村居民点	−0.000047	6.20
旱地—其他林地	0.000095	7.00	水田—其他建设用地	−0.000025	3.30
旱地—高覆盖度草地	0.000711	52.19	旱地—城镇用地	−0.000048	6.30
旱地—中覆盖度草地	0.000073	5.33	旱地—农村居民点	−0.000070	9.20
旱地—河渠	0.000050	3.66	旱地—其他建设用地	−0.000086	11.40
旱地—湖泊	0.000015	1.11	有林地—水田	−0.000010	1.30
旱地—水库坑塘	0.000036	2.67	有林地—旱地	−0.000032	4.20
旱地—滩地	0.000091	6.66	有林地—其他林地	−0.000033	4.40
疏林地—高覆盖度草地	0.000018	1.33	有林地—高覆盖度草地	−0.000009	1.20
中覆盖度草地—高覆盖度草地	0.000023	1.67	有林地—低覆盖度草地	−0.000011	1.50
低覆盖度草地—高覆盖度草地	0.000042	3.05	灌木林—旱地	−0.000024	3.20
低覆盖度草地)—中覆盖度草地	0.000038	2.78	疏林地—旱地	−0.000018	2.40
总计	0.001226	89.95	其他林地—城镇用地	−0.000024	3.20
			高覆盖度草地—旱地	−0.000076	10.00
			高覆盖度草地—中覆盖度草地	−0.000014	1.80
			高覆盖度草地—裸地	−0.000011	1.40
			中覆盖度草地—旱地	−0.000036	4.80
			中覆盖度草地—低覆盖度草地	−0.000015	2.00
			中覆盖度草地—裸地	−0.000012	1.60
			河渠—旱地	−0.000018	2.40
			滩地—旱地	−0.000014	1.80
			总计	−0.000633	83.60

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

土地利用变化及其生态环境质量的定量分析和时空变化评估对区域生态安全和可持续发展具有重要意义。本文探究了1980—2018年秦岭地区的土地利用变化及其生态环境质量指数的时空变化情况以及土地利用转型对生态环境质量产生的影响。为秦岭生态环境保护 and 可持续发展,以及区域国土空间规划、生态管理政策制定等提供科学依据。研究表明,近40年间的生态环境指数的时间变化整体上有小幅度降低,空间分布格局呈现研究区中西部较高,秦岭北麓及南麓的低海拔平原地区较低的特征。研究区生态环境质量的改善主要与退耕还林等生态保护工程有关;而研究区生态环境质量的退化主要与建设用地开发、工矿业活动、植被退化有关。这说明土地利用的转型与生态环境质量指数关系密切,这与王永洵等<sup>[31]</sup>在福建海岸带的研究结果相近。在未来的土地利用管理和规划中,建议关注土地利用变化导致对秦岭地区生态环境质量的影响,建立完善的自然保护地体系,明确生态保护红线范围。此外,林地和草地的植被状况也对秦岭地区的生态环境效应产生一定的影响。因此,需要因地制宜地开展退耕还林工程和天然林保护工程等生态修复措施,以提升生态用地的生态系统功能;实施可持续的生态农业发展策略,减少农药和化肥的滥用,缓解对土壤和水体的污染;合理限制建设用地的开发,提高集约利用效率,避免建设用地的过度扩张对生态环境的影响,从而实现社会经济与生态环境的可持续发展。

本文生态环境指数的最小研究尺度基于土地利用数据的分辨率为 $1000\text{ m}\times 1\,000\text{ m}$ ,数据精度还有一定的局限性,后期应对数据单元的影响进行探究并选择优化。另外文章使用的土地利用分类体系较为陈旧,没有考虑使用其他新型土地利用分类对于生态环境质量的评价结果有何影响,尚有待进一步分析和补充。在以后的研究中,还可以考虑运用土地利用预测模型对未来的秦岭地区的生态环境效应指数进行模拟研究。

#### 3.2 结论

(1) 1980—2018年秦岭地区土地利用变化总体情况为:耕地面积持续减少,城乡建设用地面积大幅上涨,水域面积也有所提高,其他类别土地比例变化较小。

(2) 秦岭地区生态环境质量指数稳定在 $0.557\sim 0.559$ ,研究期内整体有所下降。生态环境高质量主要分布于研究区中西部,中质量区分布于研究区东南部,低质量区分布在秦岭北麓及南麓的平原地区。

(3) 秦岭生态环境质量改善区主要分布在华阴市北部、商南县北部、汉滨区、南部、华阴市东南部、长安区和鄠邑区的南部以及商州区南部。1980—2018年秦岭生态环境恶化区主要分布在华州区东部、商州区的南部、长安区北部、鄠邑区北部、临渭区中部、金台区东部以及城固县的南部。这与当时不同地区洪水灾害、开垦耕地、滥砍滥发、城市扩张、弃耕弃垦、退耕还林、水利改造等自然和人为因素有着密不可分的关系;

(4) 引起生态环境质量改善的主要土地利用变化类型是旱地转化为高覆盖度草地、其他林地、河渠、水库坑塘和滩地;导致生态环境质量恶化的主要变化类型是有林地转化为灌木林、高覆盖度草地和中覆盖度草地转化为旱地、旱地变为其他建设用地和农村居民点。

#### 参考文献:

- [1] 蔡运龙.土地利用/土地覆被变化研究:寻求新的综合途径[J].地理研究,2001,20(6):645-652.
- [2] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global Consequences of Land Use[J]. Science, 2005,309(5734):570.
- [3] 金杰.滇池流域土地利用变化的生态环境效应及其约束下的优化配置研究[D].昆明:昆明理工大学,2018:5.
- [4] Zhang Y, Chao Y, Fan R, et al. Spatial-temporal trends of rainfall erosivity and its implication for sustainable agriculture in the Wei River Basin of China[J]. Agricultural Water Management, 2021,245:106557.
- [5] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶.低山丘陵区土地利用方式对土壤质量的影响:以河北省遵化市为例[J].地理学报,2001,56(4):447-459.
- [6] 岳文泽,徐丽华.城市土地利用类型及格局的热环境效应研究:以上海市中心城区为例[J].地理科学,2007,27(2):243-246.
- [7] 胡余忠,朱先武,程其文,等.安徽皖南山区人类活动及生态变化影响的水文效应初探[J].水文研究,2008,28(3):86-98.
- [8] 赵国松,刘纪远,匡文慧,等.1990—2010年中国土地利用变化对生物多样性保护重点区域的扰动[J].地理学报,2014,69(11):1640-1650.
- [9] 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.
- [10] 赵永华,张玲玲,王晓峰.陕西省生态系统服务价值评估及时空差异[J].应用生态学报,2011,22(10):2662-2672.
- [11] Fan X, Gu X, Yu H, et al. The Spatial and temporal evolution and drivers of Habitat Quality in the Hung River Valley[J]. Land, 2021,10(12):1369.
- [12] 朱青,国佳欣,郭熙,等.鄱阳湖区生态环境质量的空间分异特征及其影响因素[J].应用生态学报,2019,30(12):4108-4116.
- [13] 朱捷缘,卢慧婷,郑天晨,等.南水北调中线工程水源区水土保持治理成效[J].长江流域资源与环境,2021,30(2):310-320.



- [14] 杜金龙,朱记伟,解建仓,等.近 25 a 关中地区土地利用及其景观格局变化[J].干旱区研究,2018,35(1):217-226.
- [15] 李晓雅,赵成章,曾红霞,等.党河源区土地利用变化及其生态环境效应[J].生态学杂志,2021,40(9):2904-2913.
- [16] 李晓文,方创琳,黄金川,等.西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应:以甘肃河西地区为例[J].第四纪研究,2003,15(3):280-290.
- [17] 帕茹克·吾斯曼江,郝晋珉,王楠,等.基于“三生”功能的土地利用转型及其生态环境效应:以尉犁县为例[J].干旱区地理,2021,44(6):1612-1622.
- [18] Sun R, Wu Z, Chen B, et al. Effects of land-use change on eco-environmental quality in Hainan Island, China[J]. Ecological Indicators, 2020,109:105777.
- [19] 冯涛,石培基,张学斌,等.河谷型城市“三生”空间竞争与生态环境效应:以兰州市为例[J].水土保持研究,2021,28(3):229-234.
- [20] 李君轶,傅伯杰,孙九林,等.新时期秦岭生态文明建设:存在问题与发展路径[J].自然资源学报,2021,36(10):2449-2463.
- [21] 郭少壮,白红英,孟清,等.1980—2015 年秦岭地区景观格局变化及其对人为干扰的响应[J].应用生态学报,2018,29(12):4080-4088.
- [22] 陈万旭,李江风,曾杰,等.中国土地利用变化生态环境效应的空间分异性与形成机理[J].地理研究,2019,38(9):2173-2187.
- [23] 刘纯军,周国富,黄启芬,等.基于土地利用转型的喀斯特山区流域生态环境效应评价[J].生态科学,2021,40(3):102-111.
- [24] 张芳怡,邢元志,濮励杰,等.苏州市土地利用变化的生态环境效应研究[J].水土保持研究,2009,16(5):98-103.
- [25] 孙善良,张小平.陕西省土地利用转型时空演变及其生态环境效应分析[J].水土保持研究,2021,28(6):356-363.
- [26] 高雪玲,刘康,康艳,等.秦岭山地生态系统服务功能价值初步研究[J].中国水土保持,2004,11(4):23-25,47.
- [27] 马新萍.秦岭林线及其对气候变化的响应[D].西安:西北大学,2015.
- [28] Zhang S R, Sun B, Zhao Q G, et al. Temporal-Spatial Variability of Soil Organic Carbon Stocks in a Rehabilitating Ecosystem[J]. Pedosphere, 2004,14(4):501-508.
- [29] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶,等.河北省遵化平原土壤养分的时空变异特征:变异函数与 Kriging 插值分析[J].地理学报,2000,55(5):555-566.
- [30] 余玉洋,李晶,周自翔,等.基于多尺度秦巴山区生态系统服务权衡协同关系的表达[J].生态学报,2020,40(16):5465-5477.
- [31] 王永洵,王亚飞,张静文,等.海岸带土地利用转型及其生态环境效应:以福建海岸带为例[J].环境科学学报,2021,41(10):3927-3937.

(上接第 318 页)

- [9] 崔长勇,罗晓云.额济纳盆地生态系统的地质学分析[J].资源调查与环境,2004,25(1):23-30.
- [10] 张俊,赵振宏,马洪云,等.基于物种生存域的干旱半干旱区地下水与植被关系研究[J].水土保持研究,2014,21(5):240-243.
- [11] 周爱国.中国西北干旱区额济纳盆地地质生态学研究[D].武汉:中国地质大学(武汉),2004.
- [12] 徐文秀,鲍玉海,韦杰,等.水库消落带典型草本植物根系对土壤抗冲性能的影响[J].水土保持学报,2019,33(4):65-71.
- [13] 宋永昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.
- [14] 周爱国,孙自永,马瑞.干旱区地质生态学导论[M].北京:中国环境科学出版社,2007.
- [15] 苏绘梦,黄景春,王玲,等.高陡岩质边坡植被根系发育地境特征研究[J].中南林业科技大学学报,2017,37(11):56-62.
- [16] 徐恒力,周爱国,肖国强,等.西北地区干旱化趋势及水盐失衡的生态环境效应[J].地球科学:中国地质大学学报,2000,25(5):499-504.
- [17] Zhu P, Zhang G, Wang H, et al. Soil moisture variations in response to precipitation properties and plant communities on steep gully slope on the Loess Plateau[J]. Agricultural Water Management, 2021,256:107086.
- [18] 王家鸣,许涵,李意德,等.地形异质性对尖峰岭热带山地雨林木本植物群落结构及多样性的影响[J].林业科学,2018,54(1):1-11.
- [19] 包小婷,丁陆彬,姚帅臣,等.拉萨河流域植物群落的数量分类与排序[J].生态学报,2019,39(3):779-786.
- [20] 徐恒力,孙自永,马瑞.植物地境及物种地境稳定层[J].地球科学:中国地质大学学报,2004,29(2):239-246.
- [21] 张云宇,孙晓凤,张临峰,等.帽儿山温带落叶阔叶林细根生物量,生产力和周转率[J].应用生态学报,2021,32(9):3053-3060.
- [22] 陈刚,徐恒力,孙自永,等.太湖流域生态系统结构分析及其演化研究[M].北京:地质出版社,2008.
- [23] 田绪庆,陈为峰,申宏伟.日照市城区绿地土壤肥力质量评价[J].水土保持研究,2015,22(6):138-143.
- [24] 周伟,王文杰,张波,等.长春城市森林绿地土壤肥力评价[J].生态学报,2017,37(4):1211-1220.