

张立强,简卿,晏希宁,等.冀西北国家重点生态功能区景观格局时空变化及驱动力研究——以河北省怀来县为例[J].江苏农业科学,2019,47(6):231-238.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.050

冀西北国家重点生态功能区景观格局时空变化及驱动力研究

——以河北省怀来县为例

张立强¹,简卿¹,晏希宁²,张俊梅¹

(1.河北农业大学国土资源学院,河北保定 071000; 2.河北农业大学与环境科学学院,河北保定 071000)

摘要:为实现对冀西北国家重点生态功能区景观格局变化的控制,降低生态风险,须要明确区域的景观格局变化及驱动因子。以河北省张家口市怀来县为研究对象,基于 1985 年、1995 年、2005 年和 2015 年 4 期遥感数据,在遥感技术、地理信息系统(简称 GIS)技术和 Fragstats 软件的支持下,分析研究区土地利用景观结构及其时空演变特征,并从自然因子和人文因子的角度分别探索驱动因子。结果表明,(1)在近 30 年的时间里怀来县景观类型主要以林地和未利用地为主,建设用地和水域景观面积变化最大,增长率分别为 90.87% 和 -40.7%,表明自然景观逐渐向人造景观转变;(2)整体上怀来县破碎化指数升高,连通性降低,城镇不断向外扩展,呈现更加破碎化的特征;(3)Logistic 回归分析在驱动力分析上具有较好的解释效果,量化结果显示,地均纯收入和人口密度对怀来县景观格局变化的影响最大,尽管无法对政策因子进行 Logistic 回归分析,但由于其导向作用,也在一定程度上推动了景观格局的改变。研究结果为怀来县及类似区域的合理规划提供了理论依据,以期持续稳定地发挥其国家重点生态功能区的功能。

关键词:国家重点生态功能区;景观格局;驱动力;Logistic 回归分析;怀来县

中图分类号: F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0231-07

景观是一种具有高度空间异质性的自然地表综合体,其整体结构和动态过程的改变均比较缓慢,但在各种因素干扰下,景观内外部因素在不同时空尺度上相互作用,最终导致区域景观格局的变化^[1-3]。景观格局变化的驱动因子影响区域景观格局的发展轨迹,只有有效地识别造成景观格局变化的驱动因子并探究它的驱动机制才能有效实现对景观格局变化的控制,进而降低景观生态风险,保证区域生态系统的稳定和生态安全^[4-5]。目前,景观格局变化及其驱动力研究已成为全球变化研究的热点和前沿^[3],其中针对湿地^[6-9]、流域^[10-12]、城市地域^[13-15]、沿海地带^[16-17]、自然保护区^[18-19]的景观格局变化研究已较为丰富。研究方法多采用遥感技术和地理信息系统(Geographic Information System,简称 GIS)相结合;驱动因子可以分为自然因子和人文因子两大类,但多数只进行了人文因子的探讨,对自然因子的分析仍然不多^[20-22]。

国家重点生态功能区是为自身和周边地域提供生态服务功能的重要区域,对确保国家、流域和区域生态稳定,维护生态平衡具有重要意义。对国家重点生态功能区的景观格局变化和驱动力进行分析,不仅有利于研究区本身的土地利用,且

对周边土地生态的可持续发展也具有一定影响。因此,本研究以河北省张家口市怀来县为研究对象,在遥感技术和 GIS 技术的支持下,利用景观结构及其时空演变特征分析研究区土地,并从自然因子和人文因子的角度分别探索驱动因子,以期对怀来县及类似区域的土地资源可持续开发和利用、对景观格局变化的有效控制,以达到持续稳定地发挥国家重点生态功能区的功能提供理论依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

怀来县(39°59'~40°37'N,115°13'~115°59'E),地处河北省的西北部地区,隶属张家口市,县域总面积 1 782 km²,辖 17 个乡镇。怀来县地处冀西北山间盆地地区,地势由盆地向南北升高,在山脉和盆地之间有大量的黄土覆盖,且山地面积基本占了整个地区的 1/2,河川或者盆地约为该地区的 1/3,剩下的则是丘陵地区(图 1)。怀来县属温带大陆地区,半干旱季风气候特征明显;该县日均光照时间为 8.3 h,年均温为 9.6℃,年均降水量为 396 mm。怀来县境内有 4 条河流,多条河道,蕴藏了丰富的水资源,但山区的地下水资源少,且利用程度较低,而盆地地区的水资源充足。该县的南、北部山区为夏绿林、灌草丛,人工栽植有苹果、鸭梨、葡萄等果树;中部主要是粮食作物和灌木草原区,主要种植玉米、甘薯、冬小麦等,耕作制度为一年一熟。

冀西北山地丘陵区生态敏感性和脆弱性较高,位于此区域的怀来县作为国家重点生态功能区,担负着维护区域生态

收稿日期:2017-11-01

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项经费项目(编号:201311060);河北省科技支撑计划(编号:132276329)。

作者简介:张立强(1992—),男,河北唐山人,硕士,主要从事土地资源利用方面的研究。E-mail:172852711@qq.com。

通信作者:张俊梅,硕士,教授,主要从事土地资源可持续利用方面的研究。E-mail:254157642@qq.com。

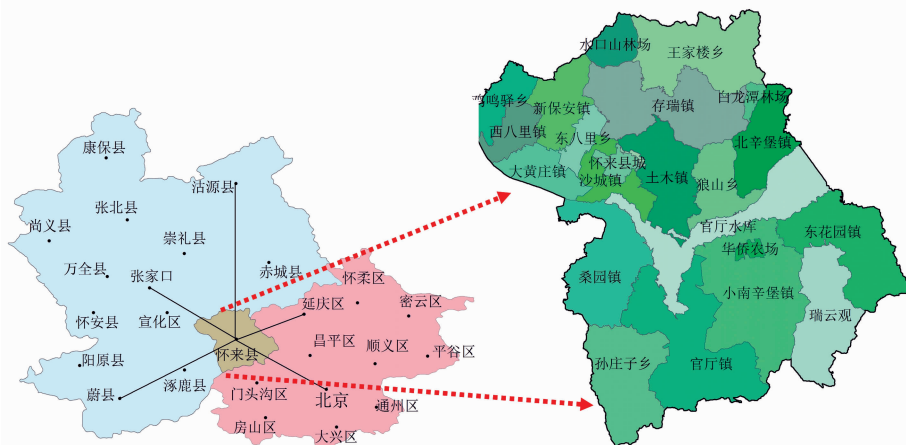


图1 怀来县地理位置

稳定的重要功能,是冀西北的生态屏障,也在水源涵养保护和调节北京环境压力上责任重大。

1.2 数据来源与处理

1985 年、1995 年、2005 年和 2015 年 4 期 Landsat TM 遥感影像数据来源于中国科学院计算机网络信息中心的地理空间数据云平台 (<http://www.gscloud.cn>), 空间分辨率为 30 m, 成像时间集中在 8 月和 9 月, 每期 2 景, 条带号/行编号分别为 123/32 和 124/32。在进行土地利用景观格局分析时, 首先要将 4 期的土地利用现状矢量数据在 ArcGIS 中转换成 Fragstats 软件可以识别的 30 m × 30 m 的 Grid 栅格文件, 最后在 Fragstats 软件支持下运行 run parameters 界面, 计算出各景观类型的景观指数值。高程、坡度和坡向数据来源于中国科学院计算机网络信息中心的地理空间数据云平台的 ASTER GDEM 和 Slop 数据, 空间分辨率为 30 m。土地利用现状数据为 2012 年怀来县土地利用变更数据, 其他资料来源于怀来县统计局的国民经济统计资料和怀来县气象站点数据。

土地利用类型的划分依据 GB/T 21010—2007《土地利用现状分类》, 并结合研究区现状, 以 2012 年土地利用现状图为基础, 经过对下载的遥感影像重新定义坐标系、几何校正、融合、镶嵌和裁剪等预处理后, 采用人机交互修编解译, 得到各年土地利用现状图, 并抽取 2% 的图斑经过精度验证, 证明解译精度均大于 80%, 可以满足景观分析的需要, 最终将怀来县的土地利用类型划分为耕地、园地、林地、建设用地、未利用地和水域六大类。

2 研究方法

2.1 景观结构及其变化分析

首先基于 ArcGIS 10.2 软件统计不同景观类型的面积, 并计算不同年份各类景观类型的比例^[21]。为了更好地了解不同景观类型之间的转化情况, 利用 ArcGIS 10.2 软件的 Spatial Analyst 工具 - 区域分析 - 面积制表工具计算出 1985—2015 年研究区各景观类型的马尔科夫转移矩阵, 并由此计算景观类型的转移变化率^[23-24]。

2.2 景观格局分析

基于 Fragstats 3.4 软件, 分别从景观尺度和斑块类型尺度选取不同的指标进行景观格局分析。参考文献[21, 25-26], 根据怀来县的现实情况与需要, 选取以下景观格局

指数对研究区土地利用景观分区进行定量分析, 详见表 1。

2.3 驱动力分析

2.3.1 驱动因子选取 在一定时期内景观格局的变化不仅是由社会经济等人文因子的影响, 还包含自然因子的影响^[20, 27-28], 在较小时空尺度下, 比较稳定的自然因子可能对景观格局的变化起着约束作用^[29], 但对于 30 年这一较长的时间尺度, 本研究驱动力的分析从 2 个方面考虑(表 2、图 2)。

2.3.1.1 自然因子 自然因子是指对区域土地利用景观格局具有影响的各类自然地理要素, 比如地形地貌条件、水文条件和气候条件等, 但一般对景观格局改变的速率较慢^[27]。参考文献[27-28], 结合研究区实际特点, 考虑数据的可获取性, 自然因子选取高程、坡度和坡向 3 个方面。

2.3.1.2 人文因子 人类的社会经济活动是土地利用景观格局改变的直接原因, 且往往导致景观格局的巨大变化, 也对当地生态环境产生了影响, 因此考虑到人类活动的经济影响和空间上对景观格局的影响, 本研究选取地均 GDP、总人口密度、到公路的距离、到铁路的距离、到城镇的距离、到农村居民点的距离、到工矿的距离和政策 8 个指标作为人文因子, 探讨影响怀来县景观格局变化的人文驱动力。

2.3.2 Logistic 回归分析 为筛选出对景观格局变化作用较大的驱动因子, 本研究进行 Logistic 分析, 定量地比较各个驱动因子影响的相对大小^[30-32], 其中政策因子不进行 Logistic 分析。

2.3.3 Logistic 回归分析模型检验 实际的景观地类分布与 Logistic 回归分析的景观地类分布是否具有较高的一致性需要经过检验。采用 Pontius 等学者提出的 ROC 方法(receiver operating characteristic curve, 简称 ROC 曲线)对回归结果进行验证, ROC 的值为[0.5, 1], 其中 ROC 值等于 1 时, 表明回归方程的解释能力最好, ROC 曲线值大于 0.5, 表明模拟精度合格, ROC 曲线值大于 0.7 表明模拟精度较好^[33]。

经计算, 从得到的各景观类型 ROC 曲线(图 3)可以看出, 曲线面积越大, 诊断准确性越大, 拟合度越好。各类景观的拟合度均达到合格的要求, 其中水域和林地的拟合度最好, 未利用地的拟合度相对较弱。

3 结果与分析

3.1 怀来县景观类型分布及其变化分析

1985—2015 年, 怀来县各景观类型结构变化相对明显(图

表 1 景观格局指数及其内涵

指标类型	单位	类别	公式	符号含义	意义
斑块密度 (PD)	个/hm ²	斑块类型水平	$PD = \frac{N}{A}$	<i>N</i> 为斑块类型数量, <i>A</i> 为某类斑块面积 (hm ²)	反映景观空间异质性程度及破碎化程度等
平均斑块面积 (AREA_MN)	hm ²	斑块类型水平	$AREA_MN_c = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10\,000} \right)$	<i>a_{ij}</i> 为第 <i>i</i> 类的第 <i>j</i> 个斑块面积, <i>n_i</i> 为该类斑块的个数	描述景观粒度, 在一定程度上揭示景观破碎化程度
聚合度 (AI)		斑块类型水平	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max g_{ii}} \right] \times 100\%$	<i>g_{ii}</i> 为相应景观类型的相似临近斑块数量	基于栅格数据来测度景观或者某种斑块类型的聚集程度
斑块内聚力指数 (COHESION)		斑块类型水平	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} \times 100\%$	<i>P_{ij}</i> 为某 <i>ij</i> 斑块的周长; <i>a_{ij}</i> 为面积; <i>A</i> 含义同上	反映斑块类型的自然状态的连通度
周长-面积分维数 (PAFRAC)		斑块类型水平	$PAFRAC = \frac{2 \left[(n_i \sum_{i=1}^n \ln p_{ij}^2) - (\sum_{i=1}^n \ln p_{ij})^2 \right]}{\left[n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \times \ln a_{ij} \right] - \left[\sum_{i=1}^n \ln p_{ij} \times \sum_{j=1}^n \ln a_{ij} \right]}$		反映在一定观测尺度上景观类型的复杂程度
斑块数量 (NP)	个	景观水平	$NP = N$		反映景观的破碎化程度
景观破碎化指数 (F)		景观水平	$F = (N_p - 1) / N_c$	<i>N_p</i> 为各类斑块的综述; <i>N_c</i> 为景观总面积	反映景观的破碎化程度
景观形状指数 (LSI)		景观水平	$LSI = \frac{E}{\min E}$	<i>E</i> 为景观边缘总长度	反映景观斑块形状特征的聚集程度
香农多样性指数 (SHDI)		景观水平	$SHDI = \frac{-\sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)}{\ln m}$	<i>p_i</i> 为斑块类型 <i>i</i> 的景观面积占比; <i>m</i> 为斑块类型数量	反映景观的复杂性, 同时也反映了景观异质性和多样性
蔓延度 (CONTAG)		景观水平	$CONTAG = \left[\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[\left(P_i \frac{g_{hk}}{\sum_{k=1}^m g_{hk}} \right) \ln \left(P_i \frac{g_{hk}}{\sum_{k=1}^m g_{hk}} \right) \right]}{2 \ln m} \right] \times 100\%$	<i>g_{hk}</i> 为斑块类型 <i>h</i> 和 <i>k</i> 之间的节点数	反映不同类型成分的蔓延程度

表 2 怀来县各土地利用类型的 Logistic 回归分析 beta 值 (回归因数值)

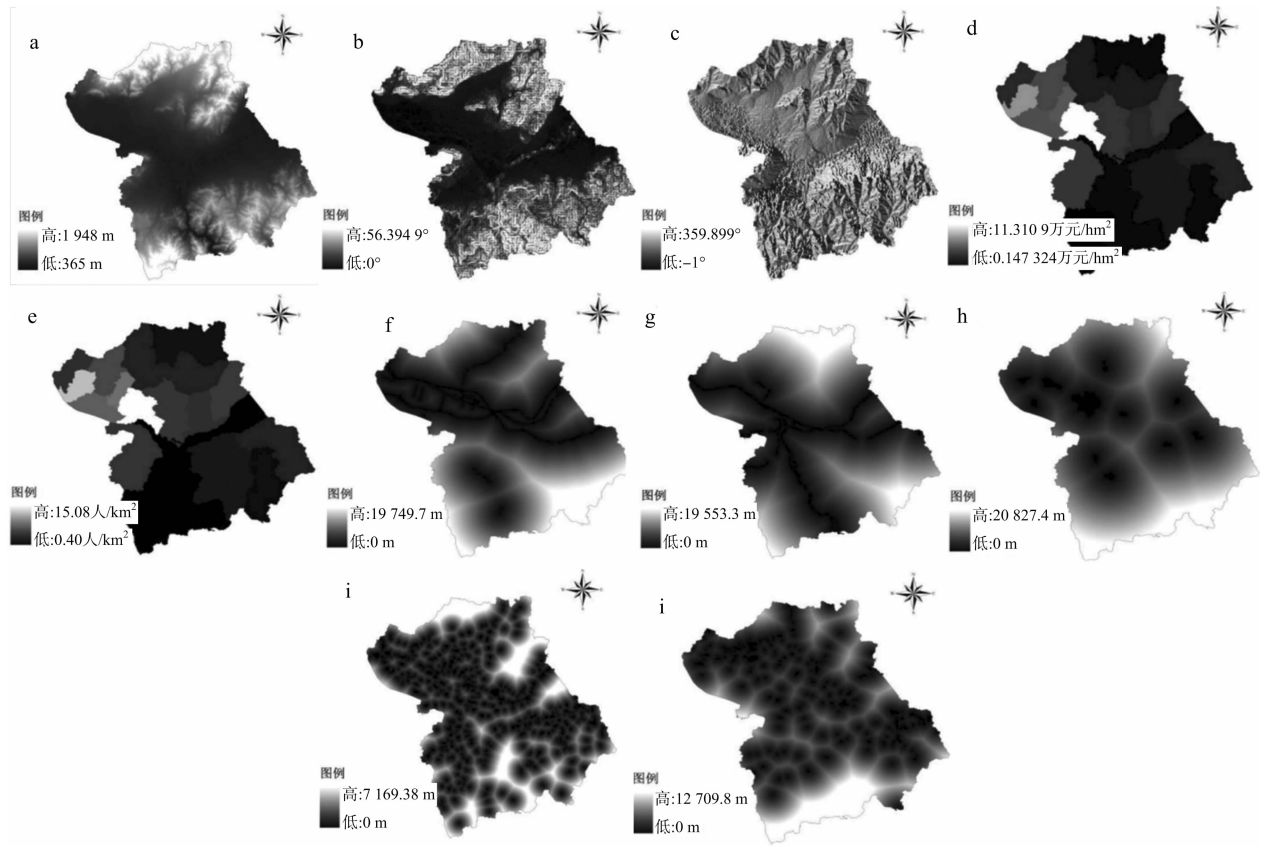
驱动因素	耕地	园地	林地	建设用地	水域	未利用地
高程	-0.004 437 9	-0.003 313 2	0.003 803 1		-0.032 615 7	0.001 801 9
坡度	0.004 107 6	0.004 544 7	-0.005 716 3		0.036 837 4	-0.001 625 5
坡向	0.000 684 5	-0.000 965 8	0.001 567 9	0.000 307 2	-0.002 582 0	-0.000 303 9
地均纯收入	-0.027 842 3	0.012 993 1	-0.016 832 3	0.002 558 6	0.052 487 1	0.009 515 2
人口密度	0.021 928 7	-0.010 565 1	0.010 273 8	-0.000 947 7	-0.041 255 1	-0.008 101 3
到公路的距离	-0.000 198 3	0.000 143 9	0.000 119 8	-0.000 066 9	0.000 480 5	-0.000 024 1
到铁路的距离	0.000 157 9	0.000 112 1	-0.000 015 3	-0.000 052 7	0.000 065 6	-0.000 132 8
到城镇的距离	0.000 052 1	-0.000 137 2	0.000 042 5	-0.000 054 6	-0.000 391 9	0.000 094 2
到居民点的距离	-0.000 507 7	-0.001 237 1	0.000 538 0	-0.002 564 9	0.001 824 0	-0.000 084 2
到工矿的距离	-0.000 038 1	0.000 017 5	-0.000 136 7	-0.000 192 7	-0.000 109 0	-0.000 053 3
政策	—	—	—	—	—	—
随机	—	—	—	—	—	—
常数	0.235 941 2	1.910 253 1	-6.474 748 3	-0.357 151 5	16.347 130 3	-1.253 781 6

注:“—”表示对地类不发生影响。

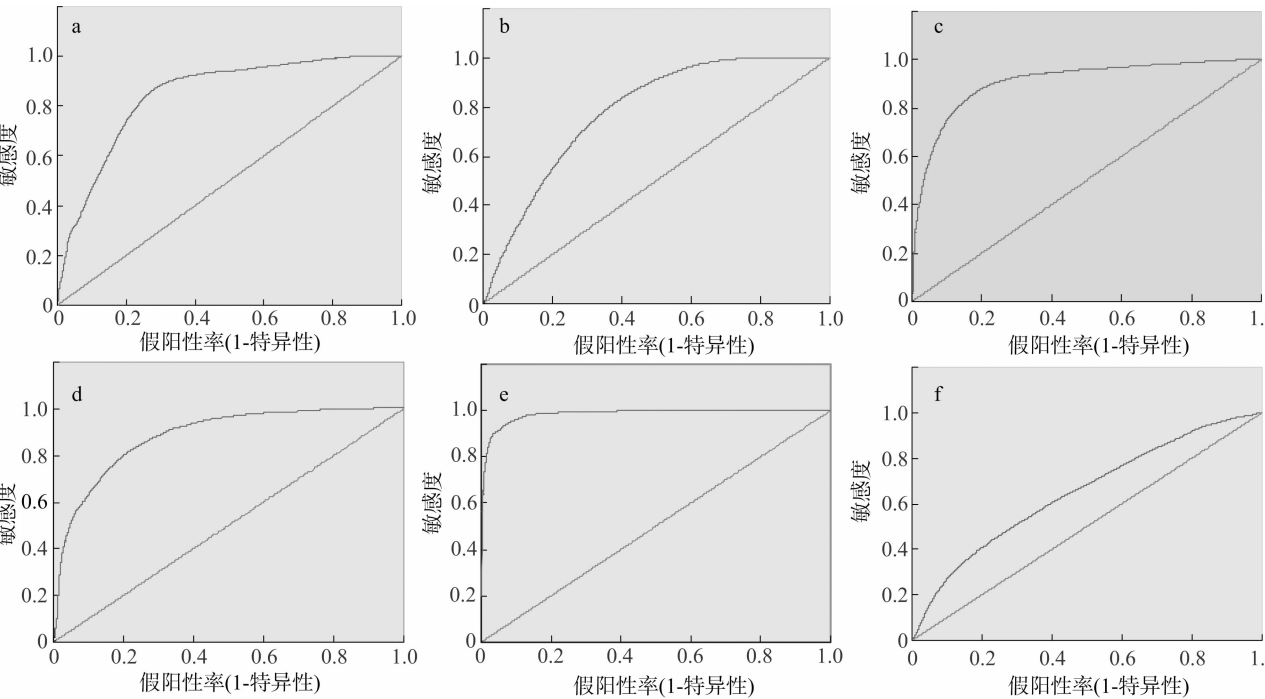
4)。对于 4 个研究年份,均以林地和未利用地为主,两者所占比例均在 25%~30% 之间,由于退耕还林等政策的实施,林地所占比例呈递增趋势,30 年间面积增长了 2 898.86 hm²,增长率为 5.8%;未利用地由于在不断的开发之中,其所占的比例总体呈下降趋势,30 年间下降了 7.9%;面积同样呈增长趋势的还有建设用地和园地,它们的面积分别由 1985 年的 7 289.99、28 246.49 hm² 增至 2015 年的 13 914.66、

33 904.23 hm²,增长率分别为为 90.9%、20.0%,其中建设用地是整个研究区面积增长最快的景观类型;耕地和水域的面积呈下降趋势,降幅分别为 23.3%、40.7%,其中水域是整个研究区面积降幅最大的(表 3)。

1985—2015 年这 30 年间,耕地减少的部分主要转变为建设用地和园地,这部分面积占耕地转出面积的 64.43%,占耕地总面积的 28.37%;园地减少的原因主要是转为耕地和



a—高程；b—坡度；c—坡向；d—地均纯收入；e—人口密度；f—到公路的距离；g—到铁路的距离；h—到城镇的距离；i—到农村居民点的距离；j—到工矿的距离
图2 驱动因子



a—耕地；b—园地；c—林地；d—建设用地；e—水域；f—未利用地
图3 各景观类型 ROC 曲线

建设用地,这部分面积占园地转出面积的 53.56%,占园地总面积的 6.02%;林地减少的部分主要是转为未利用地和园

地,这部分面积占林地转出面积的 85.51%,占林地总面积的 5.96%;未利用地减少的的部分主要转为耕地、园地和林地,

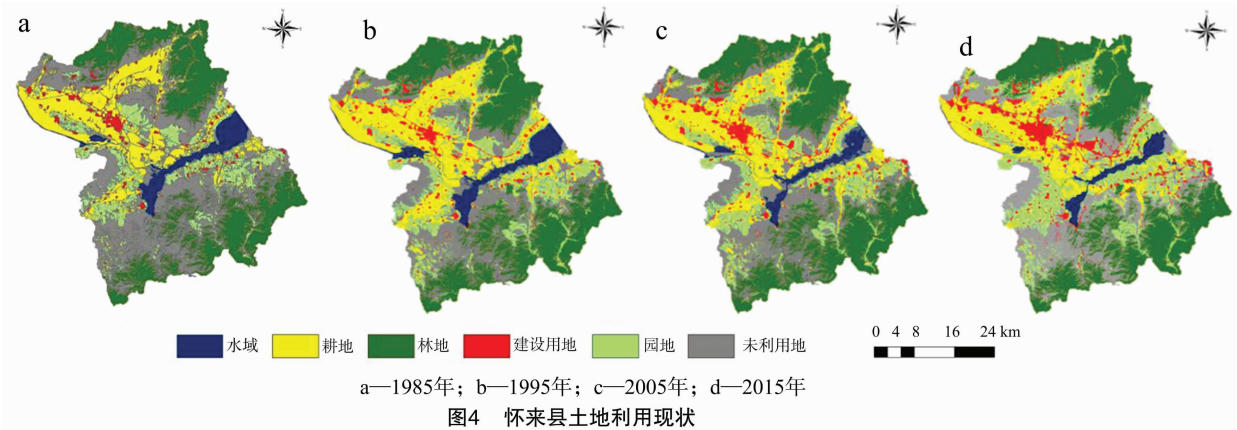


表 3 1985—2015 年怀来县各类型景观面积

景观类型	1985		1995		2005		2015	
	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)
耕地	31 850.84	17.87	31 843.96	17.87	29 772.18	16.7	24 440.98	13.71
园地	28 246.49	15.85	28 255.32	15.85	28 454.72	15.96	33 904.23	19.02
林地	49 819.31	27.95	49 899.97	28	50 498.91	28.33	52 718.17	29.58
建设用地	7 289.99	4.09	7 293.11	4.09	9 688.41	5.44	13 914.66	7.81
未利用地	52 033.67	29.19	51 940.41	29.14	53 464.87	30	47 925.95	26.89
水域	8 991.8	5.04	8 999.33	5.05	6 353.01	3.56	5 328.11	2.99
总计	178 232.1	100	178 232.1	100	178 232.1	100	178 232.1	100

这部分面积占未利用地转出面积的 91.31%,占未利用地总面积的 14.85%;水域减少的原因主要是转为耕地和园地,这部分面积占水域面积转出面积的 81.40%,占园地总面积的 42.18%;由于建设用地转为以上 5 个景观类型这种状况不符合客观实际,所以不予考虑(表 4、表 5)。

表 4 1985—2015 年各景观类型转移矩阵

景观类型	耕地	园地	林地	建设用地	未利用地	水域	转出面积
耕地	17 824.05	4 060.87	3 422.41	4 977.07	1 266.41	300.03	14 026.79
园地	955.44	25 077.55	526.69	741.76	342.81	602.24	3 168.94
林地	309.71	709.43	46 345.46	169.94	2 260.92	23.85	3 473.85
未利用地	2 622.30	2 993.55	2 114.58	666.59	43 567.48	69.17	8 466.19
水域	2 729.48	1 062.83	309.03	69.31	488.33	4 332.82	4 658.98

表 5 1985—2015 年各景观类型转移变化率

景观类型	耕地	园地	林地	建设用地	未利用地	水域	转出率
耕地	55.96	12.75	10.75	15.62	3.98	0.94	44.04
园地	3.38	88.78	1.86	2.64	1.21	2.13	11.22
林地	0.62	1.42	93.03	0.34	4.54	0.05	6.97
未利用地	5.04	5.75	4.06	1.29	83.73	0.13	16.27
水域	30.36	11.82	3.44	0.76	5.43	48.19	51.81

3.2 怀来县景观格局分析

3.2.1 类型水平景观格局分析 斑块密度、平均斑块面积和聚合度指数这 3 个指标经常被用来表征一定区域内景观的破碎化程度。聚合度反映了不同类型景观要素的聚集程度和景观要素在景观中的分离情况,聚集度越低异质性越高,优势景观类型对整体景观的控制作用降低。由表 6 可知,在 4 个考察年份间,耕地和水域的斑块密度呈增长趋势,说明耕地和水域的破碎化程度在不断增加,且两者平均斑块面积和聚合度在降低,表明异质性在升高;园地的平均斑块面积呈下降趋势,斑块密度在 1985—2005 年间较稳定,呈缓慢下降趋势,2005—2015 年间突然升高,表明它的破碎化程度经历了先减少后增加的趋势,但是聚合度的上升表明异质性在降低;林地

的斑块密度、平均斑块面积和斑块内聚力指数都略有升高,表明它的破碎化程度略有波动,但景观稳定性较强;建设用地的斑块密度呈上升趋势,表明它的破碎化程度也在升高,但是聚合度指数的上升则表明它对整体景观的控制作用在增强;未利用地的斑块密度增加,平均斑块面积总体上减小,表明它的破碎化程度呈增大趋势。斑块内聚力指数表征的是相应斑块类型自然状态的连通度,斑块内聚力指数最大的是林地,到 2015 年达到 98.97,园地变化不大,相对稳定,有缓慢增长的趋势,而耕地、建设用地、水域和未利用地的斑块内聚力指数均总体呈降低趋势,表明这 4 种土地利用景观类型的连通度均呈降低的趋势,因此在未来进行土地利用规划时须要增强这 4 种土地利用景观类型内部的连通度。面积-周长分维数

反映了在一定观测尺度上景观类型的复杂程度,表现为耕地、园地、建设用地、未利用地整体增加,林地先增加后减小。横向比较面积-周长分维数可以看出,怀来县 1985—2015 年各

景观类型面积-周长分维数排序为水域>园地>未利用地>林地>建设用地>耕地。其中,水域面积-周长分维数最大,说明水域的斑块几何形状最简单。

表 6 1985—2015 年怀来县土地利用类型景观格局指数

土地利用景观类型	年份	斑块密度 (个/hm ²)	平均斑块面积 (hm ²)	聚合度	斑块内聚力指数	周长-面积分维数
耕地	1985	1.16	39.88	88.03	98.86	1.25
	1995	1.21	39.46	86.07	98.32	1.26
	2005	1.37	33.41	84.65	97.22	1.27
	2015	1.48	31.72	84.71	96.99	1.28
园地	1985	1.79	9.59	69.38	93.20	1.37
	1995	1.74	9.56	69.50	93.32	1.38
	2005	1.65	9.53	72.87	93.41	1.39
	2015	1.97	8.20	73.11	93.56	1.40
林地	1985	0.68	39.88	87.96	98.71	1.31
	1995	0.71	40.49	88.04	98.77	1.32
	2005	0.72	40.56	87.91	98.83	1.32
	2015	0.74	40.58	88.50	98.97	1.31
建设用地	1985	0.79	6.30	63.15	87.22	1.30
	1995	0.83	6.29	63.86	87.34	1.31
	2005	0.92	6.05	66.49	85.04	1.30
	2015	1.27	5.31	67.13	81.95	1.32
未利用地	1985	1.47	19.48	80.45	97.31	1.32
	1995	1.51	19.38	80.28	97.25	1.33
	2005	1.53	19.65	80.32	97.11	1.33
	2015	1.80	14.95	78.17	96.54	1.35
水域	1985	0.14	31.22	91.72	97.83	1.39
	1995	0.15	31.19	91.6	97.60	1.42
	2005	0.18	19.38	85.32	97.15	1.45
	2015	0.21	17.43	89.54	97.01	1.44

3.2.2 景观水平景观格局分析 由表 7 可知,1985—2015 年 30 年间,研究区景观斑块数增加 2 985 个,破碎度指数由 5.31 上升为 6.42,形状指数也由 41.47 上升为 47.48,表明景观更加趋于破碎化和形状的不规则化。斑块内聚力指数的下降说明整体的连通度在降低;香浓多样性指数的上升反映景观越来越由少数斑块类型控制;蔓延度的降低表明景观中优势类型的连接性在降低,景观破碎化在加剧。从土地利用现状图(图 4)也可以直观地看出,城镇在不断向外扩展,呈现更加破碎化的特征。

表 7 1985—2015 年怀来县土地利用类型景观格局指数

年份	斑块数量 (个)	破碎化 指数	形状 指数	香浓多样 性指数	蔓延度
1985	9 346	5.31	41.47	1.58	42.07
1995	9 713	5.44	44.47	1.59	41.90
2005	9 877	5.56	45.84	1.60	41.78
2015	12 331	6.42	47.48	1.61	40.65

3.3 怀来县景观格局驱动力分析

从表 8 可以看出,对怀来县耕地景观分布影响的因子有高程、坡度、坡向、地均纯收入、人口密度、到公路的距离、到城镇的距离、到居民点的距离,且地均纯收入因子对怀来县的耕地分布影响最大,发生的概率为 0.972 7,表明耕地分布与地均纯收入成反比,收入低的地方耕地的分布概率反而更高。园地的分布与高程、坡度、坡向、地均纯收入、人口密度、到公路的距离、到铁路的距离、到城镇的距离、到居民点的距离有

关,且受地均纯收入和人口密度的影响最为强烈,在地均纯收入的影响下园地分布的发生概率为 1.013 2,在人口密度的影响下园地分布的发生概率为 0.9896,表明园地主要分布在地均纯收入高且人口密度较低的区域。对于林地的分布,除了到铁路的距离和到城镇的距离对林地分布没有影响,其他因子均对林地的分布有影响,且地均纯收入的影响最大,在此影响下的发生概率为 0.983 1,和林地分布成反比,表明林地分布较多的区域地均收入往往较少。建设用地和水域均受全部因子的影响,其中对建设用地影响最大的因子是高程,在此因子的作用下建设用到的发生概率是 0.976 7,表明高程越低,建设用地发生倾向越显著;对水域影响较大的因子是地均纯收入和人口密度,它们的发生概率是 1.053 6 和 0.959 4,表明地均纯收入高的区域,水域总面积往往较大,但人口分布较少。未利用地的景观分布受除到公路的距离以外的驱动因子影响,且地均纯收入和人口密度为主要影响因子,在此影响下发生的概率分别为 1.008 9 和 0.991 7,表明地均纯收入高且人口密度较低的区域未利用地发生的趋势更高。

尽管政策因子无法进行 Logistic 回归分析,但政策驱动因子是不容忽视的一项影响因素。怀来县作为第 1 批进行退耕还林工程的试点县,从 2000 年开始,先后实施了京津风沙源治理工程、退耕还林工程、巩固退耕还林成果专项规划、京冀水源保护林合作项目等多个重点生态工程建设项目,截至 2016 年已完成治理面积 86 000 hm²,这些生态工程的相继实施,有效地改善了区域生态环境,也因为政策的导向作用在一

表 8 怀来县各土地利用类型的 Logistic 逐步回归结果

驱动因子	耕地	园地	林地	建设用地	水域	未利用地
高程	0.994 9	0.996 3	1.004 2	0.976 7	0.967 6	1.002 1
坡度	1.004 3	1.004 5	0.993 9	1.002 1	1.038 0	0.998 3
坡向	1.001 2	0.998 8	1.001 4	1.000 1	0.997 1	0.998 0
地均纯收入	0.972 7	1.013 2	0.983 1	1.002 2	1.053 6	1.009 8
人口密度	1.022 3	0.989 6	0.998 9	1.010 2	0.959 4	0.991 7
到公路的距离	0.999 7	1.000 3	1.000 3	0.999 7	1.000 3	1.000 0
到铁路的距离	1.000 0	1.000 2	1.000 0	0.999 8	1.000 1	0.999 9
到城镇的距离	1.000 1	0.999 9	1.000 0	0.999 9	0.999 7	1.000 1
到居民点的距离	0.999 6	0.998 7	1.000 6	0.997 3	1.001 7	0.999 8
到工矿的距离	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 8	0.999 8	0.999 9
政策	—	—	—	—	—	—
常数	1.2660	6.7545	0.0014	0.6996	1.2575	0.2852

注:exp(β)是 β 系数以 e 为底的自然幂指数,它所表征的是某一事件发生概率与不发生概率的比值,本研究中 exp(β)表征的是土地利用类型发生的概率的变化情况;用 Exp(β)和 1 作比较,共有 3 种情况:大于 1、等于 1、小于 1,分别表示发生概率增加、发生概率不变、发生概率降低;“—”表示该驱动因子未能通过 5% 的显著性水平检验,因此该因子不参与该地类空间分布模型构建。

定程度上改变了景观格局。

4 结论

怀来县在 1985—2015 年这 30 年的时间里,景观类型主要以林地和未利用地为主,林地由于退耕还林等一系列生态工程,面积有小幅提升。变化最大的景观类型是建设用地和水域,其中建设用地面积呈增加态势,增长率为 90.87%,水域面积呈减少态势,主要转变为耕地和园地,减少率为 40.7%。总体上来看,景观类型变化的最大特征是自然景观向人造景观的转变。

研究期间内,怀来县耕地和水域的破碎化程度逐渐增加,景观异质性升高,连通性降低;园地的破碎化程度经历了先减少后增加的趋势,景观异质性降低,但连通性相对稳定;林地的破碎化程度略有波动,但景观稳定性较强,景观连通性最高;建设用地尽管破碎化程度也在升高,但聚合度指数的上升则表明它对整体景观的控制作用逐渐增强;未利用地破碎化呈增大趋势,景观异质性波动性升高,连通性降低。各景观类型按形状复杂程度由简到繁排序为水域>园地>未利用地>林地>建设用地>耕地。研究区整体破碎化指数升高,连通性降低,城镇在不断向外扩展,呈现更加破碎化的特征。因此,为有效阻止冀西北国家重点生态功能区景观斑块的破碎化,未来土地规划应加强节约集约用地,并修建科学合理的生态廊道增加景观斑块连通度,保护物种多样性,降低生态风险。

采用 Logistic 回归分析对冀西北国家重点生态功能区进行驱动力分析具有较好的解释效果,选取的自然和人文因子均对研究区的景观格局产生了影响。量化结果显示,地均纯收入和人口密度对景观格局变化的影响最大,尽管无法对政策因子进行 Logistic 回归分析,但由于其导向作用,也在一定程度上推动了景观格局的变化。

参考文献:

[1]Turner M G. Landscape ecology in theory and practice: pattern and process[M]. New York:Springer,2001:1-10.
[2]张秋菊,傅伯杰,陈利项. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学,2003,23(3):264-270.

[3]吴健生,王 政,张理卿. 景观格局变化驱动力研究进展[J]. 地理科学进展,2012,31(12):1739-1746.
[4]邵洪伟. 深圳市景观格局演变及驱动力研究[D]. 天津:天津师范大学,2008:3-8.
[5]Bürgi M, Hersperger A M, Schneeberger N. Driving forces of landscape change: current and new direction [J]. Landscape Ecology,2004,19(8):857-868.
[6]李宁云,袁 华,田 昆,等. 滇西北纳帕海湿地景观格局变化及其对土壤碳库的影响[J]. 生态学报,2011,31(24):7388-7396.
[7]刘恩峰,侯 伟,崔 莉,等. 南四湖湿地景观格局变化及原因分析[J]. 湿地科学,2009,7(3):261-265.
[8]孔凡亭,郝 敏,李 悦,等. 基于 RS 和 GIS 技术的湿地景观格局变化研究进展[J]. 应用生态学报,2013,24(4):941-946.
[9]韩 美,张 翠,路 广,等. 黄河三角洲人类活动强度的湿地景观格局梯度响应[J]. 农业工程学报,2017,33(6):265-274.
[10]林炳青,陈兴伟,陈 莹,等. 流域景观格局变化对洪枯径流影响的 SWAT 模型模拟分析[J]. 生态学报,2014,34(7):1772-1780.
[11]冯星昇,罗格平,周德成,等. 近 50a 土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响——以新疆玛纳斯河流域为例[J]. 生态学报,2010,30(16):4295-4305.
[12]张宏锋,欧阳志云,郑 华,等. 新疆玛纳斯河流域景观格局变化及其生态效应[J]. 应用生态学报,2009,20(6):1408-1414.
[13]欧阳锐. 北京城市景观格局时空变化及驱动力[J]. 生态学报,2015,35(13):4357-4366.
[14]潘竟虎,苏有才,黄永生,等. 近 30 年玉门市土地利用与景观格局变化及其驱动力[J]. 地理研究,2012,31(9):1631-1639.
[15]曾加芹,欧阳华,牛树奎,等. 1985—2000 年西藏地区景观格局变化及影响因子分析[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(1):137-143.
[16]黄 宁,杨绵海,林志兰,等. 厦门市海岸带景观格局变化及其对生态安全的影响[J]. 生态学杂志,2012,31(12):3193-3202.
[17]吴 莉,侯西勇,徐新良,等. 山东沿海地区土地利用和景观格局变化[J]. 农业工程学报,2013,29(5):207-216.
[18]王艳芳,沈永明. 盐城国家级自然保护区景观格局变化及其驱动力[J]. 生态学报,2012,32(15):4844-4851.
[19]张 莹,雷国平,林 佳,等. 扎龙自然保护区不同空间尺度景观格局时空变化及其生态风险[J]. 生态学杂志,2012,31(5):1250-1256.

郭晓雷,申双和,张磊,等.宁夏枸杞种植区春霜冻发生的时空分布特征分析[J].江苏农业科学,2019,47(6):238-242.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.051

宁夏枸杞种植区春霜冻发生的时空分布特征分析

郭晓雷^{1,2,3}, 申双和¹, 张磊², 段晓凤², 杨苑媛³, 胡悦³

(1. 南京信息工程大学, 江苏南京 210044; 2. 中国气象局旱区特色农业气象监测预警与风险管理重点实验室/
宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏银川 750002 3. 银川市气象局, 宁夏银川 750002)

摘要:利用宁夏枸杞种植区 15 个气象站 1961—2017 年最低气温观测资料, 结合宁夏枸杞春霜冻致灾指标, 采用线性倾向估计、Moflet 小波分析、正交经验函数(EOF)分析等方法, 研究宁夏枸杞种植区春霜冻发生的时空分布特征。结果表明, (1) 宁夏枸杞种植区春霜冻发生次数呈现南北多、中间少的分布特征, 晚霜冻日也呈现南部偏晚、中北部偏早的空间分布特征, 霜冻发生次数最多和春霜冻日结束最晚都集中在南部地区, 尤以兴仁最为严重; (2) 1961—2017 年宁夏枸杞终霜冻日以 2.1 d/10 年的速率提前, 且阶段性变化特征明显, 20 世纪 70 年代春霜冻都在 5 月上旬后结束, 而到 20 世纪 90 年代末之后, 大部分年份春霜冻都在 5 月上旬前结束; 57 年尺度上枸杞春霜冻发生次数以 2.1 次/10 年的速率减少, 在 1992 年之前发生次数偏多, 之后发生明显突变, 且 1992 年前存在明显的 7 年、准 4 年的周期变化, 之后周期性变化不明显。 (3) 宁夏枸杞春霜冻发生次数在大部分年份都呈现偏多或偏少的一致性特征, 也存在明显的南北差异分布, 但总体一致性是宁夏枸杞春霜冻发生次数变化的主要特征。

关键词: S571.9 枸杞; 春霜冻; 分布特征; 经验正交函数(EOF)

中图分类号: S425 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0238-05

宁夏枸杞驰名中外, 是唯一被载入《中华人民共和国药典》(2010 年版) 的品种, 因其较高的营养价值和药用保健功效受到广大消费者青睐。近年来, 随着政府的大力扶持, 宁夏已形成了以中宁为核心、清水河流域和贺兰山东麓为两翼的枸杞产业带, 枸杞产业已经成为宁夏农业特色优势产业的重要

组成部分。霜冻是威胁宁夏枸杞产业发展的主要气象灾害之一, 且宁夏是霜冻多发区, 正常年份春霜冻重于秋霜冻^[1-2], 由于春季正值枸杞嫩梢期至花果期, 春季霜冻灾害的发生直接影响枸杞头茬果和夏果的产量及品质^[3], 而枸杞头茬果和夏果的营养成分均高于秋果^[4-5], 经济价值更高, 春季霜冻造成的损失尤为严重。因此, 摸清宁夏枸杞种植区春季霜冻发生规律, 可为宁夏枸杞春季霜冻预报提供基础理论依据, 从而提高防御枸杞春霜冻灾害能力, 保障宁夏枸杞产业健康发展。

多位研究者以气象学上的霜冻致灾指标(地面最低温度 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低气温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或最低气温 $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) 来分析区域霜冻变化特征^[6-13], 但对具体特色作物而言, 因作物的种类、品种不同, 其对霜冻灾害的耐受性也不同, 普适性的霜冻

收稿日期: 2018-08-15

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41565007)。

作者简介: 郭晓雷(1979—), 男, 宁夏盐池人, 副高级工程师, 主要从事农业气候资源和特色农业气象服务研究。E-mail: 25052248@qq.com。

通信作者: 申双和, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农业气象、生态环境方面的研究。E-mail: zhangyuanyuanson@yahoo.com.cn。

[20] 傅伯杰, 陈利项, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 3-18.

[21] 胡冬雪, 唐立娜, 邱全毅, 等. 海峡西岸经济区景观格局 10 年变化及驱动力[J]. 生态学报, 2015, 35(18): 6138-6147.

[22] 刘吉平, 赵丹丹, 田学智, 等. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3234-3244.

[23] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 152-160.

[24] 刘江, 崔胜辉, 邱全毅, 等. 滨海半城市化地区景观格局演变——以厦门市集美区为例[J]. 应用生态学报, 2010, 21(4): 856-862.

[25] 田锡文, 王新军, K G 卡迪罗夫, 等. 近 40a 凯拉库姆库区土地利用/覆盖变化及景观格局分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(6): 232-241.

[26] 郭晓妮. 康保县景观格局变化及其生态效益分析[D]. 北京: 首都师范大学, 2009: 2-13.

[27] 谢圣. 湖北省土地利用景观格局及其影响因素分析[D]. 武

汉: 华中师范大学, 2013: 3-15.

[28] 宁雅楠. 青龙满族自治县土地利用景观生态安全时空变化与影响因素分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2015: 3-17.

[29] 阳文锐. 北京城市景观格局时空变化及驱动力[J]. 生态学报, 2015, 35(13): 4357-4366.

[30] Chang N B, Ham M, Yao W, et al. Change detection of land use and land cover in an urban region with SPOT-5 images and partial Lanczos extreme learning machine[J]. Journal of Applied Remote Sensing, 2010, 4(1): 420-429.

[31] 葛全胜, 赵名茶, 郑景云. 20 世纪中国土地利用变化研究[J]. 地理学报, 2000, 55(6): 698-706.

[32] 朱连奇, 许叔明, 陈沛云. 山区土地利用/覆被变化对土壤侵蚀的影响[J]. 地理研究, 2003, 22(4): 432-439.

[33] Pontius R G, Schneider L C. Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2001, 85(1/2/3): 239-248.