

韩 逸, 郭 熙, 江叶枫, 等. 南方丘陵区耕地质量与景观格局指数相关性分析[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(5): 1057-1065.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2018.05.013

南方丘陵区耕地质量与景观格局指数相关性分析

韩 逸^{1,2}, 郭 熙^{1,2}, 江叶枫^{1,2}, 饶 磊^{1,2}, 孙 凯^{1,2}, 余慧敏^{1,2}

(1. 江西农业大学国土资源与环境学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 江西 南昌 330045)

摘要: 研究耕地质量与耕地景观格局的相关性, 可为耕地质量保护与提升工作提供景观生态学依据。在 ArcGIS 10.2 与 Fragstats 4.2 软件的支持下, 选取斑块面积、斑块所占景观面积的比例、斑块密度、边界密度、平均斑块大小、景观形状指数、蔓延度指数、景观分离度、香农多样性指数共 9 个景观格局指数进行研究, 同时将耕地国家自然质量等级指数、耕地国家利用质量等级指数和耕地国家经济质量等级指数分别与耕地景观格局指数进行相关性分析。结果表明: 耕地国家自然质量等级指数与边界密度、平均斑块大小显著相关, 相关系数分别为 -0.361 ($P < 0.01$) 和 0.344 ($P < 0.05$); 耕地国家利用质量等级指数与景观形状指数、景观分离度、香农多样性指数显著相关, 相关系数分别为 0.271 ($P < 0.05$), 0.323 ($P < 0.05$) 和 0.290 ($P < 0.05$); 耕地国家经济质量等级指数与边界密度显著相关, 相关系数为 -0.283 ($P < 0.05$)。耕地质量与部分耕地景观格局指数存在显著相关性, 区域耕地景观格局可以在一定程度上反映区域耕地质量。

关键词: 景观生态学; 耕地质量; 景观格局指数; 相关性分析

中图分类号: F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)05-1057-09

Correlation analysis between cultivated land quality and landscape pattern index in south hilly areas

HAN Yi^{1,2}, GUO Xi^{1,2}, JIANG Ye-feng^{1,2}, RAO Lei^{1,2}, SUN Kai^{1,2}, YU Hui-min^{1,2}

(1. Academy of Land Resource and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Key Laboratory of Poyang Lake Watershed Agricultural Resources and Ecology of Jiangxi Province, Nanchang 330045, China)

Abstract: The study on the relationship between the cultivated land quality and landscape pattern can provide landscape ecological basis for the protection and promotion of cultivated land quality. With the support of ArcGIS 10.2 and Fragstats 4.2 software, a total of nine landscape pattern indices: class area, percentage of landscape, patch density, edge density,

mean patch size, landscape shape index, contagion index, landscape division index and shannon's diversity index were selected to analyze the correlation of landscape pattern index with cultivated land national natural quality level index, cultivated land national use quality level index and cultivated land national economic quality level index. The results showed that the cultivated land national natural quality level index was significantly correlated with the

收稿日期: 2017-11-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41361049); 江西省自然科学基金项目(20122BAB204012); 江西省赣鄱英才“555”领军人才项目(201295)

作者简介: 韩 逸(1995-), 男, 江西赣县人, 硕士研究生, 主要从事土地资源利用与评价研究。(Tel) 18170872820; (E-mail) gzhanyi@qq.com

通讯作者: 郭 熙, (E-mail) xig435@163.com

edge density and mean patch size, the correlation coefficients were -0.361 ($P < 0.01$) and 0.344 ($P < 0.05$). Cultivated land national use quality level index was significantly correlated with the landscape shape index, landscape division index and shannon's diversity index, the correlation coefficients were 0.271 ($P < 0.05$), 0.323 ($P < 0.05$) and 0.290 ($P < 0.05$). Cultivated land national economic quality level index was significantly correlated with the edge density, the correlation coefficient was -0.283 ($P < 0.05$). That means the quality of cultivated land is correlated with a part of cultivated land landscape pattern indices, regional cultivated land landscape pattern can reflect the quality of cultivated land to a certain extent.

Key words: landscape ecology; quality of cultivated land; landscape pattern index; correlation analysis

耕地作为土地资源的重要组成部分,是人类赖以生存与发展的基础和保障。耕地的存在与发展提供了人类社会必需的生存资料,从而极大地推动了社会生产力乃至整个社会的发展。耕地质量是由耕地土壤肥力和耕地位置所决定的耕地综合属性^[1],是耕地生产能力高低,耕地环境状况优劣以及耕地产品质量好坏的反映^[2]。耕地质量优劣关系到国家农业综合生产能力的高低,影响到国家粮食安全^[3]。随着人口的不断增长和社会经济的快速发展,在建设大量占用优质耕地以及耕地退化的双重影响下,中国耕地数量与耕地质量持续下降^[4],相对于耕地数量的有形减少,耕地质量的下降是隐性的,且是较为稳定的,短期内难以恢复的,其负面影响不弱于、甚至更甚于耕地数量的减少^[5]。为保证国家粮食安全、耕地生态安全以及耕地的可持续发展,在新时期、新形势下的耕地保护工作中,除了要注重耕地数量的控制,更为迫切的是基于耕地生态安全的耕地质量的保护和提升。

耕地景观格局是耕地生态系统的空间表象,直接影响着耕地生态系统的稳定性、脆弱性和农业生产功能。景观生态学是生态学、地理科学和环境科学之间的研究宏观尺度上景观类型的空间格局和生态过程的相互作用及其动态变化特征的一门交叉学科^[6-7],而景观格局是指景观的空间结构特征,是景观组成单元的类型、数目及空间分布与配置,是景观异质性在空间上的综合表现^[8],景观格局分析是景观生态学研究的核心内容和热点问题之一^[9]。目前国内学者在耕地景观格局方面做了不少的探索,如杜国明等^[10]对水田化进程中的耕地景观格局演化规律进行研究,发现耕地景观格局指数变化可以有效地描述耕地结构与功能的时空变化。王千等^[11]从耕地景观格局角度分析耕地对外部干扰的抵抗能力,抵御风险能力,以及自身的恢复能力,对江苏沿海地区耕地景观生态安全做了有益探索,为

区域耕地保护提供了有力支持与决策依据。李洪义等^[12]基于景观格局视角研究了土地整治对农地细碎化的影响,认为合理的景观格局设计可以在一定程度上改善农地细碎化状况和提高土地整治景观生态效益。可见基于耕地生态角度的景观格局分析可以反映耕地的空间异质性、空间相关性以及空间规律性等景观生态学特征。然而,目前大部分学者的耕地景观格局研究只是基于耕地的外部特征,关于耕地内在条件如不同质量耕地景观格局特征的研究尚不多见,耕地质量保护与提升工作缺乏生态学基础。因此,本研究选取了适宜的景观格局指数对吉安县不同质量耕地的景观格局进行分析,并研究耕地质量与耕地景观格局指数的相关性,以期为保护优势耕地资源,优化耕地空间布局以及实现耕地数量、质量、生态“三位一体”保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

1.1.1 研究区自然、社会经济条件 吉安县隶属于江西省吉安市,古称庐陵,地处江西省中部,位于吉泰盆地中心,介于 $114^{\circ}27' \sim 115^{\circ}30' E$, $26^{\circ}38' \sim 27^{\circ}37' N$,全县国土面积 $2.14 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。吉安县属赣中丘陵区,地貌类型主要包括山地、丘陵和河谷平原,山地与丘陵总面积达到 $1.54 \times 10^5 \text{ km}^2$,占全县总面积的 72%。东南、西南和北面三面边境山峰连绵,山岭起伏,地势由四周向中部倾斜。吉安县属亚热带季风气候,气候温和,日照丰富,四季分明,冬夏长,春秋短,雨量充沛,无霜期较长。2015 年末,吉安县户籍总人口 5.1×10^5 人,其中城镇人口 2.0×10^5 人,乡村人口 3.1×10^5 人,地区生产总值 1.43×10^{10} 元,全县财政总收入 2.5×10^9 元,农业、工业、服务业三大产业结构为 18.6 : 54.5 : 26.9。

1.1.2 研究区耕地质量概况 2014 年,吉安县耕地总面积为 $4.82 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中水田 $4.16 \times 10^4 \text{ km}^2$,占

耕地总面积的 86.31%,旱地 $0.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占耕地总面积的 13.69%。2014 年耕地质量年度更新成果显示,吉安县耕地国家自然质量等级分布在 9~14 等,面积加权平均自然质量等级为 9.13 等,国家利用质量等级分布在 3~13 等,面积加权平均利用质量

等级为 6.96 等,国家经济质量等级分布在 2~11 等,面积加权平均经济质量等级为 7.40 等。如图 1 所示,吉安县耕地质量等级较高的耕地主要分布于中部的梅塘乡、湴田乡、登龙乡,东部的永和镇以及中北部的大冲乡和万福镇。

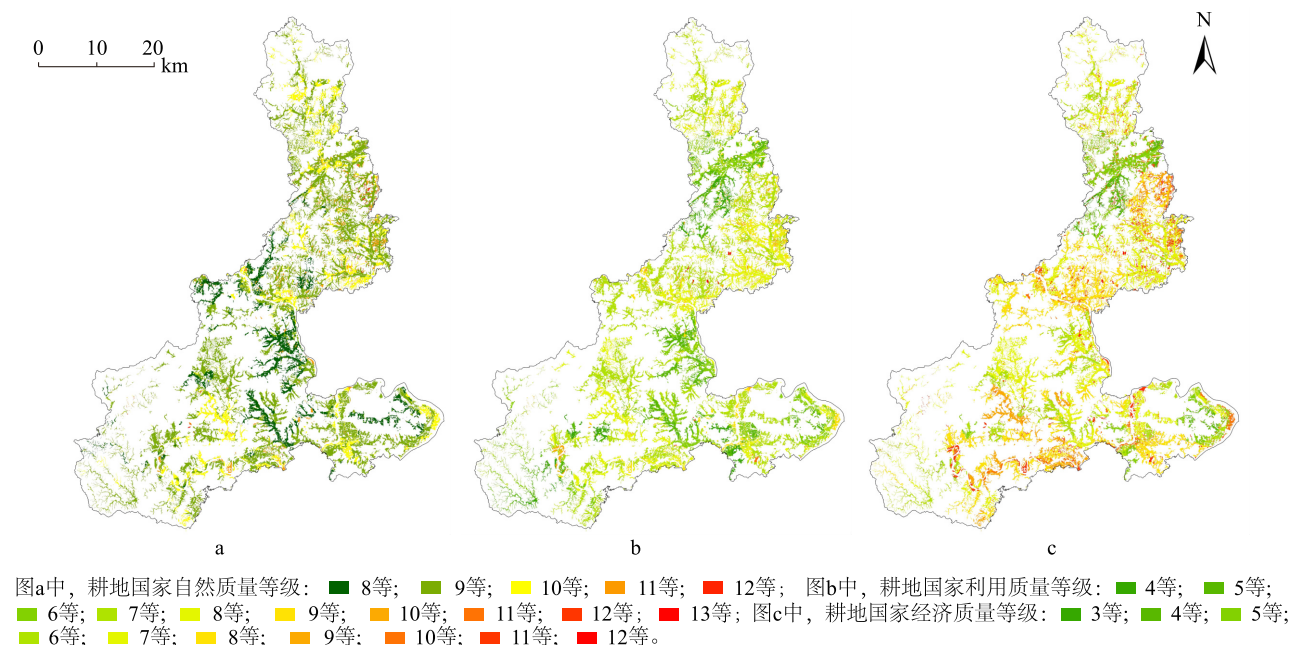


图1 吉安县 2014 年耕地质量等级分布图

Fig.1 Cultivated land quality level distribution map of Ji'an county in 2014

1.2 数据来源

数据来源于吉安县 2013 年度 1:50 000 耕地质量更新数据,其中包含了吉安县耕地图斑矢量数据以及耕地国家质量等级数据。运用 ArcGIS 10.2 软件,分别以国家自然质量等级、国家利用质量等级和国家经济质量等级字段为依据,将耕地图斑矢量数据转换为像元大小为 5 m 的栅格数据。

1.3 耕地景观格局指数计算方法

景观格局指数是景观格局信息的高度概况,是反映景观结构组成、空间配置特征的量化指标,是景观格局研究的重要指标之一^[8]。不同质量耕地景观格局分析,是运用景观格局指数法对不同质量的耕地的空间异质性、空间相关性和空间规律性进行定量化的研究。

本研究在前人研究的基础上^[13-17],从斑块类型与景观镶嵌体层次选取了部分有代表性的斑块类型水平指数与景观水平指数。其中斑块面积(CA)、斑

块所占景观面积的比例(PLAND)主要用于描述不同质量等级耕地的统计学特征;斑块密度(PD)、边界密度(ED)、平均斑块大小(MPS)、景观形状指数(LSI)主要用于描述耕地的景观破碎度;蔓延度指数(CONTAG)、景观分离度(DIVISION)主要用于描述不同质量等级耕地的交错及聚集程度;香农多样性指数(SHDI)主要用于描述耕地质量景观结构组成的复杂性。运用 Fragstats4.2 计算区域内整个景观镶嵌体的景观格局指数,在此基础上对景观格局指数进行分析,从而获得不同区域耕地景观格局量化的差异及其产生的规律。

1.4 相关性分析方法

相关性分析是指对 2 个或多个具备相关性的变量元素进行分析,从而衡量 2 个变量因素的相关密切程度的过程。耕地质量和耕地景观格局是耕地所表现出来的 2 种特征,李竹青^[18]的研究结果表明,二者之间在一定程度上存在着一种耦合关系,但它

们之间的具体联系并不明晰。因此,本研究基于吉安县 2013 年度耕地更新数据,运用 IBM SPSS Statistics 22.0 (IBM SPSS, Somers, NY, USA) 分析软件,分别对一定区域的耕地自然质量等级指数、耕地利用质量等级指数和耕地经济质量等级指数与景观格局指数进行 Pearson 相关性分析,以便更加具体地探究耕地质量与耕地景观格局之间的联系与变化规律。

2 结果与分析

2.1 不同耕地质量下的耕地景观格局指数分析

耕地国家自然质量等级、耕地国家利用质量等级和耕地国家经济质量等级是对耕地自然质量、耕地利用质量和耕地经济质量的标准化量化,无论是耕地国家自然质量等级、耕地国家利用质量等级或耕地国家经济质量等级,作为耕地的一种属性,在空间分布上均存在高度的空间异质性。为研究不同质量耕地空间分布的空间相关性及其空间规律性,本研究分别以耕地国家自然质量等级、耕地国家利用质量等级和耕地国家经济质量等级为依据,将吉安县全部耕地划分成若干质量等级不同的斑块类型,在此基础上进行景观格局分析。

2.1.1 不同耕地质量下的耕地斑块类型水平景观格局指数分析 经 Fragstats 4.2 软件分析,得出吉安县不同质量等级耕地的斑块类型水平景观格局指数如表 1。其中斑块面积、斑块所占景观面积的比例是在斑块类型层次上选取的斑块类型水平指数,它们所反映的是不同质量等级耕地在统计学上的特征,可以在一定程度上反映吉安县耕地的整体质量状况。吉安县耕地国家自然质量等级主要分布于 8 等、9 等、10 等,面积加权平均自然质量等级为 9.13 等,耕地国家利用质量等级主要分布于 5 等、6 等、7 等、8 等,面积加权平均利用质量等级为 6.96 等,耕地国家经济质量等级主要分布于 5 等、6 等、7 等、8 等,面积加权平均经济质量等级为 7.40 等。由于耕地国家质量等级数值越大,耕地质量越低,因此从 3 种耕地质量等级分布状况可以发现,吉安县耕地利用质量最优,经济质量,自然质量相对较差,但整体而言,相比于全国耕地平均质量等级(9.80 等)^[19],吉安县耕地质量处于较好的水平。表明在经济社会影响和人类投

入资本与劳动对耕地本身及耕地环境进行生产性改造的情况下耕地自然质量的缺陷可以在一定程度上得到弥补,从而使吉安县耕地耕作条件和耕作经济效益在一定程度上突破耕地自然条件的限制。斑块密度、边界密度、平均斑块大小、景观形状指数这 4 个景观格局指数在一定程度上可以反映耕地景观的破碎度^[20]。斑块密度、边界密度、景观形状指数 3 个景观格局指数数值越大,平均斑块大小数值越小,则证明研究区的耕地图斑愈加破碎,形状越不规则。如图 2 所示,随着耕地质量等级下降,斑块密度、边界密度,景观形状指数波动增大,平均斑块大小波动减小。这反映出在耕地图斑破碎的情况下,由于耕作不便^[21],灌溉和排水条件较差以及土壤养分不易积累和贮存,耕地可能会受耕地破碎的影响而呈现出质量较差的情况^[22]。从横向来看,耕地破碎度对耕地国家利用质量等级与国家经济质量等级的下降更加敏感,趋势更加明显;而随着耕地国家自然质量等级的下降,耕地破碎度虽有增大但趋势并不明显,表明人类活动越强,耕地生态过程越活跃,景观破碎程度越高^[23]。

2.1.2 不同耕地质量下的耕地水平景观格局指数分析 蔓延度指数、景观分离度主要用于描述不同斑块的聚集及交错程度。蔓延度指数描述的是相同质量等级耕地的团聚程度或延展趋势,从理论上讲,蔓延度指数越趋于 0 表明相同质量耕地分布分散且存在较多独立斑块,越趋于 100% 时表明有较大幅度的某一质量等级耕地聚集。景观分离度是度量某一质量等级耕地图斑分布离散程度的指标,景观分离度越趋于 0 时表明某一耕地图斑相邻耕地为相同质量等级耕地的概率越大,越趋于 100% 时表明某一耕地图斑相邻耕地为不同质量等级的概率越大。

从表 2 可以看出,研究区范围内耕地自然质量、利用质量、经济质量存在较大差异,使得具有相同质量等级的耕地空间分布较为分散、凌乱,表现为蔓延度指数处于较低的水平,而景观分离度处于一个极高的水平。然而,尽管不同质量耕地图斑的景观分离度均处于极高的水平,但在蔓延度指数上,由于耕地利用质量和经济质量受人类活动的影响极大,而耕地自然质量主要由其自身自然条件决定,使得自然质量相同耕地的聚集性要强于利用质量和经济质量。

表 1 吉安县不同质量等级耕地的水平景观格局指数
Table 1 Landscape pattern index of cultivated land with different quality level in Ji'an county

耕地质量等级	等级	斑块面积 (hm ²)	斑块所占景观 面积的比例(%)	斑块密度 (个,每 1 km ²)	边界密度 (m/hm ²)	景观形 状指数	平均斑块大小 MPS (hm ²)
国家自然质量等级	8	8 826.90	16.67	1.59	6.89	65.08	10.47
	9	31 777.46	60.01	6.74	26.93	137.98	8.90
	10	9 351.53	17.66	5.01	16.82	87.91	3.52
	11	2 757.86	5.21	6.38	13.78	89.27	0.82
	12	239.07	0.45	0.70	1.13	30.03	0.65
国家利用质量等级	4	2 320.83	4.38	0.62	2.46	41.33	7.10
	5	6 459.32	12.20	1.27	7.30	61.72	9.64
	6	7 573.21	14.30	1.95	7.83	73.44	7.32
	7	19 413.65	36.66	3.74	18.01	103.81	9.80
	8	11 261.79	21.27	3.68	15.60	85.60	5.79
	9	3 851.61	7.27	7.23	17.35	91.59	1.01
	10	1 899.76	3.59	4.50	9.44	76.27	0.80
	11	86.48	0.16	0.12	0.15	9.51	1.42
	12	15.30	0.03	0.01	0.02	3.21	3.82
	13	70.88	0.13	0.02	0.09	5.47	5.91
国家经济质量等级	3	185.19	0.35	0.12	0.38	14.65	3.04
	4	1 811.11	3.42	0.39	2.31	33.23	8.79
	5	4 813.69	9.09	0.80	5.48	50.36	11.43
	6	7 147.73	13.50	1.59	6.18	66.73	8.48
	7	16 237.27	30.66	2.93	14.63	98.36	10.48
	8	12 298.65	23.23	2.29	10.49	83.89	10.16
	9	3 406.80	6.43	0.63	3.60	40.25	10.23
	10	3 231.87	6.10	5.80	15.07	81.03	1.05
	11	3 696.28	6.98	8.05	16.97	98.52	0.87
	12	124.24	0.23	0.16	0.26	11.86	1.50

香农多样性指数描述的是耕地质量景观结构组成的复杂性。当所有耕地质量等级相同时香农多样性指数为 0,当耕地质量等级增加或各质量等级耕地面积趋于相似时,香农多样性指数越大。由于吉安县耕地国家自然质量等级共 5 等,国家利用质量等级和国家经济质量等级均有 10 等,且国家经济质量各等级耕地的面积较为均匀,反映到耕地景观格局上,吉安县国家自然质量等级、国家利用质量等级、国家经济质量等级耕地的香农多样性指数(*SHDI*)分别为 1.09、1.70 和 1.87(表 2),表明自然质量等级相同耕地的景观复杂程度要大于利用质量等级相同耕地和经济质量等级相同耕地。

表 2 吉安县不同质量等级耕地的香农多样性指数
Table 2 Shannon's diversity index of cultivated land with different quality level in Ji'an county

等级	蔓延度指数 (%)	景观分离度 (%)	香农多样性 指数
国家自然质量等级	64.44	99.58	1.09
国家利用质量等级	61.56	99.67	1.70
国家经济质量等级	57.89	99.58	1.87

2.2 耕地质量与耕地景观格局指数的相关性
尽管上述不同质量等级耕地的景观格局分析可以初步反映耕地质量与耕地景观格局指数之间的联

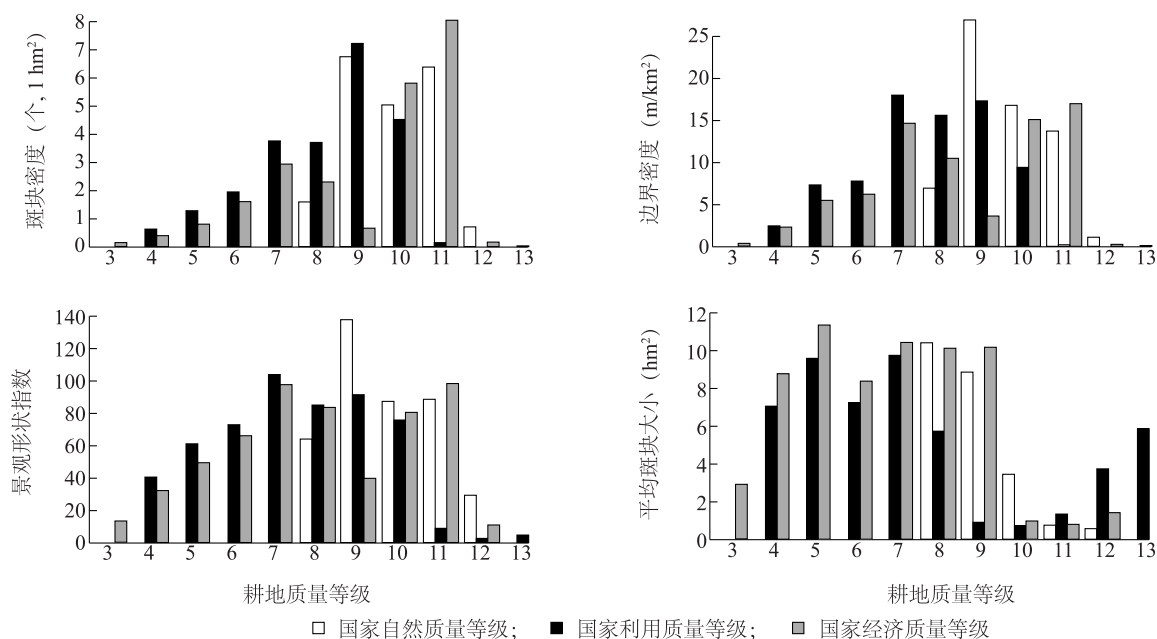


图 2 不同质量等级耕地景观格局指数柱状图

Fig.2 Landscape pattern index bar chart of cultivated land with different quality level

系,但是它们之间的关系依然无法定量描述。为此,本研究通过对面积加权平均耕地国家自然质量等级指数、面积加权平均耕地国家利用质量等级指数和面积加权平均国家经济质量等级指数与景观格局指数进行相关性分析,以定量揭示吉安县耕地质量与耕地景观格局指数之间的关系。

从统计学意义上来讲,相关性分析需要一定的样本数(样本数 $N > 18$)才能保证其结果在统计学上具有一定意义^[24]。如果单纯地以耕地质量等级为依据划分评价单元,耕地自然质量景观格局分析的样本数仅有 5 个,利用质量、经济质量景观格局分析的样本也仅有 10 个,因此无法保证直接以耕地质量等级为依据划分评价单元进行相关性分析结果在统计学上的意义。为此,本研究以 $8 \text{ km} \times 8 \text{ km}$ 的网格将吉安县耕地分割为 54 个评价单元(图 3),运用 Fragstats 4.2 软件分析,得出分别以耕地国家自然质量等级、国家利用质量等级和国家经济质量等级为分类依据的 54 个评价单元(表 3)。在此基础上将景观格局指数分别与耕地面积加权国家自然质量等级指数、耕地面积加权国家利用质量等级指数和耕地面积加权国家经济质量等级指数在 SPSS 软件中进行相关性分析。

如表 3 所示,在反映耕地景观破碎度的斑块密

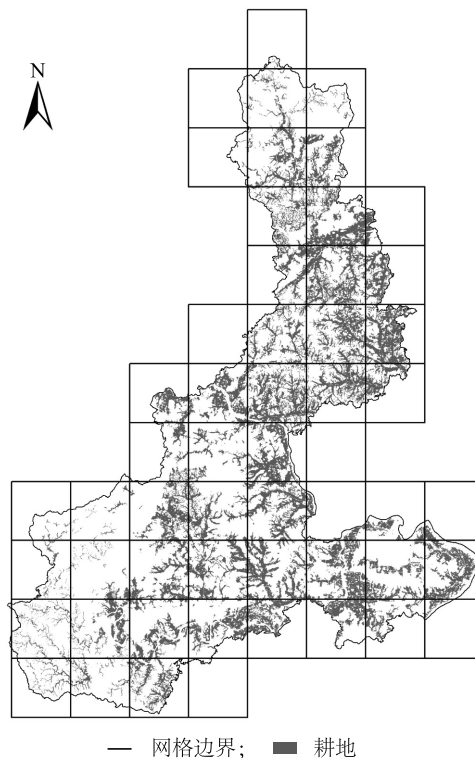
图 3 吉安县 54 个 $8 \text{ km} \times 8 \text{ km}$ 耕地景观格局评价单元分布图

Fig.3 Cultivated land landscape pattern evaluation units distribution map of Ji'an county

度、边界密度、景观形状指数、平均斑块大小上,评价

单元国家自然质量等级的景观格局指数平均数除景观形状指数、平均斑块大小外,其它指数略小于国家利用质量等级和国家经济质量等级;在反映各质量等级耕地分布的聚集及交错程度的蔓延度指数、景观分离度上,虽然各质量等级耕地景观分离度相似,但国家自然质量等级相同耕地的蔓延度指数大于国家利用质量等级相同耕地和国家经济质量等级相同

耕地;在香农多样性指数上,相同国家自然质量等级耕地的香农多样性指数小于国家利用质量等级相同耕地和国家经济质量等级相同耕地。这一特征与上述不同质量等级耕地的景观格局分析结果相似,表明本次相关性分析所采用的评价单元划分方法可以较好地反映研究区耕地质量与景观格局特征。

表 3 54 个评价单元景观水平景观格局指数

Table 3 Landscape pattern index of 54 evaluation units

耕地质量等级	描述性指标	斑块密度 (个,每 1 km ²)	边界密度 (m/hm ²)	景观形状指数	平均斑块大小 (hm ²)	蔓延度指数 (%)	景观分离度 (%)	香农多样性指数
国家自然质量等级	平均数	30.258	30.811	23.718	4.439	69.577	0.862	0.740
	中位数	22.861	27.384	24.928	4.375	71.583	0.904	0.803
	标准差	22.489	20.991	10.102	2.047	16.835	0.120	0.309
	最小值	10.516	0	2.095	0.660	0	0.405	0
	最大值	151.412	128.700	43.061	9.509	94.591	0.970	1.201
国家利用质量等级	平均数	32.416	35.463	23.711	3.945	66.738	0.866	1.029
	中位数	24.715	33.257	25.309	4.046	65.687	0.922	1.033
	标准差	21.919	22.066	10.516	1.655	13.735	0.136	0.451
	最小值	13.627	0	2.095	0.660	0	0.405	0
	最大值	151.412	128.700	43.062	7.339	96.120	0.974	1.811
国家经济质量等级	平均数	32.724	33.847	23.185	3.945	66.396	0.862	1.024
	中位数	25.39	31.685	24.355	3.939	67.031	0.889	1.062
	标准差	22.146	22.069	10.617	1.718	12.913	0.119	0.406
	最小值	13.226	0	2.095	0.660	0	0.405	0
	最大值	151.411	128.700	43.072	7.561	96.12	0.975	1.649

相关性分析结果(表 4)显示:耕地国家自然质量等级指数与边界密度、平均斑块大小显著相关,相关系数分别为 -0.361 ($P<0.01$) 和 0.344 ($P<0.05$),具体来说耕地自然质量随着耕地图斑边界的增多而呈下降趋势,随着耕地图斑平均斑块大小的增大而表现出上升趋势。耕地国家利用质量等级指数与景观形状指数、景观分离度、香农多样性指数

显著相关,相关系数分别为 0.271 ($P<0.05$),0.323 ($P<0.05$) 和 0.290 ($P<0.05$),即耕地利用质量随着耕地图斑的破碎度、分散度的增大而提高。耕地国家经济质量等指数与边界密度显著相关,相关系数为 -0.283 ($P<0.05$),耕地经济质量随着耕地图斑边界的增多而下降。

表 4 耕地质量等指数与景观格局指数的相关性

Table 4 The correlation between cultivated land quality index and landscape pattern index

指 数	斑块密度	边界密度	景观形状指数	平均斑块大小	蔓延度指数	景观分离度	香农多样性指数
面积加权平均国家自然质量等级指数	-0.267	-0.361 **	0.025	0.344 *	0.165	0.161	0.042
面积加权平均国家利用质量等级指数	-0.258	-0.220	0.271 *	0.158	0.066	0.323 *	0.290 *
面积加权平均国家经济质量等级指数	-0.126	-0.283 *	0.098	0.025	0.132	0.200	0.104

** 表示极显著相关($P<0.01$);* 表示显著相关($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 耕地国家自然质量等级指数与耕地景观格局指数的关系

耕地国家自然质量等级指数与边界密度、平均斑块大小显著相关。由于边界密度、平均斑块大小能较好地反映景观的破碎度,因此可以认为耕地自然质量随着耕地景观破碎度的增大而下降,这与前人研究结果一致^[25-26]。由于耕地景观破碎度较高值常出现于丘陵山地^[27],丘陵山地地形下耕地较为小而零碎的同时,随着海拔升高,地形坡度增大,淋溶作用越强,保留在土壤中的速效养分和有机质越少^[28],耕层厚度小,耕地自然质量较差。而地势相对平缓的平原地区耕地面积大而连片,耕地破碎度较小,易于积水积肥,耕层厚度大,土壤养分含量高^[29],耕地自然质量较好。由于各评价单元耕地自然条件空间差异性较大,耕地国家自然质量等级指数与景观形状指数、蔓延度指数、景观分离度、香农多样性指数并无显著相关性。因此,在耕地质量保护与提升工作当中,可以适当地平整耕地,归并零散地块,扩大耕地平均面积,进而在一定程度上提高耕地自然质量。

3.2 耕地国家利用质量等级指数与耕地景观格局指数的关系

耕地国家利用质量等级指数与耕地景观格局指数中的景观形状指数、景观分离度、香农多样性指数显著正相关,即耕地利用质量随着耕地图斑的破碎度、分散度的增大而显著提高。李竹青^[18]的研究结果表明,离河流、沟渠、道路、居民点越近的耕地斑块受人类活动的影响越大,被割裂的程度越高,斑块破碎化程度越高。而由于离河流、沟渠近的耕地灌溉排水条件相对较好,离道路、居民点较近的耕地交通便利,农民耕作便捷,使得耕地利用程度更高,利用方式更加多样化,耕地利用质量更好^[30]。研究结果在前人的基础上进一步揭示了人类活动对耕地景观的影响特征^[31],表明尽管人类活动使耕地更加破碎,但同时也促进了耕地利用质量的提升。因此,在耕地利用过程中有必要适当地规划建设排灌沟渠与交通道路,以改善耕地排灌及交通条件,进而提升耕地利用效率,促进耕地利用方式多样化,提高耕地利用质量。

3.3 耕地国家经济质量等级指数与耕地景观格局指数的关系

耕地国家经济质量等级指数与边界密度显著相关。耕地经济质量随着耕地图斑边界密度的增大而表现出下降趋势,表明单位面积边界较长,形状较为复杂的耕地不利于机械化耕作,且需要投入更多的资本和劳动力用于耕地的基础改造以及生产活动,使这些耕地生产成本大于边界密度小、集中连片,便于生产与管理的耕地^[32],边际效益较低。因此,对形状复杂的耕地进行土地整治,归并零散地块,规整耕地,可以提高耕地集中连片程度,使得田块形状趋于规则^[33],从而进一步推进耕地利用规模化、机械化,实现耕地利用内部规模经济,最终提高耕地利用的经济效益。本研究发现,吉安县耕地质量与部分景观格局指数相关性显著,耕地景观格局可以在一定程度上反映耕地质量特征,某一区域耕地景观破碎度越大,在一定程度上证明该区域耕地自然质量、经济质量偏差;某一区域耕地景观分散度越大在一定程度上证明该区域耕地利用质量可能较好。由此可见,研究耕地景观格局可以为耕地质量提升,保护优势耕地资源,优化耕地空间布局提供一定的景观生态学依据。

参考文献:

- [1] 陈印军,肖碧林,方琳娜,等. 中国耕地质量状况分析[J]. 中国农业科学,2011,44(17):3557-3564.
- [2] 赵登辉,郭川. 对耕地定级与估价几个问题的思考[J]. 中国土地,1997,11(12):18-19.
- [3] 沈仁芳,陈美军,孔祥斌,等. 耕地质量的概念和评价与管理对策[J]. 土壤学报,2012,49(6):1210-1217.
- [4] 刘友兆,马欣,徐茂. 耕地质量预警[J]. 中国土地科学,2003,17(6):9-12.
- [5] 赵晓丽,张增祥,汪潇,等. 中国近30a耕地变化时空特征及其主要原因分析[J]. 农业工程学报,2014,30(3):1-11.
- [6] 傅伯杰. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [7] 陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等. 中国景观生态学发展历程与未来研究重点[J]. 生态学报,2014,34(12):3129-3141.
- [8] 邬建国. 景观生态学:格局过程尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2007.
- [9] 刘洪柱,毛晓曦,王树涛. 滨海生态脆弱区土地景观格局动态变化分析——以黄骅市为例[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):245-251.
- [10] 杜国明,潘涛,尹哲睿,等. 水田化进程中的富锦市耕地景观格局演化规律[J]. 应用生态学报,2015,26(1):207-214.

- [11] 王 千,金晓斌,周寅康. 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制[J]. 生态学报,2011,31(20):5903-5909.
- [12] 李洪义,李 爽,吕添贵,等. 基于景观格局视角的土地整治对农地细碎化影响评价研究[J]. 长江流域资源与环境,2017,26(1):67-73.
- [13] 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分析[J]. 生态学报,2014,34(12):3234-3243.
- [14] 许吉仁,董霁红. 1987-2010 年南四湖湿地景观格局变化及其驱动力研究[J]. 湿地科学,2013,11(4):438-445.
- [15] 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.
- [16] 宫兆宁,张翼然,宫辉力,等. 北京湿地景观格局演变特征与驱动机制分析[J]. 地理学报,2011,66(1):77-88.
- [17] 薛春璐,郭 琳,胡华浪,等. 农地确权成果在耕地景观格局分析中的应用[J]. 农业工程学报,2016,32(20):242-249.
- [18] 李竹青. 耕地质量与耕地景观格局耦合性研究[D]. 成都:四川师范大学,2015.
- [19] 程 锋,王洪波,鄢文聚. 中国耕地质量等级调查与评定[J]. 中国土地科学,2014(2):75-82.
- [20] 饶 磊,郭 熙,叶英聪,等. 万年县耕地景观破碎度变化及原因分析[J]. 江西农业学报,2016,28(10):82-87.
- [21] 李 鑫,欧名豪,马贤磊. 基于景观指数的细碎化对耕地利用效率影响研究——以扬州市里下河区域为例[J]. 自然资源学报,2011,26(10):1758-1767.
- [22] 谭淑豪,NICO HEERINK,曲福田. 土地细碎化对中国东南部水稻小农户技术效率的影响[J]. 中国农业科学,2006,39(12):2467-2473.
- [23] 刘富强,吴 涛,蒋国俊,等. 海岸线与海岸景观格局对人为干扰度的动态响应——以营口市南部海岸为例[J]. 生态学报,2017,37(22):7427-7437.
- [24] 卢纹岱,朱红兵. SPSS 统计分析[M]. 北京:电子工业出版社,2015.
- [25] 刘淑苹. 周宁县耕地景观格局及其影响因素分析[D]. 福州:福建师范大学,2009.
- [26] 潘洪义,朱晚秋,崔绿叶,等. 耕地自然质量与景观指数耦合研究[J]. 西南农业学报,2017,30(8):1854-1859.
- [27] 陈帷胜,冯秀丽,马仁锋,等. 耕地破碎度评价方法与实证研究——以浙江省宁波市为例[J]. 中国土地科学,2016,30(5):80-87.
- [28] 邓欧平,周 稀,黄萍萍,等. 川中紫色丘区土壤养分空间分异与地形因子相关性研究[J]. 资源科学,2013,35(12):2434-2443.
- [29] 江叶枫,郭 熙,孙 凯,等. 江西省耕地土壤碳氮比空间变异特征及其影响因素[J]. 环境科学,2017,38(9):3840-3850.
- [30] 韦仕川,熊昌盛,栾乔林,等. 基于耕地质量指数局部空间自相关的耕地保护分区[J]. 农业工程学报,2014,30(18):249-256.
- [31] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J]. 生态学报,1996,16(4):337-344.
- [32] 李 鑫,欧名豪,肖长江,等. 基于景观指数的细碎化对耕地生产效率影响研究[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(6):707-713.
- [33] 张正峰,赵 伟. 土地整理的生态环境效应分析[J]. 农业工程学报,2007,23(8):281-285.

(责任编辑:陈海霞)