

唐县生态空间聚集特征演化分析

陈艳玲¹, 阚瑶川², 宋安安¹ (1. 保定市艾尔福土地科技有限公司, 河北保定 071000; 2. 河北农业大学国土资源学院, 河北保定 071001)

摘要 在唐县 2009—2018 年土地利用现状图的基础上, 运用空间自相关分析方法, 通过分别计算莫兰指数(Moran's I)和标准差椭圆, 对唐县 2009—2018 年生态空间聚集特征及其演化情况进行研究。结果表明, 2009—2018 年唐县生态空间分布总体呈现“西北—东南”的布局特征, 具有较强的空间聚集性和明显的地域差异性, 受建设用地扩张影响导致空间总体上由西北向东南方向收缩。

关键词 空间自相关; 时空演变; 生态空间; 聚集特征; 演化情况

中图分类号 F205 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)20-0084-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.20.023



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis on the Evolution of Ecological Spatial Aggregation Characteristics in Tang County

CHEN Yan-ling¹, KAN Yao-chuan², SONG An-an¹ (1. Baoding ELF Land Technology Co., Ltd., Baoding, Hebei 071000; 2. College of Land and Resources, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

Abstract Based on the land use status map of Tang County from 2009 to 2018, the spatial autocorrelation analysis method was used to calculate the Moran index (Moran's I) and the standard deviation ellipse to analyze the ecological spatial agglomeration characteristics and the evolution situation of Tang County from 2009 to 2018. The results showed that the overall ecological spatial distribution of Tang County from 2009 to 2018 presented the layout characteristics of "northwest-southeast", with strong spatial aggregation and obvious regional differences. The expansion of construction land had caused the overall space to shrink from the northwest to the southeast.

Key words Spatial autocorrelation; Spatial and temporal evolution; Ecological space; Aggregation characteristics; Evolution situation

改革开放以来, 随着社会经济快速发展和经济发展方式发生转变, 生态环境问题日益严峻, 保障生态安全的重要性日益显现, 对以往生态空间格局特征进行分析十分必要^[1]。目前, 国内学者对于生态空间的研究主要集中在其类型识别^[2-4]、功能评价^[5]、景观格局优化^[6]等方面, 对生态空间格局演化特征的深入分析较为缺乏^[7]。因此, 笔者选取河北省唐县作为研究案例, 基于 2009 和 2018 年两期土地调查数据, 确定生态空间分类方法, 运用空间自相关 Moran's I (莫兰指数) 和标准差椭圆的方法, 探讨生态空间的聚集特征及其演化情况, 为唐县合理开发土地资源和改善生态环境提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况 唐县位于河北省中部(114°28'~115°03'E, 38°38'~39°10'N), 地处京津冀经济圈辐射范围内, 下辖 7 个镇, 土地总面积达 1 414 km²。该县属于暖温带大陆性季风气候, 是山区农业县, 以山地丘陵为主, 约占土地总面积的 82%, 地势西北高、东南低, 海拔在 52~1 870 m, 唐河、通天河由西向东南纵贯全境。截至 2018 年, 户籍人口共 59 万, 地区生产总值为 857 503 万元, 人均 GDP 为 14 533 元, 农村居民人均可支配收入 9 822 元。

1.2 数据来源与预处理 研究区 2009 和 2018 年土地利用现状图分别来源于 2009 年第二次全国土地调查数据和 2018 年土地利用变更调查数据, 空间分辨率为 30 m, 利用 ArcGIS 软件进行数据处理和分析使用, 以研究区范围为基准构造网格像元为 500 m×500 m 的渔网。

1.3 研究方法 该研究拟采用空间自相关方法来分析研究

区空间聚集特征及其演变, 空间自相关是对数据集的空间自相关进行总体估计, 其中经典的空间自相关统计包括 Moran's I、Geary's C 和标准偏差椭圆算法等^[8]。结合研究区实际情况, 该研究选取了全局 Moran's I 和标准偏差椭圆进行空间分析。

1.3.1 Moran's I 指数。 Moran's I 指数也叫莫兰指数, 可以分为全局莫兰指数和局部莫兰指数, 是空间自相关系数的一种, 一般是用来度量空间相关性的一个重要指标^[9]。该研究选用全局莫兰指数, 即狭义上的莫兰指数, 可研究全部单元属性值在整个空间的分布特征, 指数值的大小代表了生态功能度在空间上的趋同性和聚集性。

记 n 为要素总数, x_i 是第 i 个要素的观测属性值, \bar{X} 是所有要素观测属性值的平均值, w_{ij} 是第 i 个要素和第 j 个要素之间的空间权重。指数 I 计算公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{X})(x_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

1.3.2 标准差椭圆。 标准差椭圆即方向分布, 常用于点模式分析, 这种算法可以同时为一组点数据的方向和分布进行分析, 并且获取这组数据的一些特性, 生成的结果是一个椭圆^[10]。其中, 椭圆的长半轴表示数据分布的方向, 短半轴表示数据分布的范围, 扁率表示数据分布的方向趋向性。

(1) 确定圆心坐标 (SDE_x, SDE_y)。记 n 为要素总数, (X_i, Y_i) 是第 i 个要素的坐标, (\bar{X}, \bar{Y}) 是所有要素的平均中心。计算公式如下:

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (2)$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (3)$$

作者简介 陈艳玲(1977—), 女, 河北保定人, 工程师, 从事土地资源管理工作。

收稿日期 2020-11-29

其中,

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (4)$$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{n} \quad (5)$$

(2) 确定旋转角度 θ 。计算公式如下:

$$\tan\theta = \frac{A+B}{C} \quad (6)$$

$$A = \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i^2 - \bar{y}_i^2) \quad (7)$$

$$B = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \bar{y}_i^2\right)^2 + 4\left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i \bar{y}_i\right)^2} \quad (8)$$

$$C = 2 \sum_{i=1}^n \bar{x}_i \bar{y}_i \quad (9)$$

其中, (\bar{x}_i, \bar{y}_i) 是平均中心 (\bar{X}, \bar{Y}) 与 (X_i, Y_i) 的差。

(3) 计算 x 轴和 y 轴的标准差 σ_x 和 σ_y 。计算公式如下:

$$\sigma_x = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i \cos\theta - \bar{y}_i \sin\theta)^2}{n}} \quad (10)$$

$$\sigma_y = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i \sin\theta + \bar{y}_i \cos\theta)^2}{n}} \quad (11)$$

1.4 生态空间识别 该研究以国土空间内不同土地利用类型的生态功能强度为依据,通过对其功能强度进行评分来划分生态空间,分别有强生态功能空间、较强生态功能空间、弱生态功能空间、无生态功能空间 4 种类型,对应的分值分别为 5、3、1、0^[11]。其中,无生态功能空间不被认定为生态空间,不计入总生态空间统计。依据唐县实际情况,与各类生态空间对应的土地利用类型参照第二次全国土地调查中的地类标准。研究区各土地利用类型的生态功能分值见表 1。

2 结果与分析

2.1 生态空间基本特征分析 在土地利用类型图的基础上,借助了 ArcGIS 软件构建渔网并对单元格进行生态功能分值赋值,得到研究区生态空间分布及变动情况(图 1、2)。然后,在此基础上,采用土地利用转移矩阵体现研究区 2009—2018 年各生态空间类型结构及其之间的相互转换关系,以揭示研究区生态空间格局演化的结构特征与各类型的演变方向(表 2)。

从数量结构上看(表 2),2018 年,研究区国土空间总面

积为 1 414.390 4 km²,生态空间总面积为 746.419 8 km²,占国土空间的 52.77%,较 2009 年减少 19.10%。其中,强生态功能空间占 49.51%,较强生态功能空间占 48.15%,弱生态功能空间占 2.34%,显然生态空间以强生态空间和较强生态空间为绝对主导。研究区 2009—2018 年生态空间类型变化主要表现为较强生态功能空间和强生态功能空间持续减少,无生态功能空间和弱生态功能空间逐渐增加。其中,强生态功能空间主要是向无生态功能空间和较强生态功能空间大量转化,主要由于建设和耕地占用。较强生态功能空间向另外 3 种生态功能空间转化,是因为条件较差耕地的退耕还林及建设占用。部分弱生态空间向较强生态空间转化,显然由于大量的村庄、农田、道路均分布在河流两侧,由于耕地资源有限,导致耕地扩张占用河道水域现象较为普遍。无生态功能空间向弱生态功能空间和较强生态功能空间转化,主要是受到耕地占补平衡政策及建设用地增减挂钩等政策影响,建设用地被复垦为耕地和林地。

表 1 生态空间土地利用类型分值

Table 1 Score of land use type in ecological space

一级地类 First-level land category	地类代码 Land category code	二级地类 Second-level land category	生态功能分值 Ecological function score
耕地 Arable land	11	水田	3
	12	水浇地	3
	13	旱地	3
园地 Garden	21	果园	3
	林地 Woodland	31	有林地
32		灌木林地	5
33		其他林地	5
草地 Grassland	43	其他草地	5
	交通运输用地 Land for transportation	101	铁路用地
102		公路用地	0
水域及水利设施用地 Land for waters and water cons- ervancy facilities	104	农村道路	0
	111	河流水面	5
	113	水库水面	1
	114	坑塘水面	1
	116	内陆滩涂	5
	117	沟渠	1
	118	水工建筑用地	0
其他土地 Other land	122	设施农用地	0
	127	裸地	1
城镇村及工矿用地 Towns, villages and industrial and mining land	201	城市	0
	202	建制镇	0
	203	村庄	0
	204	采矿用地	0
	205	风景名胜及特殊用地	0

表 2 2009—2018 年唐县生态空间格局面积转移矩阵

Table 2 Transfer matrix of ecological space in Tang County from 2009 to 2018

km²

2018 年	2009 年				转出合计 Total transfer out
	无生态功能空间 No ecological function space(0 分)	弱生态功能空间 Weak ecological function space(1 分)	较强生态功能空间 Stronger ecological function space(3 分)	强生态功能空间 Strong ecological function space(5 分)	
无生态功能空间 No ecological function space(0 分)	450.957 0		107.389 9	109.623 7	667.970 6
弱生态功能空间 Weak ecological function space(1 分)	0.443 0	17.040 0			17.483 0
较强生态功能空间 Stronger ecological function space(3 分)	40.355 7	0.250 0	202.279 6	116.515 7	359.401 0
强生态功能空间 Strong ecological function space(5 分)			48.941 1	320.594 7	369.535 8
转入合计 Total transfer in	491.755 7	17.290 0	358.610 6	546.734 1	1 414.390 4

从空间布局上看(图 1),研究区生态空间分布呈现出明显的地域差异性,表现出西北低、东南高的态势,与西北高、东南低的地势相吻合。生态空间高值区主要集中于南部平原、北部山地丘陵和西南部水域。其中,南部平原是重要的农业区,耕地分布广;北部山地丘陵为林区突出地带,有突出的生态功能;西南部水域主要是西大洋水库。

从图 2 可以看出,研究区生态空间的升高区域集中分布在南部平原的西北部及其边缘,且高值区表现出了功能提升的态势,这主要是由于耕地占补平衡和退耕还林政策的施行。而研究区生态空间的降低区域分布范围更广,呈现扩散趋势,主要是由于推进城镇化和基础设施建设而导致建设用地不断侵占大量耕地和由此导致的大量林地资源被耕地资源挤占。

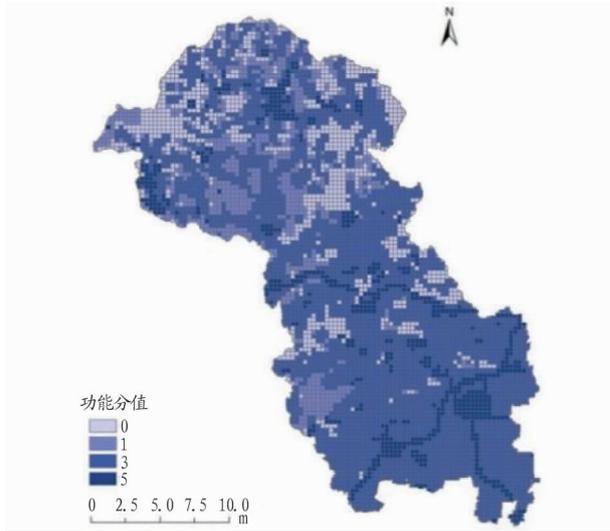


图 1 2009 年唐县生态功能分值空间分布

Fig.1 Spatial distribution of ecological function scores of Tang County in 2009

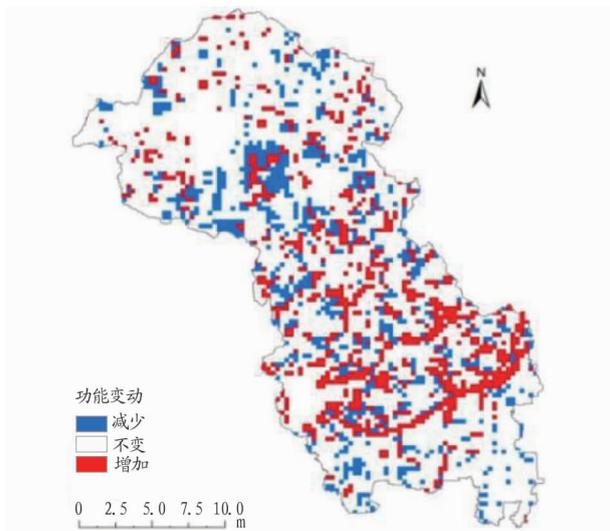


图 2 2018 年唐县生态功能分值变动

Fig.2 Changes in the ecological function scores of Tang County in 2018

2.2 生态空间聚集特征分析

2.2.1 Moran's I 指数分析。

该研究运用 ArcGIS 软件中的空间统计工具,将划分的每个网格像元内生态功能分值作为观测变量,计算出 2009—2018 年唐县生态空间的全局空间自相关系数。2009 和 2018 年 2 个时间节点的计算结果见图 3~4。结果表明,置信度 95%的水平上,2009 和 2018 年 2 个时间节点的 P 值均小于 0.05, Z 值均大于 1.65,通过显著性水平检验,Moran's I 指数均不等于 0,可拒绝零假设,这说明研究区生态空间的分布不是随机的。此外,2009 和 2018 年 2 个时点的 Moran's I 指数均为正值,分别是 0.57 和 0.51,这表明 2009—2018 年研究区生态空间在空间分布上表现出了显著的空间自相关特征即空间聚集性,在各网格单元呈现正相关。但是,这一聚集性在 10 年间有所下降,主要是由于生活空间的无序扩张破坏了原有的聚集性。因此,要注意对建设用地进行合理规划,引导生活空间有序扩张,保护生态空间,实现可持续发展。

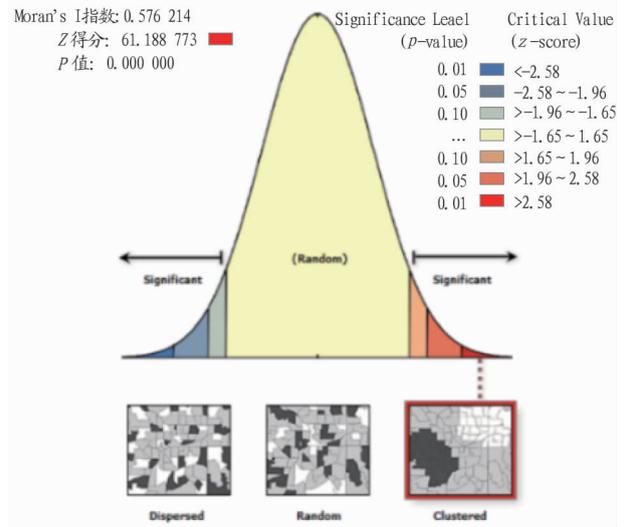


图 3 2009 年唐县生态空间 Moran's I 指数

Fig.3 Moran's I of ecological space in Tang County in 2009

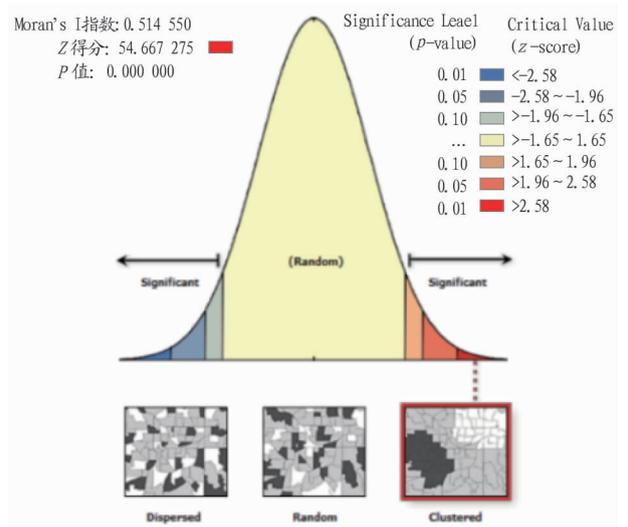


图 4 2018 年唐县生态空间 Moran's I 指数

Fig.4 Moran's I of ecological space in Tang County in 2018

2.2.2 标准差椭圆分析。通过 ArcGIS 软件中的空间统计工具分析了 2009 和 2018 年 2 个时点的标准差椭圆,椭圆结果见图 5。然后将椭圆参数整理成表,见表 3。可知 2009—2018 年研究区生态空间分布总体呈现“西北—东南”的布局特征,空间分布由西北向东南方向收缩,总体分布范围几乎不变。从长半轴来看,2009—2018 年长半轴的标准差由 25.40 km 减少至 24.51 km,说明研究区生态空间聚集性在“西北—东南”方向上有所增强;从短半轴来看,2009—2018 年短轴标准差变化不大,说明研究区生态空间分布范围几乎没有变化;从扁率来看,2009—2018 年扁率从 0.59 降低至 0.57,说明研究区生态空间的空间分布的方向趋向性变化不大,但是趋向性明显。此外,2009—2018 年椭圆方位角和中心点几乎不变,这也反映出“西北—东南”方向上的分布格局变化较小。因此,唐县生态空间标准差椭圆的分布范围明显由西北向东南方向收缩,空间分布范围趋向聚集,分布的方向性一直较为明显。

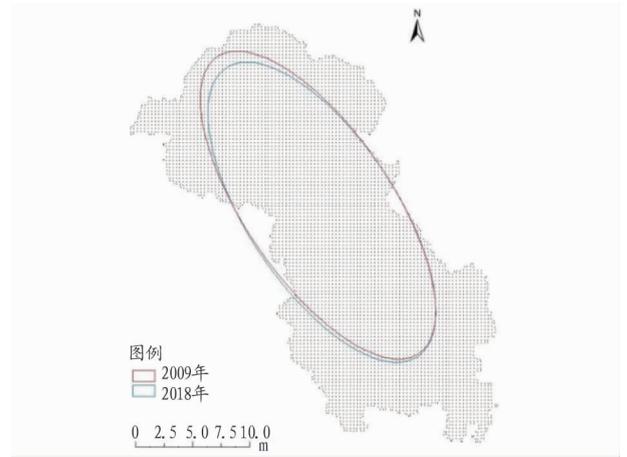


图 5 2009 和 2018 年唐县生态空间标准差椭圆

Fig.5 The standard deviation ellipse of ecological space in Tang County in 2009 and 2018

表 3 2009 和 2018 年唐县生态空间标准差椭圆参数

Table 3 Parameters of standard deviation ellipse of ecological space in Tang County in 2009 and 2018

年份 Year	长半轴标准差 Standard deviation of major axis//km	短半轴标准差 Standard deviation of minor axis//km	方位角 Azimuth//°	面积 Area//km ²	扁率 Oblateness
2009	25.40	10.36	146.02	826.64	0.59
2018	24.51	10.48	146.72	807.05	0.57

3 结论

该研究通过对比不同时期的研究区土地利用现状数据,划分成 5 978 个网格像元,以每个网格像元内生态功能分值作为观测变量,分别计算了全局空间自相关 Moran's I 指数(莫兰指数)和标准差椭圆,进一步分析了研究区生态空间的时空演变格局和聚集特征,主要得出以下结论:

(1) 2009—2018 年研究区生态空间面积有所增加,空间分布呈现出西北低、东南高的态势。其中,南部平原的西北部及其边缘的生态功能有所提升,但是降低区域分布范围更广,呈现扩散趋势。

(2) 研究区生态空间的空间分布受到人为引导,在空间分布上表现出了显著的空间聚集性,但是由于受到建设用地扩张的影响这一聚集性在 10 年间有所下降。

(3) 研究区生态空间分布总体呈现“西北—东南”的布局特征,空间分布由西北向东南方向收缩,空间分布范围趋向聚集,这与生态功能的提升范围分布一致。必须提升对生态空间的关注力度,引导建设用地有序扩张,保护生态空间,

有效阻止生态空间日渐破碎化。

参考文献

- [1] 王甫园,王开泳,陈田,等.城市生态空间研究进展与展望[J].地理科学进展,2017,36(2):207-218.
- [2] 迟妍妍,许开鹏,王晶晶,等.京津冀地区生态空间识别研究[J].生态学报,2018,38(23):8555-8563.
- [3] 谢花林,姚干,何亚芬,等.基于 GIS 的关键性生态空间辨识:以鄱阳湖生态经济区为例[J].生态学报,2018,38(16):5926-5937.
- [4] 彭佳捷,麻战洪,涂蕾.县域生态空间识别与保护研究:以湖南省安化县为例[J].安徽农业科学,2018,46(35):63-67,130.
- [5] 刘骏杰,陈璟如,来燕妮,等.基于景观格局和连接度评价的生态网络方法优化与应用[J].应用生态学报,2019,30(9):3108-3118.
- [6] 刘世梁,侯笑云,尹艺洁,等.景观生态网络研究进展[J].生态学报,2017,37(12):3947-3956.
- [7] 王旭,马伯文,李丹,等.基于 FLUS 模型的湖北省生态空间多情景模拟预测[J].自然资源学报,2020,35(1):230-242.
- [8] 付金霞,郑粉莉,李媛媛.小理河流域土地利用空间自相关格局与影响因素分析[J].农业机械学报,2017,48(1):128-138.
- [9] ORD J K, GETIS A. Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application[J]. Geographical analysis, 1995, 27(4): 286-306.
- [10] 王译著,黄亮. 2003—2018 年昆明市呈贡区土地利用动态变化时空特征分析[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(28): 42-49.
- [11] 崔家兴,顾江,孙建伟,等.湖北省三生空间格局演化特征分析[J]. 中国土地科学, 2018, 32(8): 67-73.

(上接第 63 页)

- [4] 王静,王修杰,林萃,等.无花果果浆对肿瘤细胞增殖抑制和诱导凋亡作用[J].天然产物研究与开发,2006,18(5):760-764.
- [5] 叶文斌.无花果多糖提取工艺及其功能研究[J].甘肃农业大学学报,2016,51(3):140-149.
- [6] 古丽尼沙·卡斯木,木合塔尔·扎热,张东亚,等.基于因子分析的无花果引进品种果实品质性状综合评价[J].食品科学,2018,39(1):99-104.
- [7] 孙锐,贾明,杨莉,等.山东引种无花果氨基酸及矿物元素成分分析与评价[J].食品工业科技,2015,36(19):352-356.
- [8] 尤超,孙锦.无花果新品种引种及高效栽培技术研究[J].北方园艺,2015(13):63-66.

- [9] 孙锐,贾明,孙蕾.世界无花果资源发展现状及应用研究[J].世界林业研究,2015,28(3):31-36.
- [10] 姜卫兵.无花果主要品种介绍[J].山西果树,1990(4):27.
- [11] 黄鹏,侯治国.无花果从枝栽培生长结实特点及越冬防冻效果试验[J].中国南方果树,2018,47(1):93-96.
- [12] 陈继富.四种整枝方式对无花果生长结果的影响[J].中国南方果树,2007,36(4):70-71.
- [13] 尤超,孙锦.设施无花果无土栽培技术研究[J].安徽农业科学,2015,43(6):35-36,40.
- [14] 陈继富.无花果结果母枝短截程度对生长结果的影响[J].中国南方果树,2005,34(6):58-59.