

DOI: 10.19741/j.issn.1673-4831.2022.0604

陈继龙, 刘洋, 闵庆文, 等. 河北宽城传统板栗栽培系统景观特征及演变[J]. 生态与农村环境学报, 2022, 38(12): 1526–1534.

CHEN Ji-long, LIU Yang, MIN Qing-wen, et al. Landscape Characteristics and Evolution of Traditional Chestnut Cultivation System in Kuancheng, Hebei Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2022, 38(12): 1526–1534.

# 河北宽城传统板栗 (*Castanea mollissima*) 栽培系统景观特征及演变

陈继龙<sup>1,2</sup>, 刘洋<sup>①</sup>, 闵庆文<sup>1</sup>, 杨伦<sup>1</sup>, 刘某承<sup>1</sup>, 张文林<sup>3</sup>, 刘荣高<sup>1</sup> (1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 宽城满族自治县农业农村局, 河北宽城 067600)

**摘要:** 河北省宽城满族自治县板栗 (*Castanea mollissima*) 栽培历史悠久, 2014 年宽城传统板栗栽培系统入选中国重要农业文化遗产。农业遗产景观是农业文化遗产的重要组成部分, 研究遗产地景观特征及其演变有助于认识景观格局的特征及变化, 促进系统的保护、传承与发展。该文结合 Landsat 和 MODIS 卫星遥感及实地调研数据, 研究宽城传统板栗栽培系统遗产地景观的分布、结构及森林景观的演变特征。结果表明: (1) 遗产地内主要有板栗林、落叶林、常绿林、农田、建设用地和水域 6 类景观, 森林覆盖率达 84.72%, 板栗林是仅次于落叶林的第 2 大优势景观类型, 面积达 151.60 km<sup>2</sup> (27.70%); (2) 遗产系统沿山顶到河谷形成了“林地-板栗林-农田-村落-水域”依次分布的山地景观空间结构, 形成了平地、山地梯田板栗林景观及其与农作物、菌类、家禽和药材等多种林下复合间作景观; (3) 遗产地整体景观分布较为破碎, 各个景观类型内局部连通度较好; (4) 2000 年以来遗产地森林覆盖度以 8.18 km<sup>2</sup> · a<sup>-1</sup> 的速度在扩张, 其中板栗林对森林面积增长贡献率可达 83.28%, 提升了区域植被绿色度。河北宽城传统板栗栽培系统具有重要的经济、文化和生态价值, 在当地政府政策扶持下板栗林景观优势度不断提升。

**关键词:** 宽城传统板栗栽培系统; 农业文化遗产; 景观格局; 景观演变

**中图分类号:** S127 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2022)12-1526-09

**Landscape Characteristics and Evolution of Traditional Chestnut Cultivation System in Kuancheng, Hebei Province.** CHEN Ji-long<sup>1,2</sup>, LIU Yang<sup>①</sup>, MIN Qing-wen<sup>1</sup>, YANG Lun<sup>1</sup>, LIU Mou-cheng<sup>1</sup>, ZHANG Wen-lin<sup>3</sup>, LIU Rong-gao<sup>1</sup> (1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Kuancheng County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Kuancheng 067600, China)

**Abstract:** Chestnut (*Castanea mollissima*) cultivation has a long history in Kuancheng Manchu Autonomous County, Hebei Province. In 2014, the traditional chestnut cultivation system in Kuancheng was selected as an important agricultural cultural heritage in China. Agricultural heritage landscape is a significant component of agricultural heritage. The study of landscape characteristics and evolution contributes to deeply understanding the characteristics and changes of landscape patterns and promotes systematic protection, inheritance, and development. Based on Landsat and MODIS satellite remote sensing data and field investigation, this paper studied the landscape distribution, structure, and evolution characteristics of traditional Chinese chestnut culture system heritage site in Kuancheng. The results show that: (1) there were mainly six types of landscape in the heritage area: chestnut forest, deciduous forest, evergreen forest, farmland, construction land, and water area. The forest coverage rate was up to 84.72%, and the chestnut forest was the second most dominant landscape type after the deciduous forest, with an area of 151.60 km<sup>2</sup> (27.70%). (2) The heritage system formed a spatial structure of mountain landscape from the top of the mountain to the valley, which was "forest-chestnut forest-farmland-village-water area", and formed a landscape of flat and sloping chestnut forest, as well as a composite intercropping land-

收稿日期: 2022-06-16

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFA0606601); 农业农村部政府购买项目(12220093); 宽城传统板栗栽培系统申报全球重要农业文化遗产项目

① 通信作者 E-mail: liuyang@igsrr.ac.cn

scape with crops, fungi, poultry, and medicinal materials. (3) The overall landscape distribution of the heritage site is fragmented, while the local connectivity within each landscape type is sufficient; (4) Since 2000, the forest coverage of the heritage area has been expanding at a rate of  $8.18 \text{ km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ , and the chestnut forest contributed 83.28% to the increase of forest area, and helped to improve the regional vegetation greenness. The traditional Chinese chestnut cultivation system in Kuancheng, Hebei province has crucial economic, cultural and ecological values. With the policy support of Kuancheng government, the landscape dominance of chestnut forest is constantly improving.

**Key words:** Kuancheng traditional chestnut cultivation system; agricultural heritage; landscape pattern; landscape evolution

农业文化遗产是农村与其所处环境长期协同进化和动态适应下所形成的独特的土地利用系统和农业景观,这种系统与景观具有丰富的生物多样性,可以满足当地社会经济与文化发展的需要,有利于促进区域可持续发展<sup>[1-3]</sup>。农业景观是农业文化遗产的重要组成部分,承载了遗产地粮食生产功能,并提供了多样化的生态系统服务以及满足当地居民的生活需求<sup>[4-5]</sup>。研究农业文化遗产的景观特征和演变,能够加深对遗产地各景观要素的空间结构和时间演化的理解,有助于农业文化遗产的保护和可持续发展<sup>[6]</sup>。

农业文化遗产景观研究主要从景观资源现状调查及禀赋评价<sup>[7]</sup>和景观生态格局分析<sup>[8]</sup>两个方面进行。景观资源现状调查及禀赋评价通过文献综述、实地调研、政策资料审查等方式,从自然科学、社会经济、历史文化角度研究农业景观的资源状况,包括植物生产力、土壤肥力、微量气体排放、生物多样性、土地质量等,并研究其历史文化价值、保护与发展等<sup>[9-12]</sup>。景观生态格局分析采用遥感、地理信息系统、景观生态学等多种技术方法,重点关注农业文化遗产景观的景观结构、演变特征及其影响因素和效应<sup>[13-14]</sup>。例如胡伟芳等<sup>[15]</sup>使用国土资源调查土地利用数据结合景观生态原理和方法,刻画了联合梯田的景观空间格局和资源现状。WEI等<sup>[16]</sup>利用多年 Landsat 卫星影像分析了庆元香菇文化系统的景观现状、结构、特征以及景观类型演变规律及驱动要素。也有学者通过利用时间序列遥感数据和高分辨率土地利用数据模拟不同情景下景观变化的生态效应和农业土地管理模式<sup>[17]</sup>。然而,这些研究多从土地利用或景观格局指数的角度出发开展景观现状研究,较少关注景观要素变化对区域植被整体状况的影响<sup>[18]</sup>。卫星遥感能够获取地表大范围长时间序列的动态观测,是景观状况和地表动态监测的重要手段<sup>[19]</sup>,为研究农业文化遗产系统的景观格局及其特征、景观要素变化及其对区域植被整体状况的贡献提供了可能。

河北省宽城满族自治县板栗(*Castanea mollissima*)栽培历史悠久,据考证至今已有 3 000 多

a<sup>[20]</sup>。宽城居民利用当地特有的自然环境和悠久的栽培历史,不断完善板栗栽培技术体系,在板栗生产加工的同时实现了板栗的可持续经营和水土资源保护,形成了以板栗栽培为核心,以森林为主体,林下产业、板栗文化和地方民俗等特色综合发展的农业文化遗产系统。全县百年以上树龄的板栗树达到 10 万余株,现存最老的板栗树树龄达 700 余 a,被称为“中国板栗之王”<sup>[21]</sup>。当地板栗品质优良,有着“东方之珠”的称号<sup>[22]</sup>。2014 年河北宽城传统板栗栽培系统入选中国重要农业文化遗产,2019 年入选全球重要农业文化遗产系统候选名录<sup>[23]</sup>。

该文综合采用 Landsat 土地利用分类结果、MODIS 卫星数据、林业统计数据 and 实地调研数据,分析了河北宽城传统板栗栽培系统遗产地的景观分布现状、结构及其特征,研究了遗产系统内板栗林景观的演变特征及其对森林覆盖和区域植被绿度的贡献,可为宽城传统板栗栽培系统的保护、传承和可持续发展提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

河北宽城传统板栗栽培系统遗产地(以下简称“遗产地”)位于河北省东北部(图 1),在北纬  $40^{\circ}17' \sim 40^{\circ}45'$ ,东经  $118^{\circ}10' \sim 118^{\circ}50'$  之间,涵盖宽城满族自治县西部的碾子峪镇、松岭镇、铧尖乡、棣罗台镇、宽城镇和塌山乡 6 个乡镇,总面积  $547.22 \text{ km}^2$ ,人口 17.78 万。该地隶属于燕山山脉东南段,主要为山地地貌,包括中山、低山、河谷等类型,海拔介于  $114 \sim 1\,250 \text{ m}$ ,坡度最大达  $60.48^{\circ}$ 。遗产地为暖温带半干旱半湿润季风性气候区,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,年平均气温  $9.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,全年高于  $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  的积温  $3\,600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年均降水量  $618 \text{ mm}$ 。

### 1.2 数据来源

#### 1.2.1 土地利用数据

采用基于 Landsat 8 的宽城土地利用分类结果分析遗产地的景观分布与格局<sup>[19]</sup>。该数据空间分辨率为  $30 \text{ m}$ ,时间为 2018 年,包含了板栗林、落叶

林(不包含板栗林)、常绿林、农田、建设用地和水域 6 种景观类型。采用 MODIS 季节序列光谱观测选择板栗林分类的关键物候期,并基于对应时期的 Landsat 影像提取了板栗林与其他地类高区分度分类特征,包括 1、6 和 9 月的 Landsat 蓝(Blue)、绿(Green)、红(Red)、近红外(NIR)和短波红外(SWIR1)波段反射率以及比值短波红外指数(RSI)、归一化差值植被指数(NDVI)、归一化差异指数(NDI)、归一化水体指数(NDWI)和比值植被指数(RVI)。通过目视解译 Google Earth 亚米级高分辨率影像和实地调研共选取宽城县 6 种景观类型的典型样本 14 237 个,随机选取 10 982 个样本用于训练支持向量机分类器并完成分类,剩余的 3 255 个像元作为独立验证样本用于分类精度验证。相对于验证样本,该数据板栗林的制图精度和用户精度分别为 89.90% 和 89.71%,总体精度达 94.75%,Kappa 系数为 0.94(表 1)。与 2018 年宽城林业局板栗林面积统计数据相比,精度可达 93.45%。

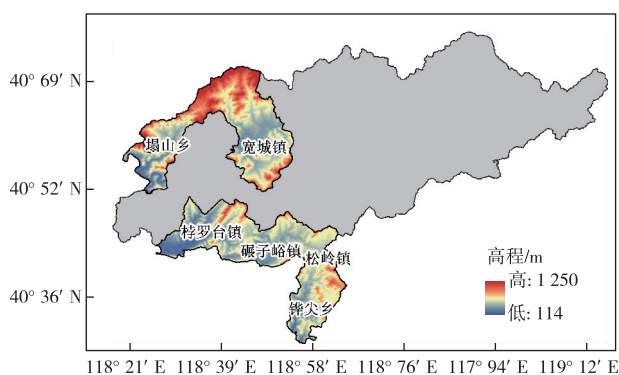


图 1 宽城传统板栗栽培系统地理位置和高程

Fig. 1 Location and elevation of Kuancheng traditional chestnut cultivation system

表 1 2018 年宽城不同景观类型遥感分类精度

Table 1 Remote sensing classification accuracy evaluation of different landscape types in Kuancheng in 2018

景观类型	制图精度/ %	用户精度/ %	总体精度/ %	Kappa 系数
板栗林	89.90	89.71	94.75	0.94
落叶林	95.78	91.32		
常绿林	97.78	97.93		
农田	87.25	94.87		
建设用地	96.83	98.48		
水域	97.49	98.85		

### 1.2.2 森林覆盖度及植被指数数据

采用 2000—2020 年的森林覆盖度和归一化差值植被指数(normalized difference vegetation index,

NDVI)分析遗产地森林覆盖及植被绿度变化。森林覆盖度数据是基于 MODIS 地表反射率自主生成的全球森林覆盖度数据集(GLOBMAP Fractional Tree Cover)<sup>[24]</sup>,覆盖全球 2000—2020 年,时空分辨率为  $250 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ 。该数据根据木本植被和禾本植被光谱季节曲线的形状差别,基于 MODIS 时间序列地表反射率提取了 9 个高区分度特征。采用全球 25~30 m 分辨率的森林覆盖产品 GlobeLand 30 和 PALSAR FNF 生成 250 m 亚像元训练样本并训练神经网络,然后将训练好的神经网络应用于 MODIS 地表反射率生成全球森林覆盖度产品。与 1 140 个 Google Earth 高分辨率影像目视解译结果验证, $R^2$  为 0.93, RMSE 和 MAE 分别为 11.78% 和 7.39%。另外,基于 MODIS 地表反射率数据生成了 2000—2020 年每 8 d 500 m 分辨率的 NDVI 数据,进行了精确的云检测和时间序列插值,数据时空完整,可重建当地植被的季节和年际曲线。通过年最大合成获得了每年的最大 NDVI 数据,来表征遗产地植被绿度。

### 1.2.3 DEM 数据

采用 ASTER GDEM V2 数字高程数据分析遗产地景观要素分布的海拔和地形特征,数据空间分辨率为 30 m,下载自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)。

### 1.2.4 统计数据

采用宽城林业局提供的 2009 和 2016 年 2 期各乡镇森林分树种统计数据分析当地森林变化状况,数据包括油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)等生态树种和板栗、苹果(*Malus domestica*)、梨(*Pyrus*)等经济树种 2 大类型,涵盖了遗产地的主要森林类型。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 实地调研

于 2018 年 9 月 25 至 27 日对遗产地进行实地调研,重点考察了宽城镇、碾子峪镇等遗产地代表性区域。通过野外调研、典型景观定位、与专家和当地村民交流等方式对遗产地进行调研,记录了遗产地内的景观类型、特征及结构。当地主要景观类型包括板栗林,蒙古栎(*Quercus mongolica*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、杨树(*Populus*)、桦树(*Betula*)、榆树(*Ulmus pumila*)和柳树(*Salix*)等其他落叶阔叶林、以油松为代表的人工针叶林、农田、建设用地和水域 6 类。各景观类型沿海拔规律性分布,呈现明显的垂直空间结构,在板栗林内部形成了农作物、药材、菌类、家禽等多样化的林下复合农业景观。

### 1.3.2 景观分布及格局分析

从宽城全县的 Landsat 土地利用分类结果中提取遗产地内的土地利用图进行景观分布及格局分析。通过绘制分类结果图直观地呈现板栗林、落叶林、常绿林、农田、建设用地和水域 6 大景观要素的空间分布。统计不同景观要素的面积及占比,分析优势景观。结合数字高程数据分析不同景观的空间结构特征,并提取不同要素的海拔和坡度,定量表征景观要素分布格局。

### 1.3.3 景观格局指数计算

采用景观格局指数描述遗产地的景观格局特征<sup>[25]</sup>。基于 Landsat 土地利用数据,利用 Fragstats 软件计算遗产地景观格局指数,分析各类景观要素的数量形状、破碎化和规则程度以及延展趋势等,并揭示遗产地板栗栽培系统景观的空间特征。选取 8 个常用的景观格局指数<sup>[26]</sup>,包括景观类型和整体景观 2 个层次<sup>[27]</sup>。景观类型层面的有斑块密度(PD)、斑块破碎度指数(SPLIT)、平均斑块面积(MPS)、景观形状指数(LSI)和最大斑块面积指数(LPI),用来表征景观要素的破碎化、集聚程度、斑块形状以及优势景观;整体景观层面的有香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)和蔓延度指数(CONTAG),分别表征景观的异质性、多样性和团聚程度。

### 1.3.4 景观演变分析

通过整合宽城林业局提供的 2009 和 2016 年森林分树种统计数据,分析遗产地森林和板栗林 2 大景观要素的面积变化。将生态树种和经济树种面积之和作为森林面积,计算板栗、苹果、梨、山楂(*Crataegus pinnatifida*)等经济树种总面积为果园面积,分析这 8 a 间遗产地森林和板栗林景观的演变。并利用基于 MODIS 数据得到 2000—2020 年森林覆盖度及 NDVI 数据,逐像元计算遗产地森林覆盖度及植被绿度线性变化斜率,评估遗产地森林覆盖度及植被绿度的变化特征。

## 2 结果与分析

### 2.1 景观分布现状

2018 年 Landsat 8 遥感影像分类结果(图 2)显示,河北宽城传统板栗栽培系统遗产地内主要有板栗林、落叶林、常绿林、农田、建设用地和水域 6 类景观。区内森林资源丰富,总森林覆盖度高达 84.72%。其中以落叶林为主的森林是优势景观类型,广泛分布于遗产地内,总面积达 277.57 km<sup>2</sup>,占遗产地总面积的 50.72%。遗产地板栗林栽培规模

大,面积达 151.60 km<sup>2</sup>,分别占森林和遗产地总面积的 32.70% 和 27.70%,在长城沿线的桦尖乡、松岭、碾子峪和梓罗台镇分布最为密集。根据实地调研,板栗林树龄结构配置合理,按照产量可分为产前、初产、盛产和衰产 4 种类型,其中盛产板栗林占主导地位。遗产地内常绿林分布相对板栗林和其他落叶林较少,总面积 34.44 km<sup>2</sup>,占遗产地总面积的 6.29%。常绿林以人工种植的油松为主,多分布于海拔较高的山顶和坡度较大的阴坡区域。农田、建设用地和水域 3 类非森林景观总面积达 83.62 km<sup>2</sup>,占遗产系统总面积的 15.28%。建设用地是主要的非森林景观类型,分布在遗产地的中部,面积达 36.56 km<sup>2</sup>,占遗产地总面积的 6.68%,包括城镇、村庄、交通用地等。农田多沿山谷分布,面积达 24.32 km<sup>2</sup>,占遗产区面积的 4.44%,包括水田、旱地和水浇地 3 大类型。遗产地水域较丰富,包括瀑河、滦河和长河等河流、零散分布的水库和坑塘,面积达 22.74 km<sup>2</sup>,占遗产系统总面积的 4.15%。

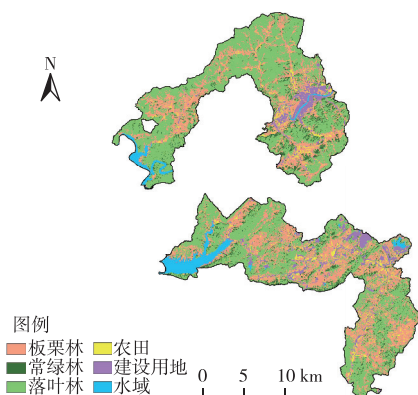


图 2 2018 年遗产系统和宽城县土地利用类型  
Fig. 2 Land-use map of Kuancheng county and heritage system in 2018

### 2.2 景观格局及其特征

#### 2.2.1 宏观景观空间结构

遗产地内地势起伏大,随着海拔高度的变化,遗产系统沿山顶到河谷形成了“林地-板栗林-农田-村落-水域”依次分布的山地景观空间结构(图 3)。这里的“林地”指的是除板栗林之外的落叶阔叶林和常绿针叶林。山坡上部土层较薄,肥力低,水分条件差,分布着以槲树(*Quercus dentata*)、蒙古栎为主要建群种的天然次生林和人工种植的油松林,发挥水土保持及水源涵养作用,平均海拔分别为 530.58 和 445.94 m,坡度分别为 19.67° 和 18.74°(表 2)。山坡的中下部土层深厚、肥沃且水

分条件较好,区内村民通过修筑石砌坎壁和土壁梯田开发坡地空间,栽植以板栗林为主,苹果、枣(*Ziziphus*)、山楂等为辅的果树,平均海拔 414.45 m,坡度 11.88°,最高可至海拔大于 1 100 m、坡度大于 25°的区域。山下的沟谷地带地形平坦,土壤深厚,水肥条件最好,用来种植玉米(*Zea mays*)、大豆(*Glycine max*)、谷子(*Setaria italica*)等粮食作物。同时,在沟谷修建水库、池塘以汇集山坡来水,调蓄水流,为板栗林、农田灌溉和生活用水提供水源。水域、村落和农田的平均海拔分别为 223.56、343.42 和 359.06 m,平均坡度分别为 7.31°、7.69°和 8.60°。

2.2.2 板栗林复合农业景观

遗产地大力栽培板栗树,逐渐形成了以板栗栽培为核心,林下作物、药材、家禽等多样化复合农业系统,为全球半干旱半湿润山地生态农业景观。主要包括 4 种复合农业景观(图 4):(1)板栗林-农作物间作复合景观。林下间作的玉米、大豆、红苕(*Vigna angularis*)、大葱(*Allium fistulosum*)、萝卜(*Raphanus sativus*)、窝瓜(*Sechium edule*)等农作物,填补了林下生态位,实现空间资源及林分环境的充分利用。(2)板栗林下菌类养殖复合景观。养殖栗蘑(*Grifola frondosa*)等菌类,充分利用板栗修剪下的枝条作为生长的基质,基质利用完后又作为有机肥增加板栗林的土壤肥力。(3)板栗林下家禽饲养复合景观。鸡、鹅、兔等家禽以板栗林中的昆虫和枯

枝落叶为食,其粪便也可作为有机肥培肥土壤。(4)板栗林下药材种植复合景观。种植黄芩(*Scutellaria baicalensis*)等中药材,用来保持水土和涵养水源。



图 3 遗产系统宏观空间景观结构

Fig. 3 Macroscopic spatial landscape structure of heritage system

表 2 遗产系统景观类型海拔和坡度分布

Table 2 Altitude and slope distribution of landscape elements of heritage system

景观类型	海拔/m			坡度/(°)		
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值
板栗林	414.45	173.00	1 184.00	11.88	0.00	59.64
落叶林	530.58	177.00	1 248.00	19.67	0.00	60.48
常绿林	445.94	192.00	1 126.00	18.17	0.00	58.93
农田	359.06	176.00	982.00	8.60	0.00	52.44
建设用地	343.42	176.00	921.00	7.69	0.00	44.16
水域	223.56	114.00	828.00	7.31	0.00	47.81

2.2.3 景观指数特征

实地调研和景观指数结果(表 3)显示,板栗林栽培区域形状复杂且栽培较为集中,景观形状指数最大,平均斑块面积、最大斑块和斑块破碎度指数值相对其他景观类型居于中间水平。遗产系统内落叶林分布广泛且聚集程度高,最大斑块指数最大,景观破碎度指数最小,最大斑块指数仅次于水域。常绿林和农田 2 种景观类型呈小斑块状离散分布,破碎程度高,斑块密度、景观破碎度指数高居前

2,平均斑块面积和最大斑块指数相反,景观形状指数仅次于最大的板栗林。建设用地分布较为集中且规整,斑块密度、景观形状指数较小,斑块平均面积和最大斑块指数值居于中间。大部分水域集中分布,其他坑塘水域形状接近正方形,斑块密度和景观形状指数最小,最大斑块指数最大。总体而言,遗产系统内多种景观要素密集,整体景观分布较为破碎,不同景观类型局部连通度较好,香农多样性指数、香农均匀度指数和蔓延度指数分别为

1.33、0.74 和 43.99。

遗产系统内森林增加在空间上与板栗林分布较为吻合,主要分布在遗产地北部塌山乡和宽城镇 2 个乡镇,增长率超过  $2\% \cdot a^{-1}$ , 棹罗台镇北部和铎尖乡南部的森林也有少量增加,碾子峪镇和松岭镇部分区域森林有所减少(图 5)。随着森林的增加,2000—2020 年间年最大 NDVI 总体上也呈现增加趋势,增加区域零碎地分布在北部的塌山乡和宽城镇 2 个区域,指示遗产地在变绿。

### 2.3 森林景观演变特征

GLOBMAP 森林覆盖度产品显示,2000 年以来遗产地森林覆盖度增加明显,林冠总面积增速达  $8.18 \text{ km}^2 \cdot a^{-1}$  ( $P < 0.01$ , 图 5)。

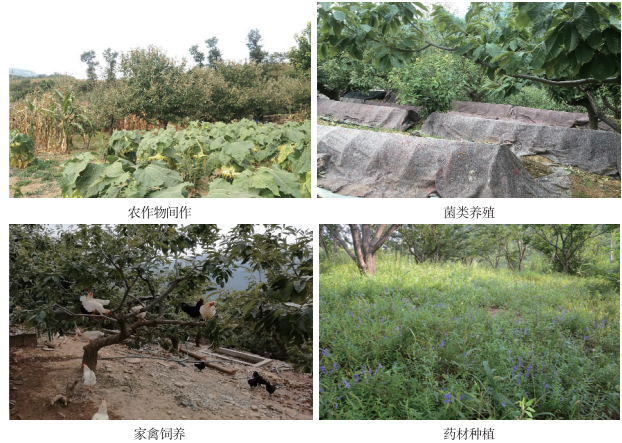


图 4 板栗林下复合种植结构

Fig. 4 Complex planting structure in chestnut forest

表 3 遗产地景观指数结果

Table 3 Indices results for different landscape types

景观类型	斑块密度指数 (PD)	平均斑块面积指数 (MPS)	最大斑块指数 (LPI)	斑块破碎度指数 (SPLIT)	景观形状指数 (LSI)
板栗林	7.72	3.59	2.73	374.81	105.61
落叶林	6.86	7.40	8.84	59.98	78.12
常绿林	10.00	0.63	0.08	167 121.03	85.80
农田	9.72	0.46	0.07	219 366.43	86.02
建设用地	2.77	2.42	2.01	1 966.67	46.88
水域	0.46	8.95	2.43	1 385.83	12.72

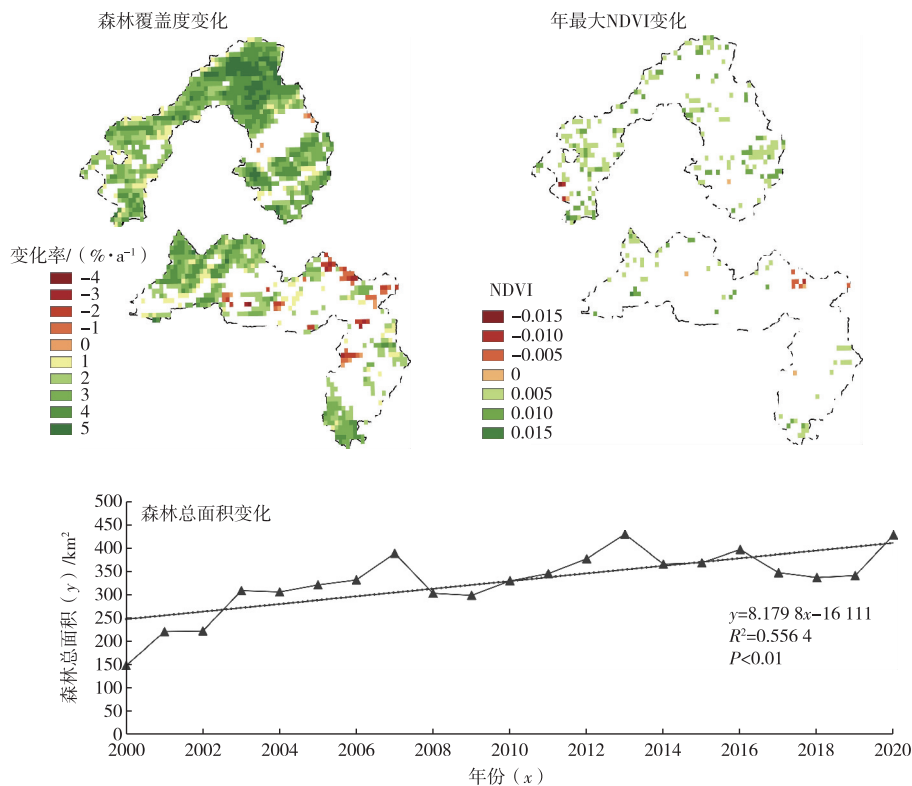


图 5 2000—2020 年遗产地森林覆盖度和年最大 NDVI 变化

Fig. 5 Changes of forest canopy cover and maximum NDVI in heritage site from 2000 to 2020

宽城林业局森林分树种统计数据(图 6)显示, 2009—2016 年遗产系统内森林面积由 311.91 增加至 367.36 km<sup>2</sup>, 增加了 17.78% (55.45 km<sup>2</sup>)。其中面积增加最为显著的是板栗林, 由 76.13 扩张到 122.31 km<sup>2</sup>, 扩大了 60.66% (46.18 km<sup>2</sup>)。油松和板栗外的其他果树面积略有下降, 分别由 32.95 和 10.47 km<sup>2</sup> 缩减为 30.16 和 7.94 km<sup>2</sup>。其他森林面积略有扩大, 由 192.36 增加为 206.95 km<sup>2</sup>。2009—2016 年板栗林增长面积达到了森林增长总面积的 83.28%, 这说明板栗林在遗产地的景观优势度显著提升, 并为区域植被绿度增长做出了贡献。

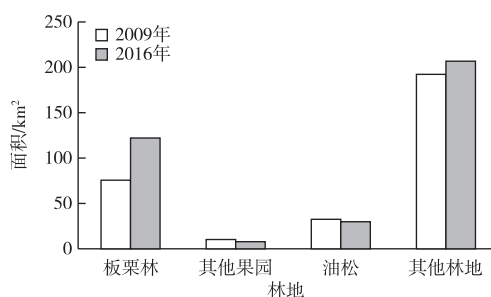


图 6 2009 和 2016 年遗产地板栗林及其他森林面积变化

Fig. 6 Changes in area of chestnut forests and other forests in heritage site in 2009 and 2016

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

研究基于多源卫星数据和林业局统计数据获得了河北宽城传统板栗栽培系统景观的分布和空间结构, 分析了板栗林景观的变化及其对当地森林覆盖和植被绿度变化的贡献, 有助于深入理解遗产地景观特征及其效应。研究发现, 板栗栽培系统具有“林地-板栗林-农田-村落-水域”依次分布的宏观景观结构以及板栗林与农作物、菌类、家禽和药材等多样化的林下间作复合农业景观结构, 这具有明显的生态合理性, 不仅扩展了山区有限的水土资源, 也减少了板栗树病虫害、培肥地力, 有利于维持板栗栽培系统的生物学稳定性、抵抗力稳定性和功能稳定性<sup>[28]</sup>。此外, 板栗林景观优势度持续提升, 截至 2018 年, 板栗林面积占遗产地面积的 27.70%, 在提高遗产系统森林覆盖度中发挥着重要作用, 对区域植被绿度增加具有突出贡献。板栗林面积的增长得益于当地政府出台的扶持政策和技术的进步, 也与当地适宜的气候和土壤环境密不可分。增加的板栗林不仅有助于提高农民的经济收入, 同时增加了河北宽城传统板栗栽培系统景观的稳定性。

研究采用了 Landsat、MODIS 卫星遥感数据和林业局统计数据等多源数据。Landsat 土地利用数据已被证明具有良好的分类精度<sup>[19]</sup>, 能够合理表征遗产地的景观要素分布现状及其格局特征。MODIS 森林覆盖度数据和植被指数 (NDVI) 数据用于遗产地森林覆盖变化和绿度变化分析, 该数据覆盖 2000—2020 年, 时空完整, 年际序列稳定, 能够表征遗产地的植被变化<sup>[24]</sup>。林业局统计数据为宽城县 2009 和 2016 年 2 期的森林数据, 记录了遗产地内所有乡镇不同树种的面积, 提供了高精度、分树种的详细森林数据, 有助于得到遗产地精细的板栗林和森林变化信息。这些数据能够从不同角度刻画板栗栽培系统景观的分布格局、结构特征和核心景观要素的变化及其对遗产地森林增长和植被绿度的贡献。虽然不同数据的来源、分辨率、时相不同, 但各种数据相互印证, 共同证实了遗产地板栗林和森林增长的趋势。

研究区板栗栽培系统为高度的人工干预景观, 不同间作模式和林龄大小会导致板栗林光谱特征存在差异, 这增加了遥感提取的不确定性。目前仅提取了遗产地 2018 年土地利用分布数据, 不同时期的分类需要分别获得训练样本来提高精度, 而早期土地利用类型训练样本的缺乏也给景观时间序列演变研究带来挑战。另外, Landsat 30 m 分辨率的遥感数据难以表征林下间作等微观的景观特征, 使得板栗林下复合间作等景观难以量化, 未来更高时空分辨率的卫星观测、历史影响高质量处理等将有助于提高遗产地板栗栽培系统景观的精细动态监测, 开展实地调研将能够更好地表征微观景观特征。

#### 3.2 结论

河北宽城传统板栗栽培系统是我国重要的农业文化遗产。基于 Landsat 8 遥感影像获得的土地利用分类数据和 MODIS 观测提取的森林覆盖度和年最大 NDVI 数据, 结合实地调研分析了河北宽城传统板栗栽培系统的景观格局及森林景观的演变特征。主要结论如下:

(1) 遗产地森林资源丰富, 占整个遗产地面积的 84.72%, 包括板栗林、落叶林和常绿林 3 大景观类型, 其中落叶林是优势景观类型 (50.72%), 板栗林次之 (27.70%)。农田、建设用地和水域 3 种非森林景观也是遗产地景观系统的重要组成部分。

(2) 遗产地沿山顶到河谷形成了“林地-板栗林-农田-村落-水域”依次分布的宏观景观空间结构, 也形成了板栗林与农作物、菌类、家禽和药材等多样化的林下复合微观景观结构。

(3) 六大景观类型分布较为破碎,局部连通度较好。板栗林景观形状指数最大,平均斑块面积、最大斑块和斑块破碎度指数值相对其他景观类型居于中间水平。

(4) 2000 年以来遗产地板栗林和森林面积均显著增长,其中板栗林扩张对森林增长的贡献达 83.28%,实现了区域植被的持续绿化。

#### 参考文献:

- [1] 闵庆文,孙业红.农业文化遗产的概念、特点与保护要求[J].资源科学,2009,31(6):914-918. [MIN Qing-wen, SUN Ye-hong. The Concept, Characteristics and Conservation Requirements of Agro-Cultural Heritage [J]. Resources Science, 2009, 31(6): 914-918.]
- [2] 闵庆文.全球重要农业文化遗产:一种新的世界遗产类型[J].资源科学,2006,28(4):206-208. [MIN Qing-wen. GIAHS: A New Kind of World Heritag [J]. Resources Science, 2006, 28(4): 206-208.]
- [3] FAO. Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) [EB/OL]. [2022-08-31]. <https://www.fao.org/giahs/giahs-aroundtheworld/en/>.
- [4] 闵庆文,张永勋.农业文化遗产与农业类文化景观遗产比较研究[J].中国农业大学学报(社会科学版),2016,33(2):119-126. [MIN Qing-wen, ZHANG Yong-xun. Comparison between Agri-Cultural Heritage Systems and Agri-Cultural Landscape [J]. China Agricultural University Journal of Social Sciences Edition, 2016, 33(2): 119-126.]
- [5] SILVA-PÉREZ R, GONZÁLEZ-ROMERO G. GIAHS as an Instrument to Articulate the Landscape and Territorialized Agrifood Systems; The Example of *La Axarquía* (Malaga Province, Spain) [J]. Land, 2022, 11(2): 310.
- [6] GKOLTSIOU A, ATHANASIADOU E, PARASKEVOPOULOU A T. Agricultural Heritage Landscapes of Greece; Three Case Studies and Strategic Steps towards Their Acknowledgement, Conservation and Management [J]. Sustainability, 2021, 13(11): 5955.
- [7] CICINELLI E, CANEVA G, SAVO V. A Review on Management Strategies of the Terraced Agricultural Systems and Conservation Actions to Maintain Cultural Landscapes around the Mediterranean Area [J]. Sustainability, 2021, 13(8): 4475.
- [8] 严丹,赖格英,陈桃金,等. GIAHS 视角下崇义客家梯田系统景观空间格局特征分析 [J]. 江西科学, 2018, 36(6): 970-978, 1003. [YAN Dan, LAI Ge-ying, CHEN Tao-jin, et al. Analysis on Landscape Spatial Pattern of Chongyi Hakka Terraced Field System towards the Perspective of GIAHS [J]. Jiangxi Science, 2018, 36(6): 970-978, 1003.]
- [9] AMIT C I, SOFER M. Integrated Rural Heritage Landscapes; The Case of Agricultural Cooperative Settlements and Open Space in Israel [J]. Journal of Rural Studies, 2017, 54: 98-110.
- [10] DOBROVODSKÁ M, KANKA R, DAVID S, et al. Assessment of the Biocultural Value of Traditional Agricultural Landscape on a Plot-by-Plot Level; Case Studies from Slovakia [J]. Biodiversity and Conservation, 2019, 28(10): 2615-2645.
- [11] ZHANG Y X, MIN Q W, ZHANG C Q, et al. Traditional Culture as an Important Power for Maintaining Agricultural Landscapes in Cultural Heritage Sites: A Case Study of the Hani Terraces [J]. Journal of Cultural Heritage, 2017, 25: 170-179.
- [12] BOUMA J. Land Quality Indicators of Sustainable Land Management across Scales [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2002, 88(2): 129-136.
- [13] 江娟丽,杨庆媛,张忠训,等.农业景观研究进展与展望 [J]. 经济地理, 2021, 41(6): 223-231. [JIANG Juan-li, YANG Qing-yuan, ZHANG Zhong-xu, et al. Progress and Prospect of Agricultural Landscape Research [J]. Economic Geography, 2021, 41(6): 223-231.]
- [14] PRUS B, DUDZIŃSKA M, BACIOR S. Determining and Quantifying the Historical Traces of Spatial Land Arrangements in Rural Landscapes of Central and Eastern Europe [J]. Scientific Reports, 2021, 11: 23421.
- [15] 胡伟芳,张永勋,王维奇,等.联合梯田农业文化遗产地景观特征与景观资源利用 [J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(12): 1752-1760. [HU Wei-fang, ZHANG Yong-xun, WANG Wei-qi, et al. Landscape Characteristics and Utilization in Agro-Cultural Heritage Systems in Lianhe Terrace [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(12): 1752-1760.]
- [16] WEI Xue-xin, LIU Yang, LIU Rong-gao, et al. Landscape Characteristics and Evolution of Qingyuan Mushroom Cultural System, Zhejiang Province [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(9): 1443-1452.
- [17] AYALEW D A, DEUMLICH D, ŠARAPATKA B. Agricultural Landscape-Scale C Factor Determination and Erosion Prediction for Various Crop Rotations through a Remote Sensing and GIS Approach [J]. European Journal of Agronomy, 2021, 123: 126203.
- [18] NASH M S, BRADFORD D F, WICKHAM J D, et al. Detecting Change in Landscape Greenness over Large Areas; An Example for New Mexico, USA [J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 150: 152-162.
- [19] 陈继龙,魏雪馨,刘洋,等.基于多时相遥感观测的板栗林分布提取研究 [J]. 遥感技术与应用, 2020, 35(5): 1226-1236. [CHEN Ji-long, WEI Xue-xin, LIU Yang, et al. Extraction of Chestnut Forest Distribution Based on Multi-Temporal Remote Sensing Observations [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2020, 35(5): 1226-1236.]
- [20] 郭春梅.宽城板栗:中国板栗在河北,河北板栗在宽城 [J].农产品市场, 2021(4): 26-29. [GUO Chun-mei. Kuancheng Chestnut: China Chestnut is in Hebei, Hebei Chestnut is in Kuancheng [J]. Agricultural Products Market, 2021(4): 26-29.]
- [21] 王秋萍.河北:宽城大力发展板栗产业 [J]. 中国果业信息, 2021, 38(11): 53-54. [WANG Qiu-ping. Hebei: Kuancheng Develops Chestnut Industry Vigorously [J]. China Fruit News, 2021, 38(11): 53-54.]
- [22] 谭凯炎,闵庆文,邬定荣.从土壤气候视角解析农业文化遗产地的自然禀赋:以宽城传统板栗栽培系统为例 [J]. 中国农学通报, 2021, 37(7): 88-94. [TAN Kai-yan, MIN Qing-wen, WU Ding-rong. Analysis of the Natural Endowment of Agricultural Cultural Heritage Sites from the Perspective of Soil and Climate: A

- Case Study on Kuancheng Traditional Chestnut Cultivation System [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2021, 37(7): 88-94.]
- [23] LIU Mou-cheng, BAI Yun-xiao, YANG Lun, *et al.* Calculation of Ecological Compensation Standards for the Kuancheng Traditional Chestnut Cultivation System [J]. Journal of Resources and Ecology, 2021, 12(4): 471-479.
- [24] LIU Y, LIU R G. A Simple Approach for Mapping Forest Cover from Time Series of Satellite Data [J]. Remote Sensing, 2020, 12(18): 2918.
- [25] O'NEILL R V, KRUMMEL J R, GARDNER R H, *et al.* Indices of Landscape Pattern [J]. Landscape Ecology, 1988, 1(3): 153-162.
- [26] ŠÍMOVÁ P, GDULOVÁ K. Landscape Indices Behavior: A Review of Scale Effects [J]. Applied Geography, 2012, 34: 385-394.
- [27] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 121-125. [CHEN Wen-bo, XIAO Du-ning, LI Xiu-zhen. Classification, Application, and Creation of Landscape Indices [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(1): 121-125.]
- [28] 李锐, 李际平, 袁晓红, 等. 基于 RS 和 GIS 的人工林景观稳定性研究: 以常德市桃源县龙潭镇为例 [J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(1): 85-93. [LI Rui, LI Ji-ping, YUAN Xiao-hong, *et al.* Research on Landscape Pattern Stability of Artificial Forest from Perspective of RS and GIS: Taking Longtan Town of Taoyuan County in Hunan Province as an Example [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2017, 37(1): 85-93.]
- 作者简介: 陈继龙 (1997—), 男, 河南信阳人, 博士生, 研究方向为定量遥感。E-mail: jilongchen929@163.com
- (责任编辑: 陈 昕)

## 欢迎订阅 2023 年《生态与农村环境学报》

《生态与农村环境学报》系生态环境部主管、生态环境部南京环境科学研究所主办的全国性学术期刊, 是《中文核心期刊要目总览》2020 年版入编期刊、中国科学引文数据库 (CSCD) 核心期刊、中国学术期刊评价研究报告 (RCCSE) 核心期刊、中国科技论文统计源期刊 (中国科技核心期刊)、被中国科技论文与引文数据库 (CSTPCD)、中文社会科学引文索引 (CSSCI)、中国学术期刊综合评价数据库 (CAJCED)、中国期刊全文数据库 (CJFD)、中国核心期刊 (遴选) 数据库、CA、CABI、BA、BP、BD、UPD、GeoBase、ZR、EM、Scopus、AGRIS、JST、BIOSIS、GH、RB、EBSCO 等国内外重要刊库网收录。曾荣获全国优秀环境科技期刊、江苏省优秀期刊, 荣获第二届江苏“十强科技期刊”、第三届江苏省新闻出版广电政府奖期刊奖提名奖及第七届华东地区优秀期刊奖, 为中国期刊协会赠建全国百家期刊阅览室指定赠送期刊。

本刊宗旨: 及时报道生态与农村环境保护领域创新性研究成果等。

主要栏目: 研究报告、研究简报、研究方法、专论与综述、学术讨论与建议等。

主要内容: (1) 区域环境与发展, 包括生态环境变化与全球环境影响、区域生态环境风险评价、环境规划与管理、区域生态经济与生态安全等; (2) 自然保护与生态, 包括自然资源保护与利用、生物多样性与外来物种入侵、转基因生物环境安全与监控、生态保护、生态工程与生态修复、有机农业与农业生态、气候变化与生态响应等; (3) 污染控制与修复, 包括污染控制原理与技术、土壤污染与修复、水环境污染与修复、大气污染防控、农业废物综合利用与资源化、农用化学品风险评价与监控、化学品环境与健康等。

主要读者对象: 从事生态学、环境科学、农学、林学、地学、资源科学等研究、教学、生产的科技人员, 相关专业的高等院校师生以及各级决策与管理人员。

本刊为月刊, 每月 25 日出版, A4 开本, 每期 136 页, 每期定价 30.00 元, 全年定价 360.00 元, 公开发行, 国内邮发代号 28-114, 全国各地邮局均可订阅; 国外由中国国际图书贸易总公司 (北京 399 信箱) 负责发行, 国外发行代号 Q5688。如漏订, 可向本刊编辑部补订。编辑部地址: 江苏省南京市蒋王庙街 8 号; 邮政编码: 210042; 电话: (025) 85287052, 85287092, 85287053, 85287036, 85287601, 85287630; 网址: <http://www.ere.ac.cn>; E-mail: [ere@vip.163.com](mailto:ere@vip.163.com), [bjb@nies.org](mailto:bjb@nies.org)。