•综述•

乡村景观生物多样性研究进展

陈思淇^{ID}, 张玉钧*

北京林业大学园林学院, 北京 100083

摘要: 乡村景观是一种人文和自然共生的复合生态系统, 为生物多样性的维持提供了支持。目前, 中国传统乡村地区生物多样性的维持正面临着农业集约化、人工林树种单一化、非农业用地急剧扩张及生态传承机制解体等复杂多样的威胁, 亟待展开深入研究。本文在总结乡村景观生物多样性相关概念及特征的基础上, 通过文献分析概括了国际乡村景观生物多样性的热点研究方向, 包括农业集约化下的生物多样性管理、区域尺度乡村景观与生物多样性的协同关系、局地尺度不同乡村景观类型的物种多样性及乡村景观中的生物文化多样性, 进一步梳理了国内在相关研究方向上的主要进展并指出研究不足。在此基础上提出未来研究展望, 包括突出生物文化多样性特征、加强多时空尺度分析、深化动态维持机制研究、推进生物多样性研究在乡村生态景观规划中的全过程应用等建议。

关键词: 生物多样性; 乡村景观; 半自然生境; 生物文化多样性; 人为干扰; 时空尺度

陈思淇, 张玉钧 (2021) 乡村景观生物多样性研究进展. 生物多样性, 29, 1411–1424. doi: 10.17520/biods.2021135.

Chen SQ, Zhang YJ (2021) Research progress on biodiversity in the rural landscape. Biodiversity Science, 29, 1411–1424. doi: 10.17520/biods.2021135.

Research progress on biodiversity in the rural landscape

Siqi Chen^{ID}, Yujun Zhang*

School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083

ABSTRACT

Background & Aims: Rural landscapes provide support for a high degree of biodiversity due to the symbiotic relationship between humanity and nature in these complex ecosystems. Currently, the maintenance of biodiversity in traditional Chinese rural areas is facing complex and diverse threats, and there is an urgent need for relevant, in-depth research. Here, we conduct an in-depth review on domestic and foreign research progress of biodiversity in rural areas. We provide a theoretical framework with methodological references on best practices for the protection and maintenance of biodiversity in rural areas and support for subsequent ecological landscape planning.

Progress: In an effort to straighten biodiversity characteristics in rural landscapes, we summarize the four current research directions for international biodiversity in rural landscape through a literature analysis: biodiversity management under agricultural intensification, the synergistic relationship between rural landscape and biodiversity at a regional scale, the species diversity of different types of rural landscapes at the local scale, and research on the biocultural aspects of rural landscapes. Research focused on biodiversity management under agricultural intensification mostly uses various farmland biodiversity indicators as dependent variables, and environmental variables such as agricultural habitat diversity, cover diversity, and land use intensity as independent variables. Among them, land use intensity is mostly replaced by semi-natural habitat ratio indicators. Current in this area is mostly focused on agricultural ecosystems, and rarely involves dynamic analyses at spatial and temporal scales. Research focused on the synergistic relationship between rural landscape and biodiversity at the regional scale is mainly focused on the impact of land cover and land use changes on biodiversity and ecosystem services, the change of vegetation diversity along the urban-rural gradient, and the optimization of urban and rural spatial patterns combined with species distribution models. Research on the species diversity of different types of rural landscapes at the local scale is mainly focused on the analysis of the maintenance mechanism for species diversity in different landscape elements (farms, gardens,

收稿日期: 2021-04-12; 接受日期: 2021-06-28

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD1100403)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: yjzhang622@foxmail.com

settlements, woodlands, waters) at the local scale or different patch types on a plot scale. Research focused on the biocultural aspects of rural landscapes is mainly focused on changes in biocultural diversity and ecosystem cultural services at a regional scale, the impact of traditional ecological wisdom on species diversity at a landscape scale, the species composition of various rural “cultural landscapes” and “cultural forests” at the local scale, and the analysis of cultural keystone species with the background of ethnobotany. This paper further summarizes the main progress in related research directions for China.

Prospects: We recommend the following as future research directions for studying the biodiversity of rural landscapes in China: highlighting the characteristics of biocultural diversity in rural landscapes, strengthening analysis of multiple temporal and spatial scales, deepening research on the dynamic maintenance mechanism of biodiversity in rural areas, and promoting the application of biodiversity in the full-process of landscape planning.

Key words: biodiversity; rural landscape; semi-natural habitat; biocultural diversity; anthropogenic disturbance; spatial-temporal scale

生态的概念已应用于全球大部分水域生态系统和陆地生态系统研究中,但乡村地区的生态研究仍然是一个鲜为人知的领域(Forman, 2016)。乡村景观记录了人类长时期活动对自然产生的深刻烙印,被认为是一种人类修饰过(human-modified)的景观(Chazdon et al, 2009)。同时,乡村作为人文和自然共生的复合生态系统,也是生物多样性保护的基本场所,近年来生物多样性研究已成为国际乡村景观研究的热点方向之一(Wu et al, 2019)。

中国国土辽阔,海域宽广,自然条件复杂多样,是世界上生物多样性最为丰富的12个国家之一。7,000多年的农耕文明造就了中华民族“生于斯,长于斯”的强烈人地依恋关系。传统乡土中国可以说是“靠天吃饭”的小农经济社会,故其生物多样性的维持通常与地方生产生活、风俗文化、土地资源管理等紧密相连。同时乡村景观也已经演变为一种紧密且富弹性的生态系统,通过不同时期土地的适应性管理维持了乡村生境的异质性。然而,近几十年来社会高速发展,技术、文化和经济的迅速变化对传统乡村景观及其生物多样性产生了巨大影响。在过去的一个世纪里,世界各国乡村地区的生物多样性正在大幅下降(Jiang et al, 2013; Rosin et al, 2020)。在中国,近25%的国家保护物种和20%的受威胁物种以农田为栖息地(Li et al, 2020),但中国传统乡村生态系统及其生物多样性的维持正面临着复杂多样的威胁。首先,大量化肥和农药的使用以及单一作物品种的种植等严重威胁了乡村生态安全,农业集约化、扩张及专业化已被广泛证明是全球陆地生物多样性丧失的最重要驱动力(Li et al, 2018)。同时,由外来单一物种构成的人工林也打破了传统乡村生态系统的平衡。改革开放以后,农村

出现了集体离土出村的时代浪潮,放弃农业实践一定程度上导致了乡村生物多样性的维持受到威胁(Koshida & Katayama, 2018)。并且,在城乡统筹的战略发展背景下,乡镇一级非农业用地急剧扩张,传统农林用地逐渐退化。这些威胁一定程度上导致了乡村各类生境的丧失、破碎和转换,也带来了乡村传统动植物利用技能流失及乡村生态传承机制解体等问题,使人类和农林业之间传统的密切关系变得越来越弱,最终严重威胁了乡村地区的生物多样性稳定。

面对这些威胁,亟待对乡村地区的生物多样性展开深入研究。本文在总结乡村景观生物多样性相关概念及其特征的基础上,通过文献分析概括了国际乡村景观生物多样性的热点研究方向,进一步梳理了国内在相关研究方向上的主要进展并指出研究不足,在此基础上提出未来研究展望。

1 乡村景观生物多样性相关概念及特征

1.1 相关概念辨析

乡村地区的生物多样性研究开始于农业生态学(agroecology)领域,最早由俄罗斯农学家Basil M. Bensin在1930年提出。德国生态学家Tischler (1965)的*Agricultural Ecology*被认为是第一本研究乡村生态的书籍,书中讨论了农业景观(包括非耕地生境)中不同环境因子、人类实践与乡村动植物之间的相互作用。20世纪60年代到21世纪,乡村生物多样性及农业生态研究逐渐从田间范围扩展到农业生态系统尺度(Wezel & Soldat, 2009);自1992年联合国环境与发展会议后,生物多样性逐渐成为农业研究的中心,研究集中在以粮食生产为核心的农业生物多样性保护。随着可持续农业、农业生态系统、半

自然生境(semi-natural habitat)等概念的提出,乡村地区的生物多样性研究尺度突破作物生态系统的局限,扩展到了包括农田、聚落(settlement)、林地、水域、草地等各类乡村景观要素在内的乡村生态系统尺度。

目前,国内外尚无统一的专有词汇来指代乡村地区的生物多样性,现有乡村地区的生物多样性研究通常采用“农业生物多样性”(agricultural biodiversity or agrobiodiversity)、“农业景观生物多样性”(biodiversity in agricultural landscape)、“乡村景观生物多样性”(biodiversity in rural landscape, BRL)等词汇。其中,以“农业生物多样性”为主题词的研究主要聚焦于以粮食系统为核心的作物生境,一般指作物和家禽系统(包括野生近缘种、传粉媒介、害虫、寄生虫和其他生物)中的物种内部及之间的多样性(Qualset et al, 1995)。而“农业景观生物多样性”相关研究内容除农田生态系统外,还包括所有有利于增强农业生态系统功能的非农生态系统(Jackson et al, 2007),其关注点拓展到了半自然非农生境,但大量研究内容仍然围绕以农业为主体的农业生态系统(Liu et al, 2013)。然而随着可持续集约化农业、多功能景观等概念的深入,现有农业生态系统研究逐渐转向以全人类繁荣和全球可持续性发展为目标,这就需要一个更综合的概念来指代乡村地区人类长期活动下的文化与自然复合系统。

国际上越来越多的学者呼吁,乡村地区的生物多样性相关概念描述及研究内容应与乡村景观的文化特征和人类活动相适应(Agnoletti, 2014)。而中国乡村地区的生物多样性研究避开7,000多年农

业文明的影响,强调生物-景观-文化三者的联系。与以农业为中心的农业景观分析相反,乡村景观概念被认为更强调人类作用下的多种功能和空间复杂性(Latterra et al, 2012),且更关注乡村地区不同历史时期的文化遗产(Mitchell & Barrett, 2015)。

因此,本文采用“乡村景观生物多样性”一词,在现有农业景观生物多样性的研究范畴上进行了拓展,强调不同时期的乡村景观人地互动关系(图1)。研究内容上除了包括作物生境、非农半自然生境中的生物多样性、农业和非农生态系统之间及其与人类活动之间的相互作用,还包括乡村生物文化景观(biocultural landscapes) (Hong et al, 2014)的生物文化多样性(biocultural diversity)研究。在生物多样性层次上,包括遗传、物种、生态系统和景观4个层次;在空间尺度上,包括局地、景观、区域等多级空间尺度。值得强调的是,乡村景观生物多样性在研究层次上涵盖景观多样性,即包括斑块多样性、类型多样性和格局多样性(傅伯杰和陈利顶, 1996)等在内的乡村景观多样性。结合Willis和Whittaker等(2002)以及彭羽等(2015)的研究,本文初步概括了乡村地区生物多样性样方-局地-景观-区域4级空间尺度与物种-生态系统-景观多样性的耦合关系(表1)。

1.2 乡村景观生物多样性特征

乡村地区的生物多样性特征显然区别于城市和自然区域,有必要进一步明确乡村景观生物多样性的特征,以规避生态景观营建呈现“千村一面”的“乡村病”。人类活动或人为干扰已经替代许多自然因素,塑造和改变了乡村景观格局,使乡村景观成

图1 “农业生物多样性”“农业景观生物多样性”和“乡村景观生物多样性”概念辨析

Fig. 1 Differentiation and analysis of the concepts of “agricultural biodiversity” “biodiversity in agricultural landscape” and “biodiversity in rural landscape”

表1 乡村地区生物多样性不同空间尺度与不同层次的耦合关系

Table1 Relationship between different spatial scales and different levels of biodiversity in rural area

	物种 Species	生态系统 Ecosystem	景观 Landscape
样方尺度 Quadrat scale (10 m × 10 m)	群落或生境内部物种多样性 Species diversity within a community or habitat	–	–
局地尺度 Local scale (100 m × 100 m) 农田、园地、聚落、林地、水域等某单一景观类型，含多类生境 Single landscape type such as farmland, garden, settlement, forest, and water area, including multiple types of habitats	群落之间物种多样性 Species diversity among communities	单一景观类型内，常用景观异质性间接评估 Within a single landscape type, landscape heterogeneity is commonly used to indirectly assesses ecosystem diversity	–
景观尺度 Landscape scale (1,000 m × 1,000 m) 介于局地和区域尺度之间，通常包含若干个自然村 Between the local and regional scales, it usually contains several natural villages	景观尺度内部总物种多样性 Total species diversity within landscape scale	通常以物种多样性的空间分布、群落多样性、生境质量等评估 Usually assessed by the spatial distribution of species diversity, community diversity and habitat quality, etc.	组成乡村景观的各种斑块和景观在类型、大小、分布等结构上的多样性，具体包括斑块多样性、类型多样性和格局多样性 The structure diversity of various rural patches and landscapes in type, size, and distribution, etc., including patch diversity, type diversity and pattern diversity
区域尺度 Regional scale 涉及某一生态区域所覆盖的广泛低干扰性乡村景观 Involving a wide range of low-disturbance rural landscapes covered by a certain ecoregion	区域内总物种多样性 Total species diversity within regional scale		

为一种有机进化(organically evolved)的文化景观。但在其演变过程中，仍然保留了重要的自然元素，呈现出介于城市和自然区域之间的“半自然”特征。在这一背景下，乡村景观生物多样性在不同层次均表现出显著的半自然特征和紧密的生物–文化联系，并强调动态干扰下的多时空尺度变化。

(1)显著的半自然特征。受耕种和驯化影响，生物通过进化而产生差异发展，由此基础基因库种群逐渐从其野生近缘种获得不同程度的地理或遗传隔离(Purugganan & Fuller, 2009)，最终使乡村物种发生从野生自然到驯化自然的特征变化，呈现出了不同程度的半自然性。在生态系统多样性层面，例如欧洲的半天然草原、日本的传统里山(satoyama)等历史悠久的乡村景观都被认为是具有极高生物多样性保护价值的半自然生态系统。已有研究表明，农田边缘、田中林岛、树篱、草地、岸堤、池塘等受人为管理的乡村半自然生境是维持乡村生物多样性的主要半自然景观类型(García- Feced et al, 2015)。

(2)紧密的生物–文化联系。乡村地区的生物多样性蕴含着一方水土养一方人的人地依恋关系，乡村动植物是维护乡村文化和促进文化传承的重要媒介，故紧密的生物–文化联系也是乡村区别于城市和自然区域生态的一大特征。“生物文化多样性”

这一概念被用来研究生物多样性、文化多样性及二者之间的复杂联系，传统乡村是生物文化多样性作用的重要场所(Burgi et al, 2015)。在不同社会制度和文化思想影响下，地方村民通过不同土地管理方式及各类乡村活动，直接或间接影响着乡村生态系统，乡村景观为整合生物和文化多样性提供了一个关键的平台(Agnoletti & Rotherham, 2015)。可以说，生物多样性作为生物文化多样性的重要研究对象，有助于揭示乡村土著人民与传统社会的自然文化互动，而生物文化多样性研究则可拓展乡村生物多样性的人文内涵。

(3)强调动态干扰下的多时空尺度变化。生物多样性的度量通常随时空尺度而变化，因而需要在时空尺度上理解生物多样性之间的动态变化机制。例如，在区域尺度上考虑乡村边缘与城市和自然交错区域的生态系统多样性，在局地尺度上考虑不同乡村景观要素与生物多样性的耦合关系，在样方尺度上考虑不同群落之间及内部的物种多样性等。同时，由于乡村生态系统在不同季节、年份、历史阶段具有显著的时间动态变化特征，故需要以长期的视角来了解正在发生的变化及其维持机制。多时空尺度的动态信息及干扰的界定对于乡村景观生物多样性的有效维持至关重要，已成为全球生物多样性保护研究的重点。

2 国际乡村景观生物多样性研究热点

基于Web of Science核心合集数据库, 限定检索主题为“rural landscape” OR “agricultural landscape” AND “species diversity” OR “biodiversity”, 文献类型为“期刊”, 语种为“英语”, 时间跨度为15年, 即2005–2020年, 数据搜集时间为2021年1月。使用CiteSpace的除重功能, 最终获取1,310篇文献。利用CiteSpace对文献关键词进行知识图谱绘制(图2), 发现除agricultural、agricultural landscape、rural、biodiversity、species diversity以外, 出现频率最高的关键词分别有management、species richness、land use、pattern等, 且此类关键词的中心性较高, 在一定程度上体现了研究时段内国外乡村景观生物多样性的热点领域。进而对主要关键词进行聚类统计(表2), 发现研究热点主要集中在以下4个方面。

2.1 农业集约化下的生物多样性管理

高投入的农业集约化往往伴随着乡村生物多样性的丧失,不同学者就农业系统的农业生产、粮食安全与乡村生物多样性保护之间的权衡与协同路径开展了研究。其中大量研究集中于以欧洲农业

计划(agri-environment schemes, AES)为背景的生物多样性管理, 并引入了“高自然价值农田”(high nature value farmland, HN VF)这一高度支持生物多样性的农业生境概念(Maskell et al, 2019)。

具体的生物多样性管理方法研究主要集中于农业生境多样性、覆盖物多样性及土地利用强度与生物多样性之间的关系。(1)不同农业生境类型及结构对生物多样性的影响。例如农林复合系统复杂度(Santos et al, 2019)、田间边缘非农生境(non-crop habitat)结构(Li et al, 2018)等, 这些研究突出显示了农业景观中的半自然生境异质性与生物多样性的密切关系。(2)农业景观覆盖物影响研究。例如通过间作及混养等田间管理方式增加作物多样性或非作物植被多样性研究(Isbell et al, 2017), 这些研究论证了覆盖物多样性与农业可持续性和生物多样性的正面关系。(3)农业土地利用研究热点集中于土地利用强度增强与生物多样性之间的负向关系(Zingg et al, 2018)。同时, 不同学者针对弃耕(Queiroz et al, 2014)、有机耕作(van Vliet et al, 2015)等农业土地管理方式对乡村生物多样性的影响展开论述。

图2 文献关键词共现分析图。圆圈大小代表关键词频次,线条疏密代表关键词之间的联系紧密程度。

Fig. 2 Keyword co-occurrence analysis. The size of the circle represents the frequency of the keywords, and the density of the lines represents the closeness of the relationship between the keywords.

表2 国外乡村景观生物多样性研究高频关键词聚类信息表

Table 2 High-frequency keyword clustering information table of foreign research

热点1: 农业集约化下的生物多样性管理 Hot spot 1: Biodiversity management under agricultural intensification			热点2: 区域尺度乡村景观与生物多样性协同关系 Hot spot 2: Synergistic relationship between rural landscape and biodiversity at the regional scale			热点3: 局地尺度不同乡村景观类型的物种多样性 Hot spot 3: Species diversity of different rural landscape types at local scale			热点4: 乡村景观中的生物文化多样性 Hot spot 4: Biocultural diversity in rural landscape		
关键词 Key words	频次 Frequency	中心性 Centrality	关键词 Key words	频次 Frequency	中心性 Centrality	关键词 Key words	频次 Frequency	中心性 Centrality	关键词 Key words	频次 Frequency	中心性 Centrality
管理 Management	232	0.03	土地利用 Land use	164	0.22	森林 Forest	98	0.02	人口规模/动态 Population size/dynamics	82	0.06
物种丰富度 Species richness	200	0.03	景观 Landscape	127	0.03	影响 Impact	78	0.03	土地利用变化 Land use change	66	0.02
农业集约化 Agricultural intensification	113	0.05	格局 Pattern	121	0.03	草地 Grassland	59	0.02	恢复 Restoration	59	0.03
农业环境计划 Agri-environment scheme	75	0.06	生态系统服务 Ecosystem service	111	0.03	池塘 Pond	53	0.04	历史 History	22	0.01
指标 Indicator	58	0.08	植物 Vegetation	97	0.04	连通性 Connectivity	53	0.08	未来 Future	12	0.01
异质性 Heterogeneity	53	0.02	生境破碎化 Habitat fragmentation	93	0.04	树篱 Hedgerow	50	0.06	分布 Distribution	10	0
农田边缘 Field margin	36	0.04	动力 Dynamics	56	0.07	乡村景观 Rural landscape	45	0.03	驱动力 Driving force	8	0.01
欧洲 Europe	33	0.02	规模/尺度 Scale	53	0.03	群落结构 Community structure	34	0.08	文化景观 Cultural landscape	6	0
农业生态系统 Agroecosystem	37	0.04	气候变化 Climate change	27	0.02	湿地 Wetland	33	0.03	里山 Satoyama	6	0
农田 Field	29	0.02	城市化 Urbanization	17	0.02	干扰 Disturbance	25	0.02	知识 Knowledge	4	0
半自然 Semi-natural	21	0.01	景观结构 Landscape structure	16	0.05	农林业 Agroforestry	17	0.01			

总体上,这类关注农业生态系统的研究多以各类农田生物多样性指标作因变量,以农业生境多样性、覆盖物多样性、土地利用强度等环境变量作为自变量,其中土地利用强度多用半自然生境比例指标替代(Maskell et al, 2019)。在生物多样性变化机制的分析方法上多基于多元回归、聚类、排序等数量生态学模型进行多变量统计分析,较少涉及时空尺度的动态分析。

2.2 区域尺度乡村景观与生物多样性的协同关系

与乡村有关的区域尺度生物多样性研究通常涉及某一生态区域(ecoregion)所覆盖的广泛低干扰性乡村景观,空间背景常见于城乡交错区域或保护

区缓冲地带,研究内容主要涉及以下几方面。

(1)土地覆盖及土地利用变化对生物多样性的影响。区域尺度生物多样性变化的影响机制研究多基于城市生态系统相关方法,利用线性回归、Logistic回归、聚类分析、排序分析等数学模型,分析土地利用变化与乡村生态系统和景观多样性的关系,例如Zhou等(2019)。乡村不同类型的土地利用数据及社会经济数据通常被视作区域尺度生物多样性变化的综合驱动力,而且将乡村景观格局变化与生态系统服务联系起来的研究趋势很强。此外,区域尺度土地利用变化对乡村景观生物多样性的影响研究也会涉及物种层次的生物多样性分析。例

如, Milberg等(2019)结合历史地图分析了不同植物性状与特定土地利用历史的关联程度。随着InVEST和ARIES等宏观生态模型、元胞自动机模型(cellular automaton, CA)、Markov模型等空间动力学模型在区域尺度土地利用模拟预测方面的应用,越来越多的研究开始探究时空变化下城乡交错区生态系统多样性的变化特征。

(2)沿城乡梯度的植物多样性变化。分析沿城乡梯度上物种多样性变化的研究也十分常见,这些研究侧重于探究城市化对乡村景观生物多样性的影响。环境变量除“样方到市中心的距离”外,还包括城乡梯度上各种生境特征和景观异质性,分析方法多采用主成分分析等非约束排序模型筛选变量,再结合广义线性模型、冗余分析等方法解释城乡梯度上环境变量与物种多样性变化的关系(如Andrade et al, 2018)。

(3)结合物种分布模型(species distribution modelling, SDM)的城乡空间格局分析。物种分布模型通常将多个位置上物种的分布情况与相关的环境协变量相关联,来推测物种分布的适宜生境,以进一步用于生态分析及保护决策(Guillera-Arroita et al, 2015),已成为生态学、生物地理学、生物多样性保护和自然资源管理的基本工具。近年来已有学者开始在乡村地区这类低干扰性景观的生物多样性研究中运用物种分布模型。例如, Tarabon等(2019)在景观生态学方法基础上结合物种分布模型,识别

出城乡交错区的优先保护区,以促进重要生境的连通性。

总体上,区域尺度乡村生物多样性研究集中于城乡交错区或保护区缓冲地带的乡村生态景观,为乡村土地利用决策及城乡空间规划提供了更科学的依据。但由于乡村一级高精度的土地利用数据不易获取,对于县域以下等小区域的研究和探索相对较少。

2.3 局地尺度不同乡村景观类型的物种多样性

与生物多样性紧密相关的乡村景观类型一般包括农田、园地、聚落、林地、水域等(表3),现有研究主要集中于局地尺度不同景观要素或样方尺度不同斑块类型对物种多样性的维系机制分析。其中,乡村林地(rural forest)指分布在聚落和农业作物生境外的林地、小规模树丛、零散树木及各类线性树篱(Blanco et al, 2019),并由乡村社区管理、塑造和改造。根据关键词频度分析结果,局地尺度生物多样性研究的热点生境类型前三位包括草地、树篱和池塘。其中,越来越多的研究将乡村林地、草地和农田景观联系起来,以分析复合农林业系统对乡村生物多样性的积极作用(Torralba et al, 2016)。同时,针对树篱生物多样性的研究十分广泛,这类乡村线性半自然生境为各类生物提供食物、庇护所和繁殖场所,为物种的潜在传播走廊和景观生态连通性提供支持(Carlier & Moran, 2019)。而且小规模林地(Duguma & Hager, 2010)、传统果园(Horak et al,

表3 局地尺度不同乡村景观类型生物多样性研究概况

Table 3 Research on biodiversity of different rural landscape types at the local scale

局地尺度乡村景观类型 Local-scale rural landscape type	包含的生境类型 Habitat type	研究热点空间 Research hotspot	相关文献 Relevant literature
农田景观 Farmland landscape	作物生境及农田边缘非作物生境 Crop habitats and non-crop habitats at the edge of farmlands	田间边缘 Field edge	Burel et al, 2013
园地景观 Cropland landscape	果园、茶园等生产性生境 Productive habitats such as orchards and tea gardens	传统果园; 多功能景观 Traditional orchard; multifunctional landscape	Simon et al, 2011
聚落景观 Settlement landscape	庭院林、道路林(聚落内)、游憩林、围村林等人居林风水林 Residential treescape such as courtyard forests, road forests (in the settlement), recreational forests, and enclosed village forests	Fengshui forests	Chen et al, 2018
林地景观 Forest landscape	聚落和作物生境外的林地、小规模树丛、零散树木农林系统; 树篱及各类线性树篱 Woodlands, groves, scattered trees and various linear hedgerow outside settlements and crops	Agroforestry syste; hedgerow	Graham et al, 2018
水域景观 Waters landscape	沟渠、池塘、湿地等 Ditches, ponds, wetlands, etc.	湿地; 池塘 Wetlands; ponds	Biggs et al, 2017

2013)、池塘(Biggs et al, 2017)等对乡村景观生物多样性的维持有着重要作用。此外,目前国际上针对聚落景观中的生物多样性研究较少,一般从社区森林(community forests)管理的角度开展聚落生态可持续性研究。

除了景观要素或生境类型的不同外,局地尺度乡村景观生物多样性研究还常以生境内外部结构异质性、覆盖物多样性及人为管理差异等作为干扰变量进行生物多样性维持机制分析,例如Graham等(2018)。生物多样性与环境变量关系的分析方法一般包括两个步骤:首先利用各类回归模型和空间自相关模型探索不同环境变量之间的相关性,再使用数学排序分析对响应变量与环境解释变量之间的多元多重关系进行解释。此外,局地以下尺度物种多样性的维持机制研究也同样涉及时间演变分析,这类研究一般对永久样方进行种群动态跟踪,并对其未来趋势作出分析、评估和预测,或根据土地利用历史类型对比分析树种多样性的差异(Osen et al, 2021)。

2.4 乡村景观中的生物文化多样性

乡村生物多样性蕴藏的地域文化特征及其生物-文化联系的继承发展逐渐被重视,乡村地区的生物文化多样性研究一般以民族生物学(ethnobiology)、民族生态学(ethnoecology)、民族植物学(ethnobotany)等领域为背景,围绕乡村地区各类生态系统的生物多样性与文化多样性二者之间的联系展开分析。目前有关乡村景观生物多样性的探索主要集中于以下几个方面:

(1)区域尺度生物文化多样性变化。这类研究一般分析乡村景观土地利用强度变化与生物文化多样性及生态系统文化服务的协同关系(如Hanaček & Rodríguez-Labajos, 2018)。此外,区域尺度研究还可以结合各类社区参与的方法分析乡村景观多样性的类型、格局和强度(Fagerholm et al, 2012)。另外,物种分布模型等生态学模型也可用于评估区域尺度乡村文化植物的生境适宜性(Kaky et al, 2020)。

(2)景观尺度传统生态智慧对物种多样性的影响。复杂的乡村环境孕育了多样的土地资源适应性管理智慧,这类传统生态知识(traditional ecological knowledge, TEK)通常以技术知识的形式代代相传。相关研究通常以传统乡村景观或全球重要农业遗

产系统为背景,针对传统生态知识对乡村景观生物多样性的影响展开分析,传统生态知识一般通过不同农林业管理方式等进行量化(Vallejo-Ramos et al, 2016)。

(3)局地尺度各类乡村“文化景观”“文化林”的物种多样性分析。乡村局地尺度文化景观通常以文化保护林(culturally protected forests)、土著景观(indigenous landscape)、神圣树林(sacred forests/groves)、自然圣境(sacred natural sites)等概念切入(如Frascaroli et al, 2016)等,研究多集中于乡村土著文化对风水林、墓地林、祖庙林、祭祀林等文化林物种组成的影响。

(4)以民族植物学为背景的文化关键种(cultural keystone species)分析。研究通常聚焦于乡村某一类土著植物多样性和文化多样性之间的关系以及植物资源的感知、使用和管理,例如药用植物、染色植物、祭祀植物等。越来越多的学者开始探索文化关键种(Garibaldi & Turner, 2004)、有用植物(useful plant species)(Tardío & Pardo-de-Santayana, 2008)的量化分析,例如文化重要指数评价及多样性影响分析(Silva et al, 2019)等。

相关生物文化多样性研究有两个重要的趋势。一方面,越来越强调与各类环境科学结合的跨文化定量分析技术。在乡村地区生物文化多样性研究中,各类土著方法(indigenous methodologies)与可持续性环境科学相结合的趋势越来越强,许多学者开始探讨如何将传统生态知识和学术生态知识(academic ecological knowledge, AEK)进行跨文化联系与融合(Ludwig & Polisel, 2018)。这些跨文化的定量分析研究有助于将感知型乡村文化转化为实用的乡村景观生物多样性管理方案,在乡村生态景观评估、制图、规划、监测等各方面发挥和彰显土著文化价值。另一方面,强调与历史生态学(history ecology)结合。历史生态学领域通常将历史生态数据和当代数据结合,涉及自然与人类文化的历史相互联系,因此特别适用于研究乡村这类文化景观的生态系统。国际上通常将历史生态数据和当代数据结合进行乡村景观生物多样性时空异质性分析,历史生态数据通常来源于土地调查记录、“旧式”植被数据、历史地图、历史照片(包括航拍和地面拍摄照片)以及标本室标本(Vellend et al, 2013)。

3 我国乡村景观生物多样性研究进展

从1993年正式加入《生物多样性公约》, 中国开始将生物多样性纳入主流进程, 但生物多样性研究仍然大量集中于自然区域生态, 且在《中国生物多样性战略和行动计划(2011–2030年)》中, 生物多样性保护优先区域也主要是针对各类自然保护地。而乡村地区相关研究多局限于农业生态系统, 生物多样性保护及维持等工作未能在乡村景观建设中形成主流。依据国际主要研究热点方向, 现从农业景观生物多样性、区域尺度乡村景观生物多样性、不同景观类型物种多样性及乡村生物文化多样性等几方面来介绍国内现有研究进展。

3.1 农业景观生物多样性

国内农业生物多样性保护工作多停留在项目、工程等活动层面, 基本形成了异地保存和原生境保护相互补充的保护体系(郑晓明和杨庆文, 2021)。目前国内的农业景观生物多样性研究多在理论层面讨论集约型农业中的各类生物多样性保护措施(Liu et al, 2013)。关于生物多样性影响机制的研究集中在农田管理活动对物种多样性的影响, 例如农业集约化(李想等, 2015)、覆盖物(王丰等, 2021)等。近年来有关半自然生境生物多样性的深入研究逐渐增多, 例如王玉婷等(2014)对比分析了农业景观半自然生境与农田生境物种多样性与景观变量之间的关系, 卢训令等(2018)对主要非农生境(次生林、次生灌丛、人工林和农田边缘等)中的植物群落物种多样性及其影响因素展开了研究。

3.2 区域尺度乡村景观生物多样性

国内相关研究集中于城乡尺度不同时序的乡村生境多样性演化, 其中生物多样性评估多通过生境质量、景观异质性等来反映, 干扰变量常选择土地覆盖数据(如田义超等, 2020)。在技术方法上多集成3S技术、InVEST模型、CA-Marcov模型等预测土地覆盖及生物多样性的时空演变趋势。同时, 部分研究基于遥感数据针对保护区缓冲地带的区域尺度乡村物种多样性开展调查评估, 例如太行山农业景观植被多样性调查(王乐等, 2021)。另外, 物种多样性沿城乡梯度的变化分析逐渐增多(如彭羽等, 2020), 这类研究多采用传统的群落样方调查法, 分析城市化程度对城乡过渡带物种多样性的影响。总体上, 现有区域尺度研究很少强调广泛的半自然生

境和历史景观识别, 物种多样性调查也很少涉及乡土植物的识别, 未来需进一步加强半自然生境及乡村文化特征识别, 以支持城乡生态景观规划应用。

3.3 局地尺度不同乡村景观类型物种多样性

国内聚落景观生物多样性研究一般针对庭院林、游憩林、道路林、围村林等不同人居林展开植物多样性分析(如梁冰晶等, 2019)。在我国东南地区围村林常以风水林的形式存在, 针对风水林的植物多样性研究也十分常见。

针对各类乡村非作物生境的生物多样性研究多集中于理论概述, 例如刘云慧等(2010)从景观生态学过程和格局2个角度总结了乡村景观生物多样性保护的一般原则。少数研究涉及人为干扰下的生境内部生物多样性量化分析, 例如建设活动等人为干扰的影响研究(王子研等, 2020)。同时, 越来越多的学者开始分析景观以下尺度不同乡村半自然生境结构对物种多样性的影响(边振兴等, 2018), 这类研究通常对比分析树篱、沟渠等不同乡村半自然景观结构异质性对乡村生物多样性的维持作用。

国内现有局地以下尺度的乡村景观生物多样性研究, 多集中于不同景观类型的植被组成分析, 干扰机制的量化研究仍处于起步阶段。目前除李想等(2015)少数学者通过获取多年动态生态调研数据进行时空异质性分析外, 国内极少研究涉及乡村生物多样性的时间演变。

3.4 乡村生物文化多样性

目前国内相关研究多集中于传统乡村景观系统背后的生态智慧挖掘, 以描述性为主, 如贵州喀斯特坝田地区(李婧和韩锋, 2017)、澜沧与康定两县域(刘冬梅等, 2021)等地的传统生态知识调查与评估。近年陆续出现区域尺度生物文化多样性空间格局的定量研究, 旨在统筹构建城乡区域生物文化多样性保护格局, 进而提出规划策略(沈园等, 2019)。同时, 围绕各类小规模乡村文化林的生物-文化关系的定量研究也逐渐增多, 例如东南地区文化保护林生物多样性研究(Gao et al, 2013)。此外, 围绕民族植物学开展的植物文化多样性研究成果也十分丰富, 例如贵州布依族药用植物(Xiong & Long, 2020)等, 但目前核心研究仍聚焦于某类植物资源利用方式的描述性研究。

国内乡村生物文化多样性研究在传统农业系统生态智慧挖掘、区域尺度生物文化多样性保护格

局构建、各类乡村文化生物多样性分析、植物物种文化多样性调查等方面都取得了一定成果,但相关描述性研究居多,未来需加强不同尺度生物多样性和文化多样性的协同演化定量研究;而且目前的研究多局限于少数民族地区,针对平原、丘陵这一类传统农林区的相关研究尚待深入。

4 未来研究展望

通过对国内外相关研究进展的评述,对我国未来乡村景观生物多样性研究的重点提出以下建议。

4.1 突出“千村千面”的生物文化多样性特征

“梅子留酸软齿牙,芭蕉分绿与窗纱”(宋代杨万里《闲居初夏午睡起》)、“林外鸣鸠春雨歇,屋头初日杏花繁”(宋代欧阳修《田家》),正是这些独具特色的乡土动植物赋予了乡村看得见摸得着的勃勃生机。如费孝通先生所言,中国文化是从土地里长出来的。在中国,经验认知、文化信仰等传统生态知识于无形中影响甚至指导着各类乡村生物资源的利用与管理实践,乡村景观生物多样性的维持离不开乡村文化的融合与干预。然而在动植物资源管理和景观规划中,对各类地理空间技术的依赖一定程度上加大了乡村文化价值融入生态景观的难度。未来建议在以下方面加强生物文化多样性研究:(1)在目标保护物种筛选过程中体现文化关键性,结合民族植物学、民族生态学中的信息采集技术及多元统计模型,识别与乡村生产生活、节事风俗及各类地方信仰紧密联系的乡村关键物种;(2)在多尺度多层次的乡村景观生物多样性研究过程中,强调生物-景观-文化的联系,注重历史生态学和参与式研究方法,加强多学科领域关键技术融合,深化生物多样性、景观多样性和文化多样性三者之间的互动机制研究(图3);(3)在信息时代的背景下,创新性利用各类数字技术进行乡村传统生态知识的全民性保护、传承与传播,探索出一条适应乡村多元发展目标的文化、生态和科技有机融合的道路。

4.2 完善多时空尺度研究

以农为本、以地为生的“乡土中国”,已经进入了乡土变故土、城乡互动的“城乡中国”,乡村景观格局的历史变化及生物资源管理方式的变动,必然影响着不同尺度的生态过程,因此乡村景观生物多样性的时空异质性研究十分有必要。历史生态学有助于描述历史生态过程、预测未来生物多样性状态

图3 乡村生物-景观-文化联系

Fig. 3 Rural biology-landscape-culture connection

并联系乡村生态文化。根据前文分析结果,国内相关时空演变研究还处于起步阶段。同时,乡村地区中小尺度的相关高精度测量数据获取较困难,且普遍缺乏历史生态数据,导致目前相关研究多集中于区域城乡尺度的生态系统演变分析。因此,需不断完善多级空间尺度分析,加强时空异质性研究。例如,(1)建立永久样方进行动态跟踪,并利用各类历史景观分析技术,完善中小尺度乡村景观生物多样性的时空演变分析;(2)结合无人机遥感影像解译与村民参与式制图等方法,推进中小尺度的人类活动以及景观格局分析,以进一步完善景观尺度以下的乡村景观生物多样性分析;(3)对乡村关键物种的适生区进行时空演变预测,以优化乡村生态空间格局,完善乡村景观生物多样性的区域-景观-局地-样方多时空尺度分析。

4.3 深化乡村景观生物多样性动态维持机制研究

维持机制的研究重点在于深入挖掘复杂人为干扰下的生物多样性压力与响应机制。首先,对压力变量或影响因子的定量评估与选择十分关键,必然会涉及景观生态学中不同格局、过程和尺度的量化研究。引起乡村景观生物多样性变化的直接人为驱动力至少包括乡村土地的遗弃或扩张、农林业扩张或集约化、基础设施(包括旅游设施)建设、植被及作物多样性选择、不可再生资源的获取及各类土地或生物资源保护活动等,同时也涉及乡村人口规模、风俗制度等社会表征因子的量化。其次,考虑

到乡村景观生物多样性的多时空动态变化性, 互动机制中的关联性分析也需要在现有数量生态学相关多元变量模型方法中, 结合各类空间自相关模型、空间回归模型及空间动力学模型。通过生物多样性维持机制研究, 为传统乡村动植物利用及乡土自然中的生物多样性相关智慧“正本清源”, 进而“守正创新”以服务现代生产生活, 以期从被动适应的传统农业文明真正过渡到主动共生的新时期乡村生态文明。

4.4 推进生物多样性研究在乡村景观规划中的全过程应用

乡村景观生物多样性维持机制的深入研究, 有助于进一步提出针对生物多样性维持的景观响应策略, 完善乡村景观规划体系。目前, 生物多样性的指标体系、量化评估、空间制图和情景模拟等内容已被应用于多种景观规划实践中。(1)在区域尺度上, 可结合Marxan等系统规划支持工具, 根据乡村景观生物多样性的时空演化预测结果, 辅助城乡生态网络和绿色基础设施规划建设, 并用以优化村域景观尺度乡村生态红线划定及土地利用规划; (2)局地尺度可结合乡村聚落、道路、水岸、林地等不同空间类型的生物多样性分析, 针对局地景观内部结构配置及树种选择等方面提出生物多样性维持策略; (3)通过生物多样性的有效保护及维持, 促进建立村民对乡村生态景观的深层认知和情感认同, 从而引导乡村景观从空间规划发展过渡到乡村自生长, 进而提升乡村景观发展韧性。

5 总结

本文在总结乡村景观生物多样性相关概念及特征的基础上, 概括了国际乡村景观生物多样性的热点研究方向, 对农业集约化下的生物多样性管理、区域尺度乡村景观与生物多样性的协同关系、局地尺度不同乡村景观类型的物种多样性及乡村景观中的生物文化多样性等研究方向的关键内容及方法技术进行总结, 进一步梳理了国内在相关研究方向上的主要进展及不足, 在此基础上提出对我国未来乡村景观生物多样性研究的重点建议, 包括突出生物文化多样性特征、加强多时空尺度分析、深化动态维持机制研究、推进生物多样性研究在乡村生态景观规划中的全过程应用等。

在不断适应中维持了7,000多年的传统乡村生

态系统正遭受着复杂的威胁, 乡村生态景观在扯不断的乡愁和停不下的现代化建设中不断交织碰撞。强调生物-景观-文化三者联系的生物多样性研究, 将有助于实现乡村生物资源的可持续发展及凸显乡村景观建设的生态性和人文性, 并激活乡村居民的本土价值认同感。随着乡村振兴的全面实施, 契合乡村多元发展目标的乡村景观生物多样性研究大有可为, 同时乡村生态系统、乡村生态景观规划和生物多样性响应等必将出现新的情况、新的问题和新的趋势。未来需要在不断吸纳新技术的同时, 保持对乡村这类传统文化景观的敬畏之心, 不断探索继承性与创新性的统一, 留住“倦鸟归林”的诗意栖居之所, 助力谱写新时代乡村全面振兴新篇章。

ORCID

陈思淇 <https://orcid.org/0000-0002-3410-2115>

参考文献

- Agnoletti M (2014) Rural landscape, nature conservation and culture: Some notes on research trends and management approaches from a (southern) European perspective. *Landscape and Urban Planning*, 126, 66–73.
- Agnoletti M, Rotherham ID (2015) Landscape and biocultural diversity. *Biodiversity and Conservation*, 24, 3155–3165.
- Andrade R, Bateman HL, Franklin J, Allen D (2018) Waterbird community composition, abundance, and diversity along an urban gradient. *Landscape and Urban Planning*, 170, 103–111.
- Bian ZX, Li XL, Yu M (2018) The plant diversity of agro-landscapes in typical maize planting areas in the Northeast Plain, China—A case study of Changtu County. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 26, 480–492. (in Chinese with English abstract) [边振兴, 李晓璐, 于淼 (2018) 东北平原典型玉米种植区农业景观植物多样性研究——以昌图县为例. *中国生态农业学报*, 26, 480–492.]
- Biggs J, von Fumetti S, Kelly-Quinn M (2017) The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: Implications for policy makers. *Hydrobiologia*, 793, 3–39.
- Blanco J, Sourdril A, Deconchat M, Ladet S, Andrieu E (2019) Social drivers of rural forest dynamics: A multi-scale approach combining ethnography, geomatic and mental model analysis. *Landscape and Urban Planning*, 188, 132–142.
- Burel F, Lavigne C, Marshall EJP, Moonen AC, Ouin A, Poggio SL (2013) Landscape ecology and biodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 166, 1–2.
- Burgi M, Li L, Kizos T (2015) Exploring links between culture

and biodiversity: Studying land use intensity from the plot to the landscape level. *Biodiversity and Conservation*, 24, 3285–3303.

- Carlier J, Moran J (2019) Hedgerow typology and condition analysis to inform greenway design in rural landscapes. *Journal of Environmental Management*, 247, 790–803.
- Chazdon RL, Harvey CA, Komar O, Griffith DM, Ferguson BG, Martínez-Ramos M, Morales H, Nigh R, Soto-Pinto L, Van Breugel M, Philpott SM (2009) Beyond reserves: A research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. *Biotropica*, 41, 142–153.
- Chen BX, Coggins C, Minor J, Zhang YQ (2018) Fengshui forests and village landscapes in China: Geographic extent, socioecological significance, and conservation prospects. *Urban Forestry & Urban Greening*, 31, 79–92.
- Duguma LA, Hager H (2010) Woody plants diversity and possession, and their future prospects in small-scale tree and shrub growing in agricultural landscapes in Central Highlands of Ethiopia. *Small-Scale Forestry*, 9, 153–174.
- Fagerholm N, Käyhkö N, Ndumbo F, Khamis M (2012) Community stakeholders' knowledge in landscape assessments—Mapping indicators for landscape services. *Ecological Indicators*, 18, 421–433.
- Forman RTT (2016) Urban ecology principles: Are urban ecology and natural area ecology really different? *Landscape Ecology*, 31, 1653–1662.
- Frascaroli F, Bhagwat S, Guarino R, Chiarucci A, Schmid B (2016) Shrines in Central Italy conserve plant diversity and large trees. *Ambio*, 45, 468–479.
- Fu BJ, Chen LD (1996) Landscape diversity types and their ecological significance. *Acta Geographica Sinica*, 51, 454–462. (in Chinese with English abstract) [傅伯杰, 陈利顶 (1996) 景观多样性的类型及其生态意义. *地理学报*, 45, 454–462.]
- Gao H, Ouyang ZY, Chen SB, van Koppen CSA (2013) Role of culturally protected forests in biodiversity conservation in Southeast China. *Biodiversity and Conservation*, 22, 531–544.
- García-Feced C, Weissteiner CJ, Baraldi A, Paracchini ML, Maes J, Zulian G, Kempen M, Elbersen B, Pérez-Soba M (2015) Semi-natural vegetation in agricultural land: European map and links to ecosystem service supply. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 273–283.
- Garibaldi A, Turner N (2004) Cultural keystone species: Implications for ecological conservation and restoration. *Ecology and Society*, 9, art1.
- Graham L, Gaulton R, Gerard F, Staley JT (2018) The influence of hedgerow structural condition on wildlife habitat provision in farmed landscapes. *Biological Conservation*, 220, 122–131.
- Guillera-Arroita G, Lahoz-Monfort JJ, Elith J, Gordon A, Kujala H, Lentini PE, McCarthy MA, Tingley R, Wintle BA (2015) Is my species distribution model fit for purpose? Matching data and models to applications. *Global Ecology and Biogeography*, 24, 276–292.
- Hanaček K, Rodríguez-Labajos B (2018) Impacts of land-use and management changes on cultural agroecosystem services and environmental conflicts—A global review. *Global Environmental Change*, 50, 41–59.
- Horak J, Peltanova A, Podavkova A, Safarova L, Bogusch P, Romportl D, Zasadil P (2013) Biodiversity responses to land use in traditional fruit orchards of a rural agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 178, 71–77.
- Hong SK, Bogaert J, Min QW (2014) *Biocultural Landscapes*. Springer, Dordrecht.
- Isbell F, Adler PR, Eisenhauer N, Fornara D, Kimmel K, Kremen C, Letourneau DK, Liebman M, Polley HW, Quijas S, Scherer-Lorenzen M (2017) Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*, 105, 871–879.
- Jackson LE, Pascual U, Hodgkin T (2007) Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121, 196–210.
- Jiang MK, Bullock JM, Hooftman DAP (2013) Mapping ecosystem service and biodiversity changes over 70 years in a rural English county. *Journal of Applied Ecology*, 50, 841–850.
- Kaky E, Nolan V, Alatawi A, Gilbert F (2020) A comparison between Ensemble and MaxEnt species distribution modelling approaches for conservation: A case study with Egyptian medicinal plants. *Ecological Informatics*, 60, 101150.
- Koshida C, Katayama N (2018) Meta-analysis of the effects of rice-field abandonment on biodiversity in Japan. *Conservation Biology*, 32, 1392–1402.
- Lattera P, Orúe ME, Booman GC (2012) Spatial complexity and ecosystem services in rural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 56–67.
- Li J, Han F (2017) Traditional ecological knowledge research of the karst dike field landscape of Bao's Village, Guizhou. *Landscape Architecture*, (11), 93–98. (in Chinese with English abstract) [李婧, 韩锋 (2017) 贵州鲍家屯喀斯特水利坝田景观的传统生态智慧. *风景园林*, (11), 93–98.]
- Li L, Hu R, Huang J, Bürgi M, Zhu Z, Zhong J, Lü Z (2020) A farmland biodiversity strategy is needed for China. *Nature Ecology & Evolution*, 4, 772–774.
- Li X, Duan MC, Yu ZR, Liu YH (2015) Spatio-temporal variation of plant diversity with type of habitat in intensified agricultural landscape in outskirts. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 31, 882–887. (in Chinese with English abstract) [李想, 段美春, 宇振荣, 刘慧 (2015) 城郊集约化农业景观不同生境类型下植物时空多样性变化. *生态与农村环境学报*, 31, 882–887.]
- Li X, Liu YH, Duan MC, Yu ZR, Axmacher JC (2018) Different response patterns of epigeic spiders and carabid

- beetles to varying environmental conditions in fields and semi-natural habitats of an intensively cultivated agricultural landscape. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 264, 54–62.
- Liang BJ, Wang C, Sun RL, Jiang SS, Gu L, Tang SN (2019) Characteristics of tree species composition in different types of rural residential treescape in Zhuhai City. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 17(1), 6–11. (in Chinese with English abstract) [梁冰晶, 王成, 孙睿霖, 姜莎莎, 古琳, 唐赛男 (2019) 珠海市不同类型乡村人居林的树种构成特征研究. *中国城市林业*, 17(1), 6–11.]
- Liu DM, Li G, Li JS, Yang JB, Xiao NW (2021) Investigation and evaluation of traditional knowledge associated with biodiversity: A case study in Lancang and Kangding ethnic counties. *Biodiversity Science*, 29, 184. (in Chinese with English abstract) [刘冬梅, 李果, 李俊生, 杨京彪, 肖能文 (2021) 生物多样性相关传统知识调查与评估: 以澜沧与康定两县为例. *生物多样性*, 29, 184–192.]
- Liu YH, Chang H, Yu ZR (2010) General principles for biodiversity protection in agro-landscaping. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 26, 622–627. (in Chinese with English abstract) [刘云慧, 常虹, 宇振荣 (2010) 农业景观生物多样性保护一般原则探讨. *生态与农村环境学报*, 26, 622–627.]
- Liu YH, Duan MC, Yu ZR (2013) Agricultural landscapes and biodiversity in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 166, 46–54.
- Lu XL, Liang GF, Tang Q, Ding SY (2018) Factors influencing plant diversity of non-agricultural habitats in agricultural landscapes. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 1799–1809. (in Chinese with English abstract) [卢训令, 梁国付, 汤茜, 丁圣彦 (2018) 农业景观非农生境植物多样性及其影响因素. *生态学报*, 38, 1799–1809.]
- Ludwig D, Polisel L (2018) Relating traditional and academic ecological knowledge: Mechanistic and holistic epistemologies across cultures. *Biology & Philosophy*, 33, 43.
- Maskell LC, Botham M, Henrys P, Jarvis S, Maxwell D, Robinson DA, Rowland CS, Siriwardena G, Smart S, Skates J, Tebbs EJ, Tordoff GM, Emmett BA (2019) Exploring relationships between land use intensity, habitat heterogeneity and biodiversity to identify and monitor areas of High Nature Value farming. *Biological Conservation*, 231, 30–38.
- Milberg P, Bergman KO, Jonason D, Karlsson J, Westerberg L (2019) Land-use history influence the vegetation in coniferous production forests in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 440, 23–30.
- Mitchell NJ, Barrett B (2015) Heritage values and agricultural landscapes: Towards a new synthesis. *Landscape Research*, 40, 701–716.
- Osen K, Sozafy MR, Martin DA, Wurz A, März A, Ranarijaona HLT, Hölscher D (2021) Land-use history determines stand structure and tree diversity in vanilla agroforests of northeastern Madagascar. *Applied Vegetation Science*, 24, e12563.
- Peng Y, Qing FT, Mi K, Xue DY (2015) Study progress on spatial scale effects and coupling relationships of different levels in biodiversity. *Acta Ecologica Sinica*, 35, 577–583. (in Chinese with English abstract) [彭羽, 卿凤婷, 米凯, 薛达元 (2015) 生物多样性不同层次尺度效应及其耦合关系研究进展. *生态学报*, 35, 577–583.]
- Peng Y, Wang WT, Lu YT, Dong JH, Zhou YQ, Shang JX, Li X, Mi K (2020) Multiscale influences of urbanized landscape metrics on the diversity of indigenous plant species: A case study in Shunyi District of Beijing, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 31, 4058–4066. (in Chinese with English abstract) [彭羽, 王玫涛, 卢奕瞳, 董吉会, 周艳秋, 尚佳欣, 李响, 米凯 (2020) 城市化景观格局对本土植物多样性的多尺度影响——以北京市顺义区为例. *应用生态学报*, 31, 4058–4066.]
- Purugganan MD, Fuller DQ (2009) The nature of selection during plant domestication. *Nature*, 457, 843–848.
- Qualset CO, McGuire PE, Warburton ML (1995) In California: ‘Agrobiodiversity’ key to agricultural productivity. *California Agriculture*, 49, 45–49.
- Queiroz C, Beilin R, Folke C, Lindborg R (2014) Farmland abandonment: Threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12, 288–296.
- Rosin ZM, Hiron M, Žmihorski M, Szymański P, Tobolka M, Pärt T (2020) Reduced biodiversity in modernized villages: A conflict between sustainable development goals. *Journal of Applied Ecology*, 57, 467–475.
- Santos PZF, Crouzeilles R, Sansevero JBB (2019) Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 433, 140–145.
- Shen Y, Li T, Tang MF, Deng HB (2019) Spatial patterns of biocultural diversity in Southwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 39, 2454–2461. (in Chinese with English abstract) [沈园, 李涛, 唐明方, 邓红兵 (2019) 西南地区生物文化多样性空间格局定量研究. *生态学报*, 39, 2454–2461.]
- Silva TCD, Campos LZDO, Balée W, Medeiros MFT, Peroni N, Albuquerque UP (2019) Human impact on the abundance of useful species in a protected area of the Brazilian Cerrado by people perception and biological data. *Landscape Research*, 44, 75–87.
- Simon S, Bouvier JC, Debras JF, Sauphanor B (2011) Biodiversity and pest management in orchard systems. *Sustainable Agriculture*, 2, 693–709.
- Tarabon S, Bergès L, Dutoit T, Isselin-Nondedeu F (2019) Environmental impact assessment of development projects improved by merging species distribution and habitat connectivity modelling. *Journal of Environmental Management*, 241, 439–449.
- Tardío J, Pardo-de-Santayana M (2008) Cultural importance

indices: A comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany*, 62, 24–39.

- Tian YC, Huang YL, Zhang Q, Tao J, Zhang YL, Zhou GQ, Han X, Yang YW, Lin JL (2020) Simulation of land cover and biodiversity in Nanliu River basin in Beibu Gulf. *China Environmental Science*, 40, 1320–1334. (in Chinese with English abstract) [田义超, 黄远林, 张强, 陶进, 张亚丽, 周国清, 韩鑫, 杨永伟, 林俊良 (2020) 北部湾南流江流域土地覆盖及生物多样性模拟. *中国环境科学*, 40, 1320–1334.]
- Torralba M, Fagerholm N, Burgess PJ, Moreno G, Plieninger T (2016) Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 230, 150–161.
- Vallejo-Ramos M, Moreno-Calles AI, Casas A (2016) TEK and biodiversity management in agroforestry systems of different socio-ecological contexts of the Tehuacán Valley. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12, 31.
- van Vliet J, de Groot HLF, Rietveld P, Verburg PH (2015) Manifestations and underlying drivers of agricultural land use change in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 133, 24–36.
- Vellend M, Brown CD, Kharouba HM, McCune JL, Myers-Smith IH (2013) Historical ecology: Using unconventional data sources to test for effects of global environmental change. *American Journal of Botany*, 100, 1294–1305.
- Wang F, Lai YC, Tang ZX, Zheng MM, Shi J, Gu MY, Shen JY, Cao LK, Sha ZM (2021) Effects of duckweed mulching on composition and diversity of weed communities in paddy fields. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 29, 672–682. (in Chinese with English abstract) [王丰, 赖彦岑, 唐宗翔, 郑敏敏, 史俊, 顾麦云, 沈健英, 曹林奎, 沙之敏 (2021) 浮萍覆盖对稻田杂草群落组成及多样性的影响. *中国生态农业学报*, 29, 672–682.]
- Wang L, Dong L, Zhao ZP, Lu SZ, Wang J, Liu YG, Jin SC, Guan HC, Guo K (2021) Vegetation diversity and mapping in the priority area of Taihang Mountains biodiversity conservation (Beijing-Tianjin-Hebei region). *Scientia Sinica (Vita)*, 51, 289–299. (in Chinese with English abstract) [王乐, 董雷, 赵志平, 陆帅志, 王静, 刘永刚, 金时超, 关宏灿, 郭柯 (2021) 太行山生物多样性保护优先区域京津冀地区植被多样性与植被制图. *中国科学: 生命科学*, 51, 289–299.]
- Wang YT, Ding SY, Liang GF (2014) Multi-scale effects analysis for landscape structure and biodiversity of seminatural habitats and cropland in a typical agricultural landscape. *Progress in Geography*, 33, 1704–1716. (in Chinese with English abstract) [王玉婷, 丁圣彦, 梁国付 (2014) 农田背景下景观结构对半自然生境生物多样性的多尺度影响. *地理科学进展*, 33, 1704–1716.]
- Wang ZY, Wang C, Tang SN, Zhang C, Han D (2020) Characteristics and influencing factors of plant diversity in riverside rural settlement in Guangzhou. *Journal of Zhejiang A & F University*, 37, 456–464. (in Chinese with English abstract) [王子研, 王成, 唐赛男, 张昶, 韩丹 (2020) 广州河涌区乡村聚落植物多样性特征及其影响因素. *浙江农林大学学报*, 37, 456–464.]
- Wezel A, Soldat V (2009) A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7, 3–18.
- Willis KJ, Whittaker RJ (2002) Species diversity-scale matters. *Science*, 295, 1245–1248.
- Wu YN, Wang HJ, Wang ZX, Zhang B, Meyer BC (2019) Knowledge mapping analysis of rural landscape using CiteSpace. *Sustainability*, 12, 66.
- Xiong Y, Long CL (2020) An ethnoveterinary study on medicinal plants used by the Buyi people in Southwest Guizhou, China. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16, 46.
- Zheng XM, Yang QW (2021) Progress of agricultural biodiversity conservation in China. *Biodiversity Science*, 29, 167–176. (in Chinese with English abstract) [郑晓明, 杨庆文 (2021) 中国农业生物多样性保护进展概述. *生物多样性*, 29, 167–176.]
- Zhou T, Vermaat JE, Ke XL (2019) Variability of agroecosystems and landscape service provision on the urban-rural fringe of Wuhan, Central China. *Urban Ecosystems*, 22, 1207–1214.
- Zingg S, Grenz J, Humbert JY (2018) Landscape-scale effects of land use intensity on birds and butterflies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 267, 119–128.

(责任编辑: 马克明 责任编辑: 黄祥忠)