

大熊猫主食竹分布与利用研究进展及发展对策

陈欢¹, 孙兰¹, 罗珊珊¹, 卢杉杉¹, 马超², 王正杰², 杨瑶君^{1,3}

¹乐山师范学院竹资源保护与开发利用四川省重点实验室, 四川 乐山

²四川省大渡河造林局有限公司, 四川 乐山

³乐山师范学院林竹科技创新产业研究院, 四川 乐山

收稿日期: 2026年4月12日; 录用日期: 2026年5月15日; 发布日期: 2026年5月25日

摘要

大熊猫是我国特有珍稀濒危物种, 食性高度特化, 99%的食物为竹类。主食竹的分布、生长与更新状况, 直接决定大熊猫生存质量与栖息地承载力。本文系统梳理了主食竹的物种多样性、分布格局及大熊猫与人类的利用特征; 总结了自然与人为干扰对竹林生长、更新的影响; 综述了种质资源保存、遥感监测、营养代谢及竹材资源化等研究进展。分析指出, 当前研究存在长期监测不足、复合干扰机理不明、保护与利用协同不够、社会经济维度考量欠缺等核心问题。结合大熊猫国家公园建设与可持续发展需求, 本文提出构建“空天地一体化”监测体系、深化复合干扰机制研究、强化栖息地修复与气候适应性保护、推进社区共管与高值化利用等协同发展对策, 为实现大熊猫保护与区域可持续发展提供科学依据。

关键词

大熊猫, 主食竹, 资源分布与利用, 复合干扰, 发展对策

Research Progress and Development Strategies for Distribution and Utilization of Giant Panda Staple Bamboo

Huan Chen¹, Lan Sun¹, Shanshan Luo¹, Shanshan Lu¹, Chao Ma², Zhengjie Wang², Yaojun Yang^{1,3}

¹Bamboo Resource Conservation and Utilization Key Laboratory of Sichuan Province, Leshan Normal University, Leshan Sichuan

²Sichuan Dadu River Afforestation Bureau Co., Ltd., Leshan Sichuan

³Bamboo & Forest Institute of Science, Technology and Industrial Innovation, Leshan Normal University, Leshan Sichuan

Received: April 12, 2026; accepted: May 15, 2026; published: May 25, 2026

文章引用: 陈欢, 孙兰, 罗珊珊, 卢杉杉, 马超, 王正杰, 杨瑶君. 大熊猫主食竹分布与利用研究进展及发展对策[J]. 自然科学, 2026, 14(3): 327-335. DOI: 10.12677/ojns.2026.143037

Abstract

The giant panda is an endangered species endemic to China, with a highly specialized diet consisting of 99% bamboo. The distribution, growth and regeneration of staple bamboo directly determine the survival quality of giant pandas and the carrying capacity of their habitats. This paper systematically reviews the species diversity and distribution patterns of staple bamboo, as well as its utilization characteristics by both giant pandas and humans. It summarizes the impacts of natural and anthropogenic disturbances on bamboo forest growth and regeneration, and presents research advances in germplasm conservation, remote sensing monitoring, nutritional metabolism, and bamboo resource utilization. The analysis identifies several core issues in current research, including insufficient long-term monitoring, unclear mechanisms of compound disturbances, inadequate synergy between conservation and utilization, and a lack of socioeconomic considerations. In light of the development of the Giant Panda National Park and the demands for sustainable development, this paper proposes coordinated strategies such as establishing an “integrated space-air-ground” monitoring system, deepening research on compound disturbance mechanisms, strengthening habitat restoration and climate-adaptive conservation, and promoting community co-management and high-value utilization. These strategies aim to provide a scientific basis for achieving synergy between giant panda conservation and regional sustainable development.

Keywords

Giant Panda, Staple Bamboo, Resource Distribution and Utilization, Compound Disturbance, Development Strategies

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大熊猫经过长期进化,形成以高山、亚高山竹类为主要能量来源的特化植食性食物结构,在野外仅少量取食其他植物或动物性食物[1]。主食竹不仅是大熊猫最核心的食物资源,也是其栖息地生态系统的关键组成部分,在水土保持、碳汇固定、群落演替及生态廊道构建等方面发挥重要生态功能[2][3]。近年来,随着气候变化加剧、地震等自然灾害频发、栖息地破碎化加重以及放牧、采笋、森林采伐等人类活动干扰增强,大熊猫主食竹的分布范围、种群结构与更新能力受到显著影响,进而对大熊猫生存与种群恢复构成潜在威胁[2][4][5]。

国内外学者围绕大熊猫主食竹开展了大量研究,内容涉及物种分类、资源分布、生物量与承载力、生长发育规律、干扰响应机制、觅食行为、营养特征、遥感监测及人工培育等多个方面[1][6][7]。同时,随着竹产业升级与绿色材料发展,竹纤维、竹基复合材料、竹废弃物基质化利用、竹纤维微生物肥等新型利用方式不断出现,为大熊猫主食竹资源多元化、可持续利用提供了新路径[8]-[10]。但总体来看,现有研究仍存在区域不均衡、长期定位监测不足、干扰机理研究不深入、保护与利用衔接不够紧密等问题。尤其值得关注的是,多数研究侧重于单一生态因子,对气候变化与人为活动复合干扰的交互效应缺乏深入探讨,且社会经济维度(如社区生计依赖、保护成本分配)长期被忽视。

基于此,本文系统阐述大熊猫主食竹资源分布特征、利用现状、干扰影响及研究薄弱环节,并提出针对性发展对策,为推进大熊猫保护与主食竹资源可持续利用提供理论支撑。

2. 大熊猫主食竹资源多样性与分布特征

2.1. 主食竹物种组成与多样性

野生大熊猫在自然栖息地中可取食的植物至少 110 余种, 其中竹类 59 种, 占食物总量的 99%, 其余为少量非竹类植物与偶食动物食物[1]。从广义范畴看, 大熊猫主食竹包括野生状态下自然采食与圈养条件下人工饲喂的竹类, 全球范围内共计 16 属 106 种 1 变种 18 栽培品种, 合计 125 个种及种下类群[11]。其中, 四川、甘肃、陕西野生大熊猫可采食的主食竹达 13 属 79 种 1 变种 3 栽培品种, 圈养大熊猫饲用竹涉及 11 属 53 种 1 变种 15 栽培品种, 二者存在明显重叠[11]。

从属级组成看, 箭竹属种类最多, 达 28 种, 刚竹属次之, 为 31 个类群, 此外还包括玉山竹属、巴山木竹属、方竹属、箬竹属等重要类群[7] [11]。按大熊猫取食偏好可将竹类划分为喜食、兼食与偶食三类, 常食大宗竹种不足总数一半, 不同山系形成明显差异化选择格局[1]。凉山山系偶食竹种占比达 45%, 食物生境质量最优, 相岭山系次之, 岷山居中, 秦岭与邛崃山较差[1]。

甘肃分布大熊猫主食竹 5 属 15 种, 其中 6 种主要箭竹属竹种为缺苞箭竹、华西箭竹、青川箭竹、龙头竹、糙花箭竹、团竹[12]。陕西秦岭大熊猫主食竹以巴山木竹和秦岭箭竹为核心, 同时分布龙头竹、华西箭竹等, 太白山保护区主食竹相对单一, 以秦岭箭竹为主[13] [14]。马边大风顶自然保护区分布大熊猫主食竹 4 属 11 种, 以冷箭竹、八月竹、大风顶玉山竹为优势种[15] [16]。美姑大风顶保护区分布熊竹、短锥玉山竹、冷箭竹等 6 种, 大熊猫喜食前 5 种, 对八月竹利用较少[17]。

2.2. 水平分布格局

大熊猫主食竹集中分布于我国秦岭、岷山、邛崃山、相岭、凉山等五大山系, 呈现明显的区域分化特征[1] [6] [7]。南部山系食物组成更丰富, 北部山系相对单一[1]。秦岭山系以巴山木竹、秦岭箭竹为主要主食竹[13] [14]; 岷山山系以缺苞箭竹、糙花箭竹为主[6] [12]; 邛崃山系以冷箭竹、拐棍竹为主[1] [2]; 相岭山系偏好峨眉玉山竹; 凉山山系喜食白背玉山竹、大叶箬竹等[1] [15]。

甘肃白龙江阿夏保护区为大熊猫分布北缘, 仅分布缺苞箭竹与华西箭竹, 其中前者分布面积远大于后者[18]。利用物种分布模型预测显示, 四川省是冷箭竹与短锥玉山竹两种广布主食竹的最适宜分布区, 在各大山系均有大面积连续分布, 未来适生区总体呈现向西北方向迁移趋势[19]。

2.3. 垂直分布特征

大熊猫主食竹具有典型垂直分布格局, 不同竹种占据特定海拔区间, 形成季节性食物供给序列[13] [15] [16]。巴山木竹主要分布于海拔 800~2200 m, 是秦岭大熊猫冬季重要食物[13]; 秦岭箭竹集中在 1300~2900 m, 高海拔区域分布广泛[13] [14]; 冷箭竹适宜海拔多在 1900~3665 m, 是高海拔区域大熊猫关键食物[15] [16]; 方竹分布海拔较低, 多在 956~2081 m [16]。

美姑大风顶大熊猫活动于 2246~3616 m, 覆盖全部喜食竹种, 海拔并非其西迁主要原因[17]。马边大风顶 11 种主食竹沿海拔梯度依次分布, 形成秋季 - 春季 - 夏季连续发笋节律, 为大熊猫季节性迁徙与撑笋提供基础[16]。海拔通过调控温度、降水、光照等环境因子, 显著影响竹林生长、营养积累及次生代谢产物含量, 高海拔更有利于粗蛋白与氨基酸积累, 低海拔则粗纤维含量更高[5] [20]。

2.4. 资源承载力与栖息地适宜性

主食竹资源总量直接决定栖息地环境容纳量。马边大风顶保护区适宜栖息地面积 247.44 km², 食物承载力可达约 524 只, 远高于现有野生大熊猫 18 只, 限制种群增长的主要因素为栖息地质量而非食物[15]。美姑大风顶主食竹可承载大熊猫 68~112 只, 现有 23 只, 食物资源充足[17]。

陕西佛坪与长青保护区秦岭箭竹、龙头竹生物量巨大,可满足约 28.7 万只大熊猫年取食需求,竹林资源并非限制因子[21]。秦岭巴山木竹生物量同样丰富,承载力为现有大熊猫种群的 5~12 倍[13]。卧龙冷箭竹更新竹林利用率达 91.94%,成为大熊猫主要利用区域,残存老竹林利用率较低[22]。总体来看,多数保护区主食竹生物量充足,大熊猫种群限制因素更多来自栖息地破碎化、人为干扰与生态廊道缺失[4][15][17]。

本部分明确了主食竹的资源本底,但揭示了两个关键知识缺口。其一,不同山系间研究极不均衡,凉山、相岭及甘肃白龙江等区域的基础数据仍显薄弱,尤其缺乏针对边缘种群的食源多样性调查。其二,现有资源承载力评估多为静态总量估算,忽略了不同竹种发笋节律、营养成分季节性波动及大熊猫实际可及性,难以反映真实的季节性食物供给动态。未来研究应优先构建基于物候与营养动态的季节性承载力模型,并填补薄弱山系的资源普查空白。

3. 大熊猫对主食竹的利用行为与策略

3.1. 季节性取食与垂直迁徙

大熊猫表现出明显季节性觅食策略,伴随垂直迁徙行为,俗称“撵笋”[1][23]。冬季在低海拔取食竹叶与嫩秆,春季向中海拔迁移取食竹笋,夏季在高海拔取食新笋与幼竹,秋季以叶片为主[7][23]。这种行为与主食竹发笋物候、营养动态及大熊猫自身生理需求密切相关[23][24]。

粪便代谢组学研究表明,大熊猫取食不同部位(笋、秆、叶)会导致粪便代谢物差异显著,取食高纤维竹秆时糖类含量更高,相关代谢通路富集于半乳糖代谢;取食竹笋则富集芳香族氨基酸合成通路,体现其对不同部位营养利用的特化策略[24]。

3.2. 竹种选择与生境选择

大熊猫对竹种的选择受适口性、营养、次生代谢产物、取食效率及微生境共同影响[1][20]。采食区竹叶含独特生物碱与酚类物质,具有抗氧化、抗菌等生物活性,大熊猫可能通过选择性取食抵御病原菌与环境胁迫。海拔 1600~1800 m 竹叶生物活性较高,与大熊猫核心采食高度吻合[20]。

美姑大风顶大熊猫因原栖息地竹林盖度过高、发笋率低、取食效率下降而向西迁移,并非由放牧、割竹等人为干扰主导[17]。卧龙地区大熊猫优先利用开花后自然更新的冷箭竹林,其结构已满足取食需求[22]。

3.3. 人为干扰下的利用变化

放牧、采笋是影响主食竹利用最主要的人为干扰。马边大风顶放牧干扰覆盖大熊猫利用区 57%,采笋覆盖 10%,显著降低竹株基径、高度与更新能力[15][16]。放牧干扰范围广、持续时间长,迫使大熊猫回避适宜生境,压缩活动空间[5][15]。采笋会抑制多数竹种发笋与幼竹生长,虽部分竹种存在补偿性生长,但整体降低竹林质量[15][25]。

大熊猫的觅食策略表现出高度的行为可塑性,能够通过垂直迁徙和竹种选择来优化营养摄入。然而,现有研究多描述“是什么”,对“为什么”的机理探索仍显不足。例如,次生代谢产物(如单宁、生物碱)如何剂量依赖性地影响取食决策,尚缺乏控制实验验证。未来应结合行为生态学与化学生态学手段,深入揭示大熊猫觅食选择的驱动机制。

4. 自然与人为干扰对主食竹的影响

4.1. 气候变化

气候变暖对主食竹存在多重影响。升温在 1.5℃~3℃ 阈值内对箭竹存活影响相对有限,超过阈值则存

活率显著下降[26]。气候变暖会降低竹子营养价值，但提高适口性，同时加重蚜虫危害，间接影响食物供给。

未来情景模拟显示，主食竹适宜分布区向高海拔、高纬度收缩，质心向西北迁移，邛崃山系 2070 年大熊猫适宜栖息地减少 37.2%，主食竹分布面积减少 8.3% [19]。竹子年均扩散距离仅 4.3~21.3 cm，迁移速度远慢于气候变化速率，面临食物空间错配风险[2]。

4.2. 地震与地质灾害

汶川、芦山地震导致大熊猫栖息地大面积损毁，滑坡、泥石流破坏竹林结构，加剧栖息地破碎化与生态廊道断裂[4]。低海拔、陡坡地段竹林受损尤为严重，但拐棍竹等种群具备一定自然恢复能力[25]。地震叠加公路、水电、矿山开发，使岷山、小相岭山系栖息地质量急剧下降[4]。

4.3. 竹子开花与自然更新

竹子为单次开花植物，周期长达数十年，开花后大面积枯死，短期内造成大熊猫食物短缺[7][12][14]。太白山秦岭箭竹开花后自然更新较差，幼苗密度低[14]。缺苞箭竹开花符合 Logistic 恢复模型，阳坡恢复快于阴坡，人工伐除开花植株、松土施肥可促进更新[12]。

4.4. 动物采食与病虫害

大熊猫、家畜、昆虫、啮齿类等采食可在适度水平刺激无性系更新，但高强度取食会降低生物量与株高[5][25]。主食竹上木霉菌多样性丰富，已发现 4 个新种，多存在于枯落物中，对竹林生态系统物质循环具有重要作用[27]。目前病虫害系统研究较少，已知多种害虫可危害竹株，但防治技术薄弱[6][7]。

4.5. 森林采伐与人为砍伐

森林采伐改变林分光照、温度与土壤环境，影响竹类密度、生长与更新[25]。皆伐危害显著大于间伐，过度砍伐导致竹林面积锐减，适度间伐可促进出笋[5]。

现有研究多聚焦单一干扰因素，但现实中主食竹面临的是气候变暖、放牧、采笋、地震等多重压力的复合效应。例如，放牧与采笋的协同作用可能远超两者单独影响之和，但目前缺乏定量研究；地震后栖息地破碎化若叠加放牧干扰，竹林恢复时间可能显著延长。此外，不同干扰的时序(如干扰发生的先后顺序)也会产生不同生态后果。未来研究应优先采用控制实验与长期定位监测，量化不同干扰组合的交互效应，揭示复合干扰的协同或拮抗机制。

5. 主食竹研究技术与方法进展

5.1. 遥感监测与空天地一体化监测

传统遥感难以穿透林冠识别林下竹子，近年来发展出间接遥感法与空天地一体化监测技术。利用海拔、坡度、坡向、光照等因子构建模型，对巴山木竹、秦岭箭竹预测精度达 78%以上[28]。基于 Sentinel-2 时序影像与无人机样本，主食竹分布制图总体精度可达 83%，物候差异是关键识别依据[29]。3S 技术已广泛应用于资源调查、承载力评估与栖息地动态监测[6][12]。

5.2. 生物量与功能性状研究

通过基径、株高构建幂函数模型可快速估算单株与群落生物量，为承载力评估提供基础[13][21]。对 10 种主食竹 30 余个功能性状研究发现，叶片、茎秆、构型性状变异显著，系统发育与环境共同解释约 59.26%变异，主食竹可划分为 3 种适应策略，为引种与修复提供理论依据[30]。

5.3. 营养与代谢组学

竹叶含 Zn、Cu、Fe、Ca 等微量元素,新笋与幼叶蛋白质、可溶性糖含量高,老竹纤维与木质素高[6][7]。单宁含量影响大熊猫取食偏好,取食量随单宁降低而增加[6]。代谢组学揭示大熊猫对笋、秆、叶的差异化利用机制,为圈养饲喂与野化放归提供指导[24]。

遥感与功能性状研究为资源监测与栖息地评估提供了关键技术支撑。然而,当前监测技术的时空分辨率仍难以满足竹林物候动态捕捉需求,且多集中于分布制图,对竹林健康状态(如退化、病虫害早期预警)的监测能力不足。未来应发展融合星载雷达、高光谱与地面物联网的多尺度监测体系,实现从“分布在哪里”到“状态怎么样”的跨越。

6. 主食竹资源利用现状

6.1. 野生采食与圈养饲竹利用

野生大熊猫依赖天然竹林完成全年能量需求[1]。圈养大熊猫饲竹需求持续增长,推动人工食源基地建设,地震灾区通过建立竹林基地保障圈养种群供给,减少对野生竹林采伐压力[4]。

6.2. 种质资源保存

四川宜宾建成大熊猫食用竹国家林木种质资源库,面积 124.51 hm²,收集竹类种质 621 份,含主食竹 100 份、可食竹 521 份,是西南地区重要保存平台[31]。目前存在基础设施薄弱、观测不系统、数字化水平低、创新利用不足等问题[31]。

6.3. 竹材高附加值利用

竹生长速度快、抗拉强度高、固碳能力强,可用于生物能源、工程复合材料、活性炭、纺织材料等,符合工业 5.0 与低碳经济需求[3]。长竹纤维束增强聚丙烯复合材料力学性能优异,可应用于包装、托盘、集装箱等结构材料[9]。竹材可作为土工加固材料,用于边坡稳定与路基改良,经化学与热处理可提高耐久性[32]。

6.4. 竹废弃物资源化利用

我国竹加工废弃物巨大,笋壳、竹屑、竹纤维等可用于基质、饲料、可降解材料、微生物肥等[8]。竹纤维微生物肥可显著提高葡萄品质、光合效率与土壤保水供肥能力,在农业领域应用前景广阔[10]。但目前回收成本高、产业链不完善、产业化程度低[8]。

主食竹资源在种质保存和高值化利用方面取得了积极进展[3][9][31],但“高值化”研究多停留在实验室或小试阶段,与保护区周边社区的经济模式脱节。例如,竹纤维微生物肥技术[10]尚未转化为社区可运营的微型产业。此外,圈养饲竹基地的竹种营养是否与野生竹一致,也缺乏系统评估。未来应推动高值化技术的社区化、低成本化转型,并建立饲用竹的营养标准。

7. 社会经济维度:被忽视的关键驱动力

大熊猫栖息地内及周边社区对竹资源具有传统利用方式,包括采笋、砍竹用于编织、建筑及薪柴,在部分区域,季节性采笋是当地农户的重要现金收入来源,这种生计依赖是导致采笋干扰难以根除的深层原因。过往实施的社区共管、生态补偿、替代生计项目(如生态旅游、林下经济)取得了一定成效,但仍面临挑战:其一,生态补偿标准普遍偏低,难以覆盖农户的机会成本;其二,替代生计项目(如养蜂、种植中药材)的市场波动大,可持续性不足;其三,社区参与决策的程度有限,导致保护政策与社区需求之间存在张力。忽视社会经济维度是保护政策效果不及预期的重要原因,未来研究应量化不同社区对竹资

源的依赖程度，并评估生态补偿的“实际减贫效果”而非仅仅是“发放金额”，成功的惠益共享机制需将保护成效(如竹林质量提升)与社区发展收益直接挂钩[4] [15] [16] [23]。

8. 现存问题

- (1) 长期定位监测不足，数字化、智能化程度低，种质资源评价不系统[25] [31]。
- (2) 干扰机理研究不深入，多为单一因素，缺乏气候变化与人为干扰耦合研究，复合干扰的交互效应不明[5] [25]。
- (3) 区域研究不均衡，凉山、甘肃、相岭等地研究相对薄弱[1] [12] [15]。
- (4) 病虫害研究滞后，缺乏系统监测与防控技术[6] [7]。
- (5) 栖息地破碎化严重，生态廊道不连通，放牧采笋管控难度大[4] [15]。
- (6) 主食竹利用以传统模式为主，高值化、低碳化利用不足，废弃物资源化程度低[8]。
- (7) 应对气候变化的前瞻性保护措施不足，竹子迁移能力弱，风险预警体系缺失[2] [26]。
- (8) 社会经济维度研究缺失，对社区生计依赖、保护成本与收益分配缺乏系统分析。

9. 大熊猫主食竹保护与可持续发展对策

9.1. 构建空天地一体化长期监测体系

整合遥感、无人机、地面样方，建立主食竹分布、生长、物候、干扰动态监测网络[28] [29]；搭建数字化智慧管理平台，实现种质资源标准化管理[31]；开展承载力评估与食物短缺风险预警，提升管理科学性。

9.2. 强化栖息地修复与生态廊道建设

坚持自然恢复为主、人工辅助为辅，对衰老竹林适度疏伐，提高发笋率与竹林质量[17] [22]；修复地震损毁栖息地，连通破碎化斑块，构建生态廊道[4]；严格管控放牧、采笋、采伐等活动，划定核心保护区与季节性禁采区[15] [23]。

9.3. 加强种质资源库建设与良种选育

升级宜宾国家林木种质资源库基础设施，系统收集珍稀、特有、抗逆主食竹种质[31]；开展良种选育、高效繁育、引种驯化研究，构建人工饲竹基地，保障圈养与野化放归食源供给[4] [12]。

9.4. 提升应对气候变化的适应性保护

划定高海拔气候避难所，优先保护冷箭竹、短锥玉山竹等关键竹种[2] [19]；开展气候适应性引种试验，构建多竹种缓冲食物体系，降低开花与灾害风险[12] [14]。

9.5. 推进社区共管与绿色产业发展

发展笋用竹、生态旅游、竹工艺品等替代产业，减少对栖息地依赖[23]；推广竹纤维微生物肥、竹基质、竹基新材料等高值化利用模式，提高竹资源综合效益[8]-[10]。实施“保护绩效型”生态补偿，将补偿金额与竹林质量等保护成效指标挂钩。

9.6. 深化基础研究与成果转化

加强功能性状、营养代谢、共生微生物、病虫害等研究[20] [27] [30]；建立主食竹培育、恢复、利用技术标准，推动科研成果应用于栖息地管理[4] [23]。重点开展复合干扰的长期定位实验，揭示多因素交互效应。

10. 结论

大熊猫主食竹资源具有丰富的物种多样性与典型的地理、垂直分布格局, 是大熊猫生存与栖息地生态系统稳定的核心基础。当前研究已在分布特征、觅食策略、干扰响应、监测技术、资源化利用等方面取得重要进展, 但仍面临长期监测不足、复合干扰机理薄弱、人为干扰突出、气候变化风险加剧、社会经济维度缺失等问题。未来应以大熊猫国家公园建设为契机, 构建全域精准监测网络, 强化栖息地修复与生态廊道连通, 推进种质资源保存与良种培育, 发展社区共管与绿色低碳利用模式, 实现主食竹资源可持续利用与大熊猫种群长期保护协同发展。

参考文献

- [1] 李华, 贾竞波. 大熊猫食用竹种综述[J]. 科学咨询(科技·管理), 2017(10): 54-55.
- [2] 晏婷婷, 冉江洪, 赵晨皓, 等. 气候变化对邛崃山系大熊猫主食竹和栖息地分布的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(7): 2360-2367.
- [3] Ahmad, Z., Kumari, R., Mir, B., Saeed, T., Firdaus, F., Vijayakanth, V., et al. (2025) Bamboo for the Future: From Traditional Use to Industry 5.0 Applications. *Plants*, **14**, Article 3019. <https://doi.org/10.3390/plants14193019>
- [4] 李晓齐, 杨素香, 周珠丽, 等. 四川地震区大熊猫栖息地受损特征与灾后重建对策[J]. 四川林业科技, 2014, 35(1): 68-72.
- [5] 李明喜, 刘柿良, 张馨蕊, 等. 干扰对大熊猫主食竹影响研究进展[J]. 世界竹藤通讯, 2023, 21(1): 88-96.
- [6] 钟伟伟, 刘益军, 史东梅. 大熊猫主食竹研究进展[J]. 中国农学通报, 2006(5): 141-145.
- [7] 周世强, 黄金燕. 大熊猫主食竹种的研究与进展[J]. 世界竹藤通讯, 2005(1): 1-6.
- [8] 祝宇航, 周晚来, 张冬冬, 等. 竹子废弃物基质化利用研究进展[J]. 湖北林业科技, 2023, 52(2): 56-61.
- [9] 韩雨潼, 王旷, 卜香婷, 等. 长竹纤维束定向增强聚丙烯复合材料[J]. 包装工程, 2022, 43(13): 17-23.
- [10] 彭言劼, 宋春草, 康颖, 等. 竹纤维微生物肥对‘巨峰’葡萄发育和土壤养分的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2021(4): 45-49.
- [11] 史军义, 陈其兵, 黄金燕, 等. 大熊猫主食竹的生物多样性及其重要价值[J]. 世界竹藤通讯, 2020, 18(5): 10-19.
- [12] 汪之波, 李晓鸿. 甘肃大熊猫主食竹研究进展[J]. 竹子学报, 2018, 37(3): 20-24.
- [13] 李云. 秦岭大熊猫主食竹的分类、分布及巴山木竹生物量研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2002.
- [14] 汶录凤, 何晓军. 太白山大熊猫主食竹的种类与分布[J]. 陕西农业科学, 2014, 60(5): 48-50.
- [15] 尹华康. 马边大风顶自然保护区大熊猫主食竹资源分布及大熊猫对主食竹利用特征[D]: [硕士学位论文]. 南充: 西华师范大学, 2024.
- [16] 尹华康, 张晋东, 黄金燕, 等. 四川马边大风顶自然保护区大熊猫主食竹空间分布特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2025, 49(1): 187-193.
- [17] 古玉, 陈明华, 曾进科, 等. 四川美姑大风顶国家级自然保护区竹类资源与大熊猫活动区域间关系研究[J]. 四川林业科技, 2022, 43(4): 24-30.
- [18] 杜喜春, 任向红, 汝意兵. 甘肃白龙江阿夏自然保护区大熊猫主食竹的分布格局[J]. 竹子学报, 2019, 38(4): 21-25.
- [19] 李涛琴, 张玉霄, 张书东. 2种大熊猫主食竹潜在分布区预测及对大熊猫保护的意義[J]. 世界竹藤通讯, 2025, 23(3): 35-47.
- [20] 代艺. 大熊猫主食竹叶提取物的化学成份和生物学活性分析[D]: [硕士学位论文]. 南充: 西华师范大学, 2019.
- [21] 冯永辉. 佛坪、长青保护区箭竹属大熊猫主食竹的分布及生物量研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2006.
- [22] 周世强, 李仁贵, 严啸, 等. 大熊猫对冷箭竹更新竹林与残存竹林的选择利用及微生境结构的比较[J]. 四川动物, 2015, 34(1): 1-7.
- [23] 周世强, 张和民, 李德生. 大熊猫觅食行为的栖息地管理策略[J]. 四川动物, 2010, 29(3): 340-345.
- [24] Yan, Z., Xu, Q., Yao, Y., Ayala, J., Hou, R. and Wang, H. (2023) Fecal Metabolomics Reveals the Foraging Strategies of Giant Pandas for Different Parts of Bamboo. *Animals*, **13**, Article 1278. <https://doi.org/10.3390/ani13081278>

-
- [25] 周世强, 吴志容, 严啸, 等. 自然与人为干扰对大熊猫主食竹种群生态影响的研究进展[J]. 竹子研究汇刊, 2015, 34(1): 1-9.
- [26] Yang, H., Zhang, D., Winkler, J.A., Huang, Q., Zhang, Y., Wu, P., *et al.* (2024) Field Experiment Reveals Complex Warming Impacts on Giant Pandas' Bamboo Diet. *Biological Conservation*, **294**, Article 110635. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110635>
- [27] Wang, F., Xu, X., Liu, F., Xiang, S., Li, X., Liu, Y., *et al.* (2025) Four New Species of Trichoderma (Hypocreaceae, Hypocreales) Discovered in the Staple Food Bamboo of Pandas. *MycKeys*, **124**, 227-248. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.124.163233>
- [28] 卞萌, 汪铁军, 刘艳芳, 等. 用间接遥感方法探测大熊猫栖息地竹林分布[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4824-4831.
- [29] Lei, G., Li, A., Bian, J., Zhang, Z., Lin, X., Naboureh, A., *et al.* (2025) Accurately Mapping of the Staple-Food Bamboo of the Giant Panda Based on Space-Air-Ground Integrated Monitoring Technology. *International Journal of Digital Earth*, **18**, Article 2594321. <https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2594321>
- [30] 刘雄. 大熊猫主食竹功能性状特征及适应策略[D]: [博士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2025.
- [31] 夏远燕, 张艳丽, 王勇, 等. 四川省宜宾市大熊猫食用竹国家林木种质资源库建设现状与发展建议[J]. 世界竹藤通讯, 2026, 24(2): 76-79.
- [32] Samal, R., Sahoo, S. and Badavath, N. (2026) Use of Bamboo in Various Forms for Ground Improvement: A Review. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s13196-026-00402-y>