doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2025.06.004

云南乌蒙山国家级自然保护区猕猴桃属植物资源调查及适宜生境评价

陈 婷[1],赵永丽[1],古朝山[1],杨 科[1],刘恩德[2],杨雯洁[3]
(1.云南乌蒙山国家级自然保护区管护局,云南 昭通 657000;2.中国科学院昆明植物研究所,云南 昆明 650201;
3.云南财经大学,云南 昆明 650032)

摘要:对云南乌蒙山国家级自然保护区猕猴桃属植物开展专项调查,分析其分布特点,利用 MaxEnt 模型对适宜生境进行评价。结果表明,保护区内调查到猕猴桃属植物 13 个种(含变种),分布点位 812 个,共 3 060 株,主要分布在阴坡及半阳坡山谷两边的坡面,少量零星分布在山脊,垂直分布主要集中在海拔 1 200~2 100 m;适宜生境面积大于非适宜生境,约为 18 237.64 hm^2,占研究区面积的 68.93%,其中,低适生区、中适生区及高适生区面积分别占比 47.58%、14.28%和 7.07%;影响猕猴桃属植物适宜生境的主要环境因子为植被类型、距山谷距离、海拔、最湿润季度降雨量,最适生境为海拔 1 000~2 000 m 范围内最湿季度降水量多的沟谷、路边林缘等地方。以期为猕猴桃种质资源的保护、管理及利用提供基础数据依据。

关键词:猕猴桃属植物;资源调查;适宜生境;环境因子;云南乌蒙山国家级自然保护区

中图分类号:S759.9;S663.4 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2025)06-0022-09

引文格式:陈婷,赵永丽,古朝山,等. 云南乌蒙山国家级自然保护区猕猴桃属植物资源调查及适宜生境评价[J]. 林业调查规划,2025,50(6):22-30. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2025.06.004

CHEN Ting, ZHAO Yongli, GU Chaoshan, et al. Investigation and Suitable Habitat Evaluation of *Actinidia* Plants in Wumengshan National Nature Reserve of Yunnan[J]. Forest Inventory and Planning, 2025, 50(6): 22-30. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2025.06.004

Investigation and Suitable Habitat Evaluation of *Actinidia* Plants in Wumengshan National Nature Reserve of Yunnan

CHEN Ting[1], ZHAO Yongli[1], GU Chaoshan[1], YANG Ke[1], LIU Ende[2], YANG Wenjie[3]
(1. Administration of Wumengshan National Nature Reserve, Zhaotong, Yunnan 657000, China;
2. Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China;
3. Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650032, China)

Abstract: The specialized investigation was conducted on plants of the *Actinidia* genus in the Wumengshan National Nature Reserve of Yunnan to analyze their distribution characteristics and evaluate suitable habitats using the MaxEnt model. The results showed that 13 species (including varieties) of *Actinidia* were investigated in reserve, with 812 distribution points and a total of 3 060 individuals, mainly distributed on shaded and semi-sunny slopes along valleys, with sporadic occurrences on ridges. The vertical distribution was mainly concentrated at elevations between 1 200 and 2 100 m. The area of suitable habitats exceeded that of non-suitable habitats, covering approximately 18 237.64 hm^2, accounting for 68.93% of the

收稿日期:2024-07-29;**修回日期**:2024-10-22
基金项目:昭通市 2021 年度鲲鹏计划项目(昭党人才通〔2021〕6 号);中央财政改革发展资金项目(云林复〔2022〕14 号).
第一作者:陈婷(1994-),女,工程师. 研究方向为野生动植物保护及 3S 应用. Email:1583297867@qq.com
责任作者:杨科(1968-),男,正高级工程师. 研究方向为植物学. Email:ztyk68@126.com

study area, in which the low, medium, and highly suitable habitats accounted for 47.58%, 14.28%, and 7.07% of the area, respectively. The main environmental factors influencing the suitable habitat of *Actinidia* plants were vegetation type, distance from the valley, altitude and rainfall in the wettest quarter. The most suitable habitats were found in the valley with the wettest quarter precipitation in the altitude range of 1 000-2 000 meters, roadside forest margin and other places. This study aims to provide the basic data basis for the protection, management and utilization of *Actinidia* germplasm resources.

Key words: *Actinidia* plants; resource investigation; suitable habitat; environmental factor; Wumengshan National Nature Reserve of Yunnan

猕猴桃科(Actinidiaceae)猕猴桃属(*Actinidia*)为浆果类落叶、半落叶或常绿木质藤本植物[1-2]。猕猴桃风味独特,富含维生素、多种矿物质和 18 种氨基酸,含钙量为果中之首,维生素 C 含量显著高于同等重量柑橘、柠檬和苹果中的含量,是新兴保健果品之一,被称为“人间仙果”“水果之王”和“维生素 C 之冠”[3],具有较高的经济价值和营养价值[4]。我国作为野生猕猴桃的起源中心,拥有丰富的野生猕猴桃资源,猕猴桃属 66 个种中有 62 个种原产于中国[1,5],云南野生猕猴桃属植物资源共有 56 个种、变种及变型[6]。2018 年姜存良等[2]对云南猕猴桃种质资源进行收集研究,收集到 24 个种及原变种,现今主要分布在昭通、文山、红河、大理等一些人类活动较少的地区。昭通市调查到云南猕猴桃有 23 个种[6-7],是野生猕猴桃属植物资源的集中分布地。丰富的野生猕猴桃资源为猕猴桃品种改良和新品种选育提供了基础[8],因此,有必要开展野生猕猴桃种质资源调查及生境适宜性评价。

确定物种的潜在适生区并评价其生境是保护生物学最基础且关键的一步。科学预测物种分布区及适宜等级,已成为保护动物、植物资源的一种有效途径[9]。MaxEnt 模型被认为是最具有代表性的物种分布模型之一,是目前物种分布预测中使用最广泛和预测准确率较高的模型[10-11],其原理是根据物种当前存在的不完整数据信息与环境变量间的紧密关系,找出物种分布规律的最大熵,从而对物种的潜在分布进行预测[12]。目前已成功利用 MaxEnt 模型对珍稀保护物种[13-14]、经济物种[15-16]、外来入侵物种[17]等从全球[18]、全国[19]、自然保护区[20]不同尺度区域开展了大量的研究和利用,另有以属为单位,利用 MaxEnt 模型对整个属的植物进行生境适宜性研究。如陈程浩等[21]对中国紫荆属植物生境适宜性开展研究,李林山等[22]对革苞菊属在中国的潜在适生区进行预测,姜垒等[23]对广东省红豆属植物潜在适生区开展研究。猕猴桃属植物大多分布在森林边缘及河谷两岸,人类活动及山区的开发使猕猴桃属植物的生存受到了极大威胁,一些种类正遭到毁灭性的破坏[6]。利用 MaxEnt 模型对猕猴桃属植物的生境进行评价,为猕猴桃属种质资源保护提供基础数据。

云南乌蒙山国家级自然保护区是昭通市保存较为完整且较原始的森林生态系统类保护区,具有丰富的猕猴桃种质资源,是猕猴桃的种质基因库[24]。为了解保护区猕猴桃属植物资源分布现状及其生境状态,开展了保护区猕猴桃属植物专项调查,利用调查到的猕猴桃属植物分布样本点,采用 MaxEnt 模型对保护区内猕猴桃属植物生境进行适宜性评价。调查清楚保护区猕猴桃属植物资源的种类及分布情况,确定猕猴桃属植物适宜生境及其影响分布的主要环境因子,为今后保护区内猕猴桃属种质资源的保护提供科学支撑依据。

1 研究区概况

云南乌蒙山国家级自然保护区(以下简称“保护区”)位于长江中上游的云南省昭通市,地理坐标为 103°51′47″~104°45′04″E,27°47′35″~28°17′42″N,海拔 966~2 434 m,保护区由朝天马、三江口、海子坪 3 个相对独立片区组成,横跨彝良、大关、永善、盐津、威信 5 个县。主要保护乌蒙山区目前现存面积较大而完整,类型结构典型,并具有云贵高原代表性的亚热带山地湿性常绿阔叶林森林生态系统和珍稀濒危特有动植物物种及其栖息地,同时以维护乌蒙山区与金沙江—长江流域生态安全为主要保护管理目标[24]。保护区跨度较大,主要分布在山体顶部,生态系统复杂,物种丰富,且人为活动干扰较少,是野生猕猴桃属植物资源集中分布区域。

2 研究方法

2.1 野外调查

采用线路法和踏查法进行调查,以片区为单位规划、布设调查路线,调查路线覆盖不同海拔区间及

不同植被类型,并在线路调查中记录、拍摄、定位规划线路两侧各 5 m 范围内所遇到的猕猴桃属物种的种类、居群大小(丛数)、具体分布地、经纬度、海拔、生境、物候状态(花期、果期)、植株性别等信息,采集相应的凭证标本,针对主要鉴别特征拍照辅助后期鉴定。

2.2 生境分布

通过 ArcGIS 软件的分析工具,对保护区 5 m 等高线生成的 DEM 数据,进行坡向、坡度提取,导入外业调查登记点位数据,进行叠加分析,提取猕猴桃属植物具体分布位置的高程、坡度、坡向。

2.3 适宜生境评价

样本数据采用此次调查到的 812 个猕猴桃属植物资源分布点位,为了避免模型的过度拟合,以 100 m 为阈值对分布点进行筛选。最终,共保留 349 个分布点(图 1)。

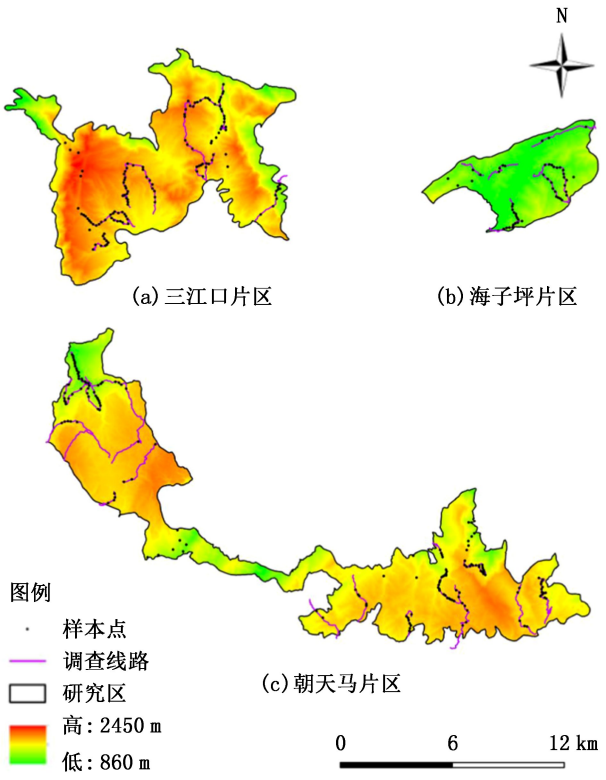


图 1 猕猴桃属植物踏查线路和样本点分布

Fig. 1 Distribution of survey routes and sample points for *Actinidia* plants

已有研究表明猕猴桃属植物喜肥及温暖湿润的地方,一般常见于阴坡及半阳坡的沟谷、坡麓、坡上部及林缘、路边等光照充分的地方[6,25-26],故选择地形(坡度、坡向、海拔)、气候、植被类型等环境变量数据。地形数据(坡度、坡向、海拔、距山谷距离)由保护区 5 m×5 m 的 DEM 数据在 ArcGIS 10.4 软件中分析得到。气候数据从世界气候数据网(https://www.worldclim.org/)下载的 19 个生物气候变量,为避免其中的冗余气候因子造成因子的权重不均衡,筛选出相关性小于 0.8 的气候因子[14,27-28],为平均气温日较差、气温年较差、最冷季度平均温、最湿月份降水量、最干月份降水量、最干季度降水量、最湿季度降水量 7 个气候因子。植被类型数据来自保护区 2020 年开展的植被覆盖与土地覆被类型监测的数据,划分为阔叶林、竹林、针阔混交林、人工林、灌丛、草甸、栽培物、沼泽、水域、其他土地 10 个类型。所有提取信息转化为 5 m×5 m 的栅格数据,最终得到的环境变量如表 1 所示。

表 1 环境变量及来源

Tab. 1 Environmental variables and sources

变量简称	变量全称	数据来源
Bio2	平均气温日较差(℃)	世界气候数据网
Bio7	气温年较差(℃)	世界气候数据网
Bio11	最冷季度平均温度(℃)	世界气候数据网
Bio13	最湿月份降水量(mm)	世界气候数据网
Bio14	最干月份降水量(mm)	世界气候数据网
Bio16	最干季度降水量(mm)	世界气候数据网
Bio17	最湿季度降水量(mm)	世界气候数据网
Slope	坡度	—
Aspect	坡向	—
DEM	海拔(m)	—
d_valley	距山谷距离(m)	—
Vegetation	植被类型	2020 年土地覆被及植被覆盖监测数据

本研究使用 MaxEnt 模型开展猕猴桃属植物资源在保护区内适宜生境评价,将猕猴桃属植物资源分布点数据和环境因子数据导入 MaxEnt 3.4.4 软件中,随机选取 25%的分布点数据用于模型验证,剩下 75%分布点用于模型建立,Boot-strap 重复运行 20 次,并开启 Random seed,勾选绘制响应曲线,采用刀切法功能来综合评价环境因子对物种分布的影响,其他参数默认设置。输出结果值在 0~1 之间的连续栅格数据,空间分辨率为 5 m×5 m。采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)下面积值(area under curve, AUC)来验证模型预测准确性,AUC 值范围 0~1,值越大表示模型预测越准确,通常认为当 AUC 值为 0.5~0.7

时,表明模型的预测能力一般;当 AUC 值为 0.7~0.9 时,表明模型的预测能力较好;当 AUC 值为 0.9~1.0 时,表明模型的预测能力极好[29]。采用刀切法检验环境变量的权重[12],输出结果为[0,1]的分布概率设为 P,依据自然分割法分为 4 个等级,当 $P<0.2$ 时为非适生区,当 $0.2\leqslant P<0.5$ 时为低适生区,当 $0.5\leqslant P<0.7$ 时为中适生区,当 $P\geqslant 0.7$ 时为高适生区[27]。

3 结果与分析

3.1 猕猴桃属植物的种类

保护区共调查记录到猕猴桃属植物 13 个种(含变种)(图 2)。

(a)京梨猕猴桃 *Actinidia callosa* var. *henryi*

(b)革叶猕猴桃 *Actinidia rubricaulis* var. *coriacea*

(c)软枣猕猴桃 *Actinidia arguta*

(d)葛枣猕猴桃 *Actinidia polygama*

(e)中华猕猴桃 *Actinidia chinensis*

(f)美味猕猴桃 *Actinidia chinensis* var. *deliciosa*

(g)显脉猕猴桃 *Actinidia venosa*

(h)葡萄叶猕猴桃 *Actinidia vitifolia*

图 2　云南乌蒙山国家级自然保护区猕猴桃属植物部分种特征

Fig. 2　Characteristics of some *Actinidia* plants species in Wumengshan National Nature Reserve

对调查结果在组的级别进行分类,分别属于斑果组(Sect. Maculatae)、星毛组(Sect. Stellatae)、净果组(Sect. Leiocarpae)、糙毛组(Sect. Strigosae),具体分类见表2。

表2 云南乌蒙山国家级自然保护区猕猴桃属植物种类

Tab. 2 Species of *Actinidia* plants in Wumengshan National Nature Reserve

组别	种(变种)名	分布区域
斑果组	硬齿猕猴桃 *Actinidia callosa*	朝天马、三江口
	京梨猕猴桃 *Actinidia callosa* var. *henryi*	保护区全区域
	革叶猕猴桃 *Actinidia rubricaulis* var. *coriacea*	朝天马、海子坪
	显脉猕猴桃 *Actinidia venosa*	三江口、朝天马
星毛组	中华猕猴桃 *Actinidia chinensis*	朝天马、海子坪
	美味猕猴桃 *Actinidia chinensis* var. *deliciosa*	保护区全区域
	倒卵叶猕猴桃 *Actinidia obovata*	海子坪
净果组	狗枣猕猴桃 *Actinidia kolomikta*	保护区全区域
	软枣猕猴桃 *Actinidia arguta*	三江口、朝天马
	葛枣猕猴桃 *Actinidia polygama*	三江口
	黑蕊猕猴桃 *Actinidia melanandra*	三江口、朝天马
糙毛组	葡萄叶猕猴桃 *Actinidia vitifolia*	保护区全区域
	昭通猕猴桃 *Actinidia rubus*	三江口

3.2 猕猴桃属植物的分布

3.2.1 猕猴桃属植物生境分布特点

调查记录到猕猴桃属植物分布点位812个,共3 060株,其中182个点位707株位于山谷中,65个点位248株位于山脊;阴坡189个点位832株,半阴坡198个点位734株,半阳坡190个点位689株,阳坡177个点位552株,无坡向58个点位253株,生长于阴坡的猕猴桃属植物较阳坡多;平坡85个点位324株,缓坡117个点位328株,斜坡226个点位922株,陡坡215个点位940株,急坡139个点位466株,险坡30个点位80株。从统计数据来看,保护区猕猴桃属植物主要分布在阴坡及半阳坡山谷两边的坡面,山脊有少量零星分布。

3.2.2 猕猴桃属植物水平分布

保护区3个片区均分布有野生猕猴桃资源,调查样线长137.5 km,调查面积1 375 000 m^2,调查发现猕猴桃属植物3 060株,面积50 167 m^2(表3,表4)。

表3 云南乌蒙山国家级自然保护区不同片区猕猴桃属植物分布面积

Tab. 3 Distribution area of *Actinidia* plants in different areas of Wumengshan National Nature Reserve

m^2

种名	朝天马片区	三江口片区	海子坪片区	合计
硬齿猕猴桃	12.00	21.00	—	33.00
京梨猕猴桃	840.50	150.00	208.75	1199.25
革叶猕猴桃	95.00	—	10.00	105.00
显脉猕猴桃	4154.10	20416.00	—	24570.10
中华猕猴桃	71.85	22.00	74.75	168.60
美味猕猴桃	453.50	148.00	1444.50	2046.00
倒卵叶猕猴桃	—	—	8.00	8.00
葛枣猕猴桃	—	11932.00	—	11932.00
狗枣猕猴桃	535.50	4009.25	155.25	4700.00
软枣猕猴桃	24.00	205.00	—	229.00
黑蕊猕猴桃	3.00	8.00	—	11.00
葡萄叶猕猴桃	2351.25	2692.00	121.75	5165.00
合计	8540.70	39603.25	2023.00	50166.95

由表3,表4可知,保护区分布最广泛的是葡萄叶猕猴桃、美味猕猴桃、中华猕猴桃、狗枣猕猴桃、京梨猕猴桃,在保护区3个片区均有分布,分布最狭窄的是倒卵叶猕猴桃,仅分布于海子坪片区,葛枣猕猴桃仅分布于三江口片区,面积分布最大的是葛枣猕猴桃及显脉猕猴桃,在分布区域成片出现,分布面积最小的是倒卵叶猕猴桃,仅在海子坪片区发现1株,其次是硬齿猕猴桃及黑蕊猕猴桃,调查中发现5~6株。

从保护区3个片区分布的猕猴桃种类和数量来看,保护区3个片区猕猴桃属植物资源均较丰富,三江口片区猕猴桃属植物资源最为丰富,分布的种类、面积、数量均最大,该片区猕猴桃属植物有11种(初调查时未记录昭通猕猴桃属植物的分布面积及株数),除倒卵叶猕猴桃及革叶猕猴桃外均有分布。朝天马片区分布有猕猴桃属植物10种,分布种类最少的是海子坪片区(8种)。

表 4　云南乌蒙山国家级自然保护区不同片区猕猴桃属植物分布株数

Tab. 4　Recorded number of *Actinidia* plants in different areas of Wumengshan National Nature Reserve　株

种名	朝天马片区	三江口片区	海子坪片区	合计
硬齿猕猴桃	2	3	—	5
京梨猕猴桃	184	19	70	273
革叶猕猴桃	21	—	2	23
显脉猕猴桃	453	639	—	1092
中华猕猴桃	102	11	45	158
美味猕猴桃	106	10	268	384
倒卵叶猕猴桃	—	—	1	1
葛枣猕猴桃	—	237	—	237
狗枣猕猴桃	113	153	54	320
软枣猕猴桃	5	23	—	28
黑蕊猕猴桃	2	4	—	6
葡萄叶猕猴桃	329	172	32	533
合计	1317	1271	472	3060

3.2.3 猕猴桃属植物垂直分布特点

根据 DEM 数据,保护区海拔在 860~2 450 m 范围,将其分为 860~1 200 m、1 200~1 500 m、1 500~1 800 m、1 800~2 100 m、2 100~2 450 m 固定区间用于统计猕猴桃属植物海拔分布规律(表 5)。

表 5　云南乌蒙山国家级自然保护区猕猴桃属植物在不同海拔区间的分布

Fig. 5　Distribution of *Actinidia* plants at different elevations in Wumengshan National Nature Reserve　株

种名	860~1200 m	1200~1500 m	1500~1800 m	1800~2100 m	2100~2450 m	合计
硬齿猕猴桃	—	—	5	—	—	5
京梨猕猴桃	2	175	90	6	—	273
革叶猕猴桃	1	22	—	—	—	23
显脉猕猴桃	—	3	172	856	61	1092
中华猕猴桃	2	47	17	92	—	158
美味猕猴桃	36	249	69	30	—	384
倒卵叶猕猴桃	1	—	—	—	—	1
葛枣猕猴桃	—	—	183	54	—	237
狗枣猕猴桃	6	46	58	179	31	320
软枣猕猴桃	—	2	19	7	—	28
黑蕊猕猴桃	—	—	—	6	—	6
葡萄叶猕猴桃	10	23	197	302	1	533
合计	58	567	810	1532	93	3060

由表 5 可知,保护区整个海拔梯度内均分布有猕猴桃属植物,集中分布在 1 200~2 100 m。在 1 800~2 100 m 海拔区间分布数量最多,有 9 种 1 532 株,在海拔 860~1 200 m、1 200~1 500 m、1 500~1 800 m,分别分布有猕猴属植物 7、8、9 种,在海拔 2 100~2 450 m 区间调查到的猕猴桃属植物种类最少(3 种)。从各种猕猴属植物在各海拔区间的分布数量情况来看,葡萄叶猕猴桃和狗枣猕猴桃从低海拔到高海拔均有分布,硬齿猕猴桃、黑蕊猕猴桃、倒卵叶猕猴桃分布最狭窄,仅分布在一个海拔区间。由此可见,保护区猕猴桃属植物最适生长海拔为 1 200~2 100 m,但不同物种间存在一定差异。

3.3 猕猴桃属植物的生境适宜性评价

3.3.1 适宜生境评价

猕猴桃属植物在适宜生境模拟模型样本中训练集平均 AUC 值为 0.794,样本测试集 AUC 值平均值为 0.762,模型模拟结果较好,适宜生境评价结果如图 3 所示。

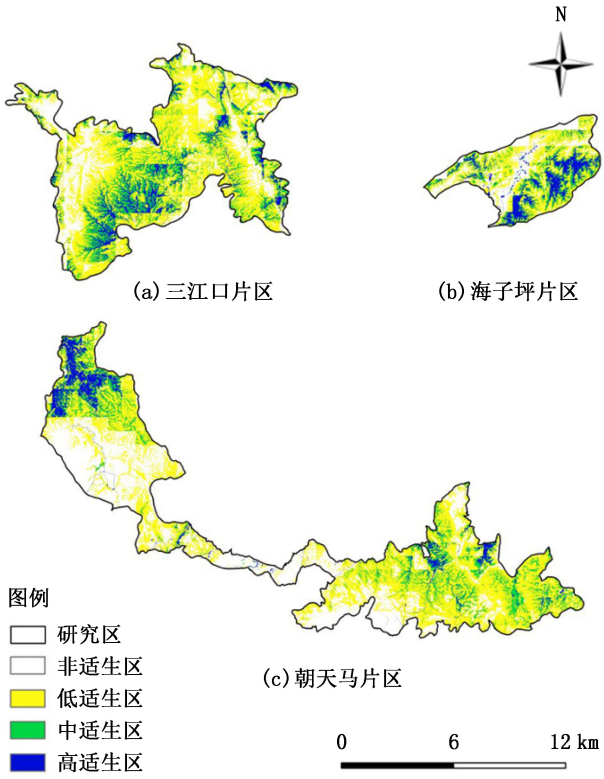


图 3　云南乌蒙山国家级自然保护区 3 个片区猕猴桃属植物适宜生境评价结果

Fig. 3　Evaluation results of suitable habitats for *Actinidia* plants in three areas of Wumengshan National Nature Reserve

由图 3 可知,研究区内适宜生境的面积大于非适宜生境,适宜生境中低适生区面积最大,广泛分布

在 3 个片区,高适生区主要分布在三江口片区、海子坪片区、朝天马片区的罗汉坝区域。非适宜生境面积为 8 219.56 hm^2,约占研究区面积的 31.07%,低适生区面积为 12 589.10 hm^2,占比约 47.58%,中适生区面积为 3 777.4 hm^2,占比约 14.28%,高适生区面积为 1 871.14 hm^2,占比约 7.07%。

3.3.2 主导环境因子

参与模型的主导环境因子对最大商模型的贡献率分析如图 4 所示。

由图 4 可知,主要影响猕猴桃分布的环境因子是植被类型、距山谷距离、海拔、最湿季度降水量 4 个环境因子,累积贡献率为 76.7%,其余环境因子影响相对较小。

影响模型的 4 个主要环境因子(植被类型、距山谷距离、海拔、最湿季度降水量)的单变量响应曲线如图 5 所示。

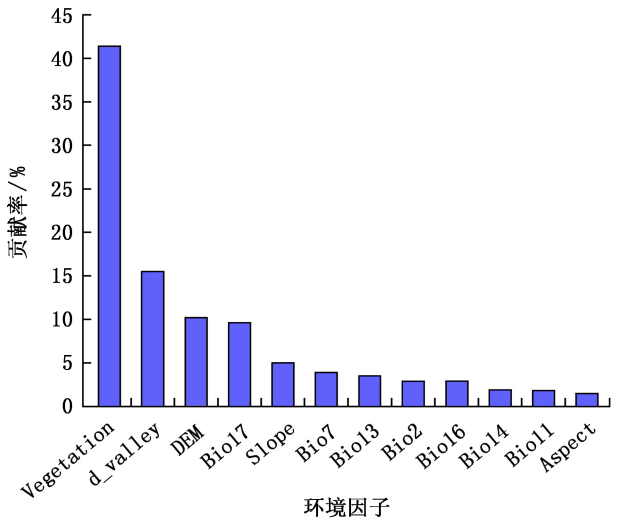
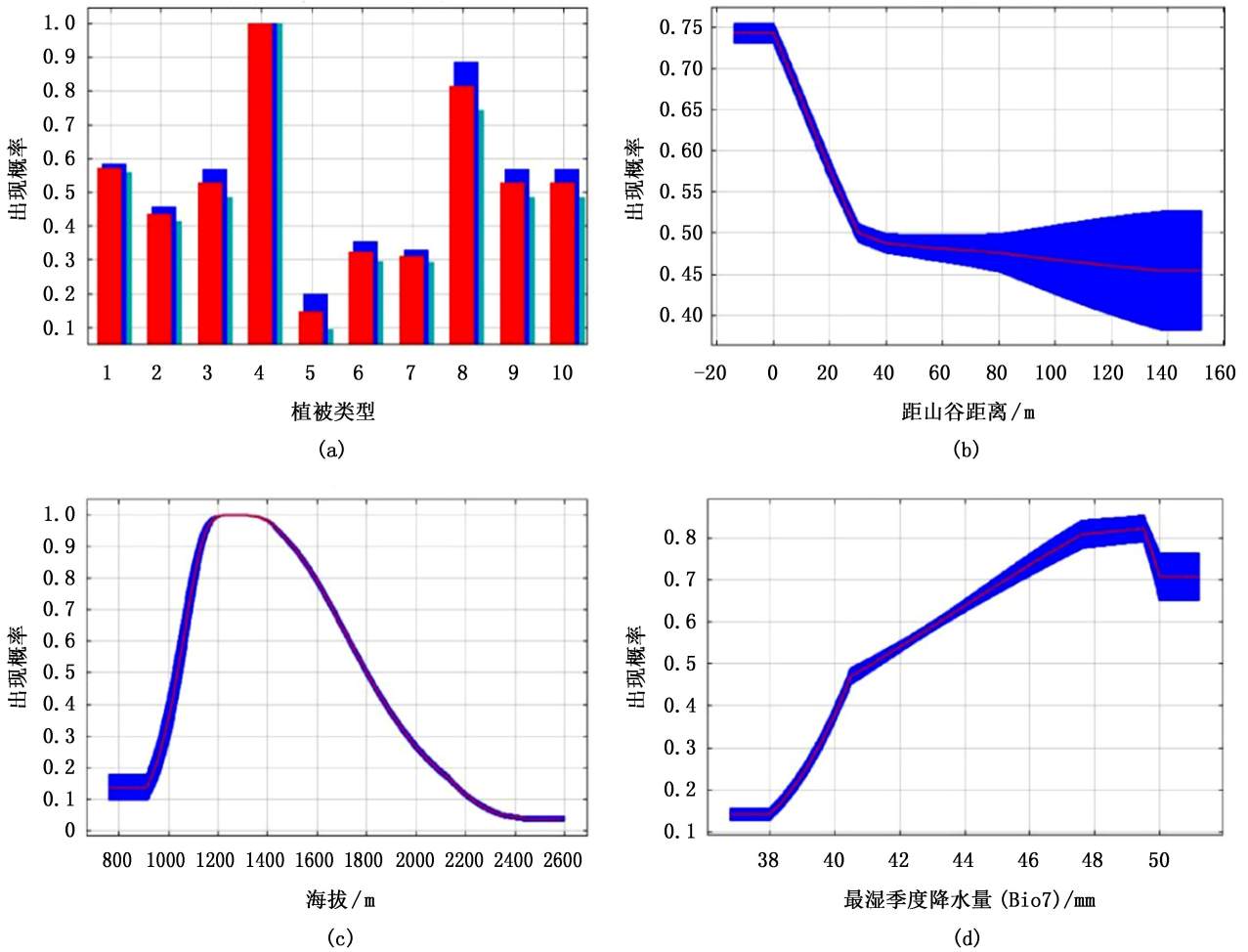


图 4 猕猴桃适宜生境评价环境因子贡献率

Fig. 4 Contribution rate of environmental factors to the evaluation of suitable habitat of *Actinidia*



注:1. 阔叶林,2. 竹林,3. 水域,4. 其他土地,5. 栽培作物,6. 灌丛,7. 人工林,8. 沼泽,9. 草甸,10. 针阔混交林。

图 5 影响模型的主要环境因子响应曲线

Fig. 5 Average response curve of major environmental factors to model prediction

由图 5 可知,猕猴桃属植物生境主要选择在海拔 1 000~2 000 m,最湿季度降水量多的沟谷、路边林缘等地方。当植被类型为其他土地(交通用地、建筑用地)、沼泽时,猕猴桃属植物存在概率最大,表明猕猴桃属植物生境倾向于路边、林缘。猕猴桃属植物存在概率与距山谷距离、最湿润季节降雨量间呈正相关关系,表明猕猴桃属植物生境倾向于降雨量丰富的山谷中。猕猴桃属植物存在概率与海拔间呈单峰模式,峰值在海拔 1 000~2 000 m,表明其生境倾向于 1 000~2 000 m 的海拔范围。

4 讨论与结论

已有研究表明,云南野生猕猴桃属植物资源分布范围广泛,各地均有分布,更集中分布于昭通市[6,30-31]。保护区野生猕猴桃属植物资源调查到分布的有 13 个种,占整个昭通记录到的猕猴桃属植物种类的 1/2[31],随着人为活动加剧及人为采果砍伐,此次调查未发现之前资料记录的部分野生猕猴桃属植物种类,此次调查中倒卵叶猕猴桃、硬齿猕猴桃、黑蕊猕猴桃只发现零星的几株,存在保护区内灭绝的风险,需对其生境加大保护力度。此次调查到国家二级保护植物软枣猕猴桃在保护区内有少量分布,软枣猕猴桃营养价值和药用价值更高,且具有抗病虫害强、抗逆性强、耐旱和耐寒的特点[27,32]。现在我国大规模引种的多为中华猕猴和美味猕猴桃,存在易感病虫害等问题[1,3]。野生软枣猕猴桃是选育和培育具有抗病虫害、耐旱新品种的原生种质资源,建议保护区加大保护和研究力度。此次调查中还发现保护区分布范围最广的葡萄叶猕猴桃,其果实无毛,是所调查到的无被毛资源中果实较大,风味甜,口感尚佳,具有较好开发利用潜力的种质资源,可对其进一步开展研究。

生境质量评价对物种生境管理和种群保护具有非常重要的指导作用[33],本研究中选取地形、植被类型、气候 12 个环境因子对研究区猕猴桃属植物适宜生境进行评价,结果表明,影响猕猴桃属植物适宜生境分布的主要环境因子为植被类型、距山谷距离、海拔、最湿润季节降雨量,其结果与张童等[27]、MA 等[34]研究结果一致,海拔和降雨量是影响猕猴桃生境适宜的主要因素。海拔和降雨可能是影响植物适宜生境选择的主要环境因子,如杨彪等[10]对雅砻江冬麻豆生境适宜性评价研究发现温度和降水量是影响其生境分布的主要环境因子,付殿霞等[20]对二叶兜被兰潜在适宜生境评价研究发现,海拔对二叶兜被兰潜在适宜生境影响显著,易烜等[14]对湖南榧树适宜分布区预测发现海拔、坡度、温度、降雨量是影响适宜生境分布的主要环境因子,曾超越等[28]对连香树生态适宜区预测发现,降水量、温度、坡度、海拔是影响适宜生境分布的主要环境因子。猕猴桃属植物生境主要选择在海拔 1 800~2 000 m,最湿季度降水量多的沟谷、路边、林缘等地方,这与胡忠荣等[6]对云南猕猴桃资源分布的研究一致。研究区内适宜生境的范围大于非适宜生境,适宜生境中低适生范围最大,高适生区最小,原因可能是猕猴桃属植物喜欢沟谷、路边、林缘等生境,而保护区植被面积最大的是阔叶林,导致低适生区范围最大。

参考文献:

[1] 王茹琳,李庆,何仕松,等. 中华猕猴桃在中国潜在分布及其对气候变化响应的研究[J]. 中国生态农业学报,2018,26(1):27-37.

[2] 姜存良,吴勇,邓浪,等. 云南猕猴桃资源的收集及表型多样性分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2021,41(2):38-45.

[3] 王茹琳,王明田,罗家栋,等. 基于 MaxEnt 模型的美味猕猴桃在中国气候适宜性分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2019,34(3):522-531.

[4] 徐小彪,张秋明. 中国猕猴桃种质资源的研究与利用[J]. 植物学通报,2003(6):648-655.

[5] 杨海健,伊洪伟,韩国辉,等. 重庆大巴山区野生猕猴桃资源调查和遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2018,19(2):187-193.

[6] 胡忠荣,袁媛,易芍文,等. 云南野生猕猴桃资源及分布概况[J]. 西南农业学报,2003(4):47-52.

[7] 李坤明,胡忠荣,陈伟. 昭通地区野生猕猴桃资源及其利用评价[J]. 中国野生植物资源,2006(2):39-41.

[8] 岁立云,刘义飞,黄宏文. 红肉猕猴桃种质资源果实性状及 AFLP 遗传多样性分析[J]. 园艺学报,2013,40(5):859-868.

[9] 宦智群,徐小蓉,朱冬梅,等. 应用最大熵模型预测不同气候变化情景下西康玉兰潜在地理分布[J]. 东北林业大学学报,2023,51(5):98-105.

[10] 杨彪,张全建,王彬,等. 基于 MaxEnt 模型的雅砻江冬麻豆生境适宜性评价[J]. 生态学报,2020,40(17):6077-6085.

[11] PHILLIPS S J,ANDERSON R P,SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions[J]. Ecological Modelling,2006(190):231-259.

[12] 王娟娟,曹博,白成科,等. 基于 Maxent 和 ArcGIS 预

测川贝母潜在分布及适宜性评价[J]. 植物研究,2014,34(5):642-649.
[13] 徐军,曹博,白成科. 基于 MaxEnt 濒危植物独叶草的中国潜在适生分布区预测[J]. 生态学杂志,2015,34(12):3354-3359.
[14] 易烜,杨振宇,朱晋梅,等. 基于 MaxEnt 模型预测湖南省榧树适宜分布区[J]. 中南林业科技大学学报,2024(5):46-55.
[15] ROJAS-BRICEÑO N B,GARCÍA L,COTRINA-SÁNCHEZ A,et al. Land suitability for cocoa cultivation in Peru: AHP and MaxEnt modeling in a GIS environment[J]. Agronomy,2022,12(12):2930.
[16] PHILLIPS S J,DUDIK M. Modeling of species distributions with Maxent:New extensions and a comprehensive evaluation[J]. Ecography,2008,31(2):161-175.
[17] 李晓霞,胡宽义,曾安逸,等. 基于 MaxEnt 模型预测海南外来入侵植物新记录种——沼生金纽扣在中国的潜在适生区[J]. 热带作物学报,2024,45(9):1989-1997.
[18] 陈炳耀,杨丛汶. 东亚江豚全球适宜栖息地分布预测[J]. 南京师范大学学报(自然科学版),2024,47(2):76-83.
[19] 雷军成,徐海根. 基于 MaxEnt 的加拿大一枝黄花在中国的潜在分布区预测[J]. 生态与农村环境学报,2010,26(2):137-141.
[20] 付殿霞,张亮,李小刚,等. 基于 MaxEnt 模型的甘肃连城国家级自然保护区二叶兜被兰潜在适宜生境评价[J]. 中国野生植物资源,2023,42(6):93-99.
[21] 陈程浩,龙主多杰,陆徐伟,等. 基于优化 MaxEnt 模型的中国紫堇属植物生境适宜性研究[J]. 生态学报,2023,43(24):10345-10362.
[22] 李林山,王梓瑜,刘米利,等. 气候变化下革苞菊属在中国的潜在适生区预测[J]. 中国野生植物资源,2024,43(6):97-106.
[23] 姜垒,胡喻华,吴玉芬,等. 基于 MaxEnt 模型的广东省红豆属植物潜在适生区研究[J]. 广西科学,2024,31(1):149-166.
[24] 王娟,杨宇明,杨科,等. 乌蒙山国家级自然保护区综合科学考察研究[M]. 北京:中国科学出版社,2023.
[25] 王振忠. 山西省野生猕猴桃资源调查[J]. 山西水土保持科技,2020(3):25-26.
[26] 刘磊,李作洲,刘春燕,等. 贵州东部地区猕猴桃野生种质资源调查[J]. 中国野生植物资源,2015,34(4):55-58.
[27] 张童,黄治昊,彭杨靖,等. 基于 Maxent 模型的软枣猕猴桃在中国潜在适生区预测[J]. 生态学报,2020,40(14):4921-4928.
[28] 曾超越,钟乾娟,王崇云,等. 中国连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)生态适宜区及种群特征[J]. 生态学杂志,2020,39(8):2704-2712.
[29] 徐艳玲,秦誉嘉,张源,等. 基于 MaxEnt 模型预测外来入侵植物刺果瓜在中国的潜在地理分布[J]. 植物保护学报,2022,49(5):1440-1449.
[30] 王连润,万红,陶磅,等. 云南野生猕猴桃资源调查及遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(6):1670-1681.
[31] 鲁绍凤,李学艳,全勇,等. 云南昭通市野生猕猴桃资源分布概况及存在问题[J]. 农业工程技术,2019,39(32):104-105.
[32] 赵金鹏,王闫利,陆兴利,等. 软枣猕猴桃在中国的适生区分析及对未来气候变化的响应[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(10):1523-1532.
[33] ZHAO X N,ZHENG Y T,WANG W,et al. Habitat suitability evaluation of different forest species in Lvliang Mountain by combining prior knowledge and MaxEnt model[J]. Forests,2023,14(2):438-452.
[34] MA Y N,LU X L,LI K W,et al. Prediction of potential geographical distribution patterns of *Actinidia arguta* under different climate scenarios[J]. Sustainability,2021(13):3526.

责任编辑:陈旭