

园林植物在动物运动场环境丰容中的应用——以北京动物园猩猩馆为例

郭金辉, 王争, 李艳辉, 崔雅芳 (北京动物园, 北京 100044)

摘要 为了有效改善圈养野生动物活动空间生态环境条件, 促进其行为多样性表现, 并减少异常行为发生, 通过应用可供采食、气味影响、蜜源吸引、掩体隐蔽和景观营造 5 方面功能性的园林植物, 调整北京动物园黑猩猩运动场已有现状植物, 补充新选择植物。结果表明: 在丰容后, 园林植物在功能作用发挥上, 对圈养黑猩猩行为改善提供了支持和帮助, 出现了营巢行为, 且探究、采食等学习行为明显增多, 园林植物作为环境丰容应用的新素材, 可以与设施丰容相契合, 充分地提升圈养动物运动场空间利用率和使用质量, 以满足圈养野生动物活动环境需求和生活福利需求。

关键词 园林植物; 灵长类动物; 环境丰容; 动物行为

中图分类号 S 688 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)12-0110-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.12.027



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of Landscape Plantings in Enriching the Environment of Animal Outdoor Enclosure—A Case of Orangutan House in Beijing Zoo

GUO Jin-hui, WANG Zheng, LI Yan-hui et al (Beijing Zoo, Beijing 100044)

Abstract In order to effectively improve the ecological environment conditions of the activities of captive wild animals, promote their behavioral diversity, and reduce the occurrence of abnormal behaviors, this research uses five functional aspects: availability, odor influence, nectar attraction, shelter concealment, and landscape construction. Landscape plantings, adjustments to existing plants in Beijing Zoo's chimpanzee outdoor enclosure and supplements to newly selected plants. The results showed that after enrichment, landscape plantings play a functional role and provide support and help to improve the behavior of captive chimpanzees. There have been unprecedented nesting behaviors, and learning behaviors such as exploring behaviors and feeding behaviors have increased significantly. As a new material for environmental enrichment applications, landscape plantings can be compatible with the enrichment of facilities, and fully improve the space utilization and use quality of captive animal outdoor enclosures to meet the environmental needs and life welfare needs of captive wildlife activities.

Key words Landscape plantings; Primates; Environmental enrichment; Animal behavior

环境丰容的重要性最早被灵长类研究专家 Robert Yerkes(1925)所认识^[1], 环境丰容理念也逐渐被更多的动物研究专家以及从事相关动物行业工作的人员所认同, 并且在实践中不断被发展和创新。在国内, 1995 年环境丰容概念被北京动物园首次提出, 并且这项工作也首先在猩猩馆开展^[2]。环境丰容作为一种动态的工作程序, 使圈养野生动物生存和生活所需的环境条件得以满足, 也为其表达更多典型自然行为或者本性行为提供机会^[3]。园林植物作为环境丰容的重要组成也逐渐被应用到丰容工作中。

园林植物作为动物展区体现自然景观或模仿栖息地环境的重要元素构成, 可有效改善圈养动物生活环境舒适度, 增加环境复杂性, 通过动物所处圈养环境的不断变化丰富动物行为表达, 由此变化还可以产生新的刺激或压力以提高圈养动物的适应能力和学习能力, 对促进圈养动物更多行为表达发挥重要作用, 这也是提高动物福利水平的有效途径之一^[4]。

对象动物行为多样性常被作为动物园评价动物健康是否具有福利的标准^[5]。黑猩猩行为是复杂多变的, 通过直接观察法可以观测到黑猩猩的一些活动目的, 从积极寻找和探索目的物, 到做出对目的物的最终反应, 科学地说, 即是动物欲求行为(appetitive behavior)到完成行为(consummatory behavior)的全过程^[6]。由于圈养条件限制, 黑猩猩行为不能得以充分表达, 参照现有人类对黑猩猩在栖息地的自然行为史

记录, 并结合以往黑猩猩行为研究成果^[7], 园林植物能有效地改善圈养黑猩猩的行为表现, 弥补人工饲养与野生状态之间的行为差异, 同时降低人为因素对其行为表现的干扰。作为对北京动物园猩猩馆丰容工作的延续和拓展, 该试验主要针对室外运动场进行园林植物环境丰容应用, 根据园林植物功能性与 3 只共同圈养黑猩猩(*Pan troglodytes*)行为需求相结合, 设计丰容区域及科学利用园林植物。在对丰容前后黑猩猩不同行为表现进行观察的基础上, 与园林植物生长状况相结合进行效果综合评价, 以期在有限的室外空间增加园林植物多样性, 同时基于“五项自由”的动物福利评估(FAWC, 2012)理念, 将改善室外运动场环境丰容一起纳入提高圈养黑猩猩福利工作中。

1 试验对象基本情况及室外运动场现状

1.1 试验对象 试验对象为黑猩猩, 均为 1986 年出生, 基本情况见表 1。

表 1 试验对象基本情况
Table 1 Basic information of test objects

序号 No.	动物名称 Animal name	呼名 Name	性别 Gender	出生年份 Year of birth
1	黑猩猩	菲菲	♂	1986
2	黑猩猩	安耐特	♀	1986
3	黑猩猩	阿诺克	♀	1986

1.2 室外运动场现状 试验地点定在猩猩馆中部室外运动场, 每年使用期为 4 月下旬至 10 月下旬。使用面积约 740 m², 由建筑外侧仿山石墙体、电栅栏及防护电草环绕闭

基金项目 北京市公园管理中心课题“园林植物在灵长类动物运动场中的应用”(zx2019017)。

作者简介 郭金辉(1979—), 男, 北京人, 工程师, 从事动物园园林绿化研究。

收稿日期 2021-07-19

合组成。运动场内设施丰富配有栖架 2 组,仿单杠立架 1 组,仿真树桩 3 个,并配有 4 个不同类型取食器,1 个取水口;园林植物主要为乔木、灌木以及一、二年生和多年生地被植物。

2 环境丰富中园林植物的选择和应用方法

2.1 园林植物一般性筛选原则与丰富应用选择标准

2.1.1 一般性筛选原则。该研究结合黑猩猩室外运动场现状、环境丰富新增需求及促进动物行为需要,遵循以下 4 个一般性筛选原则:①乡土植物种类占比达 50% 以上;②着重考虑植物功能性和景观性双重因子予以应用;③尝试栽植近似其自然栖息地植物形态的园林植物;④优先选用易于养护、耐受力或自我修复力较强的植物。

2.1.2 丰富应用选择标准。主要从 2 方面标准对园林植物进行进一步选择,一方面是功能性,即能发挥 5 类功能性作用中至少 1 种功能的园林植物(表 2);二是适用性,即综合考量园林植物丰富适用性(表 3),其中动物接触度是指动物对园林植物的损伤程度,高、中、低 3 个等次分别指损伤乔、灌木类植物个体>50%、25%~50%、≤25%,损伤草坪、地被类数量或面积>50%、25%~50%、≤25%;生长状况是指对园林植物自身生长状况、自我修复能力、对景观影响程度、对动物活动空间侵占程度及对动物行为影响价值等进行综合观察的结果。结合以上原则与标准,综合评价选择出功能性匹配、损伤程度低,且生长状况良好的园林植物作为丰富首选。

表 2 园林植物功能性选择标准

Table 2 Functional selection criteria of garden plants		
序号 No.	类别 Category	对圈养野生动物产生的作用 Effect on captive wild animals
1	可供采食	丰富采食行为及营养补充
2	气味影响	气味吸引、探究行为或植物阻隔
3	蜜源吸引	丰富探究行为、采食行为
4	掩体隐蔽	分隔、回避、防护
5	景观营造	动物活动空间环境改善和提升

表 3 园林植物丰富适用性选择标准

Table 3 Selection criteria for abundance and suitability of garden plants		
级别 Level	动物接触度 Animal exposure	生长状况 Growth status
1	高	好
2	中	一般
3	低	较差

2.2 环境丰富中园林植物的应用方法

2.2.1 自然与人工交替选择应用法。借鉴“宫胁法”植物演替理念^[8],对园林植物优势种类进行本底调查,并结合动物行为表现和活动轨迹,将运动场自然选择保留下来的优势种类进行进一步筛选,在此基础上结合人工方法,如补充栽植等,得到以动物行为需求为目的,与环境丰富相匹配,满足运动场生长条件的园林植物,使园林植物与圈养动物达到较为理想、平衡的生态关系。这种方法,使运动场自然资源得以

保留并发挥作用,实现生态化展示风格的同时^[9],缩短丰富物种类选择时间,提高丰富应用效果,节约丰富物材料,同时避免因现状环境变化过大对动物造成不适应。

2.2.2 植物应用空间分隔法。通过植物环境改善、植物分区调整、人为饲喂方式变换以及设施丰富更新等方法,提高运动场空间利用率,可以有效丰富圈养动物行为,其本质是提高运动场活动空间使用质量。越来越多的科学研究显示,为促进动物行为表现,改变有限空间丰富内容的复杂性要比改变空间大小变化更为有用^[10]。笔者也是尝试利用功能性园林植物进行科学空间分布设计和功能性分隔,以发挥不同功能性作用来提高运动场空间利用率和使用质量,丰富圈养野生动物的行为选择性。

3 园林植物对圈养黑猩猩行为变化的影响

3.1 园林植物整体应用效果对圈养黑猩猩行为的影响 该试验在园林植物整体应用的效果上,使黑猩猩的积极行为和一般行为有所上升,异常行为显著下降。其主要表现在以下几个方面:一是更多观察发现,野外生存黑猩猩每天都有在栖息地摘取或折断阔叶植物叶片筑巢的习性,运动场芭蕉的种植为其提供了条件,使黑猩猩表达出玩耍甚至营巢这种复杂行为表现,虽然芭蕉被逐渐破坏直至死亡,但其发挥的作用不容小觑。二是可供采食类园林植物,让黑猩猩消耗更多时间和精力去探究这些植物,甚至表现出后续的摘取行为和进食行为,让黑猩猩除找寻饲养人员固定投喂的食物外,也对园林植物产生兴趣。其中探究行为刺激表现,一方面可改善和增加圈养黑猩猩的学习能力,另一方面增加了黑猩猩食物摄取种类和营养来源。三是促进黑猩猩积极行为和一般行为的发生频次和时间长度,以及异常行为的减少或消失,也为黑猩猩对新事物认知与探索行为的展示提供了更多选择机会。这说明在有限圈养空间内对园林植物进行优化选择,结合动物行为需求进行补充调整,提高园林植物多样性程度,可使黑猩猩行为表现更加丰富。

3.2 不同功能性园林植物及其对圈养黑猩猩行为的影响

3.2.1 适用园林植物。试验最终筛选出 29 种适用于黑猩猩运动场丰富应用的园林植物(表 4、5),有效发挥了功能性和适应性作用,提高了圈养环境的多样性和复杂性,为动物行为表达,尤其为学习能力提升提供了帮助。

3.2.2 适用园林植物功能分析。

3.2.2.1 可供采食类。可供采食类园林植物为圈养条件下缺少环境刺激的动物提供复杂的采食环境^[11],同时还能引导动物对食物的感知认识和适口性选择,进一步表现出探究行为和采食行为,同时多样的食物种类也可作为圈养动物的潜在营养来源,为改善身体健康状况提供帮助^[12]。

该试验发现,刺槐在盛花期对黑猩猩行为表现影响最为明显,它会沿树干攀登至可承载其体重的主枝附近,采食周边花朵。而山楂、无花果、番薯 3 种不同类型和高度的植物新植于栖架周边,黑猩猩在栽植后 1~3 d 出现试探性采摘行为(以叶片为主),并逐渐增加采食次数,在 7~14 d 将大部分叶片食用,待植物重新萌发后继续采食。这些采摘活动一般

表 4 试验用现状生长类园林植物种类及应用效果

Table 4 Types and application effects of current growing garden plants used in the experiment

序号 No.	植物名称 Plant name	拉丁学名 Latin name	科/属 Family/Genus	功能作用 Function	动物接触度 Animal exposure	生长状况 Growth status	是否推荐 Recommended
1	槐	<i>Styphnolobium japonicum</i>	豆科槐属	采食及景观	低	好	是
2	刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i>	豆科刺槐属	采食及景观	低	好	是
3	枸杞	<i>Lycium chinense</i>	茄科枸杞属	采食及景观	低	好	是
4	蛇莓	<i>Duchesnea indica</i>	蔷薇科蛇莓属	采食及景观	低	好	是
5	朝天委陵菜	<i>Potentilla supina</i>	蔷薇科委陵菜属	景观	低	好	是
6	早开堇菜	<i>Viola prionantha Bunge</i>	堇菜科堇菜属	景观	低	好	是
7	葎菜	<i>Rorippa indica</i>	十字花科葎菜属	景观	低	好	是
8	芥	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	十字花科芥菜属	景观	低	好	是
9	鸡矢藤	<i>Paederia foetida</i>	茜草科鸡矢藤属	景观	低	较差	否
10	茜草	<i>Rubia cordifolia</i>	茜草科茜草属	景观	低	较差	否
11	藜	<i>Chenopodium album</i>	藜科藜属	景观	低	较差	否
12	附地菜	<i>Trigonotis peduncularis</i>	紫草科附地菜属	景观	低	好	是
13	葎草	<i>Humulus scandens</i>	桑科葎草属	景观	低	较差	否
14	泥胡菜	<i>Hemistepia lyrata</i>	菊科泥胡菜属	景观	低	好	是
15	菱蒿	<i>Artemisia selengensis</i>	菊科蒿属	景观	低	好	是
16	长萼栝楼	<i>Trichosanthes laceribractea</i>	葫芦科栝楼属	景观	低	较差	否
17	稗	<i>Echinochloa crus-galli</i>	禾本科稗属	景观	低	较差	否
18	平车前	<i>Plantago depressa</i>	车前科车前属	景观	低	好	是
19	鸭跖草	<i>Commelina communis</i>	鸭跖草科鸭跖草属	景观	低	好	是

表 5 试验用人工栽植类园林植物种类及应用效果

Table 5 Types and application effects of artificial garden plants used in the experiment

序号 No.	植物名称 Plant name	拉丁学名 Latin name	科/属 Family/Genus	功能作用 Function	动物接触度 Animal exposure	生长状况 Growth status	是否推荐 Recommended
1	山楂	<i>Crataegus pinnatifida</i>	蔷薇科山楂属	采食及景观	高	较差	否
2	无花果	<i>Ficus carica</i>	桑科榕属	采食及景观	高	较差	否
3	番薯	<i>Ipomoea batatas</i>	旋花科虎掌藤属	采食及景观	中	一般	是
4	薄荷	<i>Mentha canadensis</i>	唇形科薄荷属	气味及景观	低	好	是
5	红王子锦带	<i>Weigela florida</i> ‘Red Prince’	忍冬科锦带花属	蜜源及景观	低	好	是
6	荆条	<i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i>	唇形科牡荆属	蜜源及景观	低	好	是
7	金山绣线菊	<i>Spiraea × bumalda</i> ‘Goalden Mound’	蔷薇科绣线菊属	蜜源及景观	低	好	是
8	千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i>	千屈菜科千屈菜属	蜜源及景观	低	较差	否
9	卫矛	<i>Euonymus alatus</i>	卫矛科卫矛属	掩体及景观	低	好	是
10	狼尾草	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	禾本科狼尾草属	掩体及景观	低	好	是
11	斑叶芒	<i>Miscanthus sinensis</i> ‘Variegatus’	禾本科芒属	掩体及景观	低	好	是
12	细叶芒	<i>Miscanthus sinensis</i> ‘Gracillimus’	禾本科芒属	掩体及景观	低	好	是
13	蜡梅	<i>Chimonanthus praecox</i>	蜡梅科蜡梅属	景观	低	较差	否
14	芭蕉	<i>Musa basjoo</i>	芭蕉科芭蕉属	景观	高	较差	否
15	紫花地丁	<i>Viola philippica</i>	堇菜科堇菜属	景观	低	好	是
16	紫叶矾根	<i>Heuchera micrantha</i> ‘Palace Purple’	虎耳草科矾根属	景观	低	较差	否
17	马蔺	<i>Iris lactea</i>	鸢尾科鸢尾属	景观	低	好	是
18	扶芳藤	<i>Euonymus fortunei</i>	卫矛科卫矛属	景观	低	好	是
19	麦冬	<i>Ophiopogon japonicus</i>	天门冬科沿阶草属	景观	低	好	是
20	荚果蕨	<i>Matteuccia struthiopteris</i>	球子蕨科荚果蕨属	景观	低	较差	否
21	菲白竹	<i>Pleioblastus fortunei</i>	禾本科苦竹属	景观	低	好	是
22	蓝羊茅	<i>Festuca glauca</i>	禾本科羊茅属	景观	低	好	是
23	丝带草	<i>Phalaris arundinacea</i> var. <i>picta</i>	禾本科藨草属	景观	低	好	是

出现在取食完人工饲喂食物之后。随着园林植物被采食,一方面,植物应对动物取食有规避或耐受 2 种基本方式,当取食无法避免时,植物通常会通过取食后提高生长和繁殖等策略适应动物所带来的伤害。动物对植物取食的强度或者是否超出植物恢复生长的阈值,也决定着植物是否能通过生长补偿,使自身生长得以正常恢复^[13]。另一方面,在动物能量学和动物营养学范畴下,研究黑猩猩采食植物中,通过筛选、

种植及调整,丰富采食植物种类,以降低圈养黑猩猩对这类植物因过度采食而造成损伤,从而增加植物自我修复和生长补偿时间^[14]。

3.2.2.2 气味影响类。气味影响类园林植物,可以利用植物枝叶、花朵、果实或种子的特有气味,来吸引动物采食;或利用某些刺激性味道(非伤害性味道)阻隔动物,作为如壕沟、电草等防护设施的缓冲区,减少直接触碰的概率;或利用植

物自身分泌杀菌素或驱虫作用,减少运动场内植物病虫害发生,降低环境丰富维护成本;或利用动物有寻找自然界“天然药物”治疗自身疾病的行为^[15]。

该试验只选取薄荷作为功能性园林植物对象,其叶具有特殊芳香气味,且有杀菌和驱虫能力,2019 年栽植于南侧栖架内侧,2020 年和 2021 年安全越冬,生长势旺盛,除刚栽植时,黑猩猩表现出探究行为,以后未产生过多兴趣,甚至出现躲避行为,这可能由黑猩猩对薄荷刺激性气味的不适性引起。后期近植于栅栏阻隔区域附近,利用黑猩猩的厌恶性起到阻隔作用,以减少物理防护措施对黑猩猩身体触碰造成的影响。受试验场地及试验时间限制,关于药用植物或具有药用价值类园林植物丰富对黑猩猩行为的影响,有待今后作为专项内容研究。

3.2.2.3 蜜源吸引类。蜜源吸引类园林植物可作为圈养动物食物营养补充及景观营造类园林植物使用,发挥其生态价值和景观价值。相关资料显示,植物花朵也是黑猩猩重要的食物来源之一,所以该试验在现状刺槐以外,又栽植了荆条、锦带花和绣线菊,其长势良好,在提升景观的同时,更重要的是促进黑猩猩表现出比较明显的探究行为和采食行为。这说明多种蜜源植物提高了园林植物对黑猩猩的吸引力,在丰富黑猩猩食物多样性的同时,既延长了黑猩猩采食行为中对采食植物的选择与判别过程,又进一步激发了其探究行为表现。

3.2.2.4 掩体隐蔽类。掩体隐蔽类园林植物可为动物提供隐蔽空间创造条件,减少不安因素干扰或影响,增加动物安全感,同时丰富游客参观体验内容,满足部分游客“猎奇”的参观心理^[7]。

该试验选用卫矛、狼尾草、斑叶芒、细叶芒等常绿灌木或观赏草类,其枝条较为柔软,高度在 60~90 cm,组合成片栽植。其作用效果表现为以下 3 方面:一是对投喂点进行阻隔,有效减少黑猩猩间获取食物时的争抢行为;二是为处于主导地位的黑猩猩在发怒、恐吓或攻击时为弱势黑猩猩提供临时躲避场所;三是在黑猩猩受到游客干扰时,提供回避保护区域,降低因游客喧嚣或视线压力对其带来的环境不适。

3.2.2.5 景观营造类。动物室外运动场景观营造不同于以游人为服务主体的公园景观,服务核心是动物,园林植物应用在充分考虑满足动物福利需求后,多维度考虑调整有限活动空间和较为单一的区域生境,在条件允许下尽可能地模拟圈养动物适宜生存的生境,再考虑与周围景观的协调性和统一性。

该试验所有园林植物均作为景观营造类参与其中,既有群落层次划分且与动物行为相关,又与外界游客形成“兼顾”,其景观整体性发挥了不可忽视的作用。在园林植物设计营造的功能性、特殊性、生态性作用下^[16],被优化的运动场环境,使黑猩猩行为表达明显增多,通过聚焦扫描观察,可以发现黑猩猩在运动场活动轨迹呈多样化选择趋势,尤其景观营造初期这种表现上升较为明显,然后逐渐下降,后期又产生兴趣。这说明随着园林植物丰富物的持续动态调整或

生长变化,黑猩猩在其行为需求驱动下会形成较为平稳的波动曲线,建立起较为平稳且相对密切的动植物关系。

4 结论

园林植物能够对圈养灵长类动物行为多样性产生一定的正向影响,使其积极行为逐渐增多,异常行为显著减少,即便由于个体行为差异和性格特异性的存在,使得每种园林植物功能性发挥对不同动物个体的行为影响也不尽相同,但总体作用是向好的。

在选择应用园林植物时,首先要把“动物行为需求”放在首位,为其充分表达自然本性和学习行为创造条件;其次考虑不同个体差异性,为参照指标开展相应丰富工作,这样才不会因环境不良压力或逆向刺激,引起动物本身的不适^[17];最后无论采取何种形式的园林植物丰富,都要贴合圈养环境条件,尊重动物生活习性,并充分考虑游客的客观影响,这样才能全面完整地应用好园林植物,体现应用的最佳效果。同时,根据动物不同需求合理进行运动场空间分布,让有限空间在竖向层面和横向层面的内容更加丰富化、复杂化,使得动物有更多的行为选择,提高运动场空间利用率。

综上所述,随着专业人员对环境丰富应用研究的深入,以及公众对动物保护意识的增强及对动物福利工作认识的加深,不断提升野生动物圈养生态环境条件及营造舒适生活空间成为大家的共识。园林植物作为重要的生态环境要素,为圈养动物生活环境改善提供了必不可少的支撑,也为动物室外运动场丰富增添了新的设计素材,开辟了新的研究方向,以此为依托,圈养野生动物的生活福利也会越来越好。

参考文献

- [1] MELLE J, MACPHEE M S. Philosophy of environmental enrichment: Past, present, and future[J]. Zoo biology, 2001, 20(3): 211-226.
- [2] 张轶卓, 何绍纯. 动物园环境丰富操作手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019: 2.
- [3] 田秀华, 张丽烟, 王晨, 等. 动物园环境丰富技术及其效果评估方法[J]. 野生动物, 2007, 28(3): 64-68.
- [4] 何鑫, 刘定震. 圈养灵长类动物丰富方法研究[J]. 生物学通报, 2013, 48(11): 1-4.
- [5] 何硕. 浅谈“富肋法”在近自然林建设中的应用[J]. 花卉, 2019(4): 213-214.
- [6] 张恩权. 应用分配通道提高动物园场地利用率[J]. 野生动物学报, 2021, 42(2): 512-516.
- [7] 张恩权, 李晓阳, 古远. 动物园野生动物行为管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 50-53.
- [8] 霍西 G, 梅尔菲 V, 潘克赫斯特 S. 动物园动物: 行为、管理及福利[M]. 田秀华, 刘群秀, 马雪峰, 等译. 北京: 科学出版社, 2017.
- [9] 尚玉昌. 动物行为学[M]. 2 版. 北京: 北京大学出版社, 2014.
- [10] 李华, 潘文婧, 刘东强, 等. 环境丰富对圈养黑猩猩行为的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(4): 410-414.
- [11] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [12] NEWBERRY R C. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments[J]. Applied animal behaviour science, 1995, 44: 229-243.
- [13] VAN DER MAAREL E, FRANKLIN J. 植被生态学[M]. 杨明玉, 欧晓昆, 译. 2 版. 北京: 科学出版社, 2017.
- [14] 尚玉昌. 行为生态学[M]. 2 版. 北京: 北京大学出版社, 2018.
- [15] 李光武. 被忽视的气态疗法——芳香疗法, 气味疗法及氧气疗法[J]. 恋爱婚姻家庭(养生), 2015(4): 59-61.
- [16] 徐翔军. 沉浸式植物景观在动物展区内的应用: 以南京市红山森林动物园猫科馆为例[J]. 园林, 2020(6): 64-69.
- [17] 何鑫, 王福云. 动物性格及对提高动物福利的影响[J]. 野生动物学报, 2019, 40(1): 229-232.