



风味剂对未成年圈养大熊猫摄食竹叶的影响

鲜义坤¹, 黄山^{2,3}, 刘张育^{4,5}, 徐亚琳^{2,3}, 黄明亚^{4,5}, 邹文勇^{2,3}, 王伟^{4,5},
曾文^{2,3}, 钟红宇⁶, 刘娟^{2,3}, 魏明^{2,3}, 黄润⁷, 李果^{2,3}, 马黎民⁸, 张贵权^{2,3*}

(1. 四川省自然资源科学研究院, 成都, 610041;

2. 大熊猫国家公园珍稀动物保护生物学国家林业和草原局重点实验室, 成都, 611830;

3. 中国大熊猫保护研究中心, 成都, 611830; 4. 成都大帝汉克生物科技有限公司, 成都, 611130;

5. 四川省动物采食调控工程技术研究中心, 成都, 611130;

6. 四川农业大学动物医学院, 成都, 611130; 7. 吉林农业科技学院中药学院, 吉林, 132109;

8. 吉林农业大学动物科学技术学院, 长春, 130118)

稿件运行过程

收稿日期: 2023-06-30

修回日期: 2023-07-26



关键词: 大熊猫;
未成年;
风味剂;
竹叶;
嗅感品评;
口感品评;
饲喂效果

Key words: Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*);
Juvenile;
Flavor agent;
Bamboo leaf;
Olfactory evaluation;
Gustatory evaluation;
Feeding effect

中图分类号: S864.4

文献标识码: A

文章编号:

2310-1490(2024)-02-0276-15

DOI: 10.12375/ysdwx.20240206

摘要

为了探究未成年圈养大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)选择性摄食的风味机制,根据未成年圈养大熊猫摄食行为特点、熟悉的食物香气和喜欢的食物味道,自主研发出一种未成年圈养大熊猫的专用风味剂。经专业人员的嗅感和口感品评,该风味剂可以改善未成年圈养大熊猫所食竹叶的主要气味和味道。2022年6月—2023年3月,用刺黑竹(*Chimonobambusa purpurea*)、斑苦竹(*Pleiolblastus maculatus*)、金佛山方竹(*Chimonobambusa utilis*)和八月竹(*Ch. szechuanensis*)的竹叶饲喂7只(3♂,4♀)1.5岁段(15~20月龄)圈养大熊猫幼仔、6只(2♂,4♀)2.5岁段(27~30月龄)和6只(3♂,3♀)4.0岁段(45~52月龄)圈养大熊猫亚成体。试验组竹叶喷雾风味剂,对照组竹叶不喷。试验期间,每天早饲和午饲时段各进行30 min的饲喂试验并相互交换两组竹叶所放位置。通过未成年圈养大熊猫的自由选择摄食试验及其摄食过程的录像回放,观测试验组和对照组竹叶的摄食先后顺序、最长连续摄食时间、摄食总时长、摄食竹枝数量和竹叶摄食量。结果表明:(1)风味剂可显著提升1.5岁段受试大熊猫幼仔最先摄食次数的占比;(2)风味剂可显著增加1.5岁段和2.5岁段受试未成年大熊猫摄食竹叶的最长连续摄食时间,平均增加率分别为339.32%和102.59%;(3)风味剂可显著增加1.5岁段和2.5岁段受试未成年大熊猫摄食竹叶的总时长,平均增加率分别为310.45%和129.91%;(4)风味剂可显著提高1.5岁段、2.5岁段和4.0岁段受试未成年大熊猫摄食竹枝数量,平均增食率分别为186.20%、80.87%和103.12%;(5)风味剂可显著提高1.5岁段、2.5岁段和4.0岁段受试未成年大熊猫摄食竹叶量,平均增食率分别为154.21%、118.02%和109.77%。因此,专用风味剂可以增强竹叶对未成年圈养大熊猫的诱食性,具有显著的增食竹叶效果。

基金项目: 大熊猫国际合作资金项目(林护发[2017]115号);四川省科技计划重点研发项目(2019YFS0462)

第一作者简介: 鲜义坤(1963—),男,研究员;主要从事珍稀濒危野生经济动物养殖研究。E-mail:1849109302@qq.com

*通信作者: 张贵权,E-mail:974798676@qq.com

Effect of a Flavor Agent on Bamboo Leaves Ingested by Captive Juvenile Giant Pandas

XIAN Yikun¹, HUANG Shan^{2,3}, LIU Zhangyu^{4,5}, XU Yalin^{2,3}, HUANG Mingya^{4,5},
ZOU Wenyong^{2,3}, WU Wei^{4,5}, ZENG Wen^{2,3}, ZHONG Hongyu⁶, LIU Juan^{2,3},
WEI Ming^{2,3}, HUANG Run⁷, LI Guo^{2,3}, MA Limin⁸, ZHANG Guiquan^{2,3*}

- (1. Sichuan Provincial Academy of Natural Resource Sciences, Chengdu, 610041, China;
2. Key Laboratory of SFGA on Conservation Biology of Rare Animals in the Giant Panda National Park, Chengdu, 611830, China;
3. China Conservation and Research Center for the Giant Panda, Chengdu, 611830, China;
4. Dadihank Biotech Corp., Chengdu, 611130, China;
5. Sichuan Engineering Technology Research Center for Animal Feeding Regulation, Chengdu, 611130, China;
6. College of Veterinary Medicine, Sichuan Agricultural University, Chengdu, 611130, China;
7. School of Traditional Chinese Medicine, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin, 132109, China;
8. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun, 130118, China)

Abstract: In order to explore the flavor mechanism of selective ingestion by captive juvenile giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*), a special flavor agent was independently studied and developed for captive juvenile giant pandas, according to the ingestive behavior characteristics, familiar food aroma and favorite food taste of captive juvenile giant pandas. Through the olfactory and gustatory evaluations by professionals, the flavor agent could improve the main odors and tastes of bamboo leaves. From June 2022 to March 2023, the bamboo leaves of *Chimonobambusa purpurea*, *Pleioblastus maculatus*, *Chimonobambusa utilis* and *Ch. szechuanensis* were fed to seven about 1.5-year-old captive giant panda cubs (three males and four females), six about 2.5-year-old (two males and four females) and six about 4.0-year-old subadult captive giant pandas (three males and three females). Only the test group's bamboo leaves were sprayed with the flavor agent, but not the control group. During each morning and mid-day feeding time, the feeding test was carried out for 30 minutes, and the placement of two different groups of bamboo leaves were swapped. The sequences ingested the test group's bamboo leaves and control group's bamboo leaves, maximum continuous ingesting time, total ingesting time, the number of ingested bamboo branches and bamboo leaf intakes were quantified through free choice ingestion tests of the captive juvenile giant pandas and video replays of their ingestion processes. The results showed that: (1) The flavor agent could significantly increase the proportion of first ingestion times of the 1.5-year-old giant panda cubs. (2) The flavor agent could significantly increase the maximum of continuous ingesting time of the 1.5-year-old and 2.5-year-old juvenile giant pandas, and the averaged increase rate was 339.32% and 102.59%, respectively. (3) The flavor agent could significantly increase total ingesting time of bamboo leaves by 1.5-year-old and 2.5-year-old tested juvenile giant pandas, and the averaged increase rate was 310.45% and 129.91%, respectively. (4) The flavor agent significantly increased the bamboo branch number ingested by 1.5-year-old, 2.5-year-old and 4.0-year-old tested juvenile giant pandas, and the averaged increase rate was 186.20%, 80.87% and 103.12%, respectively. (5) The flavor agent also significantly increased the bamboo leaf intake by 1.5-year-old, 2.5-year-old and 4.0-year-old tested juvenile giant pandas, and the averaged increase intake rate was 154.21%, 118.02% and 109.77%, respectively. Therefore, the special flavor agent could strengthen bamboo leaf ingestion inductivity by captive juvenile giant pandas and had significant effects on increasing bamboo leaf intake.

风味剂或称调味剂、诱食剂,因有调味和诱食的作用,早已在人的食品和多种家养动物的饲料中广泛应用^{[1]6-7}。动物主要通过嗅觉和味觉感知饲料发出的风味(气味和味道)信息,以抉择与自己风味偏好一致或相近的饲料摄入^[2]。不同种类的动物,嗅觉和味觉的灵敏度有所不同,喜好的饲料香气和味道都有所差异,摄食行为模式也不尽一致,风味剂的原料组成、风味类型、起效浓度和使用方式方法等因动物种类不同而异^{[1]152-190}。

大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)属我国特有的珍稀兽类,深受全球人民的喜爱。近些年,随着养殖技术的不断创新,大熊猫的人工饲养种群数量呈连续增长态势,2018年底增至548只^[3];2020年底达到630只,其中在我国本土有571只,以国际合作方式在其他19个国家有59只^[4]。哺乳期特别是哺乳后期(0.5~1.5岁或断奶)的大熊猫幼仔生长发育快,在人工饲养条件下流质性母乳或奶粉还原乳不能满足日益增长的营养需求,需要逐步学会摄食固态性食物,如特制窝窝头、苹果、胡萝卜、竹笋、竹叶和竹秆等,其生活环境、个体生理和心理等都会发生较大变化,如何帮助大熊猫幼仔平稳、较快地进行食物过渡和食性转换是此阶段饲养管理的工作重点^[5],也是值得探究的科研课题。

根据未成年圈养大熊猫摄食行为的特点、熟悉的食物香气和喜欢的食物味道,在研究圈养大熊猫幼仔喜食的母乳和“盆盆奶”的风味特征与香气成分^[6-9]基础上,模拟未成年圈养大熊猫喜食食物的风味特征,采用多种食品级单体风味原料,经过多次配方筛选与生产工艺流程的改进,在国内外率先自主研发出未成年圈养大熊猫专用风味剂,于2022年6月在中国大熊猫保护研究中心卧龙神树坪基地(以下简称“卧龙神树坪基地”)和2022年10月—2023年3月在中国大熊猫保护研究中心都江堰基地(以下简称“都江堰基地”)进行了饲喂试验,测试了未成年圈养大熊猫专用风味剂的实际饲喂效果。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 竹种及部位选取

刺黑竹(*Chimonobambusa purpurea*)产于四川省崇州市文井江镇,竹龄3年,叶龄1~2年;斑苦竹

(*Pleioblastus maculatus*)产于四川省都江堰市蒲阳街道办原向峨乡,竹龄3年以上,叶龄1~2年;金佛山方竹(*Chimonobambusa utilis*)和八月竹(*Ch. szechuanensis*)均产于四川省汶川县三江镇,竹龄2年,叶龄2个月~1年2个月。上述4种竹子均为人工栽培,竹叶新鲜,叶片舒展,呈嫩绿色至深绿色,均属都江堰基地和卧龙神树坪基地每次饲喂试验时的当期常喂竹种。试验时从购回的同捆竹子中挑选出新鲜、干净和枝繁叶茂的竹子顶部(包括竹秆、所有竹枝及其叶片和叶柄)作为试验用材,砍去无枝叶或枝叶较少的部分竹秆。随机分成竹子种类和根数相同、竹秆粗细和枝叶数量大致相近的对照组和试验组,分别对两组称质量,记录为喂前质量。试验组竹子在竹秆底部和中部竹节位置贴上口序纸作为标记,便于观察、识别,向试验组的竹叶喷雾风味剂,而对照组竹子的竹节不贴口序纸,竹叶也不喷风味剂。

1.1.2 专用风味剂

专用风味剂是由多种食品级呈香和呈味原料调制而成,奶香,味甜,液态,喷雾使用。

1.2 受试动物

受试19只未成年大熊猫圈养于卧龙神树坪基地和都江堰基地,临床健康状况良好,基本信息详见表1。日粮以竹子为主,以特制窝窝头(配合性精饲料)、胡萝卜和苹果为辅,自由采食和饮水,圈舍内随意活动,按照卧龙神树坪基地和都江堰基地既定的饲养规程进行日常饲喂和管理,在每次饲喂试验开始前先由固定的饲养员照常喂给一些规定的食物,并非在严重饥饿状态下进行饲喂试验。

1.3 自由选择摄食试验方法

清扫(洗)试验用大熊猫圈舍的内舍,然后间隔摆放事先备好的对照组和试验组竹子,开启摄像机录像,放入受试大熊猫,关闭试验用内舍的所有出入口,全部人员离开内舍,锁门,任大熊猫自由选择摄食。试验历时30 min,结束后放出受试大熊猫,从内舍中取出受试大熊猫食后剩余的对照组和试验组竹子,分别称质量,记录为食后质量,然后观测竹枝被食枝数。试验期间在每天的早饲时段(09:00—10:00)和午饲时段(14:00—15:00)各进行1次试验。每次饲喂试验都要相互交换对照组和试验组竹子的摆放位置,以消除两组竹子的摆放位置对受试大熊猫摄食两组竹叶的影响。对照组或试验组竹子在试验内

表1 受试未成年圈养大熊猫的基本信息

Tab. 1 Basic information of the captive juvenile giant pandas

序号 No.	呼名 Name	性别 Gender	出生日期 Date of birth	谱系号 Pedigree number	试验期间 During testing			
					年龄段 Age group	月龄 Age(month)	是否断奶 Weaning or not	是否同圈 In the same pen or not
1	青宝 Qingbao	♀	2021-09-12	1342	1.5岁段	17	否	是
2	青仔 Qingzai	♂	2021-09-12	1341		15	否	是
3	青露 Qinglu	♀	2021-08-06	1330		16	否	是
4	青花 Qinghua	♀	2021-08-06	1329	2.5岁段	20	是	与茅茅和宝元同住
5	茅茅 Maomao	♂	2021-08-04	1328		29	是	是
6	宝元 Baoyuan	♂	2021-08-04	1327		30	是	是
7	林溪 Linxi	♀	2021-07-27	1322	4.0岁段	27	否	是
8	峨眉 Emei	♀	2020-09-10	1302		29	否	是
9	浓浓 Nongnong	♂	2020-08-28	1301		29	是	与南小月同住
10	漫漫 Manman 1	♀	2020-08-27	1299	4.0岁段	45	是	独居
11	深深 Shenshen	♀	2020-08-27	1298		51	是	与皓月同住
12	巢天骄 Chaotianjiao	♂	2020-08-03	1292		46	是	独居
13	顿顿 Dundun	♀	2020-07-29	1289	4.0岁段	52	是	与满满同住
14	满满 Manman 2	♂	2018-09-19	1167		47	是	与满满同住
15	家宝 Jiabao	♂	2018-08-17	1155		48	是	与巧月同住
16	巧月 Qiaoyue	♀	2018-08-09	1150	4.0岁段	46	是	与皓月同住
17	玲琅 Linglang	♀	2018-07-12	1136		52	是	独居
18	南小月 Nanxiaoyue	♀	2018-07-10	1135		47	是	与满满同住
19	皓月 Haoyue	♂	2018-06-27	1130	4.0岁段	48	是	与巧月同住

舍里的摆放位置距受试大熊猫入口较远者即为下文中的“远处”，距入口较近者即为“近处”。“青露”和“青花”、“茅茅”和“宝元”、“青宝”和“青仔”、“满满”和“南小月”、“巧月”和“皓月”多数饲喂试验都是2只一起进行，但有时一只幼仔或亚成体在树上休息等原因不能被唤回，也进行了单只的饲喂试验。此外，其他幼仔或亚成体因个体较大而试验内舍面积相对较小，只能进行单只试验。通过现场记录和录像回放，记录每次30 min试验过程中大熊猫最先摄食组别（对照组或试验组）的次数和连续摄食时间。专用风味剂饲喂未成年圈养大熊猫试验的地点、日期、时间和供试竹种等信息见表2。

1.4 竹叶风味的品评方法

从选好的、即将进行饲喂试验的供试竹枝上随机多点摘取若干整片新鲜竹叶，所采样品可代表受试大熊猫当次试验所食的竹叶。竹叶样品在装有冰

袋的保温箱中运输，在冰箱中-18℃保存。鉴于研究人员已对大熊猫所食的斑苦竹鲜叶^[10]、刺黑竹鲜叶和八月竹鲜叶^[11]进行过气味品评，因此，仅以金佛山方竹鲜叶为例，研究对照组和试验组竹叶的风味差异情况。

将采集的金佛山方竹叶随机分成叶片数量相同、大小相近的对照组和试验组，试验组叶片在叶柄部贴口序纸作为标记，然后向整个叶片喷雾风味剂，喷雾的方法和剂量同饲喂试验。每位专业品评小组成员单独品评，先进行嗅感气味品评，后进行口感味道品评，具体方法参见文献[6, 10-11]。气味的相对强弱采用10分定义的标度方法计分：“0”表示“不存在的”；“2”表示“微微的”；“4”表示“轻微的”；“6”表示“明确的”；“8”表示“显著的”；“10”表示“非常显著的”^[10-11]。每个气味品评指标的最终得分结果是去掉1个最高评分和1个最低评分后的算术平均值。

表2 专用风味剂饲喂未成年圈养大熊猫试验的信息

Tab. 2 Information on a special flavor agent fed to the captive juvenile giant pandas

饲养地点 Feeding site	呼名 Name	圈舍编号 Pen No.	风味剂的饲喂试验 Feeding test of a special flavor agent			
			起止日期 Start and end dates	试验时间/d Duration	饲喂竹种 Fed bamboo species	饲喂方式 Feeding style
都江堰基地 Dujiangyan base	青露 & 青花 Qinglu & Qinghua	检疫区J-02	2022年11月16—23日	5	刺黑竹	多数2只一起&少数单独
			2022年11月24—27日	4	斑苦竹	多数2只一起&少数单独
	茅茅 & 宝元 Maomao & Baoyuan	碟泉园D-08	2022年12月15—19日	5	金佛山方竹	多数2只一起&少数单独
	青宝 & 青仔 Qingbao & Qingzai	盼盼园P-03	2023年2月20—24日	5	金佛山方竹&八月竹	多数2只一起&少数单独
	林溪 Linxi	碟泉园D-08	2023年3月27—31日	5	金佛山方竹&八月竹	单独
	漫漫 Manman 1	双楠园S-02	2022年10月31日—11月3日	4	斑苦竹	单独
			2022年11月4—7日	4	刺黑竹	单独
	深深 Shenshen	双楠园S-02	2022年10月31日—11月3日	4	斑苦竹	单独
			2022年11月4—7日	4	刺黑竹	单独
	巢天骄 Chaotianjiao	盼盼园P-01	2023年1月3—9日	6	八月竹&金佛山方竹	单独
	顿顿 Dundun	盼盼园P-01	2023年1月3—9日	6	八月竹&金佛山方竹	单独
	峨眉 Emei	碟泉园D-03	2023年2月6—15日	4	金佛山方竹&八月竹	单独
	糯糯 Nongnong	碟泉园D-03	2023年2月14—17日	3	金佛山方竹&八月竹	单独
	卧龙神树坪基地 Wolongshenshuping base	满满 & 南小月 Manman 2 & Nanxiaoyue	外环园1号馆101	2022年6月10—14日	5	八月竹
巧月 & 皓月 Qiaoyue & Haoyue		外环园1号馆102	2022年6月10—14日	5	八月竹	多数2只一起&少数单独
都江堰基地 Dujiangyan base	家宝 Jiabao	检疫区J-04	2022年11月24—27日	4	斑苦竹	单独
	玲珑 Linglang	检疫区J-01	2022年11月25—27日	3	斑苦竹	单独

1.5 受试大熊猫摄食竹枝的计数方法

若竹枝上的竹叶被食,可肉眼观察到叶片、叶柄和竹枝上遗留的咬切痕迹,据此可计数出受试大熊猫摄食的竹枝数。计数时只计从竹秆的箨环上直接长出的竹枝,不计从大竹枝上分出的小细枝。凡竹枝上有1个以上(含1个)叶片留有的咬切痕迹,均计为1个摄食竹枝。

1.6 数据处理与分析

最先摄食次数的占比=最先摄食次数/同一位置所放的总次数×100%。

最长连续摄食时间是指圈养大熊猫幼仔或亚成体连续摄食竹叶的最长时间,包括嗅闻、摘叶、咬切、咀嚼和吞咽等一系列完整的摄食行为链,如此往复循环,其间没有游走、攀爬、休息和排便等非摄食行

为。动物对某种食物不间断地连续摄食的时间越长,可说明越喜食该食物。

品评或测试指标的算术平均值=有效品评或每次测试指标所得数据之和/有效品评或测试次数。

试验组测试指标的增加值(量)=试验组测试指标数据-对照组测试指标数据。

试验组测试指标的增加值率=试验组测试指标的增加值(量)/对照组测试指标数据 $\times 100\%$ 。

竹叶摄食量=竹子的喂前质量-竹子的食后质量。

平均每只受试大熊猫的摄食竹叶量或摄食竹枝数=摄食竹叶量或摄食竹枝数/受试大熊猫只数。

试验组和对照组竹子的食后质量均不包含竹子在30 min试验期间内自然蒸发的粗水分质量。

试验组和对照组的所得数据通过 GraphPad Prism 8.0.2 软件进行配对 t 检验,显著水平 $\alpha=0.05$,极显著水平 $\alpha=0.01$ 。

2 结果

2.1 供试金佛山方竹叶的风味品评

2.1.1 嗅感品评结果

经专业人员对金佛山方竹整片鲜叶的嗅感品评,对照组竹叶和喷有风味剂的试验组竹叶的整体气味指标、主要香气指标和主要韵调指标品评结果见表3。整体气味指标品评结果显示,试验组竹叶气味强度和透发性的品评得分均值明显高于对照组($p<0.05$)。香气指标品评结果显示,奶香、青香分别在试验组和对照组竹叶中得分最高,试验组竹叶的奶香、甜气($p<0.01$)及油脂气($p<0.05$)均显著高于对照组;而对照组竹叶的青香明显强于试验组($p<0.05$)。韵调指标品评结果显示,试验组竹叶的多汁感略强于对照组,但差异不显著($p>0.05$),可能因喷有风味剂所致;对照组竹叶的新鲜感和嫩感明显强于试验组,差异分别为极显著($p<0.01$)和显著($p<0.05$)。

表3 对照组和试验组金佛山方竹叶的嗅感品评结果

Tab. 3 Olfactory evaluation results of *Chimonobambusa utilis* bamboo leaves in the control and test groups

指标类别 Indicator type	评价维度 Evaluative dimension	有效品评/次 Number of effective evaluation	品评得分均值 Mean of evaluation scores		P
			对照组 Control	试验组 Test	
整体气味指标 Overall odor indicator	强度 Intensity	4	7.25	9.25	0.016 3
	愉悦度 Pleasantness	4	8.00	8.75	0.057 7
	透发性 Diffusibility	4	7.25	8.50	0.015 4
主要香气指标 Main scent indicator	奶香 Milky aroma	4	0	8.75	0.000 4
	青香 Green aroma	4	8.75	6.50	0.037 4
	甜气 Sweet smell	4	3.25	6.25	0.005 2
	木香 Woody aroma	4	2.75	3.25	0.181 7
	油脂气 Oily smell	4	0.75	4.25	0.027 3
主要韵调指标 Main note indicator	新鲜感 Freshness	4	8.25	5.25	0.005 2
	多汁感 Juiciness	4	1.50	2.75	0.079 6
	嫩感 Tenderness	4	3.75	2.50	0.015 4

2.1.2 口感品评结果

专业人员对金佛山方竹鲜叶的咀嚼口感品评结果表明:对照组竹叶具有明显的青叶味和木质感,微苦,干涩;试验组竹叶具有明显的甜味和木质感,青叶味、苦味和涩味均有所减弱,略带奶香味。

2.2 最先摄食的观察

通过对风味剂饲喂试验中未成年圈养大熊猫自

由选择最先摄食对照组或试验组竹叶的现场观察,结合饲喂试验录像回放的确认,结果见表4。通过对7只1.5岁段(15~20月龄)圈养大熊猫幼仔摄食4种竹叶的共计73次饲喂试验观察,发现最先摄食喷有风味剂的试验组竹叶的次数计56次,而最先摄食未喷风味剂的对照组竹叶的次数计17次,最先摄食试验组竹叶的次数比最先摄食对照组竹叶的次数多

表 4 未成年圈养大熊猫最先摄食对照组或试验组竹叶的观察结果

Tab. 4 Results of the first ingesting of bamboo leaves by captive juvenile giant pandas in the control and test groups

年龄阶段 Age group	呼名 Name	饲喂竹种 Fed bamboo species	试验次数 Test times	对照组“近处” Control group at closer place		对照组“远处” Control group at farther place		试验组“近处” Test group at closer place		试验组“远处” Test group at farther place					
				总次数 Total times	最先摄食 First ingestion		总次数 Total times	最先摄食 First ingestion		总次数 Total times	最先摄食 First ingestion		总次数 Total times	最先摄食 First ingestion	
					次数 Times	占比(%) Ratio		次数 Times	占比(%) Ratio		次数 Times	占比(%) Ratio		次数 Times	占比(%) Ratio
1.5 岁段 About 1.5-year-old	青露 Qinglu	刺黑竹	10	3	1	33.33	7	0	0	7	7	100.00	3	2	66.67
		斑苦竹	8	4	0	0	4	1	25.00	4	3	75.00	4	4	100.00
	青花 Qinghua	刺黑竹	8	3	3	100.00	5	0	0	5	5	100.00	3	0	0
		斑苦竹	5	2	0	0	3	0	0	3	3	100.00	2	2	100.00
	茅茅 Maomao	金佛山方竹	9	5	2	40.00	4	0	0	4	4	100.00	5	3	60.00
	宝元 Baoyuan		7	3	1	33.33	4	1	25.00	4	3	75.00	3	2	66.67
	青宝 Qingbao		8	3	2	66.67	5	0	0	5	5	100.00	3	1	33.33
	青仔 Qingzai	金佛山方竹&八月竹	8	4	2	50.00	4	0	0	4	4	100.00	4	2	50.00
	林溪 Linxi		10	5	3	60.00	5	1	20.00	5	4	80.00	5	2	40.00
	阶段统计 Stage statistics		73	32	14	43.75	41	3	7.32	41	38	92.68	32	18	56.25
2.5 岁段 About 2.5-year-old	漫漫 Manman 1	斑苦竹	4	2	1	50.00	2	0	0	2	2	100.00	2	1	50.00
		刺黑竹	4	2	2	100.00	2	0	0	2	2	100.00	2	0	0
	深深 Shenshen	斑苦竹	4	2	1	50.00	2	0	0	2	2	100.00	2	1	50.00
		刺黑竹	4	2	2	100.00	2	0	0	2	2	100.00	2	0	0
	巢天骄 Chaotianjiao	八月竹&金佛山方竹	5	1	1	100.00	4	0	0	4	4	100.00	1	0	0
	顿顿 Dundun		6	3	3	100.00	3	1	33.33	3	2	66.67	3	0	0
	峨眉 Emei	金佛山方竹&八月竹	7	3	2	66.67	4	1	25.00	4	3	75.00	3	1	33.33
	橐橐 Nongnong		5	2	2	100.00	3	1	33.33	3	2	66.67	2	0	0
	阶段统计 Stage statistics		39	17	14	82.35	22	3	13.64	22	19	86.36	17	3	17.65
	4.0 岁段 About 4.0-year-old	满满 Manman 2		10	5	5	100.00	5	0	0	5	5	100.00	5	0
南小月 Nanxiaoyue		八月竹	10	5	5	100.00	5	1	20.00	5	4	80.00	5	0	0
巧月 Qiaoyue			9	5	2	40.00	4	0	0	4	4	100.00	5	3	60.00
皓月 Haoyue			10	5	5	100.00	5	2	40.00	5	3	60.00	5	0	0
家宝 Jiabao		斑苦竹	8	4	2	50.00	4	0	0	4	4	100.00	4	2	50.00
玲琅 Linglang			5				5	0	0	5	5	100.00			
阶段统计 Stage statistics			52	24	19	79.17	28	3	10.71	28	25	89.29	24	5	20.83
汇总统计 Total statistics		164	73	47	64.38	91	9	9.89	91	82	90.11	73	26	35.62	

39次。由于试验内舍面积较小,大熊猫常有“就近取食”的行为习惯,并非先嗅闻、比较对照组和试验组竹叶气味后再选择性摄食,大熊猫幼仔最先摄食试验组或对照组竹叶与其所放的位置可能密切相关。若以放于“远处”的试验组竹叶被最先摄食的频次或占比来评价风味剂的诱导摄食效果较为客观、合理,因为大熊猫幼仔或亚成体进入试验内舍后,首先与“近处”的对照组竹叶相遇,然后才是“远处”的试验组竹叶。在73次试验中,放于“远处”的试验组竹叶共计32次,其中有18次是被最先摄食,在总次数中的占比为56.25%;而放于“远处”的对照组竹叶共计41次,其中仅有3次是被最先摄食,在总次数中的占比仅为7.32%。试验组和对照组的这种占比经配对 t 检验后,发现两组间差异极显著($p<0.01$),由此可见,专用风味剂对1.5岁段圈养大熊猫幼仔具有明显的诱导摄食效果。

通过对6只2.5岁段(27~30月龄)圈养大熊猫亚成体摄食4种竹叶的共计39次单只饲喂试验观察,发现最先摄食试验组竹叶的次数计22次,而最先摄食对照组竹叶的次数计17次,最先摄食试验组竹叶的次数比最先摄食对照组竹叶的次数多5次。在39次试验中,放于“远处”的试验组竹叶共计17次,其中有3次是被最先摄食,在总次数中的占比为17.65%;而放于“远处”的对照组竹叶共计22次,其中也有3次是被最先摄食,在总次数中的占比为13.64%。虽然试验组的这种占比高于对照组,但经配对 t 检验后,发现两组间的差异不显著($p>0.05$),可能与就近取食的摄食行为习惯有关。

通过对6只4.0岁段(45~52月龄)圈养大熊猫亚成体摄食2种竹叶的共计52次饲喂试验观察,发现最先摄食试验组竹叶的次数计30次,而最先摄食对照组竹叶的次数计22次,最先摄食试验组竹叶的次数比最先摄食对照组竹叶的次数多8次。在52次试验中,放于“远处”的试验组竹叶共计24次,其中5次是被最先摄食,在总次数中的占比为20.83%;而放于“远处”的对照组竹叶共计28次,其中3次是被最先摄食,在总次数中的占比仅为10.71%。虽然试验组的这种占比高于对照组,但经配对 t 检验后,发现两组间的差异不显著($p>0.05$),可能也与就近取食的摄食行为习惯有关。

2.3 最长连续摄食时间

通过对圈养大熊猫幼仔或亚成体连续摄食对照

组或试验组竹叶的最长时间观测,可得知圈养大熊猫幼仔或亚成体更喜食哪个组的竹叶,这一指标在30 min的测试历程中具有唯一性,可作为评价风味剂饲喂效果的一种重要指标。通过96次饲喂试验全程录像的回放观测,所得最长连续摄食时间数据及其统计结果见表5。

由表5可知,通过对7只1.5岁段圈养大熊猫幼仔共计65次的录像回放观测,发现平均每次试验每只受试大熊猫连续摄食试验组竹叶的最长时间为900.08 s,而连续摄食对照组竹叶的最长时间为204.88 s,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p<0.01$)。试验组竹叶的最长连续摄食时间均值比对照组长695.20 s,试验组竹叶的最长连续摄食时间的平均增加率达339.32%。由此可见,专用风味剂可大幅度增加1.5岁段受试大熊猫对4种竹叶的最长连续摄食时间。

通过对6只2.5岁段圈养大熊猫亚成体共计31次的录像回放观测,发现平均每次试验每只受试大熊猫连续摄食试验组竹叶的最长时间为638.42 s,而连续摄食对照组竹叶的最长时间为315.13 s,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p<0.01$)。试验组竹叶的最长连续摄食时间均值比对照组长323.29 s,试验组竹叶的最长连续摄食时间的平均增加率达102.59%。由此可见,专用风味剂可大幅度增加2.5岁段受试大熊猫对3种竹叶的最长连续摄食时间。

若将上述2个年龄阶段共计96次的录像回放观测数据合并计算,发现平均每次试验每只受试大熊猫连续摄食试验组竹叶的最长时间为815.58 s,连续摄食对照组竹叶的最长时间仅为240.48 s,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p<0.01$)。试验组竹叶的最长连续摄食时间均值比对照组长575.10 s,试验组竹叶的最长连续摄食时间的平均增加率达239.15%。结果表明专用风味剂可大幅度增加1.5岁段和2.5岁段受试大熊猫对4种竹叶的最长连续摄食时间。

2.4 摄食总时长

动物在一定时间内有食物比选的条件下对某种食物摄食总时间越长,也可说明越喜食该食物,因此,通过对圈养大熊猫幼仔或亚成体摄食对照组和试验组竹叶总时间长短的观测,也可得知圈养大熊猫幼仔或亚成体比较喜食哪个组的竹叶。在30 min的测试历程中,除“青露”2次、“青花”1次、“茅茅”

3次和“宝元”1次均只摄食试验组竹叶外,其余均间断性摄食对照组或试验组竹叶,不时穿插非摄食行为。摄食总时长是若干完整摄食行为链的时间之和,其中包括最长连续摄食时间,这也是评价风味剂饲喂效果的另一重要指标。

通过对7只1.5岁段圈养大熊猫幼仔共计65次饲喂试验的录像回放观测,发现平均每次试验每只

受试大熊猫摄食试验组竹叶的总时长为1 236.02 s,摄食对照组竹叶的总时长为301.14 s,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p<0.01$)。试验组竹叶的摄食总时长均值比对照组长934.88 s,试验组竹叶的摄食总时长的平均增加率达310.45%(表5)。由此可见,专用风味剂可大幅度增加1.5岁段受试大熊猫对4种竹叶的摄食总时长。

表5 未成年圈养大熊猫摄食对照组或试验组竹叶的最长连续摄食时间、总时长与统计分析结果

Tab. 5 The maximum of continuous ingesting time, total ingesting time of bamboo leaves ingested by captive juvenile giant pandas in the control and test groups

年龄阶段 Age group	呼名 Name	饲喂竹种 Fed bamboo species	试验次数 Test times	平均最长连续摄食时间 Averaged maximum continuous ingesting time				平均摄食总时长 Averaged total ingesting time			
				对照组/ (s·次 ⁻¹) Control	试验组/ (s·次 ⁻¹) Test	增加时长/s Increase value	增加率(%) Increase rate	对照组/ (s·次 ⁻¹) Control	试验组/ (s·次 ⁻¹) Test	增加时长/s Increase value	增加率(%) Increase rate
1.5岁段 About 1.5-year-old	青露 Qinglu	刺黑竹	7	177.29A	1 235.29B	1 058.00	596.76	188.57A	1 511.14B	1 322.57	701.37
	青露 Qinglu	斑苦竹	7	181.00A	1 127.29B	946.29	522.81	247.43A	1 311.71B	1 064.28	430.13
	青花 Qinghua	刺黑竹	5	172.00a	879.00b	707.00	411.05	186.00a	1 175.80b	989.80	532.15
	青花 Qinghua	斑苦竹	5	150.40	536.80	386.40	256.91	226.80	812.80	586.00	258.38
	茅茅 Maomao	金佛山方竹	8	67.38A	1 169.50B	1 102.12	1 635.68	103.25A	1 575.13B	1 471.88	1 425.55
	宝元 Baoyuan	金佛山方竹	7	127.71A	1 112.00B	984.29	770.72	214.29A	1 406.29B	1 192.00	556.26
	青宝 Qingbao	金佛山方竹&八月竹	8	236.00A	613.75B	377.75	160.06	427.25A	1 034.38B	607.13	142.10
	青仔 Qingzai	金佛山方竹&八月竹	8	320.00a	593.50b	273.50	85.47	533.13A	1 067.75B	534.62	100.28
	林溪 Linxi	金佛山方竹&八月竹	10	331.60A	809.00B	477.40	143.97	444.90A	1 137.60B	692.70	155.70
	阶段统计 Stage statistics			65	204.88A	900.08B	695.20	339.32	301.14A	1 236.02B	934.88
2.5岁段 About 2.5-year-old	漫漫 Manman 1	斑苦竹	4	341.75	425.25	83.50	24.43	450.25	677.50	227.25	50.47
	深深 Shenshen	斑苦竹	4	301.25	622.50	321.25	106.64	391.50a	1 052.50b	661.00	168.84
	巢天骄 Chaotianjiao	八月竹&金佛山方竹	5	360.60	949.20	588.60	163.23	434.80a	1 307.80b	873.00	200.78
	顿顿 Dundun	八月竹&金佛山方竹	6	312.33A	540.17B	227.84	72.95	509.00A	1 036.50B	527.50	103.63
	峨眉 Emei	金佛山方竹&八月竹	7	279.14A	615.14B	336.00	120.37	434.57A	1 105.86B	671.29	154.47
	幺幺 Nongnong	金佛山方竹&八月竹	5	313.20a	661.40b	348.20	111.17	546.80A	1 124.20B	577.40	105.60
	阶段统计 Stage statistics			31	315.13A	638.42B	323.29	102.59	463.58A	1 065.81B	602.23
汇总统计 Total statistics			96	240.48A	815.58B	575.10	239.15	353.59A	1 181.05B	827.46	234.02

注: 增加时长=试验组时长-对照组时长; 增加率=试验组增加时长/对照组时长 $\times 100\%$ 。同行同一指标数据后不同大写字母表示组间差异极显著($p<0.01$), 不同小写字母表示组间差异显著($p<0.05$), 独立样本 t 检验。下同。

Note: Increase value=the time of test group - the time of control group. Increase rate=the increase value of test group/the time of control group $\times 100\%$. After the same indicator data at the same line, different uppercase letters indicate extremely significant differences between groups ($p<0.01$), and different lowercase letters indicate significant differences between groups ($p<0.05$), it is independent sample t -test. The same below.

通过对6只2.5岁段圈养大熊猫亚成体共计31次饲喂试验的录像回放观测,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹叶的总时长为1 065.81 s,摄食对照组竹叶的总时长为463.58 s,经配对*t*检验,两组间差异极显著($p<0.01$)。试验组竹叶的摄食总时长均值比对照组长602.23 s,试验组竹叶的摄食总时长的平均增加率达129.91%(表5)。由此可见,专用风味剂也可大幅度增加2.5岁段受试大熊猫对3种竹叶的摄食总时长。

若将上述2个年龄阶段共计96次饲喂试验的录像回放观测数据合并计算,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹叶的总时长为1 181.05 s,

摄食对照组竹叶的总时长仅为353.59 s,经配对*t*检验,两组间差异极显著($p<0.01$)。试验组竹叶的摄食总时长均值比对照组长827.46 s,试验组竹叶的摄食总时长的平均增加率达234.02%。结果表明专用风味剂也可大幅度增加1.5岁段和2.5岁段受试大熊猫对4种竹叶的摄食总时长。

2.5 摄食竹枝数

圈养大熊猫幼仔或亚成体摄食的竹枝数可作为评价风味剂饲喂效果的一种直观和辅助性指标。通过对15只未成年圈养大熊猫共计96次饲喂试验的摄食竹枝的计数,所得数据及统计分析详见表6。

表6 未成年圈养大熊猫摄食对照组和试验组竹枝数与统计分析

Tab. 6 The total bamboo branches ingested by captive juvenile giant pandas in the control and test groups

年龄阶段 Age group	呼名 Name	饲喂竹种 Fed bamboo specie	试验次数 Test times	平均摄食竹枝数量/(枝·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Mean of ingested bamboo branches		平均增量/ (枝·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Averaged increase intakes	平均增食率(%) Averaged increase intake rate
				对照组 Control	试验组 Test		
1.5岁段 About 1.5-year-old	青露 & 青花 Qinglu & Qinghua	刺黑竹	10	5.65A	42.80B	37.15	657.52
	青露 & 青花 Qinglu & Qinghua	斑苦竹	8	8.31A	42.38B	34.07	409.99
	茅茅 & 宝元 Maomao & Baoyuan	金佛山方竹	10	13.30A	72.20B	58.90	442.86
	青宝 & 青仔 Qingbao & Qingzai	金佛山方竹 & 八月竹	9	69.06A	115.33B	46.27	67.00
	林溪 Linxi	金佛山方竹 & 八月竹	7	46.29A	130.29B	84.00	181.46
	阶段统计 Stage statistics		44	27.31A	78.16B	50.85	186.20
2.5岁段 About 2.5-year-old	漫漫 Manman 1	斑苦竹	4	27.25a	62.75b	35.50	130.28
	深深 Shenshen	斑苦竹	4	48.00a	91.75b	43.75	91.15
	漫漫 Manman 1	刺黑竹	4	65.25A	141.00B	75.75	116.09
	深深 Shenshen	刺黑竹	4	74.50a	131.50b	57.00	76.51
	巢天骄 Chaotianjiao	八月竹 & 金佛山方竹	5	68.00a	147.80b	79.80	117.35
	顿顿 Dundun	八月竹 & 金佛山方竹	6	106.50a	150.67b	44.17	41.47
	娥眉 Emei	金佛山方竹 & 八月竹	7	54.57A	112.57B	58.00	106.29
	糯糯 Nongnong	金佛山方竹 & 八月竹	5	93.20A	144.20B	51.00	54.72
阶段统计 Stage statistics		39	68.90A	124.62B	55.72	80.87	
4.0岁段 About 4.0-year-old	家宝 Jiabao	斑苦竹	8	68.50a	110.88b	42.38	61.87
	琳琅 Linglang	斑苦竹	5	25.60A	97.20B	71.60	279.69
	阶段统计 Stage statistics		13	52.00A	105.62B	53.62	103.12
汇总统计 Total statistics		96	47.55A	100.75B	53.20	111.88	

由表6可知,经7只1.5岁段圈养大熊猫幼仔的44次饲喂试验摄食竹枝的计数和统计分析,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹枝数为78.16枝,摄食对照组竹枝数为27.31枝,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹枝数的平均增食量为50.85枝,试验组竹枝数的平均增食率达186.20%。由此可见,专用风味剂可大幅度提高1.5岁段受试大熊猫对刺黑竹、斑苦竹、金佛山方竹和八月竹的摄食竹枝数。

经6只2.5岁段圈养大熊猫亚成体的39次饲喂试验摄食竹枝的计数和统计分析,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹枝数为124.62枝,摄食对照组竹枝数为68.90枝,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹枝数的平均增食量为55.72枝,试验组竹枝数的平均增食率为80.87%。由此可见,专用风味剂可提高2.5岁段受试大熊猫对斑苦竹、刺黑竹、八月竹和金佛山方竹的摄食竹枝数。

经2只4.0岁段圈养大熊猫亚成体的13次饲喂试验摄食竹枝的计数和统计分析,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹枝数为105.62枝,摄食对照组竹枝数为52.00枝,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹枝数的平均增食量为53.62枝,试验组竹枝数的平均增食率达103.12%。由此可见,专用风味剂也可大幅度提高4.0岁段受试大熊猫对斑苦竹的摄食竹枝数。

若将上述3个年龄阶段的96次饲喂试验观测数据合并计算,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹枝数为100.75枝,摄食对照组竹枝数为47.55枝,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹枝数的平均增食量为53.20枝,试验组竹枝数的平均增食率达111.88%。结果表明专用风味剂可大幅度提高未成年圈养大熊猫对刺黑竹、斑苦竹、金佛山方竹和八月竹的摄食竹枝数。

2.6 竹叶摄食量

竹叶摄食量是评价风味剂饲喂效果的关键指标。通过19只未成年圈养大熊猫共计119次为30 min的饲喂试验,所得数据及统计分析见表7。

由表7可知,经7只1.5岁段圈养大熊猫幼仔摄食4种竹叶的共计47次饲喂试验测定,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹叶为269.36 g,摄食对照组竹叶为105.96 g,经配对 t 检验,两组间

差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹叶的平均增食量为163.40 g,试验组竹叶的平均增食率达154.21%。由此可见,专用风味剂可大幅度提高1.5岁段受试大熊猫对刺黑竹、斑苦竹、金佛山方竹和八月竹的竹叶摄食量。

经6只2.5岁段圈养大熊猫亚成体摄食4种竹叶的共计39次单只饲喂试验测定,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹叶为524.36 g,摄食对照组竹叶为240.51 g,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹叶的平均增食量为283.85 g,试验组竹叶的平均增食率达118.02%。由此可见,专用风味剂也可大幅度提高2.5岁段受试大熊猫对斑苦竹、刺黑竹、八月竹和金佛山方竹的竹叶摄食量。

经6只4.0岁段圈养大熊猫亚成体摄食2种竹叶的共计33次饲喂试验测定,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹叶为468.79 g,摄食对照组竹叶为223.48 g,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹叶的平均增食量为245.31 g,试验组竹叶的平均增食率达109.77%。由此可见,专用风味剂也可大幅度提高4.0岁段受试大熊猫对八月竹、斑苦竹的竹叶摄食量。

若将上述3个年龄阶段的饲喂试验所得数据合并计算,发现平均每次试验每只受试大熊猫摄食试验组竹叶为408.23 g,摄食对照组竹叶为182.65 g,经配对 t 检验,两组间差异极显著($p < 0.01$)。试验组竹叶的平均增食量为225.58 g,试验组竹叶的平均增食率达123.50%。结果表明专用风味剂可大幅度提高未成年圈养大熊猫对刺黑竹、斑苦竹、金佛山方竹和八月竹的竹叶摄食量。

3 讨论

从上述结果可知,专用风味剂可改变竹叶原有的一些主要气味和味道。通过对1.5岁段、2.5岁段和4.0岁段未成年圈养大熊猫多次短期4种常喂竹叶自由选择的摄食试验,发现专用风味剂对1.5岁段圈养大熊猫幼仔具有一定的诱导摄食作用,可显著增加1.5岁段圈养大熊猫幼仔和2.5岁段圈养大熊猫亚成体对竹叶的最长连续摄食时间和摄食总时长,可显著提高1.5岁段、2.5岁段和4.0岁段未成年圈养大熊猫的摄食竹枝数和竹叶摄食量。

表7 未成年圈养大熊猫摄食对照组和试验组竹叶质量与统计分析

Tab. 7 The quality of bamboo leaves ingested by captive juvenile giant pandas in the control and test groups

年龄段 Age group	呼名 Name	饲喂竹种 Fed bamboo species	试验次数 Test times	组别 Experimental group	试竹的平均喂前质量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Mean weight before feeding	试竹的平均食后质量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Mean weight after eating	平均摄食量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Mean food intakes	P	平均增量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Averaged increase intakes	平均增长率(%) Averaged increase intake rate
1.5 岁段 About 1.5-year-old	青露 & 青花 Qinglu & Qinghua	刺黑竹	10	对照组	467.50	447.50	20.00	<0.0001	97.50	487.50
				试验组	480.00	362.50	117.50			
	青露 & 青花 Qinglu & Qinghua	斑苦竹	8	对照组	493.75	468.75	25.00	0.0012	103.12	412.48
				试验组	525.00	396.88	128.12			
	茅茅 & 宝元 Maomao & Baoyuan	金佛山方竹	10	对照组	615.00	572.50	42.50	<0.0001	175.00	411.76
				试验组	605.00	387.50	217.50			
	青宝 & 青仔 Qingbao & Qingzai	金佛山方竹 & 八月竹	9	对照组	1222.22	988.33	233.89	0.0011	214.44	91.68
				试验组	1178.89	730.56	448.33			
	林溪 Linxi	金佛山方竹 & 八月竹	10	对照组	1530.00	1325.00	205.00	0.0006	220.00	107.32
				试验组	1510.00	1085.00	425.00			
阶段统计 Stage statistics		47	对照组	873.94	767.98	105.96	<0.0001	163.40	154.21	
			试验组	867.23	597.87	269.36				
2.5 岁段 About 2.5-year-old	漫漫 Manman 1	斑苦竹	4	对照组	1400.00	1225.00	175.00	0.0349	150.00	85.71
				试验组	1625.00	1300.00	325.00			
	深深 Shenshen	斑苦竹	4	对照组	1325.00	1187.50	137.50	0.0192	237.50	172.73
				试验组	1525.00	1150.00	375.00			
	漫漫 Manman 1	刺黑竹	4	对照组	1625.00	1425.00	200.00	0.0219	362.50	181.25
				试验组	1500.00	937.50	562.50			
	深深 Shenshen	刺黑竹	4	对照组	1575.00	1312.50	262.50	0.0034	275.00	104.76
				试验组	1550.00	1012.50	537.50			

续表 7

年龄阶段 Age group	呼名 Name	饲喂竹种 Fed bamboo species	试验次数 Test times	组别 Experimental group	试竹的平均喂前质量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Mean weight before feeding	试竹的平均食后质量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Mean weight after eating	平均摄食量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Mean food intakes	<i>P</i>	平均增食量/ (g·只 ⁻¹ ·次 ⁻¹) Averaged increase intakes	平均增食率(%) Averaged increase intake rate
2.5岁段 About 2.5-year-old	集天娇 Chaotianjiao	八月竹&金佛山方竹	5	对照组	1 396.00	1 190.00	206.00	0.007 5	380.00	184.47
				试验组	1 500.00	914.00	586.00			
	顿顿 Dundun	八月竹&金佛山方竹	6	对照组	1 266.67	963.33	303.34	0.032 4	186.66	61.53
				试验组	1 336.67	846.67	490.00			
	峨眉 Emei	金佛山方竹&八月竹	7	对照组	1 464.29	1 224.29	240.00	0.000 8	314.28	130.95
				试验组	1 578.57	1 024.29	554.28			
犍为 Nongong	金佛山方竹&八月竹	5	对照组	1 390.00	1 040.00	350.00	0.004 6	350.00	100.00	
			试验组	1 600.00	900.00	700.00				
阶段统计 Stage statistics			39		1 422.56	1 182.05	240.51	<0.000 1	283.85	118.02
4.0岁段 About 4.0-year-old	满满&南小月 Manman 2& Nanxiaoyue	八月竹	10	对照组	1 137.50	877.00	260.50	0.000 1	192.50	73.90
				试验组	1 042.50	589.50	453.00			
	巧月&皓月 Qiaoyue & Haoyue	八月竹	10	对照组	1 152.63	934.74	217.89	0.002 4	200.00	91.79
				试验组	1 102.63	684.74	417.89			
	家宝 Jiabao	斑苦竹	8	对照组	1 181.25	937.50	243.75	<0.000 1	275.00	112.82
				试验组	1 187.50	668.75	518.75			
玲琅 Linglang	斑苦竹	5	对照组	1 300.00	1 160.00	140.00	0.035 6	324.00	231.43	
			试验组	1 284.00	820.00	464.00				
阶段统计 Stage statistics			33		1 196.21	972.73	223.48	<0.000 1	245.31	109.77
汇总统计 Total statistics			119		1 143.11	960.46	182.65	<0.000 1	225.58	123.50

注： *p* 为对照组和试验组平均摄食量的配对 *t* 检验概率。
 Note : *p* is the paired *t*-test probability of mean food intakes between the control group and the test group.

3.1 未成年圈养大熊猫摄食竹叶的风味机制探讨

试验组竹叶在喷雾风味剂后,增强了竹叶气味的强度和透发性,利于气味扩散,便于受试未成年圈养大熊猫嗅觉感知,还增添了显著的奶香香气,奶香香气属未成年大熊猫熟悉并喜欢的香气类型^[6],可激发未成年大熊猫摄食竹叶的欲望,诱导受试未成年圈养大熊猫前去摄食,使得“远处”试验组竹叶被最先摄食的次数占比高于“远处”的对照组竹叶(表4),由此可见,专用风味剂具有一定的诱导摄食作用。大熊猫具有甜味受体基因^[12-13],圈养大熊猫幼仔和亚成体喜食的母乳^[6]、“盆盆奶”^[7]、特制窝窝头^[14]、苹果和胡萝卜^[15]等食物均有明显的甜味,这是大熊猫幼仔和亚成体对食物中甜味敏感的具体例证。试验组竹叶在喷雾风味剂之后满足了受试圈养大熊猫幼仔和亚成体对甜味的味觉偏好,也减少了竹叶原有的苦味和涩味对受试圈养大熊猫幼仔和亚成体摄食的负面影响,会被受试圈养大熊猫幼仔和亚成体认知为安全且乐意摄食,因此受试圈养大熊猫幼仔和亚成体大幅度地增加对试验组竹叶的最长连续摄食时间和摄食总时长(表5),大幅度地增加摄食竹枝数(表6)和竹叶摄食量(表7),而较少地选择位置相邻的对照组竹叶摄食。

3.2 风味剂饲喂效果的影响因素

从表5、表6和表7可知,有些指标的观测结果出现一定程度的差异,可能是受试圈养大熊猫幼仔和亚成体的年龄、性别、个体、供试竹种、饲喂试验时期和地点等不同所致。如表7中1.5岁段受试圈养大熊猫幼仔对试验组竹叶的平均增食率为154.21%,2.5岁段亚成体为118.02%,4.0岁段亚成体为109.77%,呈逐步下降趋势,可能是随着未成年圈养大熊猫的年龄增长,该风味剂的诱食效应减弱,换言之,该风味剂对初步学习摄食竹叶的大熊猫幼仔而言,诱食效果更佳。表6中“漫漫”(♀)和“深深”(♀)为一对雌性双胞胎,在相同环境条件下每天早饲或午饲时段轮换进行1次单只饲喂试验,试验组斑苦竹枝的平均增食率分别为130.28%和91.15%,相差较大,可能由个体差异引起。表5中“青宝”(♀)和“青仔”(♂)为一对异性双胞胎,在完全相同的环境条件下二者一起进行饲喂试验,通过摄食过程的录像回放观测,发现试验组竹叶最长连续摄食时间的平均增加率分别为160.06%和85.47%,相差近1倍,可能由性别不同引起。表7中“漫漫”在2022年

10月31日—2022年11月7日先后用斑苦竹和刺黑竹进行单只饲喂试验,发现斑苦竹叶和刺黑竹叶的平均增食率分别为85.71%和181.25%,相差1倍多,可能由竹种不同引起。

本研究用4种常喂竹叶喷雾风味剂的方法,对7只1.5岁段、6只2.5岁段和6只4.0岁段未成年圈养大熊猫进行饲喂试验,用多项指标评价了风味剂的饲喂效果,取得了差异显著的试验结果,证明了食物风味在圈养大熊猫幼仔和亚成体选择性摄食中的重要性,开启了大熊猫摄食风味机制的新探索,为解决大熊猫不愿摄食或摄食不足的实际问题提供了新思路和新方法,仍需详尽和深入地试验探究。

致谢: 在专用风味剂的研制过程中,承蒙成都大帝汉克生物科技有限公司喻麟董事长和李小兵总经理的大力支持;西华大学食品与生物工程学院的包清彬教授、西南科技大学生命科学与工程学院的曾凡坤教授、成都大帝汉克生物科技有限公司的李松柏高级工程师、邓虹高级工程师、李志忠工程师及赵仁仟同志多次参加风味品评;在专用风味剂的饲喂试验中得到中国大熊猫保护研究中心魏荣平教授级高级工程师的悉心指导,谭成彬、吴凯、徐翔、童建华、汤涛、潘超、衡科和瞿祖凤等同人的参与和帮助,以及吴劲旭老师核定了供试竹种的学名,在此一并深表谢意!

参考文献:

- [1] 喻麟. 实用饲料调味剂学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2022:6-7; 152-190.
YU L. Practical feed flavoring[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2022:6-7; 152-190.
- [2] 轩俊丽,张莉,杜立新. 嗅觉与味觉对动物采食作用研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2015, 42(12): 3231-3238.
XUAN J L, ZHANG L, DU L X. Research progress on effects of olfactory and taste on animal food intake[J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2015, 42(12): 3231-3238.
- [3] 王树群,奉永友,陈波,等. 大熊猫双胞胎生长发育影响因素的研究[J]. 四川动物, 2019, 38(4): 380-386; 401.
WANG S Q, FENG Y Y, CHEN B, et al. Study on the relevant factors affecting the development of giant panda twins[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2019, 38(4): 380-386; 401.
- [4] 李伟,周宇,徐晓巍,等. 关于建立中国珍稀濒危物种保险机制的思考[J]. 林业资源管理, 2021(4): 9-16.
LI W, ZHOU Y, XU X W, et al. Considerations and recommendations for establishing insurance mechanism for protecting endangered species in China[J]. Forest Resources Management, 2021

- (4): 9-16.
- [5] 张和民,李德生,王鹏彦,等. 大熊猫人工饲养技术规程[M]. 北京: 科学出版社, 2010:8-54.
ZHANG H M, LI D S, WANG P Y, *et al.* Breeding technology code for the giant panda [M]. Beijing: Science Press, 2010: 8-54.
- [6] 鲜义坤,王承东,李松柏,等. 圈养大熊猫乳汁风味特征初探[J]. 经济动物学报, 2019, 23(4): 201-206.
XIAN Y K, WANG C D, LI S B, *et al.* Flavor characteristics of captive giant panda's milk [J]. Journal of Economic Animal, 2019, 23(4): 201-206.
- [7] 鲜义坤,王承东,林俊帆,等. 补饲大熊猫幼仔奶粉的气味特点与香气成分研究[J]. 资源开发与市场, 2020, 36(2): 164-173; 217.
XIAN Y K, WANG C D, LIN J F, *et al.* Research on odor characteristics and aroma components in milk powders supplementally fed to captive giant panda's cubs [J]. Resource Development & Market, 2020, 36(2): 164-173; 217.
- [8] 鲜义坤,李果,李裕冬,等. 圈养大熊猫乳汁香气成分探究[J]. 资源开发与市场, 2019, 35(12): 1513-1524.
XIAN Y K, LI G, LI Y D, *et al.* Research on aroma components in the milk of captive giant panda [J]. Resource Development & Market, 2019, 35(12): 1513-1524.
- [9] 鲜义坤,李果,李裕冬,等. 大熊猫幼仔两种补饲奶粉中挥发性成分的初步分析[J]. 饲料博览, 2019(10): 5-10.
XIAN Y K, LI G, LI Y D, *et al.* Preliminary analysis of volatile components in two kinds of milk powders supplementally fed to captive giant panda's cubs [J]. Feed Review, 2019(10): 5-10.
- [10] 鲜义坤,李果,殷永玲,等. 基于大熊猫择食机理的斑苦竹叶和干叶气味及成分差异研究[J]. 资源开发与市场, 2022, 38(4): 476-487.
XIAN Y K, LI G, YIN Y L, *et al.* Study on odor and component differences between fresh and drying *Pleuroblastus maculatus* leaves based on selective ingestion mechanism of giant pandas [J]. Resource Development & Market, 2022, 38(4): 476-487.
- [11] 鲜义坤,董超,杨波,等. 圈养大熊猫和小熊猫所食两种新鲜竹叶的气味及成分研究[J]. 饲料博览, 2022(6): 59-68.
XIAN Y K, DONG C, YANG B, *et al.* Study on odors and components from two kinds of fresh bamboo leaves ingested by captive giant pandas and red pandas [J]. Feed Review, 2022(6): 59-68.
- [12] LI X, GLASER D, LI W H, *et al.* Analyses of sweet receptor gene (*Tas1r2*) and preference for sweet stimuli in species of Carnivora [J]. Journal of Heredity, 2009, 100 (Suppl. 1): S90-S100.
- [13] HU Y B, WU Q, MA S, *et al.* Comparative genomics reveals convergent evolution between the bamboo-eating giant and red pandas [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2017, 114(5): 1081-1086.
- [14] 鲜义坤,杨楠,黄明亚,等. 圈养大熊猫人工配合饲料的气味特点与香气成分研究[J]. 野生动物学报, 2020, 41(3): 695-704.
XIAN Y K, YANG N, HUANG M Y, *et al.* Research on odor characteristics and aroma components of formulated feed for captive giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2020, 41(3): 695-704.
- [15] 鲜义坤,杨楠,孔凌,等. 圈养大熊猫所食苹果和胡萝卜的气味特点与香气成分研究[J]. 饲料博览, 2020(6): 1-9; 19.
XIAN Y K, YANG N, KONG L, *et al.* Research on odor characteristics and aroma components from apple and carrot ingested by captive giant pandas [J]. Feed Review, 2020(6): 1-9; 19.