

DOI:10.16720/j.cnki.tcyj.2022.084

不同采收时期和不同性别的梅花鹿尾化学成分对比分析

赵丽娟,李志满,张燕婷,张悦,孙印石*

(中国农业科学院特产研究所,吉林 长春 130112)

摘要:对比分析生茸期公鹿尾、生茸期母鹿尾、发情期公鹿尾和发情期母鹿尾 7 类化学成分差异,采用超高效液相色谱仪、快速定氮仪、气相色谱-质谱联用仪、超高效液相色谱-串联四极杆质谱联用仪和电感耦合等离子体发射光谱仪、紫外分光光度计分别测定不同采收时期和性别的鹿尾中核苷、粗蛋白、水解氨基酸、脂肪酸、激素、无机元素和总多糖含量。结果发现,核苷含量分别为 3.69 g/kg、4.00 g/kg、4.02 g/kg 和 3.77 g/kg,各组间无显著差异。粗蛋白含量为发情期母鹿尾(77.00%)>生茸期母鹿尾(75.10%)>发情期公鹿尾(74.40%)>生茸期公鹿尾(73.40%),组间差异具有统计学意义。水解氨基酸含量分别为 53.71%、60.36%、49.16%和 54.11%,各组间无显著差异。脂肪酸含量为生茸期公鹿尾(19.10 g/kg)>发情期公鹿尾(7.79 g/kg)和生茸期母鹿尾(7.51 g/kg)>发情期母鹿尾(3.11 g/kg) ($P < 0.01$)。激素含量为发情期母鹿尾(100.23 ng/g)>发情期公鹿尾(92.41 ng/g)>生茸期母鹿尾(35.38 ng/g)>生茸期公鹿尾(28.89 ng/g),组间差异具有统计学意义。无机元素含量为发情期母鹿尾(36.11 g/kg)>发情期公鹿尾(34.19 g/kg)>生茸期母鹿尾(31.15 g/kg)和生茸期公鹿尾(29.65 g/kg) ($P < 0.01$)。多糖含量以发情期母鹿尾最低,为 2.93 g/kg,显著低于生茸期公鹿尾(4.93 g/kg)、生茸期母鹿尾(4.83 g/kg)和发情期公鹿尾(5.61 g/kg) ($P < 0.05$)。结果表明,不同时期采收的鹿尾化学成分有差异,粗蛋白、激素和无机元素含量在发情期鹿尾中较高,脂肪酸含量在生茸期鹿尾中较高,核苷、水解氨基酸和多糖含量无显著差异。不同性别的鹿尾化学成分有差异,母鹿尾中粗蛋白和激素含量较高,公鹿尾中多糖和脂肪酸含量较高,核苷、水解氨基酸和无机元素含量无显著差异。本研究首次较为全面地分析了不同采收时期、不同性别的鹿尾化学成分差异,对阐明不同时期和性别的鹿尾营养差别具有重要的参考价值。

关键词:采收时期;不同性别;梅花鹿尾;化学成分

中图分类号:R284.1

文献标识码:A

文章编号:1001-4721(2023)01-0023-10

Comparative Analysis of Chemical Constituents of Sika Deer Tail in Different Harvesting Periods and Genders

ZHAO Lijuan, LI Zhiman, ZHANG Yanting, ZHANG Yue, SUN Yinshi *

(Institute of Special Animal and Plant Sciences of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China)

Abstract: The seven kinds chemical components of male deer tail in antler stage, female deer tail in antler stage, male deer tail in estrus stage and female deer tail in estrus stage were compared and analyzed, using ultra high performance liquid chromatograph, quick nitrogen determination apparatus, gas chromatography - mass spectrometry instrument, ultra high performance liquid chromatography - tandem quadrupole mass spectrometry, inductively coupled plasma emission spectrometer, ultraviolet spectrophotometer, respectively test different harvesting time and gender in the deer's tail of nucleoside hydrolysis, crude protein, amino acids, fatty acids, hormones, inorganic elements and total polysaccharide content. Results found that the nucleoside contents were 3.69 g/kg, 4.00 g/kg, 4.02 g/kg and 3.77 g/kg, respectively, and there was no significant difference among all groups. Crude protein content of sika deer tail showed that estrus female (77.00%) > antlers female (75.10%) > estrus male (74.40%) > antlers male (73.40%), the difference between groups was statistically significant. The hydrolyzed amino acid contents were 53.71%, 60.36%, 49.16% and 54.11%, respectively, and there was no significant difference among all groups. The

收稿日期:2022-03-16

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC1706604;2018YFC1706605);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(1610342020018;125161034-2021-016);吉林省科技计划发展项目(20200708070YY)

作者简介:赵丽娟(1995-),女,甘肃省张掖人,硕士研究生,从事野生动植物产品加工与利用研究。

*通讯作者:孙印石(1980-),男,内蒙古兴安盟人,博士,研究员,从事特种动植物贮藏加工与产品研发。

fatty acid content of sika deer tail showed that antlers male (19.10 g/kg) > estrus male (7.79 g/kg) and antlers female (7.51 g/kg) ($P < 0.05$) > estrus female (3.11 g/kg) ($P < 0.01$). The hormone content of sika deer tail showed that female in estrus (100.23 ng/g) > male in estrus (92.41 ng/g) > female in antler stage (35.38 ng/g) > male in antler stage (28.89 ng/g), the difference between groups was statistically significant. The contents of inorganic elements in the sika deer tail showed that female in estrus (36.11 g/kg) > male in estrus (34.19 g/kg) ($P < 0.05$) > female in antler stage (31.15 g/kg) and male in antler stage (29.65 g/kg) ($P < 0.01$). The lowest polysaccharide content of female tail in estrus was 2.93 g/kg, which was significantly lower than that of male in antler stage (4.93 g/kg), female in antler stage (4.83 g/kg) and male in estrus stage (5.61 g/kg) ($P < 0.05$). It is concluded that there are differences in the chemical composition of deer tails in different harvesting periods and genders. The contents of crude protein, hormone and inorganic elements are higher in estrus. The fatty acid was more in antler stage. There were no significant differences in nucleoside, hydrolyzed amino acid and polysaccharide contents during different periods. The contents of crude protein and hormone were higher in female tail, and the polysaccharide and fatty acid were more in male, but the contents of nucleoside, hydrolyzed amino acid and inorganic elements were not significantly different. This study was the first to analyze the chemical composition differences of deer tails in different harvesting periods and different genders comprehensively, which has a important reference value for clarifying the nutritional differences of deer tails.

Keywords: harvesting period; different gender; sika deer tail; chemical constituent

鹿尾 (*Cauda Cervi*) 为鹿科动物梅花鹿 (*Cervus Nippon Temminck*) 或马鹿 (*Cervus elaphus Linnaeus*) 的干燥尾部。性温, 味甘咸, 归肾经^[1]。《四川中药志》记载:“鹿尾暖腰膝, 益肾精, 治腰脊疼痛不能屈伸, 肾虚遗精及头昏耳鸣”。现代研究表明, 鹿尾能明显增加雄性大鼠的睾丸、前列腺、贮精囊、提肛肌、海绵球肌的重量和雌性大鼠子宫、卵巢的重量^[2], 能显著增加雄性大鼠血清中 IL-2、IgG、睾酮的含量和睾丸指数以及增加雌性大鼠血清中 IL-2、IgG 的含量, 但对雌雄大鼠血清中的 IgM、IgA、孕酮水平和肝、脾指数均无显著性影响^[3]。公鹿经历两个典型的生物学时期即生茸期和发情期。鹿受自身生理活动和饮食习惯的影响, 不同生物学时期的营养摄入、能量储备和生理指标差异较大^[4,5]。已有研究表明, 发情期公鹿体内胆固醇、蛋白质、葡萄糖和乳酸脱氢酶水平显著高于生茸期^[6]。生茸期梅花鹿血中卵磷脂、尿嘧啶、次黄嘌呤及 SOD 等抗衰老相关成分含量高于发情期^[7]。发情期的鹿尾具有特殊的生物学功能, 尾腺分泌物可以诱导雄鹿裂唇嗅和爬跨等性行为^[8,9], 增加雌鹿妊娠后期和哺乳期的社交和预警作用^[10]。到目前为止, 不同采收时期和不同性别的鹿尾营养价值有何差别尚不明确, 化学成分差异未见报道。因此, 本研究通过对化学成分的对比如分析, 旨在为阐明不同采收时期和性别的鹿尾营养差别提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品

鲜梅花鹿尾公、母各 5 只分别于 2020 年 6 月(生茸期)和 11 月(发情期)采自吉林省吉林市昌邑区左家镇中国农业科学院特产研究所试验站, 经试验站崔

学哲研究员鉴定, 分别为生茸期公梅花鹿尾、生茸期母梅花鹿尾(指公鹿生茸同期)、发情期公梅花鹿尾和发情期母梅花鹿尾。样品经净制、自然风干和冷风吹干、粉碎、过 80 目筛, 备用。

1.2 仪器与设备

Acquity UPLC H-Class 超高效液相色谱仪, 美国 Waters 公司; Thermo Scientific ISQ 气-质联用仪, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司; Varian 710-ES 全谱直读电感耦合等离子体发射光谱仪, 美国 Varian 公司; 752N 紫外-可见分光光度计, 上海仪电分析仪器有限公司; NDA701 杜马斯快速定氮仪, 意大利 VELP 公司; Speed Wave MSW-4 微波消解仪, 德国 Berghof 公司; TGL-16G 高速台式离心机, 上海安亭科学仪器厂; DTC-8 超声波清洗机, 湖北鼎泰生化科技设备制造有限公司; XS205DU 电子天平, 瑞士 Mettler Toledo 公司; XW-80 A 微型漩涡混合仪, 上海沪西分析仪器厂有限公司。

1.3 试剂

核苷对照品, 纯度 $\geq 98\%$, 上海源叶生物科技有限公司, 包括: 尿嘧啶(批号 TM0313XB13)、胞嘧啶(批号 TN1128XA13)、腺嘌呤(批号 X18N6M6005)、鸟嘌呤(批号 KM0522CA14)、次黄嘌呤(批号 TM0313XC13)、黄嘌呤(批号 AJ0722MA14)、尿苷(批号 TM0313XA13)、胸腺嘧啶(批号 140708-200401)、肌苷(批号 TJ0623XA13)、鸟苷(批号 AJ0609NA14)、腺苷(批号 KM0529CA14)、2'-脱氧鸟苷(批号 N07A7W12580)、 β -胸苷(批号 DN1122WB13); AccQ-Tag 氨基酸试剂包(批号 5047302751), 美国 Waters 公司, 包括氨基酸专用衍生剂 AccQ Fluor Buffer、AccQ Tag Eluent A 溶液、硼酸盐

缓冲液;17 种氨基酸混合标准液(组氨酸、丝氨酸、精氨酸、甘氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、苏氨酸、丙氨酸、脯氨酸、半胱氨酸、赖氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸)(批号 KIT0300481);37 种脂肪酸甲酯混合标准液,10 g/L,上海安谱实验科技股份有限公司;激素对照品,纯度 $\geq 98\%$,上海源叶生物技术有限公司,包括雄烯二酮(批号 Y28D7C27711)、睾酮(批号 L27O6T5104)、甲睾酮(批号 Y25J7C9452)、孕酮(批号 YN1121DA14)、雌二醇(批号 TMO328CA13)、雌三醇(批号 Y39D6D8370)、可的松(批号 BDF8F)和氢化可的松(批号 L31J8Y40938);Ag、Al、As、Ba、Be、Ca、Cd、Cr、Cu、Fe、Hg、K、Mg、Mo、Na、Ni、Pb、S、Se、Sn、Sr、Ti、Tl 和 Zn 的多元素混合标准储备液,购于国家有色金属及电子材料分析测试中心;D(+)-无水葡萄糖(批号 S08J6G1);盐酸、无水乙醇、甲醇、正己烷、石油醚、硫酸、苯酚、三氯甲烷、丙酮、硝酸、高氯酸及氨水均为分析纯(北京化工厂);乙腈(色谱纯,美国 Fisher 公司)。

1.4 方法

1.4.1 核苷测定 参照孙印石等^[11]的方法采用 UPLC 法检测鹿尾中 13 种核苷含量。准确称取鹿尾粉末 0.10 g,置于含有 3 mL 蒸馏水的离心管中,涡旋 20 s,使样品充分混匀,密封冷藏过夜。超声提取 60 min,10 000 r/min 离心 10 min,上清液过 0.22 μm 水系滤膜,上机检测。

1.4.2 粗蛋白测定 依据 GB 5009.5-2016 采用快速定氮仪检测鹿尾中粗蛋白含量,燃烧管温度(CR)在 1 030 $^{\circ}\text{C}$ 以上,还原管温度(RR)在 650 $^{\circ}\text{C}$ 以上。

1.4.3 水解氨基酸测定 参照陆雨顺等^[12]的方法,采用柱前衍生-UPLC 检测鹿尾中 17 种水解氨基酸含量。准确称取鹿尾粉末 40 mg 于具塞水解管中,加入 20 mL 浓度为 6 mol/L 的盐酸溶液,充分混匀后充氮气封管,110 $^{\circ}\text{C}$ 水解 22 h,冷却后取 1 mL 水解液于粗径试管,80 $^{\circ}\text{C}$ 水浴挥干,再加入 1 mL 超纯水反复挥干 2~3 次。加入 1 mL 超纯水复溶,涡旋至样品充分溶解,经 0.22 μm 滤膜过滤至进样瓶待衍生化。衍生:准确移取 10 μL 系列浓度的氨基酸对照品溶液和供试品溶液于衬管中,加入 70 μL 硼酸盐缓冲液和 20 μL AQC 衍生试剂,涡旋 15 s,室温放置 1 min,密封于进样瓶中,于 55 $^{\circ}\text{C}$ 恒温干燥箱内加热 10 min,上机检测。

1.4.4 脂肪酸测定 依据 GB 5009.168-2016 采用 GC-MS 检测鹿尾中 37 种脂肪酸。色谱柱:DB-23 60 m $\times$ 0.25 mm,0.25 μm ;载气:高纯氦气;载气流量:1.0 mL/min;

进样口:220 $^{\circ}\text{C}$;EI 源:230 $^{\circ}\text{C}$;程序升温条件:初始温度为 60 $^{\circ}\text{C}$,保持 1 min,10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 180 $^{\circ}\text{C}$,然后以 3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 220 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min。

1.4.5 激素测定 标准曲线的绘制:准确称取各激素对照品 1.00 mg,置于 50 mL 容量瓶中,乙腈定容,配制浓度为 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的对照品溶液。取雄烯二酮、睾酮、甲睾酮、孕酮母液配制成 2.5 ng/mL、5 ng/mL、10 ng/mL、20 ng/mL、25 ng/mL 系列浓度的混合对照品溶液。取雌二醇、雌三醇母液配制成 2.5 ng/mL、5 ng/mL、10 ng/mL、20 ng/mL、40 ng/mL 系列浓度的混合对照品溶液。取可的松、氢化可的松母液配制浓度为 2.5 ng/mL、5 ng/mL、10 ng/mL、20 ng/mL、40 ng/mL 的混合对照品溶液,上机检测。以峰面积(y)对质量浓度(x)进行线性回归,绘制标准曲线,得到 8 种激素的线性回归方程。见表 1。

表 1 8 种激素含量测定的标准曲线和相关系数
Table 1 Standard curves and correlation coefficients for the determination of 8 hormones

激素名称 Hormone	线性方程 Linear equation	相关系数 R^2 Correaltion coefficient
雄烯二酮	$y=413.07x-48.60$	0.999 9
睾酮	$y=224.24x-54.85$	0.999 6
甲睾酮	$y=271.48x-24.32$	0.999 8
孕酮	$y=412.00x-22.10$	0.999 8
雌二醇	$y=18.65x-8.18$	0.998 6
雌三醇	$y=30.24x-29.00$	0.999 1
可的松	$y=72.79x+28.89$	0.995 9
氢化可的松	$y=103.78x+18.34$	0.999 9

供试品溶液制备:准确称取鹿尾粉末 1.00 g 置于 50 mL 离心管中,加入 10 mL 甲醇,涡旋 30 s,振荡 10 min,超声提取 15 min,8 000 r/min 离心 10 min,过滤上清液。残渣加入 10 mL 甲醇重复上述步骤提取 2 次,合并提取液。将提取液 50 $^{\circ}\text{C}$ 蒸发至尽干,待净化。

净化:加入 1 mL 乙腈:水(1:1)复溶,充分涡旋后转移至含 50 mg PSA 和 30 mg 中性氧化铝的 2 mL 离心管中,震荡 5 min。充分混匀后,15 000 r/min 离心 15 min,取上清液过 0.22 μm 有机滤膜,上机测定。

色谱条件:色谱柱:ACQUITY BEH C18(2.1 mm $\times$ 100 mm,1.7 μm);柱温:40 $^{\circ}\text{C}$;流速:0.3 mL/min;进样量:1 μL ;雌激素流动相:0.01%甲酸水-甲醇;雄激素、孕激素及皮质醇流动相:水-乙腈;雌激素梯度洗脱程序:0~4 min,35%~50%甲醇;4~4.5 min,50%~100%

甲醇; 4.5~5.5 min, 100% 甲醇; 5.5~5.6 min, 100%~35% 甲醇; 5.6~9 min, 35% 甲醇。雄激素、孕激素及皮质醇梯度洗脱程序: 0~8 min, 50%~64% 甲醇; 8~11 min, 64%~84% 甲醇; 11~12.5 min, 84%~100% 甲醇; 12.5~14.5 min, 100% 甲醇; 14.5~15 min, 100%~50% 甲醇; 15~17 min, 50% 甲醇。

质谱条件: 雌激素、皮质醇电离方式为负离子模式 (ESI⁻), 雄激素、孕激素电离方式为正离子模式 (ESI⁺); 扫描方式: 多反应监测 (MRM); 毛细管电压: 3 kV; 离子源温度: 150 °C; 脱溶剂温度: 450 °C; 碰撞气流量: 0.19 mL/min; 脱溶剂气流量: 1 000 L/h。8 种激素 MRM 色谱图见图 1。

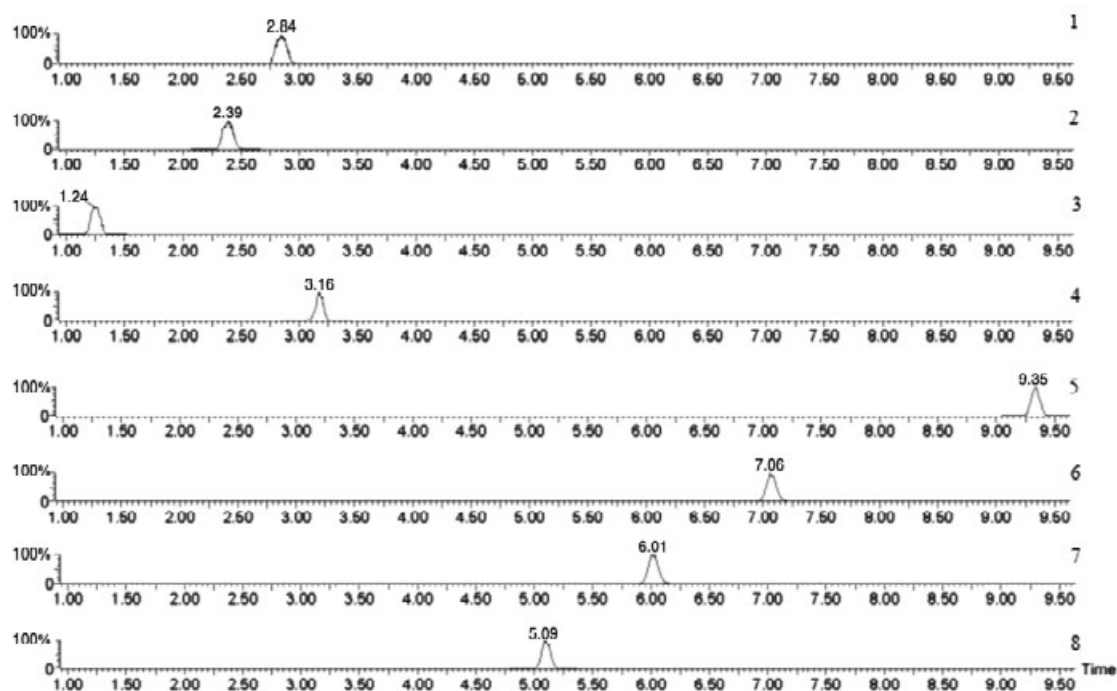


图 1 8 种激素 MRM 色谱图

Fig.1 MRM chromatograms of 8 hormones

1.4.6 无机元素测定 参照王泽帅等^[13]的方法采用 ICP-OES 检测鹿尾中 24 种无机元素含量。准确称取鹿尾粉末 0.10 g, 置于 100 mL 三角烧瓶中, 加硝酸—高氯酸 (4:1) 混合溶液 5 mL, 混匀, 瓶口加一小漏斗, 浸泡过夜。升温消解: 初始温度 80 °C, 保持 25 min; 80~120 °C, 保持 25 min; 120~180 °C, 保持 25 min; 180~240 °C, 保持 30 min。消解完毕将消解液转入 50 mL 容量瓶中, 用 2% 硝酸溶液少量多次洗涤容器, 合并洗液, 并定容至刻度。

仪器参数: RF 功率: 1 200 W; 稳定时间: 3 s; 等离子体流速: 15.0 L/min; 气流: 1.50 L/min; 光路温度: 35 °C; 泵速: 7 r/min。

1.4.7 水溶性多糖测定 标准曲线的绘制: 取 0.50 g 无水葡萄糖, 于 100 °C 下烘至恒重, 准确称取 10 mg, 置于 100 mL 容量瓶中, 加超纯水溶解并定容至刻度, 配置成浓度为 0.1 mg/mL 的对照品溶液。依次吸取 0.05 mL、0.10 mL、0.20 mL、0.40 mL、0.60 mL 和 0.80 mL

置于试管中, 用超纯水定容至 1 mL。加入 2.5 mL 浓硫酸和 0.5 mL 质量分数为 6% 的苯酚水溶液, 涡旋混匀, 室温静置 30 min, 测定 490 nm 处吸光度。以吸光度 (y) 对质量浓度 (x) 进行线性回归, 测得标准曲线 $y = 0.010\ 2x + 0.035\ 4$, $R^2 = 0.999\ 4$ 。

供试品溶液制备: 准确称取鹿尾粉末 1.0 g, 加入 5 mL 石油醚, 涡旋 10 min, 以 8 000 r/min 离心 5 min, 弃去上清液, 残渣重复脱脂 2 次, 氮气吹干溶剂。加入 10 mL 超纯水, 涡旋混匀, 预浸 12 h, 于 50 °C 超声提取 1 h, 以 8 000 r/min 离心 5 min, 残渣加入 10 mL 超纯水重复提取 1 次, 合并提取液。采用 Sevag 法除蛋白, 加入 5 mL 氯仿—正丁醇 (1:1, v/v) 溶液, 涡旋 10 min, 以 8 000 r/min 离心 5 min, 沉淀蛋白质, 重复上述操作。加入 30 mL 无水乙醇, 于 4 °C 冷藏过夜, 以 8 000 r/min 离心 10 min, 弃去上清液, 沉淀 80 °C 烘干即得鹿尾水溶性多糖供试品。称取多糖供试品 2 mg, 加入 20 mL 超纯水溶解, 准确量取 1 mL 溶液, 测定方法同标准曲

线的绘制。

1.4.8 数据处理 所有样品重复测定 3 次,实验结果以“平均值±标准差”表示。采用 SPSS statistics 26.0 进行单因素 ANOVA 检验分析,用 Excel 绘制表格。

2 结果与分析

2.1 核苷含量对比分析

不同采收时期和性别的鹿尾 13 种核苷含量见表 2。4 组鹿尾样品鸟嘌呤、黄嘌呤和肌苷含量有显著差异,发情期母鹿尾鸟嘌呤含量显著低于其他 3 组鹿尾 ($P < 0.05$),生茸期母鹿尾黄嘌呤含量显著低于其他

3 组鹿尾 ($P < 0.05$),肌苷含量以发情期公鹿尾最高,为 0.52 g/kg,显著高于生茸期公鹿尾 ($P < 0.01$)和 2 组母鹿尾 ($P < 0.05$),母鹿尾不同时期间无显著差异。尿嘧啶、胸腺嘧啶含量为发情期>生茸期 ($P < 0.05$),尿苷、 β -胸苷含量为生茸期>发情期 ($P < 0.05$),不同性别间无显著差异;鸟苷含量为发情期公鹿尾>发情期母鹿尾>生茸期母鹿尾>生茸期公鹿尾,组间差异具有统计学意义。核苷总量及其他组分不同时期和性别间均无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 2 不同采收时期和性别的鹿尾中核苷含量($\bar{x}\pm s$,n=5)
Table 2 Nucleoside content of deer tail in different periods and genders ($\bar{x}\pm s$, n=5)

名称 Designation	生茸期公鹿尾 Males in antler-producing stage	生茸期母鹿尾 Females in antler-producing stage	发情期公鹿尾 Males in estrus stage	发情期母鹿尾 Females in estrus stage
胞嘧啶	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a
尿嘧啶	0.54±0.15 ^b	0.59±0.01 ^b	0.76±0.01 ^a	0.84±0.01 ^a
腺嘌呤	0.22±0.08 ^a	0.30±0.05 ^a	0.27±0.00 ^a	0.29±0.07 ^a
鸟嘌呤	0.25±0.01 ^a	0.26±0.01 ^a	0.25±0.00 ^a	0.18±0.00 ^b
次黄嘌呤	0.66±0.14 ^a	0.70±0.04 ^a	0.68±0.01 ^a	0.78±0.09 ^a
黄嘌呤	0.10±0.02 ^a	0.04±0.00 ^b	0.12±0.02 ^a	0.12±0.01 ^a
尿苷	0.58±0.17 ^a	0.60±0.27 ^a	0.11±0.05 ^b	0.14±0.06 ^b
胸腺嘧啶	0.18±0.06 ^b	0.26±0.07 ^{ab}	0.31±0.03 ^a	0.31±0.03 ^a
肌苷	0.27±0.03 ^c	0.33±0.02 ^b	0.52±0.01 ^a	0.35±0.00 ^b
鸟苷	0.29±0.03 ^d	0.35±0.02 ^c	0.54±0.01 ^a	0.44±0.00 ^b
腺苷	0.16±0.06 ^a	0.10±0.08 ^a	0.14±0.00 ^a	0.08±0.01 ^a
2'-脱氧鸟苷	0.17±0.05 ^a	0.16±0.09 ^a	0.14±0.06 ^a	0.09±0.01 ^a
β -胸苷	0.29±0.01 ^a	0.25±0.05 ^a	0.16±0.00 ^b	0.13±0.00 ^b
总量	3.69±0.84 ^a	4.00±0.69 ^a	4.02±0.21 ^a	3.77±0.31 ^a

注:同一行上标字母相同表示没有显著性差异($P > 0.05$),反之有显著差异($P < 0.05$)。“—”表示未检出或不在检出限范围内,下同。
Note: The same superscript on the same line indicates no significant difference ($P > 0.05$), otherwise there is a significant difference ($P < 0.05$). “-” means not detected or not within the detection limit, the same as below.

2.2 粗蛋白和水解氨基酸含量对比分析

由表 3 可知,4 组鹿尾粗蛋白含量为发情期母鹿尾(77.00%)>生茸期母鹿尾(75.10%)>发情期公鹿尾(74.40%)>生茸期公鹿尾(73.40%) ($P < 0.05$),表现出发情期>生茸期、母>公的趋势。鹿尾不同时期和性别间水解氨基酸总量(AA)无显著差异。必需氨基酸总量(EAA)以生茸期母鹿尾最高,为 26.14%,显著高于发情期公鹿尾(20.49%) ($P < 0.05$)。EAA/AA 为生茸期母鹿尾(43.31%)>发情期母鹿尾(42.49%)>生茸期公鹿尾(42.19%)>发情期公鹿尾(41.68%),表现

出生茸期>发情期,母鹿>公鹿的趋势。分析各组分得出,发情期公鹿尾中 His 含量显著低于其他 3 组鹿尾 ($P < 0.05$);生茸期母鹿尾中 Ser、Asp 和 Cys 含量显著高于发情期公鹿尾, Met、Ile 和 Phe 含量显著高于其他 3 组鹿尾 ($P < 0.05$);Gly 含量以发情期母鹿尾最高,为 5.58%,显著高于其他 3 组鹿尾 ($P < 0.05$)。生茸期 Lys 含量显著高于发情期,不同性别间无显著差异。不同采收时期和性别的鹿尾中其他核苷组分均无显著差异。

表 3 不同采收时期和性别的鹿尾中粗蛋白和水解氨基酸含量($\bar{x}\pm s$, n=5)

Table 3 Contents of crude protein and hydrolyzed amino acid of deer tail in different periods and genders ($\bar{x}\pm s$, n=5) g/100g

名称 Designation	生茸期公鹿尾 Males in antler-producing stage	生茸期母鹿尾 Females in antler-producing stage	发情期公鹿尾 Males in estrus stage	发情期母鹿尾 Females in estrus stage
His	2.12±0.11 ^a	2.39±0.23 ^a	1.25±0.45 ^b	1.92±0.23 ^a
Ser	2.15±0.10 ^{ab}	2.49±0.33 ^a	1.97±0.17 ^b	2.27±0.32 ^{ab}
Arg*	2.80±0.22 ^a	3.27±0.42 ^a	2.78±0.21 ^a	3.22±0.28 ^a
Gly	4.25±0.38 ^b	4.79±0.61 ^b	4.57±0.32 ^b	5.58±0.26 ^a
Asp	5.91±0.34 ^{ab}	6.83±0.95 ^a	5.14±0.45 ^b	5.82±0.35 ^{ab}
Glu	7.98±0.67 ^a	8.63±1.17 ^a	7.21±0.66 ^a	7.90±0.30 ^a
Thr*	2.76±0.36 ^a	3.12±0.55 ^a	2.39±0.17 ^a	2.61±0.48 ^a
Ala	2.87±0.26 ^a	3.03±0.47 ^a	2.90±0.24 ^a	3.22±0.16 ^a
Pro*	2.85±0.15 ^a	3.09±0.47 ^a	2.92±0.35 ^a	3.54±0.39 ^a
Cys	0.14±0.01 ^{ab}	0.15±0.03 ^a	0.11±0.02 ^b	0.12±0.01 ^{ab}
Lys*	0.13±0.01 ^a	0.14±0.06 ^a	0.04±0.01 ^b	0.06±0.01 ^b
Tyr	5.63±0.48 ^a	5.91±1.05 ^a	4.85±0.38 ^a	4.90±0.46 ^a
Met*	3.07±0.21 ^b	3.93±0.42 ^a	2.55±0.46 ^b	2.90±0.30 ^b
Val*	3.14±0.25 ^a	3.45±0.44 ^a	2.83±0.25 ^a	3.07±0.29 ^a
Ile*	2.80±0.20 ^{ab}	3.25±0.45 ^a	2.42±0.18 ^b	2.57±0.25 ^b
Leu*	3.10±0.35 ^a	3.47±0.50 ^a	2.86±0.22 ^a	3.12±0.46 ^a
Phe*	2.01±0.22 ^b	2.42±0.18 ^a	1.70±0.15 ^b	1.90±0.11 ^b
AA	53.71±4.32 ^a	60.36±8.33 ^a	49.16±4.47 ^a	54.11±4.88 ^a
EAA	22.66±1.97 ^{ab}	26.14±3.49 ^a	20.49±2.00 ^b	22.99±2.57 ^{ab}
CP	73.40±0.06 ^d	75.10±0.06 ^b	74.40±0.25 ^c	77.00±0.04 ^a

注: *表示必需氨基酸,“EAA”表示必需氨基酸总量,“AA”表示氨基酸总量,“CP”表示粗蛋白。
Note: * represents the essential amino acid, “EAA” represents the total essential amino acid, “AA” represents the total amino acid, “CP” represents the crude protein.

2.3 脂肪酸含量对比分析

由表 4 可知,生茸期鹿尾检出 12 种脂肪酸,发情期公鹿尾检出除 C20:1, cis-11 以外的 11 种脂肪酸,发情期母鹿尾检出 9 种,未检出 C14:1, cis-9、C20:1, cis-11 和 C20:4, cis-5, 8, 11, 14。脂肪酸总量(FA)以生茸期公鹿尾最高,为 19.10 g/kg,高于生茸期母鹿尾和发情期公鹿尾约 1.6 倍,高于发情期母鹿尾 5 倍左右。饱和脂肪酸总量(SFA)为生茸期公鹿尾(7.07 g/kg)>生茸期母鹿尾(3.21 g/kg)>发情期公鹿尾(2.41 g/kg)>

发情期母鹿尾(1.40 g/kg)($P < 0.05$)。单不饱和脂肪酸总量(MUFA)以生茸期公鹿尾最高,为 10.75 g/kg,高于生茸期母鹿尾和发情期公鹿尾约 2 倍,高于发情期母鹿尾 9 倍左右,均表现出生茸期>发情期,公鹿>母鹿的趋势。多不饱和脂肪酸总量(PUFA)以发情期母鹿尾最低,为 0.51 g/kg,显著低于生茸期和发情期公鹿尾($P < 0.05$)。不饱和脂肪酸占比为发情期公鹿尾(69.01%)>生茸期公鹿尾(63.02%)>生茸期母鹿尾(57.28%)>发情期母鹿尾(55.07%)。

表 4 不同采收时期和性别的鹿尾中脂肪酸含量($\bar{x}\pm s$, n=5)

Table 4 Fatty acid content of deer tail in different periods and genders ($\bar{x}\pm s$, n=5) g/kg

类别 Classification	名称 Designation	生茸期公鹿尾 Males in antler-producing stage	生茸期母鹿尾 Females in antler-producing stage	发情期公鹿尾 Males in estrus stage	发情期母鹿尾 Females in estrus stage
饱和脂肪酸 (SFA)	肉豆蔻酸 C14:0	0.41±0.01 ^a	0.14±0.01 ^b	0.12±0.03 ^b	0.06±0.00 ^c
	十五烷酸 C15:0	0.12±0.00 ^a	0.06±0.00 ^b	0.05±0.02 ^{bc}	0.04±0.00 ^c
	棕榈酸 C16:0	4.93±0.17 ^a	2.12±0.13 ^b	1.39±0.34 ^c	0.82±0.04 ^d
	十七烷酸 C17:0	0.15±0.01 ^a	0.07±0.01 ^b	0.07±0.01 ^b	0.06±0.00 ^b
	硬脂酸 C18:0	1.41±0.07 ^a	0.79±0.02 ^b	0.59±0.14 ^c	0.40±0.02 ^d
	花生酸 C20:0	0.06±0.00 ^{ab}	0.03±0.01 ^b	0.20±0.18 ^a	0.02±0.00 ^b
	总量	7.07±0.27 ^a	3.21±0.16 ^b	2.41±0.71 ^c	1.40±0.06 ^d

续表

g/kg

类别 Classification	名称 Designation	生茸期公鹿尾 Males in antler- producing stage	生茸期母鹿尾 Females in antler- producing stage	发情期公鹿尾 Males in estrus stage	发情期母鹿尾 Females in estrus stage
单不饱和脂肪酸 (MUFA)	肉豆蔻油酸 C14:1,cis-9	0.28±0.00 ^a	0.12±0.01 ^c	0.15±0.00 ^b	—
	棕榈油酸 C16:1,cis-9	4.13±0.02 ^a	0.88±0.06 ^c	2.31±0.90 ^b	0.34±0.01 ^c
	油酸 C18:1,cis-9	6.21±0.32 ^a	2.37±0.14 ^b	1.66±0.47 ^c	0.86±0.02 ^d
	顺-11-二十烯酸 C20:1,cis-11	0.13±0.01 ^a	0.06±0.00 ^b	—	—
	总量	10.75±0.35 ^a	3.43±0.21 ^b	4.11±1.38 ^b	1.20±0.03 ^c
多不饱和脂肪酸 (PUFA)	亚油酸 C18:2,cis-9,12	1.20±0.06 ^a	0.72±0.06 ^b	1.15±0.40 ^a	0.51±0.01 ^b
	花生四烯酸 C20:4,cis-5,8,11,14	0.09±0.00 ^b	0.11±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	—
	总量	1.29±0.57 ^a	0.88±0.06 ^{ab}	1.26±0.41 ^a	0.51±0.01 ^b
	FA 总量	19.10±1.18 ^a	7.51±0.43 ^b	7.79±2.50 ^b	3.11±0.10 ^c
%	SFA/FA	36.98	42.72	30.99	44.93
	MUFA/FA	56.27	45.63	52.80	38.63
	PUFA/FA	6.75	11.65	16.21	16.44

2.4 激素含量对比分析

不同采收时期和性别的鹿尾中 8 种天然激素含量见表 5。雄烯二酮在公鹿尾和母鹿尾中均有检出,同一时期公鹿尾是母鹿尾含量的 2.5 倍左右,发情期含量显著高于生茸期($P < 0.05$)。睾酮和甲睾酮只在公鹿尾中检出,发情期含量极显著升高,分别约为生茸期的 8.6、27 倍。雌二醇含量为发情期母鹿尾(30.18 ng/g) > 生茸期母鹿尾(5.16 ng/g) > 发情期公鹿尾(3.85 ng/g) > 生茸期公鹿尾(2.38 ng/g) ($P < 0.001$)。雌三醇含量以发情期母鹿尾最高,为 16.75 ng/g,高于生茸期母鹿

尾 4.4 倍。公鹿尾检出微量雌三醇,不同时期无显著差异。孕酮、氢化可的松和激素总量均表现为发情期母鹿尾 > 发情期公鹿尾 > 生茸期母鹿尾 > 生茸期公鹿尾 ($P < 0.001$)。4 组鹿尾可的松含量无显著差异 ($P > 0.05$)。结果表明,鹿尾中激素含量受生物学时期和性别影响较大。不同性别间比较,公鹿尾雄激素含量较高,此外还含有孕激素、皮质醇和少量雌激素,母鹿尾检出微量雄激素,其他激素含量均显著高于公鹿尾。不同时期比较,发情期激素含量均显著升高,激素总量达到生茸期 3 倍左右。

表 5 不同采收时期和性别的鹿尾中激素含量($\bar{x} \pm s, n=5$)

Table 5 Hormone content of deer tail in different periods and genders ($\bar{x} \pm s, n=5$)

ng/g

类别 Classification	名称 Designation	生茸期公鹿尾 Males in antler- producing stage	生茸期母鹿尾 Females in antler- producing stage	发情期公鹿尾 Males in estrus stage	发情期母鹿尾 Females in estrus stage
雄激素	雄烯二酮	3.63±0.01 ^b	1.47±0.44 ^d	5.22±0.29 ^a	2.13±0.25 ^c
	睾酮	4.53±0.01	—	38.99±0.23	—
	甲睾酮	0.41±0.05	—	11.16±0.18	—
雌激素	雌二醇	2.38±0.22 ^d	5.16±0.36 ^b	3.85±0.01 ^c	30.18±1.06 ^a
	雌三醇	1.00±0.13 ^c	3.10±0.33 ^b	2.40±0.30 ^b	16.75±1.65 ^a
孕激素	孕酮	3.41±0.12 ^d	5.00±0.40 ^c	6.91±0.41 ^b	18.99±0.10 ^a
皮质醇	氢化可的松	12.81±1.10 ^d	20.07±0.16 ^c	23.15±0.32 ^b	31.78±2.17 ^a
	可的松	0.72±0.14 ^a	0.58±0.07 ^a	0.73±0.19 ^a	0.40±0.05 ^a
总量		28.89±1.78 ^d	35.38±1.76 ^c	92.41±1.93 ^b	100.23±5.28 ^a

2.5 无机元素含量对比分析

不同采收时期和性别的鹿尾中 24 种无机元素含量见表 6。元素总量为发情期母鹿尾(36.11 g/kg) > 发情期公鹿尾(34.19 g/kg) > 生茸期母鹿尾(31.15 g/kg)

和生茸期公鹿尾(29.65 g/kg),组间差异具有统计学意义。比较 4 组鹿尾中各元素含量,生茸期公鹿尾中 K 含量、发情期公鹿尾中 Cu、Mo 含量显著低于其他 3 组鹿尾,其他 3 组间无显著差异。发情期母鹿尾中 Mg 及

Ba 含量、生茸期母鹿尾中 Cr 及 Ni 含量和发情期公鹿尾中 Fe 含量显著较高,其他 3 组间无显著差异。Ca、Sr、V 3 种元素均以发情期母鹿尾含量最高,分别为 16.60 g/kg、19.62 mg/kg 和 9.60 mg/kg,显著高于同期公鹿尾($P<0.05$),极显著高于生茸期鹿尾($P<0.01$),生茸期不同性别间无显著差异。4 组鹿尾中 Na 含量为发情期母鹿尾(3.71 g/kg)>发情期公鹿尾(3.04 g/kg)>生茸期母鹿尾(2.75 g/kg)>生茸期公鹿尾(2.13 g/kg),S

含量则呈相反的趋势。4 组鹿尾均检出极微量 Pb,生茸期含量高于发情期($P<0.05$),不同性别间无显著差异。不同采收时期和性别间 Al、Zn、Mn、Ti 和 Cd 含量均无显著差异。4 组样品均未检出 Se、Ag、Hg 和 As,生茸期公鹿尾未检出 Cd,各组 Pb、Cd 含量分别在 0.5 mg/kg 和 0.2 mg/kg 左右,低于药典限量值(Pb:5 mg/kg,Cd:1 mg/kg)。

表 6 不同采收时期和性别的鹿尾中无机元素含量($\bar{x}\pm s$,n=5)
Table 6 Contents of inorganic elements of deer tail in different periods and genders ($\bar{x}\pm s$, n=5)

类别 Classification	名称 Designation	生茸期公鹿尾 Males in antler-producing stage	生茸期母鹿尾 Females in antler-producing stage	发情期公鹿尾 Males in estrus stage	发情期母鹿尾 Females in estrus stage
常量元素/(g/kg)	K	4.13±0.33 ^b	5.06±0.05 ^a	4.81±0.12 ^a	4.87±0.04 ^a
	Ca	11.13±0.59 ^c	11.92±0.46 ^c	15.3±0.36 ^b	16.60±0.24 ^a
	Na	2.13±0.06 ^d	2.75±0.07 ^c	3.04±0.10 ^b	3.71±0.03 ^a
	Mg	0.61±0.04 ^b	0.65±0.04 ^b	0.68±0.04 ^b	0.79±0.03 ^a
	S	11.21±0.10 ^a	10.31±0.07 ^b	9.88±0.17 ^c	9.66±0.08 ^d
微量元素/(mg/kg)	Al	83.67±6.93 ^a	75.03±11.71 ^a	87.73±3.88 ^a	84.42±7.41 ^a
	Zn	62.01±1.64 ^a	62.44±4.30 ^a	69.68±7.81 ^a	73.14±12.09 ^a
	Fe	215.98±9.16 ^b	224.80±7.40 ^{ab}	240.73±8.86 ^a	225.31±19.68 ^{ab}
	Mn	2.02±0.43 ^a	2.14±0.13 ^a	2.21±0.57 ^a	2.17±0.55 ^a
	Cu	19.61±2.96 ^a	22.63±1.80 ^a	11.68±4.79 ^b	17.86±2.74 ^a
	Cr	23.25±0.57 ^b	26.92±0.79 ^a	22.99±0.62 ^{ab}	20.35±1.98 ^c
	Ba	7.65±1.02 ^b	8.16±0.77 ^b	7.84±0.98 ^b	13.43±0.42 ^a
	Ni	8.20±0.58 ^c	13.22±0.31 ^a	11.44±0.47 ^{ab}	9.37±1.35 ^c
	Sr	10.56±0.77 ^c	11.33±0.67 ^c	14.32±1.01 ^b	19.62±0.33 ^a
	Mo	2.95±0.04 ^a	3.05±0.40 ^a	1.86±0.38 ^b	3.06±0.41 ^a
	V	4.66±0.54 ^c	4.08±0.39 ^c	8.10±0.15 ^b	9.60±0.06 ^a
	Ti	0.99±0.10 ^a	0.90±0.11 ^a	0.82±0.27 ^a	0.74±0.09 ^a
	Se	—	—	—	—
	Ag	—	—	—	—
	Pb	0.58±0.02 ^a	0.55±0.05 ^a	0.33±0.03 ^b	0.29±0.04 ^b
重金属元素/(mg/kg)	Cd	—	0.19±0.06 ^a	0.23±0.04 ^a	0.18±0.03 ^a
	Hg	—	—	—	—
	As	—	—	—	—
总量/(g/kg)		29.65±1.14 ^c	31.15±0.72 ^c	34.19±0.82 ^b	36.11±0.47 ^a

2.6 多糖含量对比分析

由表 7 可知,发情期母鹿尾中多糖含量最低,为 2.93 g/kg,显著低于生茸期公鹿尾(4.93 g/kg)、生茸期母鹿尾(4.83 g/kg)和发情期公鹿尾(5.61 g/kg)。推测发

情期母鹿尾多糖含量显著下降可能是母鹿在发情时食欲减弱、性欲增强且在此期间气温较低,体内能量消耗过度导致。

表 7 不同采收时期和性别的鹿尾中多糖含量($\bar{x}\pm s$, n=5)

Table 7 Polysaccharide content of deer tail in different periods and genders ($\bar{x}\pm s$, n=5)

样品 Sample	多糖含量 Polysaccharide content
生茸期公鹿尾	4.93±0.60 ^a
生茸期母鹿尾	4.83±0.74 ^a
发情期公鹿尾	5.61±0.15 ^a
发情期母鹿尾	2.93±0.49 ^b

3 讨论

本研究首次系统地测定了不同采收时期、不同性别的梅花鹿尾 7 类化学成分的组分及含量。结果表明,发情期鹿尾中粗蛋白、激素和无机元素含量以及不饱和脂肪酸比重较高;生茸期鹿尾中脂肪酸含量和必需氨基酸比重较高;核苷、水解氨基酸和多糖含量不同时期无显著差异。母鹿尾中粗蛋白和激素含量较高;公鹿尾中多糖、脂肪酸含量及不饱和脂肪酸比重较高;核苷、水解氨基酸和无机元素含量以及必需氨基酸比重不同性别间无显著差异。

公鹿在不同生物学时期处于不同的生理状态,每年的 4~9 月主要经历鹿角盘脱落、伤口愈合、鹿茸形成和生长、锯茸后大面积创口恢复、形成再生茸、再愈合和骨化等剧烈生理过程,每年 10 月至次年 3 月进入发情、求偶、配种的繁殖阶段^[14],因此,目前较多的饲养者为提高鹿经济效益,满足不同生理活动对营养的需求,进行鹿的科学饲养管理。李淑杰等^[15]提出,每年的 8 月和 3 月,应按鹿的性别、种别、生产性能、年龄、体况和种用性能进行严格分群管理。越冬期应确保蛋白质类饲料占日粮的 15%~20%,幼鹿和头、二锯鹿或后备母鹿、8 锯以上的花公鹿和 13 锯以上的公鹿应达到 40%左右。在保证越冬期有良好膘情的情况下,应在常年同龄脱盘期前 40 d 就明显增加日粮量及其营养水平,以达到鹿茸增产的目的。鹿茸生长后期和母鹿妊娠后期,饲料中矿物质磷酸钙的含量或骨粉、蛎粉、石粉及蛋壳粉的量应明显增加,妊娠母鹿为减少难产不宜过肥,故应控制能量摄入过多。研究表明,不同时期鹿体内的生化指标具有显著差异。史鸿鹏等^[14]的研究表明,发情期公鹿体内胆固醇、蛋白质、葡萄糖和乳酸脱氢酶水平显著高于生茸期;曹荣峰等^[16]的研究表明,生茸期梅花鹿血中卵磷脂、尿嘧啶和次黄嘌呤等抗衰老相关成分含量高于配种期;马泽芳等^[7]的研究表明,生茸期梅花鹿血中 SOD 水平显著高于配种期;

邹晨等^[17]的研究表明,不同生长阶段公鹿血液中蛋白、酶及无机盐差异极显著;哺乳期公、母鹿红细胞系统指标、血糖及肌酸激酶具有显著性差异;红细胞压积、红细胞平均体积、平均血红蛋白含量、平均血红蛋白浓度、碱性磷酸酶和乳酸脱氢酶在不同性别的育成鹿与成年鹿中差异极显著。综上所述,不同的营养供给、鹿自身进行不同的生理活动均影响鹿体内营养物质和能量的变化。生茸期公鹿消耗大量蛋白质、无机盐等营养物质,能量向茸生长调配,此阶段尾部瘦弱,营养较低,而发情期无产茸消耗,能量蓄积使营养成分回升,此阶段尾部发出求偶、性交等重要的生物学信号,尾部较为发达肥厚,尾腺分泌大量皮质醇类激素。因此,发情期鹿尾中粗蛋白、激素和无机元素含量显著高于生茸期。母鹿无产茸消耗蛋白和无机盐,为保证妊娠会增加二者供应量、减少脂肪摄入,且被证实母鹿妊娠后期和哺乳期尾腺分泌物含量最高^[10]。因此,母鹿尾中粗蛋白、激素和无机元素含量较高,脂肪酸和多糖含量较低。

参 考 文 献

[1] 中华本草编委会. 中华本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 664.

[2] 董万超, 辛炎, 张秀莲, 等. 梅花鹿茸和尾对大鼠性腺的影响[J]. 特产研究, 1996(1): 10+13.

[3] 徐海娜, 王峰, 刘操, 等. 梅花鹿公鹿尾对大鼠生长性能及营养物质消化代谢的影响[J]. 特产研究, 2013, 35(1): 7-11.

[4] 高秀华, 冯仰廉, 李忠宽, 等. 不同进食水平对生茸期梅花鹿能量代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2002, 14(2): 53-56.

[5] 高秀华, 金顺丹, 杨福合, 等. 饲料不同能量、蛋白质水平对生茸期梅花鹿的影响[J]. 经济动物学报, 2001, 5(3): 21-25.

[6] 史鸿鹏, 龚成燕, 陈丽红, 等. 酵母硒对不同生理时期梅花鹿血清生化指标的影响[J]. 特产研究, 2021, 43(4): 15-20.

[7] 马泽芳, 崔凯, 王晓松. 不同生理时期东北梅花鹿血液 SOD 含量分析[C]. “十二五”鹿科学研究进展, 2016: 493-499.

[8] MULLER-SCHWARZE W, QUAY W B, BRUNDIN A. The caudal gland in reindeer (*Rangifer tarandus* L.): Its behavioral role, histology, and chemistry[J]. Journal of Chemical Ecology, 1977, 3(5): 591-601.

[9] BAKKE J M, FIGENSCHOU E. Volatile compounds from the red deer (*Cervus elphus*) secretion from the tail gland[J]. Journal of Chemical Ecology, 1983, 9(4): 513-520.

[10] KAMEWAKA Y. Morphological study on specialized skin glands of the sika deer (*Cervus nippon* Yezoensis h.) with special reference to the caudal gland[J]. Japanese Journal of Veterinary Research, 1993, 41(1): 22-22.

[11] 孙印石, 王燕华, 王玉方, 等. UPLC 法测定不同加工方式梅花鹿鹿茸中的核苷类成分[J]. 中草药, 2018, 49(4): 840-846.

- Journal of Affective Disorders, 2021, 293: 78-89.
- [4] 张克艺, 赵杰. 赵杰辨治抑郁症验案举隅[J]. 中国民间疗法, 2021, 29(6): 99-101.
- [5] 肖苗, 吕映福. 浅谈抑郁症与中医“郁证”的关系[J]. 医学食疗与健康, 2020, 18(20): 37.
- [6] 唐梅, 李向平. 抗抑郁药的不良反应及其在心血管病患者中的应用[J]. 中南大学学报(医学版), 2020, 45(10): 1228-1233.
- [7] 程瑶. 小柴胡汤对抑郁症病人脑源性神经营养因子、睡眠质量及神经功能相关因子的影响[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2017, 15(10): 1250-1252.
- [8] 尚志钧校注. 神农本草经[M]. 北京: 学苑出版社, 2002: 54-55.
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科学出版社, 2020: 293-295.
- [10] 周燕燕, 郭禅英, 蔡彩敏. 北柴胡、南柴胡及藏柴胡的鉴别分析[J]. 海峡药学, 2019, 31(11): 59-62.
- [11] 郭晓擎, 田俊生, 史碧云, 等. 南柴胡和北柴胡组成的逍遥散抗抑郁作用的¹H-NMR 代谢组学研究[J]. 中草药, 2012, 43(11): 2209-2216.
- [12] 徐雪娇, 李天英, 李欣, 等. 柴胡化学成分及抗抑郁机制研究进展[J]. 化学工程师, 2022, 36(6): 65-67+81.
- [13] 孙宗喜, 吕晓慧, 徐桂花, 等. 甘肃产柴胡挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(9): 75-78.
- [14] KIM S, CHEN J, CHENG T, et al. PubChem in 2021: new data content and improved web interfaces[J]. Nucleic Acids Research, 2021, 49(D1): D1388-D1395.
- [15] DAINA A, MICHELIN O, ZOETE V. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules[J]. Scientific Reports, 2017, 7: 42717.
- [16] SAFRAN M, DALAH I, ALEXANDER J, et al. GeneCards Version 3: the human gene integrator[J]. Database: the Journal of Biological Databases and Curation, 2010, 2010: baq020.
- [17] WISHART D S, FEUNANG Y D, GUO A C, et al. DrugBank 5.0: a major update to the DrugBank database for 2018[J]. Nucleic Acids Research, 2017, 46(D1): D1074-D1082.
- [18] SOUDY M, ANWAR A M, AHMED E A, et al. UniprotR: Retrieving and visualizing protein sequence and functional information from Universal Protein Resource (UniProt knowledgebase)[J]. Journal of Proteomics, 2020, 213: 103613.
- [19] SSZKLARCZYK D, GABLE A L, LYON D, et al. STRING v11: Protein-protein association networks with increased coverage, supporting functional discovery in genome-wide experimental datasets[J]. Nucleic Acids Research, 2019, 47 (D1): D607-D613.
- [20] KANEHISA M, FURUMICHI M, SATO Y, et al. KEGG: integrating viruses and cellular organisms[J]. Nucleic Acids Research, 2021, 49(D1): D545-D551.
- [21] 胡妮娜, 张晓娟. 黄芪的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中医药信息, 2021, 38(1): 76-82.
- [22] 隋璐, 王晓红. 抑郁症“从肝论治”现代研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2018, 20(2): 168-170.
- [23] SHIINA Y, FUNABASHI N, LEE K, et al. Relaxation effects of lavender aromatherapy improve coronary flow velocity reserve in healthy men evaluated by transthoracic Doppler echocardiography[J]. International Journal of Cardiology, 2008, 129(2): 193-197.
- [24] KASUYA H, IIDA S, ONO K, et al. Intracerebral distribution of α -pinene and the anxiolytic-like effect in mice following inhaled administration of essential oil from *Chamaecyparis obtusa*[J]. Natural Product Communications, 2015, 10(8): 1479-1482.
- [25] OCHIAI H, IKEI H, SONG C, et al. Physiological and psychological effects of forest therapy on middle-aged males with high-normal blood pressure[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015, 12(3): 2532-2542.
- [26] ZHANG Y, LONG Y, YU S, et al. Natural volatile oils derived from herbal medicines: A promising therapy way for treating depressive disorder[J]. Pharmacological Research, 2021, 164: 105376.
- [27] 穆道周, 胡桂芳, 陈雷, 等. 雌激素受体与抑郁症的相关性研究进展[J]. 天津医药, 2019, 47(4): 436-439.
- [28] DWIVEDI Y, RIZAVI H S, CONLEY R R, et al. ERK MAP kinase signaling in post-mortem brain of suicide subjects: Differential regulation of upstream Raf kinases Raf-1 and B-Raf[J]. Molecular Psychiatry, 2006b, 11: 86-98.
- [29] SMITH C M, WALKER A W, HOSKEN I T, et al. Relaxin-3/RXFP3 networks: an emerging target for the treatment of depression and other neuropsychiatric diseases[J]. Frontiers in Pharmacology, 2014, 5: 46.
- [30] GUO L T, WANG S Q, SU J, et al. Baicalin ameliorates neuroinflammation-induced depressive-like behavior through inhibition of toll-like receptor 4 expression via the PI3K/AKT/FoxO1 pathway[J]. Journal of Neuroinflammation, 2019, 16 (1): 95.
- (上接第31页)
- [12] 陆雨顺, 赵丽娟, 宫瑞泽, 等. 柱前衍生-超高效液相色谱法测定油莎豆饼粕中 17 种氨基酸的含量[J]. 特产研究, 2019, 41(4): 75-79.
- [13] 王泽帅, 陆雨顺, 李珊珊, 等. 不同地区梅花鹿茸中无机元素含量的对比分析[J]. 特产研究, 2021, 43(2): 69-78.
- [14] 史鸿鹏, 陈丽红, 司华哲, 等. 不同硒添加量对生茸期梅花鹿生产性能、营养物质表观消化率及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(4): 2235-2244.
- [15] 李淑杰, 王柏林. 当前饲养梅花鹿和马鹿应注意的环节[J]. 特种经济动植物, 2009, 12(9): 8.
- [16] 曹荣峰, 王继芳, 崔丽春, 等. 不同饲养时期雄性梅花鹿血液中抗衰老活性物质的 HPLC 分析[J]. 中国兽医学报, 2009, 29(12): 1607-1609+1612.
- [17] 邹晨, 邢秀梅, 房瑞新, 等. 不同生长阶段吉林梅花鹿血液生理生化指标分析[J]. 中国畜牧兽医, 2021, 48(6): 2033-2044.