



我国桑树蛋白质产业的实践与发展

任荣荣 王俊苏

The mulberry protein industry in China

REN Rongrong, WANG Junsu

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0187>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

云贵地区饲用灌木营养价值及生物活性物质

Advances in nutritional value and bioactive substances in forage shrubs in the Yungui area

草业科学. 2019, 36(9): 2351 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0291>

生态文明建设背景下我国草坪业发展的思考

Thoughts on development of China's turf industry in the context of ecological civilization construction

草业科学. 2021, 38(10): 2077 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0257>

云南云岭牛桑叶营养价值的评价

Evaluation of the nutritional value of mulberry leaves fed to Yunnan Yunling cattle

草业科学. 2019, 36(9): 2365 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0623>

中国荞麦种质资源及其饲用价值

Germplasm resources of buckwheat in China and their forage value

草业科学. 2017, 11(2): 378 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0153>

高密度草本化栽培对饲料桑全株产量及品质的影响

Influence of high planting density herbal cultivating on yield and quality of whole-plant mulberry (*Morus alba*)

草业科学. 2020, 37(5): 952 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0445>

我国牧草产业全要素生产率

A study on total factor productivity of China's forage industry

草业科学. 2019, 36(11): 2971 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0665>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0187

任荣荣, 王俊苏. 我国桑树蛋白质产业的实践与发展. 草业科学, 2023, 40(2): 571-581.

REN R R, WANG J S. The mulberry protein industry in China. Pratacultural Science, 2023, 40(2): 571-581.

我国桑树蛋白质产业的实践与发展

任荣荣¹, 王俊苏²

(1. 重庆海田林业科技有限公司, 重庆 405400; 2. 重庆海关技术中心, 重庆 400000)

摘要: 桑树 (*Morus alba*) 是世界历史悠久的木本饲草作物, 营养价值丰富, 生长速度快, 适应环境的能力强, 具有饲用、食用与生态等兼用价值。桑树叶片的粗蛋白含量可达 20% 以上, 不低于苜蓿 (*Medicago sativa*)、白三叶 (*Trifolium repens*)、多年生黑麦草 (*Perennial ryegrass*) 等优质牧草; 粗蛋白年产量可达 5.04 t·hm⁻², 粗纤维含量是苜蓿草粉的 43%, 粗蛋白和干物质的有效降解率均在 70% 左右; 氨基酸种类达 18 种, 与大豆 (*Glycine max*) 氨基酸种类及含量接近。本文对桑树产品的饲用价值、营养功能因子、产品加工方式及产业发展前景进行梳理总结, 以说明桑树作为草食动物的优质饲料, 以丰富、全面的营养成分和独特的功能因子, 既可提高家畜的生产力水平, 又可增加农业系统的作物多样性、推动草畜耦合、提高草地农业的生产力和稳定性, 具有较大的开发潜力和利用价值。

关键词: 桑蛋白; 饲草资源; 饲用价值; 生物活性物质; 生态价值; 草畜耦合; 桑粕

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2023)02-0571-11

The mulberry protein industry in China

REN Rongrong¹, WANG Junsu²

(1. Chongqing Haitian Forestry Technology Co., Ltd., Chongqing 405400, China;

2. Technology Center of Chongqing Customs District P.R., Chongqing 400000, China)

Abstract: Mulberry (*Morus alba*), a woody forage shrub with a long history of human usage, not only has rich nutritional and ecological value but also grows rapidly and has strong adaptability. The crude protein content of mulberry leaves can be at least 20% of that found in good quality forage such as alfalfa, white clover, and perennial ryegrass. The crude protein yield of mulberry is 5.04 t·ha⁻¹ per year, whereas the crude fiber content is 43% of that of alfalfa, and the effective degradability of crude protein and dry matter is approximately 70%. The proteins in mulberry leaves comprise 18 types of amino acid, which is similar to the number found in soybean. As a high-quality feed for herbivores, mulberry leaves can not only improve the productivity of livestock but also enhance the crop diversity of agricultural systems, promote the coupling of grass and livestock, and improve the productivity and stability of grassland agriculture. As a rich and comprehensive source of nutrients with unique functional properties, mulberry forage has considerable development potential and utilization value.

Keywords: mulberry protein; forage resource; feeding value; bioactive substance; ecological value; coupling of grass and livestock; mulberry meal

Corresponding author: REN Rongrong E-mail: renrongrong2021@126.com

桑树 (*Morus alba*) 是全球历史悠久的传统饲草作物, 为古代“丝绸之路”的起源、发展和维持提供

了物质和能量, 推动了世界文明的交融和草地农业系统的进化。在中国, 自嫫祖植桑养蚕以来 (《史

收稿日期: 2022-03-22 接受日期: 2022-06-06

通信作者: 任荣荣 (1943-), 男, 江苏常州人, 重庆海田林业科技有限公司原董事长, 研究方向为桑产业。E-mail: renrongrong2021@126.com

记·五帝本纪》), 桑蚕业已有五千年的历史, 是世界蚕业发源地^[1]。历史上, 农业系统中, 桑叶作为家蚕的饲料, 不仅促进植物生产层与动物生产层之间物质和能量的流动, 而且为丝绸加工、蚕砂生产等后生物生产层源源不断地提供物质和能量, 在我国长江三角洲发育了以桑树一蚕的系统耦合为特征, 与作物生产、家畜生产、商品储运等广泛的系统耦合为基础的草地农业系统, 两千多年来作为联通欧亚大陆干旱区、世界大洋及沿途各类系统的规模最大、历史最悠久的巨型草业系统, 为人类历史和文明格局奠定了无可替代的草业系统的基础。

随着人类社会的高速发展, 人畜争粮的矛盾越来越突出, 饲料资源的开发已成为草业发展的重要命题^[2]。桑树以其丰富、全面的营养成分和独特的功能因子, 具有较大的饲料开发潜力和利用价值^[3]。桑树的用途不局限于饲蚕, 在草食畜生产和人类医疗保健中发挥更大作用^[3-4]。联合国粮农组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 自 2000 年连续召开了“桑树在动物生产应用 (mulberry for animal production)”与“利用桑叶资源发展畜牧业生产”的国际会议, 我国也于 2012 年将桑白皮、桑椹、桑叶、桑枝列入饲料原料目录中^[5], 桑树资源的开发利用在国内外受到广泛关注, 其潜在价值远未得到充分发掘利用。

随着人类对食品安全与生态安全愈来愈重视, 这对畜禽产品的营养性与安全性, 以及农牧业的可持续发展也提出了更高的要求与挑战。桑树蛋白产业可成为保障食品安全与生态安全的重要基础。桑树的适应性强, 生长速度快, 第 2 年以后饲草产量可稳定在 $22 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 左右^[6]。桑叶含有丰富的碳水化合物、蛋白质、脂肪酸、纤维素及维生素等微量矿物质元素, 是一种营养较为全面的优质饲料资源^[7]。20 世纪初, 意大利已开始发掘桑叶饲喂奶牛的价值^[8], 印度开展了桑叶饲养家畜的研究^[9]。20 世纪 80 年代, 美洲国家将桑树纳入主要的饲料^[10], 日本、法国和中国也开展了桑叶作为草食家畜营养物质的试验^[11-13]。目前, 我国桑树种植面积约 $106 \text{ 万} \text{ hm}^2$ ^[14], 是世界桑树产业大国、强国, “丝绸之路”成为中国久负盛名的“外贸”品牌^[7]。饲料桑是一种杂交桑树品种, 桑叶、桑枝可用作畜禽饲料。近年来, 随着饲料桑的培育, 我国桑树的生产和利用进入快

速发展阶段, 开发了越来越多的桑树产品 (如桑叶、桑枝、桑粕和桑汁等) 用于畜禽养殖, 对我国草业高速优质发展具有重要价值。因此, 本文以发展我国桑树蛋白质产业的角度, 从桑树产品的营养品质、营养功能因子及加工方式等方面, 对桑树产品饲用价值和前景进行总结, 由此表明发展我国桑树蛋白产业对推动草畜耦合、提高草地农业的生产力和稳定性, 具有较大的开发潜力和利用价值。

1 桑树的饲用价值

桑树的产品主要有桑枝、桑叶、桑树皮、桑粕和桑树浓缩液。桑枝和桑叶是桑树目前被广泛研究的饲草产品。桑枝叶的营养成分因产地、品种、收获时间和加工方式不同而有较大差异^[15-18]。生长期桑叶的含水率在 73%~89%, 粗蛋白含量在 20%~30%, 与同生育期的苜蓿 (*Medicago sativa*) 相近, 比高羊茅 (*Festuca elata*) 等禾本科牧草高出 1 倍左右^[6-7]; 粗纤维的含量约为 15%, 是苜蓿草粉的 43% (表 1)。桑叶中粗蛋白和粗脂肪含量仅次于大豆 (*Glycine max*) 籽实, 鲜桑叶产量在种植第 2 年达到稳定, 每年约 $22 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 粗蛋白年产量可达 $5.04 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[6]。桑叶的营养物质含量与大豆接近, 优于苜蓿, 可作为草食家畜的优质蛋白质饲料。桑叶的粗蛋白和干物质有效降解率均在 70% 左右, 而中性洗涤纤维 (neutral detergent fiber, NDF) 与酸性洗涤纤维 (acid detergent fiber, ADF) 的有效降解率较高 (表 2)。生长期桑叶的干物质有效降解率大于苜蓿、黑麦草 (*Lolium perenne*)、青贮玉米 (*Zea mays*) 和燕麦草 (*Arrhenatherum elatius*), 反刍家畜对桑叶具有较高的转化潜力。

2 桑树的营养功能因子

桑树具有药食同源的特性, 在桑树产品中提取到诸多生理活性物质。如桑叶中的氨基酸种类丰富, 达到 18 种, 占桑叶干物质的 10% 以上, 含有赖氨酸、蛋氨酸等多种动物所必需的限制性氨基酸, 与大豆的氨基酸种类及含量接近 (表 3), 尤其是赖氨酸、蛋氨酸、胱氨酸、谷氨酸含量较高。天冬氨酸和谷氨酸占桑叶中氨基酸总量的 12% 以上, 谷氨酸参与蛋白质代谢、动植物和微生物生命活动中多种生物化学反应, 有利于降低及消除动物机体内的血

表 1 桑树与其他几种植物的营养成分比较
Table 1 The chemical composition of *Morus alba* and other plants

植物名 Plant name	生育期 Growth period	干物质 Dry matter/%	粗蛋白 CP/%	粗脂肪 EE/%	灰分 Ash/%	粗纤维 CF/%	无氮浸出物 NFE/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	总能 GE/(MJ·kg ⁻¹)	文献 Reference
桑树 Mulberry	生长期—成熟期 Growing stage—maturity	11~21	16~30	3~6	8~12	15	34~48	41~65	34~38	14~17	[6, 19-23]
苜蓿 Alfalfa	现蕾期—初花期 Budding—flowering	19~25	15~29	1~2.7	7~12	10~29	40~54	35~48	31~40	15~19	[24-27]
菊苣 Chicory	分蘖期—成熟期 Tillering stage—maturity	10~12	10~24	4~5	14.02	16.38	40.18	12~40	10~30	14~16	[28]
羊茅 Fescue	分蘖期—抽穗期 Tillering stage—heading stage	11~45	11~21	2~5	8~12	25~35	30~47	—	—	15~17	[29-30]
青贮桑叶 Mulberry leaf silage	成熟期 Maturity	21~37	16~23	5.21	—	—	2.53	—	—	—	[31-32]
青贮玉米 Corn silage	成熟期 Maturity	18	7~9	—	—	—	—	55~84	30~50	—	[27, 33-35]
青贮苜蓿 Alfalfa silage	成熟期 Maturity	38~47	26~27	—	—	—	—	32~40	22~27	—	[36-37]

CP: crude protein; EE: ether extract; CF: crude fiber; NFE: nitrogen-free extract; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; GE: gross energy. This is applicable for the following tables as well.

表 2 桑树与几种粗饲料的瘤胃降解率比较
Table 2 A comparison of rumen degradation rate between mulberry branches and selected roughages

植物 Plant	生育期 Growth period	干物质有效降解率 Degradation rate of DM/%	粗蛋白有效降解率 Degradation rate of CP/%	中性洗涤纤维有效降解率 Degradation rate of NDF/%	酸性洗涤纤维有效降解率 Degradation rate of ADF/%	文献 Reference
桑树 Mulberry	生长期—成熟期 Growing stage—maturity	38~73	74.6	54.59	15.04	[38-39]
苜蓿 Alfalfa	现蕾期—初花期 Budding—flowering	55~57	77.94	26~37	22~31	[27, 40-41]
黑麦草 Ryegrass	分蘖期—成熟期 Tillering stage—maturity	50~55	61~67	39.85	31.86	[42-43]
燕麦 Oats	分蘖期—成熟期 Tillering stage—maturity	40~67	59.53	35~40	41.64	[44-45]
青贮玉米 Corn silage	成熟期 Maturity	65~66	69.39	43~50	19~47	[43, 46]

氨, 保护动物的脑组织^[22]。

桑叶含有丰富的矿物质及维生素外, 还含有天然的活性物质成分^[7, 51]。抑制脂质氧化作用的黄酮类物质含量丰富, 100 g 干物质中含甾醇 46 mg, 异槲皮苷 200~500 mg, 槲皮苷 30 mg, 槲皮苦素 100 mg 等。桑叶中含有多种氨基酸神经传达物质, 如 1-脱氧野尻霉素 (1-Deoxynojirimycin, 1-DNJ) 是一种天然的生物碱, 桑叶中 1-DNJ 含量在 0.15%~

0.33%^[51]。桑枝叶中的总生物碱含量在 2.942~6.511 mg·g⁻¹, 1-DNJ 含量为 0.430~1.350 mg·g⁻¹, 多糖含量为 7.558~14.096 mg·g⁻¹, 总黄酮含量为 0.810~1.743 mg·g⁻¹^[22, 51], 远高于目前发现的其他几种植物 [如风信子 (*Hyacinthus orientalis*)、野拓草 (*Commelina communis*) 等], 是一种糖普酶的抑制剂。这些活性物质对家畜具有免疫保健作用, 饲喂桑叶提升家畜血清的生化免疫指标^[22], 免疫球蛋白、葡萄糖与碱

表 3 桑叶与大豆中的氨基酸种类及含量对比

Table 3 A comparison of amino acid types and contents in Mulberry leaves and soybean

氨基酸 Amino acid	桑叶 Mulberry leaves	大豆 Soybean
赖氨酸 Lysine	1.20	2.24
亮氨酸 Leucine	1.83	2.82
异亮氨酸 Isoleucine	1.50	1.85
蛋氨酸 Methionine	0.25	0.39
苯丙氨酸 Phenylalanine	1.94	1.84
缬氨酸 Valine	1.76	1.73
组氨酸 Histidine	1.13	0.97
苏氨酸 Threonine	1.80	1.44
半胱氨酸 Cysteine	0.30	0.52
酪氨酸 Tyrosine	0.96	1.17
谷氨酸 Glutamic acid	3.33	6.26
天冬氨酸 Aspartic acid	3.06	4.00
脯氨酸 Proline	1.31	1.86
甘氨酸 Glycine	2.20	1.60
丙氨酸 Alanine	1.54	1.54

桑叶数值来源于文献[47-48], 大豆数值来源于文献[49-50]。

The value of mulberry leaves comes from literature [47-48]; The value of soybean comes from literature [49-50].

性磷酸酶含量都高于燕麦草、苜蓿和羊草 (*Leymus chinensis*) 饲喂的家畜^[52-56]。饲喂桑粕后羊肉总蛋白含量均值比普通羊肉产品蛋白质含量增加了 15.90%, 胆固醇含量降低 38.90%, 维生素 A、C、E 含量的均值分别增加了 193.46%、738.61%和 248.25% (表 4)。

桑枝叶富含蛋白质、氨基酸、不饱和脂肪酸、矿物质、维生素、黄酮、生物碱、多糖、多酚等物质, 是畜禽的优良饲料原料, 可以促进动物生长, 改善反刍动物瘤胃内的生态环境, 促进瘤胃内纤维分解菌的繁殖, 提高饲料消化率, 增加反刍动物的采食量^[5-6, 51, 57]。在育肥牛日粮中添加一定量的饲料桑, 能促进牛对饲料的消化吸收, 提高饲料报酬, 增加生长速度^[58]。在肉羊基础日粮中添加桑叶粉, 可提高肉羊日增重, 提高羊肉蛋白质、总氨基酸含量和必需氨基酸含量, 增强肉羊血清中的总超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活力及总抗氧化能力,

表 4 饲喂桑粕对羊肉品质的影响

Table 4 Effects of feeding mulberry meal on mutton quality

项目 Item	桑粕 Mulberry meal	对照 Control
总蛋白 Total phosphorus (TP)	19.50	14.60
胆固醇 Cholesterol (CHO1)	66.80	70.00
钙 Calcium (Ca)	51.10	9.00
锌 Zinc (Zn)	26.90	6.60
硒 Selenium (Se)	0.03	0.01
维生素 Vitamin A	0.02	0.01
维生素 Vitamin C	10.20	1.00
维生素 Vitamin E	2.58	0.31

桑粕数值来源于文献[57]。

The value of mulberry leaves comes from literature [57].

并降低丙二醛含量, 提高肉羊的免疫力^[55]。

3 桑树的生态价值

桑树不仅具有良好的营养价值, 也具有一定的防风固沙、水土保持和土壤改良作用 (表 5)。中国知网 (China National Knowledge Infrastructure, CNKI) 上以“桑树”和“生态价值”、“土壤改良”、“水土保持”为关键词的搜索结果显示, 自 2004 年我国开始对桑树生态价值进行挖掘研究。桑树因其发达的根系和较强的光合能力, 对干旱、洪涝、盐碱和重金属污染都具有良好的抗性和改良能力。桑树是典型的丛枝菌根植物, 与丛枝菌根真菌的相互作用使得桑树的光合能力和水分利用都有所提高^[59]。桑树生态价值的深入挖掘、生产与生态兼顾, 使得桑树在草地农业生产潜力巨大。

4 桑树的加工

目前, 桑树作为畜禽饲料的加工利用方式主要为饲喂鲜叶、制粉、有效成分提取制成添加剂, 青贮和微贮等^[69], 以及利用萃取技术研制出了桑粕和桑树浓缩液。从桑树中提取的桑粕含有 20% 的高级蛋白质, 其消化率、吸收率高于豆粕。萃取的桑树浓缩液能够留存桑树绝大部分的生命活性物质^[57]。

饲喂鲜桑枝叶对反刍动物来说适口性好, 易操作、成本低, 但鲜桑受生长刈割时间限制冬季无法供应。青贮桑枝叶是一种可以长期保存鲜桑枝叶的

表 5 桑树的生态价值部分研究结果
Table 5 Research results highlighting the ecological value of mulberry

生态功能 Ecological value	研究区域 Research area	研究结果 Research result	参考文献 Reference
水土保持 Soil and water conservation	三峡库区消落带 The water-level-fluctuating zone of the Three Gorges Reservoir	桑树根系发达, 抗涝抗旱能力强 Developed mulberry root system, waterlogging tolerance, and drought resistance	[60]
	<100 mm 区域新疆年降水 < 100 mm annual precipitation in Xinjiang Province	桑树良好生长, 防风固沙 Mulberry trees thrive and have strong wind resistance	[61]
土壤改良 Soil improvement	黑龙江盐碱土壤 Saline-alkali soil of Heilongjiang Province	桑树降低土壤容重和土壤含盐量 Mulberry lowers soil bulk density and salt concentrations	[62]
	湖南浏阳七宝山矿区 Qibaoshan mining area, Liuyang, Hunan Province	桑树对 1 m 耕作层土壤重金属离子的修复年限为 0.3~2 年 In a 1 m tilled layer of mulberry soil, the heavy metal ion repair time is 0.3~2 years	[63]
	盆栽试验 Pot experiment	桑树通过提高过氧化物歧化酶等酶活性抵御干旱 Mulberry can resist drought by increasing the activity of enzymes such as superoxide dismutase	[64]
	河北 Hebei Province	栽培年限提高桑树根际土壤真菌相对丰度 The relative abundance of fungi in rhizosphere soil of mulberry increased during cultivation years	[65]
净化空气 Atmospheric purification	盆栽试验 Pot experiment	桑树提高沙化土壤养分含量 Mulberry increases the nutrient content of sandy soil	[66]
	长江流域 Yangtze River basin	单位产量的 CO ₂ 固定量可达 49 000 kg·hm ⁻² The fixed amount of CO ₂ per unit yield can reach 49 000 kg·hm ⁻²	[67]
	北方树林 The Northern forest	桑树吸氟量高于其他 31 个树种 The fluorine absorption of mulberry was higher than that of 31 other species	[68]

经济有效方法, 但需要与玉米秸秆、酶制剂、有机酸、微生物青贮剂 etc 一起青贮效果较好^[70]。

目前, 制作桑枝叶粉有干燥粉碎和膨化粉碎两种方式, 桑枝经膨化后粉碎所得的膨化桑枝粉的饲用价值要高于干燥后粉碎^[35]。因为膨化可以使桑枝叶中的淀粉糊化和蛋白质变性, 降低了抗营养因子含量, 提高了可溶性纤维素含量^[70-71]。在桑枝叶粉中添加精料后可以制作成全价饲料直接投喂畜禽或者做成颗粒饲料后使用, 也可以进一步提取其有效成分作为饲料添加剂, 或者制作成微贮发酵饲料再利用^[44]。将桑枝叶粉添加饲料发酵剂后密封发酵后制成桑枝叶微贮饲料^[72], 可以降解粗纤维、大分子蛋白、抗营养因子等物质, 提高总黄酮等生命活性物质的含量和利用率^[73]。

5 展望

全世界人畜争粮、人畜争地的矛盾日益尖锐, 我国尤其如此, 对大豆、苜蓿等饲草资源的进口量

持续增加^[74]。土地危机、水资源危机严重威胁人类的食物安全和生态安全, 尤其是动物性食物的保障, 开发乡土饲用植物资源, 特别是优质蛋白饲草资源迫在眉睫, 桑树作为一种产量稳定、营养全面的木本饲草资源, 具有巨大的开发潜力。

桑树适应性强, 生长速度快, 抗干旱、抗风沙、耐贫瘠、耐严寒, 在荒山荒滩、石山沙漠能迅速生长繁衍, 根系发达可保土、保水, 具有重要的生态价值^[7, 57, 75-76], 因此我国历史上有“以法护桑”、“立法保桑”的传统, 桑树在我国各类草地农业生态系统中有一席之地。自明朝开始我国就有了桑基鱼塘, 形成了初始的作物一家畜综合生产系统^[61]。桑树枝叶富含家畜所需的全价性营养物质, 能提高动物免疫力的功能性物质, 其中蛋白质含量和产量位于各种作物前列(表 1)^[6-7, 51]。但是, 目前有关桑树栽植以及家畜饲喂桑叶后温室气体排放的研究尚不多见。我国桑树资源超过 100 万 hm²^[4, 57], 按桑叶内含 20%~25% 的蛋白质折算, 每

年可生产4 000万t蛋白质。桑叶还含60%~70%碳水化合物和膳食纤维、2%的生物钙,以及脂肪、微量元素、维生素和抗衰老物质,是粮饲药兼用的多功能作物,其利用开发趋于多元化。远景规划,利用各种边际土地种植桑树1 300万hm²,不与粮、草、林争地,全国桑树饲草产量每年达2亿t,可以替代进口1亿t饲料粮,富足有余,缓解世界粮食危机。

桑树蛋白是与大豆蛋白一样的优质蛋白质。饲

喂桑叶后的畜禽抗病性增强,兽药用量减少,养殖效益增加,重金属残留降低;用桑树浓缩液作为饮水添加剂饲喂畜禽能够增强畜禽在高温环境下的免疫力,牛(羊)奶制品中添加桑蛋白粉加进牛(羊)奶制品,既能提高其蛋白质含量,还能增加植物钙、锌、铁等微量营养元素的含量^[57]。桑粕蛋白的吸收率是豆粕的两倍^[57],含有丰富的膳食纤维和钙、铁、锌等动物必需元素,以桑粕替代豆粕,可缓解我国畜牧业蛋白质饲料缺口。

参考文献 References:

- [1] 吉武成美, 蒋猷龙. 家蚕的起源和分化研究. 农业考古, 1987, 10(2): 316-324, 418.
YOSHITAKE N S, JIANG Y L. Studies on the origin and differentiation of *Bombyx mori*. Agricultural Archaeology, 1987, 10(2): 316-324, 418.
- [2] 徐磊, 侯扶江. 以草地农业系统观分析猪肉价格问题. 草业科学, 2010, 27(6): 123-128.
XU L, HOU F J. Analysis of the price of pork in the view of agro-grassland ecosystem. Pratacultural Science, 2010, 27(6): 123-128.
- [3] 向仲怀. 建设现代农业产业技术体系 推进蚕业新的发展: 在国家蚕桑产业技术体系第一次工作会议上的讲话. 中国蚕业, 2009, 30(2): 4-6.
XIANG Z H. Building modern agricultural industrial technology system to promote the new development of sericulture: Speech on the first working conference of national sericulture industrial technology system. China Sericulture, 2009, 30(2): 4-6.
- [4] 任荣荣. 锐意改革 积极进取 大力开创中国新一代的黄金农业: 中国桑产业为例. 中国畜牧业, 2017(7): 36-37.
REN R R. Reform vigorously and forge ahead vigorously to create a new generation of gold agriculture in China: Take Chinese mulberry industry as an example. China Animal Industry, 2017(7): 36-37.
- [5] 汪文忠. 饲料用桑的营养特性及其开发利用现状. 饲料广角, 2017(12): 42-43.
WANG W Z. Nutrient characteristics and development status of mulberry for feed. Feed China, 2017(12): 42-43.
- [6] 孙双印, 侯向阳, 卢欣石. 饲料植物: 饲料桑. 草原与草坪, 2006(6): 66-68.
SUN S Y, HOU X Y, LU X S. Forage mulberry. Grassland and Turf, 2006(6): 66-68.
- [7] 向仲怀, 何宁佳, 黄先智. 桑与畜牧业. 草业学报, 2017, 26(2): 1-9.
XIANG Z H, HE N J, HUANG X Z. Mulberry and animal husbandry. Acta Prataculturae Sinica, 2017, 26(2): 1-9.
- [8] SÁNCHEZ M D. World distribution and utilization of mulberry, potential for animal feeding. Fao Animal Production & Health Paper, 2000(1): 111.
- [9] SÁNCHEZ M D. Mulberry: An exceptional forage available almost worldwide. World Animal Review, 1999(1): 36-46.
- [10] EMILE J C, BARRE P, DELAGARDE R, NIDERKORN V, NOVAK S. Trees: A source of forage for grazing dairy cows. Fourrages, 2017(230): 155-160.
- [11] DORAN M P, LACA E A, SAINZ R D. Total tract and rumen digestibility of mulberry foliage (*Morus alba*), alfalfa hay and oat hay in sheep. Animal Feed Science and Technology, 2007, 138(3/4): 239-253.
- [12] ROTHART R L. Feed intake and selection of tree fodder by dairy heifers. Animal Feed Science and Technology, 1999, 79(1/2): 1-13.
- [13] WANG W X, YANG H J, BO Y K, DING S, CAO B H. Nutrient composition, polyphenolic contents, and in situ protein degradation kinetics of leaves from three mulberry species. Livestock Science, 2012, 146(2/3): 203-206.
- [14] 叶伟彬, 邓文. 我国桑树栽培研究现状与发展对策. 湖北农业科学, 1999(1): 41-43.
YE W B, DENG W. Present situation and development countermeasures of mulberry cultivation in China. Hubei Agricultural Sciences, 1999(1): 41-43.

- [15] 赵卫国, 孙梦琦, 侯启瑞, 黄先智, 李龙. 不同处理方式对饲料桑产量及营养价值的影响. *广西蚕业*, 2018, 55(4): 6-9.
ZHAO W G, SUN M Q, HOU Q R, HUANG X Z, LI L. Effects of different treatments on yield and nutritional value of mulberry. *Guangxi Sericulture*, 2018, 55(4): 6-9.
- [16] 吴婧婧, 陆春霞, 董桂清, 周晓玲, 肖潇, 石韡韬, 刘开莉, 黄正勇, 梁贵秋. 广西7个桑树品种桑枝的营养成分探究. *蚕学通讯*, 2020, 40(1): 5-11.
WU J J, LU C X, DONG G Q, ZHOU X L, XIAO X, SHI W T, LIU K L, HUANG Z Y, LIANG G Q. A study on nutritional content and healthcare function of branches from seven mulberry varieties in Guangxi. *Newsletter of Sericultural Science*, 2020, 40(1): 5-11.
- [17] 邱长玉, 崔秋英, 朱方容, 张朝华, 朱光书, 唐燕梅, 李韬, 卢德, 石华月, 陈芳, 林强. 桂桑6号等14个桑树品种桑叶产量及粗蛋白质含量的分析. *中国蚕业*, 2020, 41(1): 6-11.
QIU C Y, CUI Q Y, ZHU F R, ZHANG C H, ZHU G S, TANG Y M, LI T, LU D, SHI H Y, CHEN F, LIN Q. Analysis of leaf yield and crude protein content of 14 mulberry varieties such as Guisang No. 6. *China Sericulture*, 2020, 41(1): 6-11.
- [18] 李冬兵, 刘学锋, 王一, 周丽, 曾泽彬. 宜宾地区饲料桑品种的引种试验. *中国蚕业*, 2019, 40(1): 9-12.
LI D B, LIU X F, WANG Y, ZHOU L, ZENG Z B. Introduction test of forage mulberry variety in Yibin area. *China Sericulture*, 2019, 40(1): 9-12.
- [19] 郑晓丽, 贾晓虎, 胡丹. 饲料桑在动物营养中的应用. *四川蚕业*, 2019, 47(3): 43-47.
ZHENG X L, JIA X H, HU D. Application of feed mulberry in animal nutrition. *Sichuan Canye*, 2019, 47(3): 43-47.
- [20] 王红林, 左艳春, 周晓康, 严旭, 寇晶, 蒲军, 张浩仁, 杜周和. 高密度草本化栽培对饲料桑全株产量及品质的影响. *草业科学*, 2020, 37(5): 952-962.
WANG H L, ZUO Y C, ZHOU X K, YAN X, KOU J, PU J, ZHANG H R, DU Z H. The influence of high planting density herbal cultivating on yield and quality of whole-plant mulberry (*Morus alba* L.). *Pratacultural Science*, 2020, 37(5): 952-962.
- [21] 施海娜, 李世恩, 高钰, 张金霞, 刘雨田, 朱正生, 徐振飞, 张郁萍, 耿智广, 梁万鹏. 庆阳市蛋白桑饲用营养价值分析. *中国草食动物科学*, 2020, 40(6): 24-27, 50.
SHI H N, LI S E, GAO Y, ZHANG J X, LIU Y T, ZHU Z S, XU Z F, ZHANG Y P, GENG Z G, LIANG W P. Analysis on feeding nutritive value of *Morus alba* in Qingyang City. *China Herbivore Science*, 2020, 40(6): 24-27, 50.
- [22] 寇宇斐. 饲料桑的营养动态及其对育肥湖羊生产性能的影响. 兰州: 兰州大学硕士学位论文, 2021.
KOU Y F. Nutrition dynamics of mulberry and its effects on production performance of fattening Hu sheep. Master Thesis. Lanzhou: Lanzhou University, 2021.
- [23] 周芳芳, 林波, 曹艳红, 吴柱月, 宣泽义, 陈少梅. 不同粗饲料来源对哺乳期奶牛生长性能和血清生化指标的影响. *中国饲料*, 2020(21): 43-48.
ZHOU F F, LIN B, CAO Y H, WU Z Y, XUAN Z Y, CHEN S M. Effects of different roughage sources on growth performance and blood biochemical indexes of sucking Holstein calve. *China Feed*, 2020(21): 43-48.
- [24] 黄泽, 崔增, 刘一帆, 刘玉, 武高林. 黄土高原半干旱区几种饲用植物生产与饲用价值比较. *草业科学*, 2020, 37(4): 770-776.
HUANG Z, CUI Z, LIU Y F, LIU Y, WU G L. Comparison of productivity and feed value of different forage plants in the semi-arid regions of the Loess Plateau, China. *Pratacultural Science*, 2020, 37(4): 770-776.
- [25] 孙启忠, 桂荣. 影响苜蓿草产量和品质诸因素研究进展. *中国草地*, 2000(1): 57-63.
SUN Q R, GUI R. Factors affecting alfalfa forage yield and quality. *Grassland of China*, 2000(1): 57-63.
- [26] 孙万斌, 马晖玲, 侯向阳, 穆怀彬. 20个紫花苜蓿品种在甘肃两个地区的生产性能及营养价值综合评价. *草业学报*, 2017, 26(3): 161-174.
SUN W B, MA H L, HOU X Y, MU H B. Comprehensive evaluation of production performance and nutritional value of 20 alfalfa cultivars in two ecological areas of Gansu Province. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(3): 161-174.
- [27] 李袁飞, 郝建祥, 马艳艳, 成艳芬, 朱伟云. 体外瘤胃发酵法评定不同类型饲料的营养价值. *动物营养学报*, 2013, 25(10): 2403-2413.
LI Y F, HAO J X, MA Y Y, CHENG Y F, ZHU W Y. Nutritive value evaluation of different types of feeds by *in vitro* ruminal fermentation method. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(10): 2403-2413.

- [28] 卓玛草, 杨天辉, 李广, 常生华, 侯扶江. 黄土高原菊苣产草量与营养品质的预测. *草业科学*, 2019, 36(12): 3130-3144.
Zhuomacao, YANG T H, LI G, CHANG S H, HOU F J. Prediction of forage yield and nutritional quality of *Cichorium intybus* in the Loess Plateau. *Pratacultural Science*, 2019, 36(12): 3130-3144.
- [29] 牟琼, 吴佳海, 王少青, 吴静, 钟理. 贵州不同生态条件对黔草5号高羊茅生产性能的影响. *草业科学*, 2016, 33(8): 1583-1588.
MOU Q, WU J H, WANG S Q, WU J, ZHONG L. Influence of the production performance of *Festuca arundinacea* cv. Qiancao No. 5 in different ecological condition of Guizhou Province. *Pratacultural Science*, 2016, 33(8): 1583-1588.
- [30] 姚喜喜, 王立亚, 严振英, 张文娟, 孙海群, 周睿. 放牧对温性荒漠草原植物群落特征与牧草营养品质的影响. *草地学报*, 2021, 29(S01): 165-172.
YAO X X, WANG L Y, YAN Z Y, ZHANG W J, SUN H Q, ZHOU R. Effects of grazing on vegetation characteristics and forage nutritional quality in a temperate desert steppe. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(S01): 165-172.
- [31] 张颖超, 尹守亮, 王一炜, 王学凯, 杨富裕. 木本饲料青贮研究进展. *生物技术通报*, 2021, 37(9): 10.
ZHANG Y C, YIN S L, WANG Y W, WANG X K, YANG F Y. Research progress in woody forage silage. *Biotechnology Bulletin*, 2021, 37(9): 10.
- [32] 朱佳文, 李峪鹏, 许祯莹, 李娟, 苏志鹏, 雷春龙, 刘瀚扬, 徐麒麟, 陈亚迎, 吴永胜, 曹衍波, 邱时秀. 添加枯草芽孢杆菌对桑青贮发酵品质的研究. *中国饲料*, 2020(3): 48-57.
ZHU J W, LI Y P, XU Z Y, LI J, SU Z P, LEI C L, LIU H Y, XU Q L, CHEN Y Y, WU Y S, CAO Y B, QIU S X. Research on fermentation quality of mulberry silage of adding *Bacillus subtilis*. *China Feed*, 2020(3): 48-57.
- [33] 张瑞霞, 刘景辉, 牛敏, 王东儒, 杜桢, 石崇博. 不同收获期青贮玉米品种营养成分的积累与分配. *玉米科学*, 2006, 14(6): 108-112, 116.
ZHANG R X, LIU J H, NIU M, WANG D R, DU Z, SHI C B. Accumulation and distribution of nutrients of silage maize in different harvest periods. *Journal of Maize Sciences*, 2006, 14(6): 108-112, 116.
- [34] 韩英东, 熊本海, 潘晓花, 杨琴. 全株青贮玉米的营养价值评价: 以北京地区为例. *饲料工业*, 2014, 35(7): 15-19.
HAN Y D, XIONG B H, PAN X H, YANG Q. Evaluation of the nutritional value of whole plant silage corn: Based on the situation of Beijing area. *Feed Industry*, 2014, 35(7): 15-19.
- [35] 赵新伟, 张文举, 罗良俊, 刘运领, 张小燕. 利用体外产气法评定不同品种青贮玉米的营养价值. *当代畜牧*, 2014(4): 36-38.
ZHAO X W, ZHANG W J, LUO L J, LIU Y L, ZHANG X Y. Evaluation of nutritional value of different varieties of silage maize by in vitro gas production. *Contemporary Animal Husbandry*, 2014(4): 36-38.
- [36] 田瑞霞, 安渊, 王光文, 边四辈. 紫花苜蓿青贮过程中pH值和营养物质变化规律. *草业学报*, 2005, 14(3): 82-86.
TIAN R X, AN Y, WANG G W, BIAN S B. Effect of silaging temperature on the pH and nutrition of *Medicago sativa* silage. *Acta Pratacultural Science*, 2005, 14(3): 82-86.
- [37] 马春晖, 夏艳军, 韩军, 钱文熙, 张玲, 席琳乔, 方雷. 不同青贮添加剂对紫花苜蓿青贮品质的影响. *草业学报*, 2010, 19(1): 128-133.
MA C H, XIA Y J, HAN J, QIAN W X, ZHANG L, XI L Q, FANG L. Effects of different additives on the quality of *Medicago sativa* silage. *Acta Pratacultural Science*, 2010, 19(1): 128-133.
- [38] 黄江丽, 何力, 张志红, 王东升, 张国华, 圣平. 体外产气法评价4种不同来源的桑叶对江西本地黄牛的营养价值. *中国草食动物科学*, 2020, 40(4): 26-31.
HUANG J L, HE L, ZHANG Z H, WANG D S, ZHANG G H, SHENG P. Assessment of nutritional value of mulberry leaf on Jiangxi yellow cattle by gas production method in vitro. *China Herbivore Science*, 2020, 40(4): 26-31.
- [39] 郑旺, 黄传书, 张洪燕, 刘建勇, 杨凯, 黄先智, 沈以红. 不同加工方式制作桑枝饲料的营养价值及用于肉牛饲养的瘤胃降解特性. *蚕业科学*, 2018, 44(4): 594-600.
ZHENG W, HUANG C S, ZHANG H Y, LIU J Y, YANG K, HUANG X Z, SHEN Y H. Nutritional value of mulberry branch feed from different processing methods and degradation characteristics in rumen of beef cattle. *Science of Sericulture*, 2018, 44(4): 594-600.
- [40] 马艳艳, 成艳芬, 朱伟云. 不同物候期的苜蓿体外消化率的比较. *畜牧与兽医*, 2014(6): 50-55.
MA Y Y, CHENG Y F, ZHU W Y. Comparison of in vitro digestibility of alfalfa in different phenological stages. *Animal*

- Husbandry & Veterinary Medicine, 2014(6): 50-55.
- [41] 张晓庆, 吴秋珏, 郝正里, 魏臻武, 李发弟. 不同品种苜蓿营养成分及体外消化率动态研究. *草业科学*, 2005, 22(12): 48-51.
ZHANG X Q, WU Q Y, HAO Z L, WEI Z W, LI F D. Studies on the dynamic changes of nutrients and in vitro digestibility of different *Medicago sativa* species. *Pratacultural Science*, 2005, 22(12): 48-51.
- [42] 汤少勋, 姜海林, 周传社, 谭支良. 不同牧草品种对体外发酵产气特性的影响. *草业学报*, 2005, 14(3): 72-77.
TANG S X, JIANG H L, ZHOU C S, TAN Z L. Effects of different forage species on in vitro gas production characteristics. *Acta Pratacultural Science*, 2005, 14(3): 72-77.
- [43] 咎林森, 茹彩霞, 马陕红. 模拟瘤胃条件下5种粗饲料干物质中性洗涤纤维降解率的研究. *中国畜牧杂志*, 2006, 42(11): 42-44.
ZAN L S, RU C X, MA S H. Study on degradation rate of dry matter and neutral detergent fiber of five kinds of forages under simulated rumen conditions. *Chinese Journal of Animal Science*, 2006, 42(11): 42-44.
- [44] 王辉辉, 任长忠, 赵桂琴, 丁学智, 史海山. 利用体外产气法研究燕麦的营养价值. *中国草地学报*, 2008, 30(5): 80-84.
WANG H H, REN C Z, ZHAO G Q, DING X Z, SHI H S. Study on oat nutrition value by means of in vitro gas production. *Chinese Journal of Grassland*, 2008, 30(5): 80-84.
- [45] 崔占鸿, 郝力壮, 刘书杰, 柴沙驼, 赵月平, 张晓卫. 体外产气法评价青海高原燕麦青干草与天然牧草组合效应. *草业学报*, 2012, 21(3): 250-257.
CUI Z H, HAO L Z, LIU S J, CHAI S T, ZHAO Y P, ZHAO X W. Evaluation of the fermentation characteristics of mixed oat green hay and native pastures in the Qinghai plateau using an in vitro gas production technique. *Acta Pratacultural Sinica*, 2012, 21(3): 250-257.
- [46] 闫贵龙, 曹春梅, 刁其玉, 邓凯东. 不同季节对青贮窖中全株玉米青贮品质和营养价值的影响. *畜牧兽医学报*, 2010, 41(5): 557-563.
YAN G L, CAO C M, DIAO Q Y, DENG K D. Effects of seasons on the quality and nutritional values of whole-plant corn silage. *Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica*, 2010, 41(5): 557-563.
- [47] 张俊, 颜新培, 龚昕, 龙唐忠, 李飞鸣, 徐瑛, 邹湘月, 雷语. 15个桑品种不同季节桑叶的游离氨基酸含量及主成分分析. *蚕业科学*, 2016, 42(1): 131-142.
ZHANG J, YAN X P, GONG X, LONG T Z, LI F M, XU Y, ZOU X Y, LEI Y. Content determination and principal component analysis of free amino acids in leaves of 15 mulberry varieties collected in different seasons. *Science of Sericulture*, 2016, 42(1): 131-142.
- [48] 杨喆, 陈秋生, 张强, 郭永泽, 高扬, 徐雯, 周学永. 不同品种桑葚与桑叶中氨基酸含量差异研究. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(17): 4534-4538.
YANG Z, CHEN Q S, ZHANG Q, GUO Y Z, GAO Y, XU W, ZHOU X Y. Difference of amino acid content between mulberry and mulberry leaves of different varieties. *Journal of Food Safety & Quality*, 2018, 9(17): 4534-4538.
- [49] 石贵阳, 阚冲, 陈竹, 王晶琴, 杨松花, 何进, 何腾兵. 西南地区大豆品种的蛋白质营养价值评价. *种子*, 2021, 40(7): 26-32.
SHI G Y, KAN C, CHEN Z, WANG J Q, YANG S H, HE J, HE T B. Evaluation of protein nutritional value of soybean varieties in southwest China. *Seed*, 2021, 40(7): 26-32.
- [50] 李福山, 常汝镇, 舒世珍, 常碧影, 陈志萍, 左江湾. 栽培, 野生, 半野生大豆蛋白质含量及氨基酸组成的初步分析. *大豆科学*, 1986, 5(1): 65-72.
LI F S, CHANG R Z, SHU S Z, CHANG B Y, CHEN Z P, ZUO J W. Protein content and composition of amino acid in cultivated semi-cultivated and wild soybeans. *Soybean Science*, 1986, 5(1): 65-72.
- [51] 杜周和, 左艳春, 严旭, 周晓康, 刘彬斌, 吴建梅, 刘俊凤, 寇晶, 陈义安, 张剑飞. 饲料桑生理活性物质及其饲用价值. *草业学报*, 2017, 26(10): 227-236.
DU Z H, ZUO Y C, YAN X, ZHOU X K, LIU B B, WU J M, LIU J F, KOU J, CHEN Y A, ZHANG J F. Physiological activation and feed value of mulberry for livestock and poultry. *Acta Pratacultural Sinica*, 2017, 26(10): 227-236.
- [52] 冯兴龙, 赵春平, 焦锋, 咎林森. 不同粗饲料处理对秦川肉牛生长发育以及血液生化指标的影响. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2016, 44(9): 10-16.
FENG X L, ZHAO C P, JIAO F, ZAN L S. Influence of different roughages on growth and blood biochemical indices of Qinchuan

- cattle. *Journal of Northwest A&F University*, 2016, 44(9): 10-16.
- [53] 陶璐璐, 侯启瑞, 戎世芳, 孙梦琦, 陈星, 王梦芝, Eng Andres Diaz Veiga, 赵卫国, 李龙. 日粮中添加桑叶粉对湖羊生长性能、血液生化指标、屠宰性能及肉品质的影响. *蚕业科学*, 2020, 46(1): 105-111.
TAO L L, HOU Q R, RONG S F, SUN M Q, CHEN X, WANG M Z, ENG A D V, ZHAO W G, LI L. Effect of adding mulberry leaf powder to diet on growth performance, serum biochemical parameters, slaughter performance and meat quality of Hu sheep. *Science of Sericulture*, 2020, 46(1): 105-111.
- [54] 刘功炜, 侯海瑞, 王尧悦, 贾亚洲, 陈玉林, 杨雨鑫. 桑叶对绒山羊血脂及脂肪代谢相关基因表达的影响. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2018, 46(3): 16-24, 33.
LIU G W, HOU H R, WANG Y Y, JIA Y Z, CHEN Y L, YANG Y X. Effects of dietary mulberry supplementation on blood lipid and fat metabolism gene expression of Cashmere goat. *Journal of Northwest A&F University*, 2018, 46(3): 16-24, 33.
- [55] 李伟玲. 桑叶对肉羊生产性能、血液生化指标、免疫抗氧化功能和肉品质的影响. 呼和浩特: 内蒙古农业大学硕士学位论文, 2012.
LI W L. Effects of mulberry leaves on performance, serum biochemical parameters, immune function, antioxidation and meat quality in meat sheep. Master Thesis. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2021.
- [56] 许赢苹. 饲料中添加桑叶对湘西黄牛生长性能及血液生化指标的影响. *湖南畜牧兽医*, 2020(3): 23-25.
XU Y P. Effects of dietary mulberry leaves on growth performance and blood biochemical indices of xiangxi cattle. *Hunan Journal of Animal Science & Veterinary Medicine*, 2020(3): 23-25.
- [57] 任荣荣. 中国的黄金桑产业. 北京: 研究出版社, 2021.
REN R R. Golden Mulberry Industry in China. Beijing: Research Press, 2021.
- [58] 郭建军, 李晓滨, 齐雪梅, 潘金龙, 武生茂, 杨学影. 饲料中添加桑叶对育肥牛增重的影响. *当代畜牧*, 2010(9): 31-32.
GUO J J, LI X B, QI X M, PAN J L, WU S M, YANG X Y. Effects of mulberry leaves on weight gain of fattening cattle. *Contemporary Animal Husbandry*, 2010(9): 31-32.
- [59] 邢丹, 韩世玉, 罗朝斌, 杨胜特, 张芳, 陈廷速. 接种丛枝菌根真菌对干旱条件下桑树生长及水分利用效率的影响. *蚕业科学*, 2019, 45(4): 475-483.
XING D, HAN S Y, LUO C B, YANG S T, ZHANG F, CHEN T S. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on mulberry growth and water use efficiency under drought condition. *Science of Sericulture*, 2019, 45(4): 475-483.
- [60] 郭天雷, 史东梅, 胡雪琴, 黄先智, 蒋平. 三峡库区消落带不同高程桑树林地土壤抗蚀性及影响因素. *中国生态农业学报*, 2015, 23(2): 191-198.
GUO T L, SHI D M, HU X Q, HUANG X Z, JIANG P. Characteristics and soil anti-erodibility effects of mulberry forest lands at different altitudes of water-level fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2015, 23(2): 191-198.
- [61] 杨虎, 沈浩. 中国传统桑树资源利用变迁及其当代生态价值探微. *蚕业科学*, 2021, 47(4): 374-379.
YANG H, SHEN H. Changes of traditional mulberry resource utilization in China and its contemporary ecological value. *Acta Sericologica Sinica*, 2021, 47(4): 374-379.
- [62] 高清, 韩伟. 黑龙江省种植桑树改良开发盐碱地的思考. *农业开发与装备*, 2013(5): 6-6.
GAO Q, HAN W. Thinking on planting mulberry to improve and develop saline-alkali land in Heilongjiang Province. *Agricultural Development & Equipments*, 2013(5): 6-6.
- [63] 张兴, 王冶, 揭雨成, 余玮, 邢虎成, 朱守晶. 桑树对矿区土壤中重金属的原位去除效应研究. *中国农学通报*, 2012, 28(7): 59-63.
ZHANG X, WANG Y, JIE Y C, SHE W, XING H C, ZHU S J. Effect of heavy metal home position elimination on the mulberry in mining area soil. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(7): 59-63.
- [64] 冀宪领, 盖英萍, 牟志美, 刘训理, 王洪利. 干旱胁迫对桑树生理生化特性的影响. *蚕业科学*, 2004, 30(2): 117-122.
JI X L, GAI Y P, MOU Z M, LIU X L, WANG H L. Effect of water stress on physiological and biochemical character of mulberry. *Acta Sericologica Sinica*, 2004, 30(2): 117-122.
- [65] 王子夜, 路晓月, 许露, 韩杰, 王志刚, 阎爱华. 不同种植年限桑树根际土壤真菌群落多样性研究. *蚕业科学*, 2022, 48(1): 25-33.
WANG Z Y, LU X Y, XU L, HAN J, WANG Z G, YAN A H. Fungi community composition and diversity in rhizosphere soil of

- mulberry trees at different planting years. *Acta Sericologica Sinica*, 2022, 48(1): 25-33.
- [66] 毛莹, 郑冬梅, 辛愿, 施柳. 桑树对沙化土壤改良的试验研究. *黑龙江农业科学*, 2021(2): 45-48.
MAO Y, ZHENG D M, XIN Y, SHI L. Experimental study on sandy soil improvement by mulberry. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2021(2): 45-48.
- [67] 龙唐忠, 颜新培, 龚昕, 李章宝, 蒋勇兵, 黄仁志, 徐瑛, 雷语. 论桑树在尾矿库生态修复中的应用前景: 基于湘西矿山环境效应. *农村经济与科技*, 2015, 26(12): 63-66.
LONG T Z, YAN X P, GONG X, LI Z B, JIANG Y B, HUANG R Z, XU Y, LEI Y. Discussion on the application prospect of mulberry in the ecological restoration of tailings pond: Based on the environmental effect of Xiangxi mine. *Rural Economy and Science-Technology*, 2015, 26(12): 63-66.
- [68] 鲁敏, 李成. 绿化树种对大气重金属污染物吸收净化能力的研究. *山东林业科技*, 2006(3): 31-32.
LU M, LI C. Absorption and purification ability on the greening tree species to heavy metal pollutants of the atmosphere. *Journal of Shandong Forestry Science and Technology*, 2006(3): 31-32.
- [69] 林国强, 蒋健钊, 宁国信, 李标, 梁广博, 黄金华. 桑枝叶作为动物饲料的应用研究进展. *黑龙江畜牧兽医*, 2020(15): 56-60.
LIN G Q, JIANG J Z, NING G X, LI B, LIANG G B, HUANG J H. Research progress on application of mulberry branches and leaves as animal feed. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020(15): 56-60.
- [70] 蒋美山, 易兴友, 李中伟. 饲料桑的营养价值及其在畜禽日粮中的应用. *当代畜牧*, 2015(8): 31-32.
JIANG M S, YI X Y, LI Z W. Nutritive value of forage mulberry and its application in livestock and poultry diet. *Contemporary Animal Husbandry*, 2015(8): 31-32.
- [71] 黄世洋, 黄华莉, 黄文丽, 黄志荣, 梁源春. 不同菌种产品微贮桑枝秸秆试验效果初报. *广西畜牧兽医*, 2018, 34(3): 142-145.
HUANG S Y, HUANG H L, HUANG W L, HUANG Z R, LIANG Y C. Preliminary report on the experimental results of silage mulberry branch straw with different strain products. *Guangxi Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2018, 34(3): 142-145.
- [72] 崔振亮, 孟庆翔, 段宏超, 周振明, 任丽萍. 青贮桑枝叶饲料对杂交肉牛瘤胃细菌区系的影响. //第五届中国牛业发展大会议论文集. 济南: 中国畜牧业协会, 2010.
CUI Z L, MENG Q X, DUAN H C, ZHOU Z M, REN L P. Effects of silage mulberry branch and leaf feed on rumen bacterial flora of hybrid beef cattle. // Proceeding of the fifth China cattle industry development conference. Ji'nan: China Animal Agriculture Association, 2010.
- [73] 陈娅. 桑微贮饲料应用及其经济性研究. *中国饲料*, 2020(16): 112-114.
CHEN Y. Study on application and economic efficiency of mulberry feed. *China Feed*, 2020(16): 112-114.
- [74] 中华人民共和国海关总署统计数据. (2021-09-07) [2021-09-07]. <http://tjs.customs.gov.cn/tjs/sjgb/tjcx/index.html>.
Statistics of the General Administration of Customs, PRC. (2021-09-07) [2021-09-07]. <http://tjs.customs.gov.cn/tjs/sjgb/tjcx/index.html>.
- [75] 吴海平, 周金钱. 蚕桑产业的生态价值. *蚕桑通报*, 2015, 46(1): 1-4.
WU H P, ZHOU J Q. The ecological value of the sericulture industry. *Bulletin of Sericulture*, 2015, 46(1): 1-4.
- [76] 曾秀, 王介平, 周婵, 吕金凤, 王海燕, 谷山林, 熊定奎. 桑树在发展生态畜牧业中的作用与发展思路. *中国蚕业*, 2017, 38(3): 33-35, 39.
ZENG X, WANG J P, ZHOU C, LYU J F, WANG H Y, GU S L, XIONG D K. The function and development thought of mulberry in developing ecological animal husbandry. *China Sericulture*, 2017, 38(3): 33-35, 39.

(责任编辑 魏晓燕)