

米老排叶片营养成分与利用前景分析

陈朝黎, 余纽, 李荣生, 董明亮, 邹文涛, 朱茂成, 杨锦昌*

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520)

摘要: 为探讨米老排(*Mytilaria laosensis*)叶片的潜在利用价值和开发前景, 对其叶片的营养成分进行了测定。结果表明, 9 a 生植株的幼嫩叶片中粗蛋白、粗脂肪和水分含量显著低于成熟叶片; 2 a 生和 10 a 生米老排叶片的膳食纤维含量均超过 50%, 总糖含量为 15.04%~16.25%; 幼树叶片的维生素 C 含量[1 651mg/(100 g)]和总黄酮含量[10 862 mg/(100 g)]较高。2 a 生和 10 a 生植株成熟叶片均含有 16 种氨基酸, 其中必需氨基酸 7 种, 药效氨基酸 8 种, 分别占氨基酸总量的 38.67%~40.23%和 62.89%~67.43%; 第一限制性氨基酸为蛋氨酸, 必需氨基酸的 SRC 值为 64.46~64.48, 表明叶片可提供优质的植物蛋白。不同年龄植株叶片的 $Zn/Cu < 10$ 和 $Zn/Fe < 1$, 对动物吸收无不利影响。可见, 米老排叶片含有多多种营养物质, 富含粗蛋白、粗脂肪和氨基酸, 粗纤维和膳食纤维、维生素 C、总黄酮、Ca、Se 含量高, 在木本饲料添加剂、保健功能产品和森林蔬菜等方面具有良好的开发利用潜力。

关键词: 米老排; 粗蛋白; 抗氧化; 氨基酸; 膳食纤维; 矿质元素

doi: 10.11926/jtsb.4324

Nutritional Ingredients in Leaves of *Mytilaria laosensis* and Its Utilization Prospects

CHEN Zhao-li, YU Niu, LI Rong-sheng, Dong Ming-liang, ZOU Wen-tao, ZHU Mao-cheng, YANG Jin-chang*

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China)

Abstract: In order to explore the potential utilization value and development prospects of *Mytilaria laosensis* leaves, the nutrient ingredients in leaves were measured. The results showed that the contents of crude protein, crude fat and water in young leaves of 9-year-old tree were significantly lower than those in mature leaves; and the dietary fiber content in leaves of 2- and 10-year-old trees exceed 50%, and total sugar content was 15.04%–16.25%. The vitamin C content in young trees was 1 651 mg/(100 g), and the total flavonoid content was 10 862 mg/(100 g). There were 16 kinds of amino acids in mature leaves of 2- and 10-year-old trees, including 7 essential amino acids and 8 medicinal amino acids, accounting for 38.67%–40.23% and 62.89%–67.43% of total amino acids, respectively. The first limiting amino acid was methionine with SRC value of 64.46–64.48, indicating that the leaves could provide high-quality plant protein. The mineral elements in the leaves showed $Zn/Cu < 10$ and $Zn/Fe < 1$, indicating no adverse effects on animal absorption. Therefore, the leaves of *M. laosensis* contained abundant nutrients, including crude protein, crude fat, amino acids, crude fiber, dietary fiber, vitamin C, total flavonoids, Ca and Se content, showing potential development and utilization prospect in woody feed additives, health functional products, and forest vegetables.

收稿日期: 2020–10–21 接受日期: 2020–12–25

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CAFYBB2019SZ002); 广东省林业科技创新项目(2019KJCX004)资助

This work was supported by Project for Fundamental Research of the Central Non-profit Research Institutes (Grant No. CAFYBB2019SZ002), and the Project for Forestry Science and Technology Innovation (Grant No. 2019KJCX004).

作者简介: 陈朝黎, 女, 硕士。E-mail: zlchen0525@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: fjyc@126.com

Key words: *Mytilaria laosensis*; Crude protein; Antioxidation; Amino acid; Dietary fiber; Mineral element

米老排(*Mytilaria laosensis*)是金缕梅科(Hamamelidaceae)壳菜果属植物^[1], 自然分布于我国南方包括云南、广西、广东等地以及越南北部和老挝, 是南亚热带地区一种优良的乡土阔叶树种^[2], 广泛用于建筑、家具和胶合板等, 并具有良好的土壤改良、水土保持和水源涵养等生态功能^[3-4]。由于米老排具有多种利用价值, 目前相继开展了遗传多样性评价、种苗繁育与良种选育、造林和经营技术、加工利用和效益评价等系统研究^[5-8], 主要聚焦于木材生产和生态防护用途方面, 而有关叶片开发利用的报道则鲜有涉及, 仅徐良^[2]对米老排叶片的饲料营养含量进行测定, 认为其叶片宽大肥厚、粗蛋白含量较高, 具有良好的饲料开发潜力。鉴于米老排生长快、叶量大、萌蘖性强、适生性强和用途广^[2,9], 故其资源特别是叶片尚有待进一步挖掘利用。本研究通过采集米老排不同单株和不同成熟度叶片, 测定其主要营养成分、糖类、维生素等抗氧化剂、矿物质、氨基酸等含量, 探讨叶片利用价值及开发前景, 以拓展米老排的利用途径和促进资源的综合开发。

1 材料和方法

1.1 材料

2018年4月在广东省云浮市郁南县南江口镇米老排(*Mytilaria laosensis*)试验林(22°07' N, 111°49' E)中, 选择3株9 a 生生长中等的植株(胸径分别为17.2、17.6、18.1 cm, 树高分别为13.1、13.7、14.0 m), 分别采集植株中上部分成熟叶片和基部萌条的幼嫩叶片; 2018年9月, 在广东省广州市天河区中国林业科学研究院热带林业研究所后山(23°08' N, 113°17' E), 挑选生长环境一致的2棵米老排植株, 其中1株为2 a 生幼树(胸径3.0 cm、树高2.5 m), 另1株为10 a 生成年树(胸径18.0 cm、树高13.5 m), 每株采集鲜叶500~800 g。

1.2 方法

叶片采集后, 用去离子水洗净, 在室内阴干, 再放入40℃烘箱干燥48 h, 取出后称量质量, 再次放置烘箱烘至恒重; 用快速粉碎机研磨成粉末状, 装入袋中备用。

米老排叶片营养元素的检测按照我国国家标准或行业标准方法执行。采自郁南的9 a 生植株成熟叶片和幼嫩叶片测定粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、灰分和水分含量; 采自广州不同年龄植株的成熟叶片测定糖类、维生素及抗氧化活性物质、氨基酸组分、常量与微量元素等指标。粗蛋白含量测定参照 GB 5009.5-2016; 粗纤维含量测定参照 GB/T 5009.10-2003; 粗脂肪含量测定参照 GB 5009.6-2016; 水分含量测定参照 GB 5009.3-2016; 灰分含量测定参照 GB 5009.4-2010; 还原糖含量测定参照 GB 5009.7-2016; 淀粉含量测定参照 GB 5009.9-2016; 膳食纤维含量测定参照 GB 5009.88-2014; 总糖含量测定参照 GB/T 15672-2009; 维生素 E 含量测定参照 GB 5009.82-2016; 维生素 B1 含量测定参照 GB 5009.84-2016; 维生素 B2 含量测定参照 GB 5009.85-2016; 维生素 C 含量测定参照 GB 5009.86-2016; 胡萝卜素含量测定参照 GB 5009.83-2016; 总黄酮含量测定参照 SN/T 4592-2016; 氨基酸含量测定参照 GB 5009.124-2016; 矿质元素中钾、钠含量测定参照 GB 5009.91-2017、镁含量测定参照 GB 5009.241-2017、钙含量测定参照 GB 5009.92-2016、磷含量测定参照 GB 5009.87-2016、铜含量测定参照 GB 5009.13-2017、锌含量测定参照 GB 5009.14-2017、铁含量测定参照 GB 5009.90-2016、锰含量测定参照 GB 5009.242-2017、硒含量测定参照 GB 5009.87-2016。

2 结果和分析

2.1 主要营养成分

从表1可见, 9 a 生植株的成熟叶片和幼嫩叶片的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、灰分和水分含量有较大变化, 除粗纤维外, 幼嫩叶的粗蛋白、粗脂肪、灰分和水分含量均高于成熟叶, 幼嫩叶的粗蛋白、粗纤维和水分含量显著高于成熟叶, 而粗脂肪和灰分在不同成熟度叶片间无显著差异。2 a 生幼树叶片的粗蛋白、灰分和水分含量均低于10 a 生成年树叶片, 粗脂肪、粗纤维含量均高于成年树叶片。来自郁南林场的9 a 生植株叶片的粗蛋白、粗脂肪含量均高于来自中国林业科学研究院热带林业研究所后山的植株叶片。

表 1 米老排叶片的主要营养成分含量(%)

Table 1 Contents of main nutritional components in leaves of *Mytilaria laosensis*

	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	灰分 Ash	水分 Moisture
幼嫩叶 Tender leaf	13.37±1.17*	6.22±1.0*	17.95±1.03	3.74±0.55	5.07±0.96*
成熟叶 Mature leaf	10.80±0.20	5.66±0.61	20.41±0.56	3.22±0.64	3.36±0.16
幼年树 Young tree	8.51	4.73	23.22	3.61	6.99
成年树 Adult tree	9.82	3.29	20.13	5.27	5.72

*: $P<0.05$

2.2 糖类含量

糖类是人体三大营养物质之一，参与机体的新陈代谢并提供能量。总糖包括还原性糖和非还原性糖，淀粉和膳食纤维属于非还原性糖。膳食纤维又被称为“第七大营养元素”，每日摄入 25~35 g 膳食纤维可保护人体健康，对于慢性肾脏病、富贵病等有预防作用^[10-11]。从表 2 可见，幼树叶片的还原糖含量为 11.10%，约是成年树的 2 倍；而总糖、淀粉和膳食纤维含量在不同叶片类型中的差异较小，幼树叶片的淀粉和总糖含量低于成年树叶片，膳食纤维含量高于成年树叶片，幼树和成年树叶片的膳食纤维含量较高，均超过 50%。

2.3 维生素和抗氧化活性成分

维生素家族在维持生命体正常的生理活动中发挥重要作用，其中维生素 C、胡萝卜素和总黄酮等是目前已知的高效抗氧化剂^[12-13]。从表 2 可知，米老排叶片中维生素和抗氧化活性成分含量以总黄酮>维生素 C>维生素 B₁>维生素 E>胡萝卜素>维生素 B₂。除维生素 B₂ 外，幼树叶片中总黄酮、维生素 C、维生素 B₁、维生素 E 和胡萝卜素含量均高于成年树叶片。叶片中总黄酮含量较高[5 240~10 862 mg/(100 g)]。因此，在抗氧化性的原料采集过程中，尽量选择幼树叶片，以提高抗氧化性成分的获得效率。

2.4 氨基酸组分

米老排幼树和成年树叶片含有 16 种氨基酸(表

3)，其中必需氨基酸 7 种，总含量为 2.50%~3.45%，药效氨基酸 8 种，总含量为 3.98%~5.21%，非必需氨基酸含量为 3.97%~5.11%；幼树和成年树叶片中各类氨基酸含量的变化幅度为 0.07%~1.14%，其中谷氨酸、天冬氨酸和亮氨酸含量最高，均超过 0.60%，组氨酸和蛋氨酸含量最低；必需氨基酸占总氨基酸的 38.67%~40.23%，占非必需氨基酸的 62.89%~67.43%，接近于联合国粮农组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)提出的蛋白理想模式，说明米老排叶片中必需氨基酸含量丰富，具有较高的食用价值。就单个必需氨基酸比例而言(表 4)，不同年龄植株叶片中的药效氨基酸含量(亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸和苏氨酸)均高于模式值，认为米老排叶片有一定的药用保健价值。

研究认为，食物蛋白质中氨基酸组成越接近于人体蛋白质组成，其营养价值越高。氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)是与模式氨基酸等量的样品中氨基酸的比值，RC>1 表示样品氨基酸含量相对过剩，RC<1 则表示样品氨基酸含量不足，RC 值最低的为样品第一限制氨基酸。氨基酸比值系数分(score of RC, SRC)=100-CV×100，CV 为 RC 的变异系数，若样品的氨基酸组成与氨基酸模式一致，则 CV=0，SRC 为 100；若样品氨基酸含量差异越大，则 CV 变大，氨基酸在平衡氨基酸中的负贡献越大，SRC 越小，样品营养价值越低。从表 4 可见，米老排叶片的第一限制性氨基酸为蛋氨酸，RC 值最低，幼树叶片有 4 种氨基酸的 RC

表 2 米老排叶片中糖类(%)、维生素和抗氧化物[mg/(100 g)]含量

Table 2 Contents of sugar, vitamins and antioxidant substances in leaves of *Mytilaria laosensis*

	还原糖 Reducing sugar	淀粉 Starch	总糖 Total sugar	膳食纤维 Dietary fiber	VE	VB ₁	VB ₂	VC	胡萝卜素 Carotene	总黄酮 Total flavonoids
幼树 Young tree	11.10	10.83	15.04	52.82	16.68	18.31	0.06	1 651	8.87	10 862
成年树 Adult tree	5.92	12.17	16.25	50.74	1.62	11.19	0.09	567	0.54	5 204

表 3 米老排叶片中氨基酸含量(%)

Table 3 Amino acid contents in leaves of *Mytilaria laosensis*

	幼树 Young tree	成年树 Adult tree		幼树 Young tree	成年树 Adult tree
亮氨酸 Leu ^{e,m}	0.64	0.85	谷氨酸 Glu ^m	0.85	1.14
赖氨酸 Lys ^{e,m}	0.46	0.62	天冬氨酸 Asp ^m	0.74	0.93
苯丙氨酸 Phe ^{e,m}	0.42	0.54	甘氨酸 Gly ^m	0.45	0.56
缬氨酸 Val ^e	0.31	0.49	丙氨酸 Ala	0.43	0.55
苏氨酸 Thr ^e	0.35	0.47	丝氨酸 Ser	0.40	0.49
异亮氨酸 Ile ^e	0.25	0.40	脯氨酸 Pro	0.39	0.48
蛋氨酸 Met ^{e,m}	0.07	0.08	精氨酸 Arg ^m	0.35	0.49
酪氨酸 Tyr ^s	0.21	0.28	组氨酸 His	0.15	0.19
HAA	6.47	8.56	DEAA	3.98	5.21
EAA	2.50	3.45	EAA/HAA	38.67	40.23
NEAA	3.97	5.11	EAA/NEAA	62.89	67.43

HAA: 水解氨基酸总量; DEAA: 药用氨基酸总量; EAA: 必需氨基酸总量; NEAA: 非必需氨基酸总量; e: 必需氨基酸; s: 半必需氨基酸; m: 药用氨基酸。

HAA: Total hydrolyzed amino acids; DEAA: Total drug-effective amino acids; EAA: Total essential amino acids; NEAA: Total non-essential amino acids; e: Essential amino acid; s: Semi essential amino acid; m: Drug-effective amino acid.

表 4 米老排叶片中必需氨基酸比例及比值系数

Table 4 Essential amino acids ratio and RC of essential amino acids in *Mytilaria laosensis* leaves

必需氨基酸 Essential amino acid	%			比值系数 Ratio coefficient (RC)			
	幼树 Young tree	成年树 Adult tree	模式值 Model value	幼树 Young tree	成年树 Adult tree	模式值 Model value	比值系数 Ratio coefficient (RC)
亮氨酸 Leu	9.89	9.98	7.00	1.34	1.29		
赖氨酸 Lys	7.11	7.24	5.50	1.23	1.19		
苯丙氨酸 Phe	6.49	6.31	6.00	1.03	0.95		
缬氨酸 Val	4.79	5.72	5.00	0.91	1.03		
苏氨酸 Thr	5.41	5.49	4.00	1.28	1.24		
异亮氨酸 Ile	3.86	4.67	4.00	0.92	1.06		
蛋氨酸 Met	1.08	0.93	3.50	0.29	0.24		
SRC				64.46	64.48		

值大于 1,成年树叶片中则有 5 种。SRC 值为 64.46~64.48, 略低于扁豆(*Lablab purpureus*, 65.69), 高于常见作物红薯(*Ipomoea batatas*, 60.57)、玉米(*Zea mays*, 55.14)、小米(*Setaria italica* var. *germanica*, 53.15)^[14], 可提供优质植物蛋白。

2.5 矿质元素

米老排叶片中含有丰富的矿质元素(表 5), 不同年龄植株叶片中必需常量元素含量依次为 Ca>K>Mg>P>Na, 其中 Ca 含量均超过 8 000 mg/kg, 丰富

的 Ca 可有效预防骨质疏松和调节神经。除 Mn 和 Se 外, 成年树叶片的 Na、Mg、P、K、Ca、Fe、Cu 和 Zn 等 8 种矿质元素含量均高于幼树叶片。不同年龄植株叶片中 Se 含量为 0.06 mg/kg, 而 Se 具有抗癌、抗氧化、增强免疫力及预防心脑血管疾病等保健功能。幼树叶片的 Zn/Cu 为 5.34、Zn/Fe 为 0.13, 成年树叶片的 Zn/Cu 为 8.23、Zn/Fe 为 0.08。若 Zn/Cu>10、Zn/Fe>1 对动物吸收产生不利影响, 而米老排叶片的 Zn/Cu 和 Zn/Fe 均低于危害指标。

表 5 米老排叶片的矿质元素含量(mg/kg)

Table 5 Mineral element contents in leaves of *Mytilaria laosensis*

	Na	Mg	P	K	Ca	Fe	Cu	Zn	Mn	Se
幼树 Young tree	17.21	1 360	504	2 650	8 090	89.4	2.21	11.78	549	0.06
成年树 Adult tree	59.49	1 770	1 240	4 850	9 230	461	4.35	35.83	288	0.06

3 结论和讨论

树叶在我国做饲料的历史悠久,汉代的《神农本草经》中就有“桐叶饲猪,肥大三倍且易养”的记载。本研究结果表明,米老排叶片中含有丰富的蛋白质、糖类化合物、氨基酸、矿质元素等营养物质,且各元素比例适宜,可以满足动物生长发育所需。已有研究表明,木本植物叶片可以作为饲料添加剂代替谷类作物,泡桐(*Paulownia fortunei*)叶片肥大宽厚,叶和花都可作为动物饲料,在饲料中添加适量的泡桐叶粉可以提高动物的免疫力,促进生长^[15]。松针粉可提高山羊、肉牛、猪、家禽和鱼等动物的生产性能,具有良好的经济效益。米老排叶片的赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸与泡桐叶片较为接近,米老排嫩叶与松针粉的主要营养成分含量较为接近,且其粗纤维含量(18.0%)低于松针粉(24.5%)^[16]。米老排叶片中维生素C含量可达1 651 mg/(100 g),作为动物饲料添加剂能极好地调节动物体内的生化反应,提高饲料吸收转化率,并有利于提高动物体的免疫力预防疾病。此外,米老排植株枝条萌蘖力强,叶片肥大嫩绿,可多次刈割采收新抽出的叶片。综合分析认为,米老排叶片可作为一种良好的木本饲料添加剂资源加以开发利用。

木本植物的叶片除了加工为木本饲料添加剂外,还有一些因具有独特茶香和药理作用而作为茶饮、保健品、中药等开发利用。如青钱柳叶、枣叶、刺梨叶等,因具有抗氧化、抗衰老、抗菌抗癌、降血压、抗过敏及凝神安眠、清热解毒、提高免疫力的多重作用而加工为保健茶或功能药物推广利用。市场上常见的茶饮青钱柳叶^[17]和枣叶^[18]总黄酮含量分别为1 800~2 900和1 486~2 753 mg/(100 g),米老排叶总黄酮含量约为青钱柳叶和枣叶的1.79~6.03和1.89~7.31倍,也高于我国民间药材裂叶荨麻(*Urtica lobatifolia*)根中的含量[5 053 mg/(100 g)]^[19]。同时,米老排成熟叶中VC含量[1 651.0 mg/(100 g)]明显高于猕猴桃(*Actinidia chinensis*)果实[40~300 mg/(100 g)]^[20],接近刺梨果实[903~2 703 mg/(100 g)]^[21]。刺梨叶独特茶香的主要成分为呈味氨基酸中的谷氨酸^[22],而米老排幼树叶片中谷氨酸含量可达1.14%,赋予了米老排叶片的独特气味。因此可考虑以米老排叶片开发茶饮或抗氧化性中药的潜在前景,以促进米老排经济效益和社会效益的提升。

森林蔬菜因具有生长环境清新,营养资源丰富的

优势而被研究开发。与10种高膳食纤维蔬菜(2.7%~11.8%)^[23]、生姜(*Zingiber officinale*)叶(13.3%)^[24]、辣椒(*Capsicum annuum*)叶(3.8%~4.4%)^[25]以及金花葵(*Hibiscus manihot*)(51.0%)^[26]等相比,米老排叶的膳食纤维含量(52.8%)最高。辣木(*Moringa oleifera*)被誉为“一种完美植物”,其叶片营养丰富,且药用效果显著,粗蛋白含量为6.7%,Ca含量为440 mg/(100 g)^[27],有学者提出通过辣木叶解决非洲儿童营养不良问题^[28-29];森林蔬菜棕榈(*Trachycarpus fortunei*)花苞具有较高的粗蛋白含量(5.08%),同时粗脂肪含量较低(0.37%),有助消化、解酷暑、降血压的良好功效^[30];米老排叶片各相应元素含量均高于辣木与棕苞。在国内现有的8个富硒蔬菜农产品地方标准中,除《湖北省地方标准富硒食品标准》(DBS 42002-2014)外,米老排叶片均达富硒标准^[31]。其硒元素可帮助解决贫硒地区人口Se元素缺乏问题。因此,可以考虑将米老排叶片作为高膳食纤维、高蛋白、富硒元素的森林蔬菜开发利用。但米老排叶片中粗纤维含量较高,对食用口感有很大的影响,因此在考虑以米老排作为森林蔬菜食用时,尽量取其嫩尖。

致谢 中国林业科学研究院林产化学工业研究所郑光耀副研究员协助测定叶片营养成分,并对本文提供建设性的指导,特此致谢!

参考文献

- [1] ZHANG Y F, YIN G T, YANG J C, et al. Effects of planting densities on production and dynamics of litter of *Mytilaria laosensis* plantation [J]. Bull Bot Res, 2017, 37(5): 768-777. doi: 10.7525/j.issn.1673-5102.2017.05.018.
张阳锋,尹光天,杨锦昌,等.造林密度对米老排凋落物量及动态的影响[J].植物研究,2017,37(5):768-777. doi:10.7525/j.issn.1673-5102.2017.05.018.
- [2] XU L. Fast-growing species in southern China: *Mytilaria laosensis* [J]. Trop For, 1984, 12(2): 53-60.
徐良.南方优良速生树种——米老排[J].热带林业科技,1984,12(2):53-60.
- [3] MING A G, JIA H Y, ZHAO J L, et al. Above- and below-ground carbon stocks in an indigenous tree (*Mytilaria laosensis*) plantation chronosequence in subtropical China [J]. PLoS One, 2014, 9(10): e109730. doi: 10.1371/journal.pone.0109730.
- [4] QIN G M, YIN G T, YANG J C, et al. Seasonal dynamics of leaf C, N and P stoichiometric ratios of *Mytilaria laosensis* and allometric

- relationship [J]. Mol Plant Breed, 2020, 18(2): 594–601. doi: 10.13271/j.mpb.018.000594.
- 覃国铭, 尹光天, 杨锦昌, 等. 米老排(*Mytilaria laosensis*)叶 C、N、P 化学计量比的季节动态与异速生长关系 [J]. 分子植物育种, 2020, 18(2): 594–601. doi: 10.13271/j.mpb.018.000594.
- [5] QIN M, YIN G T, YANG J C, et al. Growth pattern of *Mytilaria laosensis* seedlings from different provenances [J]. J CS Univ For Technol, 2017, 37(1): 53–57. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2017.01.010.
- 覃敏, 尹光天, 杨锦昌, 等. 米老排不同种源苗期生长规律研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(1): 53–57. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2017.01.010.
- [6] YU N, YUAN J, YIN G T, et al. Genetic diversity and structure among natural populations of *Mytilaria laosensis* (Hamamelidaceae) revealed by microsatellite markers [J]. Silv Genet, 2018, 67(1): 93–98.
- [7] QIN G M, HAO J, YANG J C, et al. Branch occlusion and discoloration under the natural pruning of *Mytilaria laosensis* [J]. Forests, 2019, 10(10): 892. doi: 10.3390/f10100892.
- [8] LI S W, YIN G T, YANG J C, et al. Growth traits of *Mytilaria laosensis* container seedlings improved by formula fertilization [J]. Chin J Trop Crops, 2020, 41(2): 230–236. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.02.004.
- 黎少玮, 尹光天, 杨锦昌, 等. 配方施肥改善米老排容器苗生长指标 [J]. 热带作物学报, 2020, 41(2): 230–236. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.02.004.
- [9] LAI X E, DENG W J, CHEN Z L, et al. Preliminary analysis on afforestation effect of *Mytilaria laosensis* seedlings cultivated for different period [J]. For Environ Sci, 2019, 35(2): 30–34. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2019.02.005.
- 赖旭恩, 邓文剑, 陈朝黎, 等. 不同培育周期米老排苗木造林效果分析 [J]. 林业与环境科学, 2019, 35(2): 30–34. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2019.02.005.
- [10] JIANG Y C, LIN L J, GONG X, et al. Effect of physical modification treatment on physico-chemical properties of modified dietary fiber from pineapple pomace [J]. Chin J Trop Crops, 2019, 40(5): 973–979. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2019.05.020.
- 姜永超, 林丽静, 龚霄, 等. 物理改性处理对菠萝皮渣膳食纤维物化特性的影响 [J]. 热带作物学报, 2019, 40(5): 973–979. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2019.05.020.
- [11] SUZUKI N, FUJIMURA A, NAGAI T, et al. Antioxidative activity of animal and vegetable dietary fibers [J]. Biofactors, 2004, 21(1/2/3/4): 329–333. doi: 10.1002/biof.552210164.
- [12] WANG S H, ZHU J X, ZHANG L, et al. Anti-oxidation and pro-oxidation function of natural antioxidants [J]. Food Nutri Chin, 2016, 22(8): 68–71. doi: 10.3969/j.issn.1006-9577.2016.08.016.
- 汪曙晖, 朱俊向, 张莉, 等. 天然抗氧化剂的抗氧化与促氧化作用 [J]. 中国食物与营养, 2016, 22(8): 68–71. doi: 10.3969/j.issn.1006-9577.2016.08.016.
- [13] SHANGGUAN K Y, HUANG X X, SONG Y, et al. Effect of different harvesting times on total flavonoids content and antioxidant activity in *Rosae Chinensis* Flos [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(23): 236–239, 246. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020020020.
- 上官琨瑶, 黄秀秀, 宋庸, 等. 不同采收期对月季花总黄酮含量及其抗氧化活性的影响 [J]. 食品工业科技, 2020, 41(23): 236–239, 246. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020020020.
- [14] ZHU S T, WU K. Nutritional evaluation of protein: Ratio coefficient of amino acid [J]. Acta Nutri Sin, 1988, 10(2): 187–190.
- 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法 [J]. 营养学报, 1988, 10(2): 187–190.
- [15] SONG Y F. Nutritional components of paulownia leaves as fodder [J]. Chem Ind For Prod, 1988, 8(3): 44–49.
- 宋永芳. 泡桐叶的营养成分及其作饲料的探讨 [J]. 林产化学与工业, 1988, 8(3): 44–49.
- [16] LUO S J, QU M R. Advance in study and application in pine needle powder [J]. Feed Ind, 2007, 28(3): 54–57. doi: 10.3969/j.issn.1001-991X.2007.03.017.
- 罗士津, 瞿明仁. 松针粉的研究及应用进展 [J]. 饲料工业, 2007, 28(3): 54–57. doi: 10.3969/j.issn.1001-991X.2007.03.017.
- [17] DENG B, HAN Y X, LI Y Y, et al. Variations in growth and flavonoid accumulation among different *Cyclocarya paliurus* provenances [J]. J Anhui Agric Univ, 2017, 44(6): 1024–1031. doi: 10.13610/j.cnki.1672-352x.20171214.002.
- 邓波, 韩业鑫, 李媛媛, 等. 青钱柳种源间生长及黄酮积累的变异分析 [J]. 安徽农业大学学报, 2017, 44(6): 1024–1031. doi: 10.13610/j.cnki.1672-352x.20171214.002.
- [18] HUAI Q Q, JI D Q, GUO Q M, et al. Research on dynamic changes of antioxidant active components contents in *Ziziphus jujuba* Mill. from different harvest time and different varieties [J]. J Liaoning Univ Trad Chin Med, 2017, 19(2): 36–39. doi: 10.13194/j.issn.1673-842x.2017.02.011.
- 怀晴晴, 季冬青, 郭庆梅, 等. 不同采收期不同品种枣叶抗氧化活性成分含量动态研究 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2017, 19(2): 36–39. doi: 10.13194/j.issn.1673-842x.2017.02.011.
- [19] MAO G N, HU Y, HE Y J, et al. Optimization of extraction process of total flavonoids from *Urtica fissa* roots and evaluation of antioxidant activity [J]. Prog Vet Med, 2020, 41(2): 47–53. doi: 10.16437/j.cnki.

- 1007-5038.2020.02.009.
- 毛跟年, 胡媛, 何亚娟, 等. 裂叶荨麻根总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性评价 [J]. 动物医学进展, 2020, 41(2): 47-53. doi: 10.16437/j.cnki.1007-5038.2020.02.009.
- [20] HUNTER D C, GREENWOOD J, ZHANG J L, et al. Antioxidant and 'natural protective' properties of kiwifruit [J]. Curr Top Med Chem, 2011, 11(14): 1811-1820. doi: 10.2174/156802611796235134.
- [21] WU H E, JIN P, ZHOU Y, et al. Characteristics and main nutrition components of *R. roxburghii* and *R. sterilis* fruits [J]. Guizhou Agric Sci, 2014, 42(8): 221-223. doi: 10.3969/j.issn.1001-3601.2014.08.059.
- 吴洪娥, 金平, 周艳, 等. 刺梨与无籽刺梨的果实特性及其主要营养成分差异 [J]. 贵州农业科学, 2014, 42(8): 221-223. doi: 10.3969/j.issn.1001-3601.2014.08.059.
- [22] FAN W G, LIU J P, XIANG L. Studies on the nutritional components of the pollens and the leaves of *Rosa roxburghii* Tratt [J]. Acta Nutri Sin, 1998, 43(1): 110-113.
- 樊卫国, 刘进平, 向灵. 刺梨花粉和叶的营养成分分析 [J]. 营养学报, 1998, 43(1): 107-110.
- [23] Hainan Center for Disease Control and Prevention. Ten vegetables with the highest dietary fiber in the top ten single items of vegetables [J]. Chin Trop Med, 2019, 19(6): 498.
- 海南省疾病预防控制中心. 蔬菜十佳单项排名: 膳食纤维最高的十种蔬菜 [J]. 中国热带医学, 2019, 19(6): 498.
- [24] SHI T Y, YU M. Research on ginger leaf nutrition analysis and beverage preparation technology [J]. Food Ind, 2013, 34(4): 54-56.
- 石太渊, 于淼. 生姜叶营养成分分析及饮料制备工艺研究 [J]. 食品工业, 2013, 34(4): 54-56.
- [25] YU T, SHI Z. Analysis of nutrition and healthy components and physical and chemical properties of chilli leaves [J]. Food Res Dev, 2015, 36(21): 175-177. doi: 10.3969/j.issn.1005-6521.2015.21.045.
- 雨田, 时政. 辣椒叶的营养保健成分及理化特性研究 [J]. 食品研究与开发, 2015, 36(21): 175-177. doi: 10.3969/j.issn.1005-6521.2015.21.045.
- [26] FAN H T, WEI W B, WANG Y, et al. Growth situation of *Hibiscus anihot* L. in Zhangjiakou area [J]. Heilongjiang Agric Sci, 2020, 43(3): 74-77. doi: 10.11942/j.issn1002-2767.2020.03.0074.
- 范慧涛, 尉文彬, 王岩, 等. 张家口地区金花葵的生长情况 [J]. 黑龙江农业科学, 2020, 43(3): 74-77. doi: 10.11942/j.issn1002-2767.2020.03.0074.
- [27] BOATENG L, QUARPONG W, OHEMENG A, et al. Effect of complementary foods fortified with *Moringa oleifera* leaf powder on hemoglobin concentration and growth of infants in the eastern region of Ghana [J]. Food Sci Nutri, 2019, 7(1): 302-311. doi: 10.1002/fsn3.890.
- [28] LUO X B, WANG K Y, JI L L, et al. Research progress of value and development and utilization of *Moringa oleifera* Lam. leaves [J]. Resour Dev Mark, 2016, 32(11): 1362-1366, 1375. doi: 10.3969/j.issn.1005-8141.2016.11.016.
- 罗晓波, 汪开毓, 吉莉莉, 等. 辣木叶的价值及其开发利用研究进展 [J]. 资源开发与市场, 2016, 32(11): 1362-1366, 1375. doi: 10.3969/j.issn.1005-8141.2016.11.016.
- [29] DHAKAR R C, MAURYA S D, POONIYA B K, et al. Moringa: The herbal gold to combat malnutrition [J]. Chron Young Sci, 2011, 2(3): 119-125. doi: 10.4103/2229-5186.90887.
- [30] LIU L Y, WU C E, LI T T, et al. Nutritional components in palm (*Trachycarpus fortunei*) buds [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci), 2017, 41(3): 193-197. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.201604033.
- 刘龙云, 吴彩娥, 李婷婷, 等. 棕榈花苞营养成分分析 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2017, 41(3): 193-197. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.201604033.
- [31] HU T, WU W L, ZHAO G S, et al. Development and prospect of selenium-enriched agricultural products and foods standards in China [J]. Chin Stand, 2019, 63(11): 136-144. doi: 10.3969/j.issn.1002-5944.2019.11.025.
- 胡婷, 吴文良, 赵桂慎, 等. 我国富硒农产品及食品标准体系发展与展望 [J]. 中国标准化, 2019, 63(11): 136-144. doi: 10.3969/j.issn.1002-5944.2019.11.025.