

云南元江诺丽果汁对正常大鼠血压与糖尿病模型小鼠血糖的影响

杜鹏鹏¹, 王建昭¹, 蓝增全², 王 灿³, 吴 田^{1*}

1. 西南林业大学园林园艺学院, 云南昆明 650224; 2. 西南林业大学绿色发展研究院, 云南昆明 650224; 3. 中国热带农业科学院香料饮料研究所, 海南万宁 571533

摘 要: 为了探究云南元江诺丽果汁与其他种类诺丽果汁对正常大鼠血压与糖尿病模型小鼠血糖的影响, 以正常大鼠和糖尿病模型小鼠为研究对象, 观察试验前后正常大鼠血压和糖尿病模型小鼠血糖的变化。正常大鼠麻醉后经十二指肠灌注药或果汁, 采用直接测压法测定血压, 读取试验前后的血压值并进行数据分析; 采用腹腔注射四氧嘧啶建立糖尿病小鼠模型, 并分别给予造模成功的小鼠相对应的药物或果汁, 每日给药或果汁 1 次, 连续给药或果汁 9 d, 并在第 10 天采集小鼠血液测定其空腹血糖数值进行研究对比分析。分析大鼠血压发现, 云南元江高剂量组在注射云南元江诺丽果汁前后血压值无显著差异; 中剂量组在注射 90 min 前后血压值差异极显著; 低剂量组在注射 240 min 前后血压值差异显著; 中剂量组降血压效果最佳。分析糖尿病模型小鼠血糖发现, 注射云南元江诺丽果汁的低、中、高 3 个剂量组均可不同程度地降低血糖, 且低剂量组的降血糖效果最佳; 大溪地诺丽果汁降糖率为 0.00%。云南元江诺丽果汁具有降血糖和降血压的双重功效, 且低剂量组降血糖的效果最显著; 诺丽由美国夏威夷引种至云南西双版纳和元江, 对其降血糖的功效并无显著影响。

关键词: 诺丽果汁; 辅助药物; 降血糖功效; 降血压功效

中图分类号: TS201.4 文献标志码: A

Effects of Yunnan Yuanjiang Noni Juice on Blood Pressure of Normal Rats and Blood Sugar of Diabetes Model Mice

DU Pengpeng¹, WANG Jianzhao¹, LAN Zengquan², WANG Can³, WU Tian^{1*}

1. College of Landscape Architecture and Horticulture Sciences, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China; 2. Institute of Green Development of Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China; 3. Spice and Beverage Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wanning, Hainan 571533, China

Abstract: Normal rats and diabetes model mice were used to explore the effects of Yunnan Yuanjiang noni juice and other noni juice on blood pressure of normal rats and blood sugar of diabetes model mice. The changes of blood pressure in normal rats and blood sugar in diabetes model mice were observed before and after the test. After anesthesia in normal rats, medication or fruit juice was infused into the duodenum, using direct pressure measurement method to measure blood pressure, reading blood pressure values before and after the experiment and conducting data analysis. The model of diabetes mice was established by intraperitoneal injection of alloxan, and the successful mice were given corresponding drugs or juice, continuous administration or juice for nine days. Mouse blood was collected on the 10th day to measure the fasting blood glucose values for comparative analysis. As the analysis of rat blood pressure revealed, there was no significant difference in blood pressure values between the high dose group of Yunnan Yuanjiang noni juice before and after injection; there was a very significant difference in blood pressure values before and after 90 minutes of injection in the medium dose group; there was a significant difference in blood pressure values between the low dose

收稿日期 2023-11-01; 修回日期 2024-02-05

基金项目 国家林业和草原局项目 ([2019]27)。

作者简介 杜鹏鹏 (1996—), 男, 硕士研究生, 研究方向: 园艺植物资源与应用。*通信作者 (Corresponding author): 吴田 (WU Tian), E-mail: wutianpotato@swfu.edu.com。

group before and after 240 minutes of injection; the medium dose group had the best blood pressure lowering effect. Analysis of blood sugar in diabetes model mice found that the low, medium and high dose groups of Yunnan Yuanjiang noni juice could reduce blood sugar to varying degrees, and the low-dose group had the best hypoglycemic effect, the hypoglycemic rate of Tahiti noni juice was 0.00%. Yunnan Yuanjiang noni juice has the dual effect of lowering blood sugar and blood pressure, and the low dose group has the best effect of reducing blood sugar. Noni introduced from Hawaii to Xishuangbanna, Yunnan and Yuanjiang, Yunnan has no significant effect on its blood sugar lowering effect.

Keywords: *Morinda citrifolia* juice; adjuvant drugs; hypoglycemic effect; blood pressure lowering effect

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.09.021

诺丽 (*Morinda citrifolia*) 又称海巴戟, 茜草科, 巴戟天属, 灌木至小乔木, 果实为聚花核果浆果状, 熟果采后极易软化腐烂产生腐臭味^[1], 生长于热带丛林中, 是一种热带果树^[2], 在我国主要分布于台湾和云南等地^[3], 1991 年引种至海南, 成为海南的特色水果^[4]。诺丽用途广泛, 可药食两用, 也是一种保健食品。其富含多酚和黄铜^[5], 具有抗氧化、抗肿瘤^[6]等多种功效, 果实、根、叶片、枝干均可入药^[7], 果体内的活性物质和营养成分是药用成分的主要来源^[8], 有较好的经济价值^[9]。前人已在诺丽果汁中检测到 200 多种功能性成分^[10], 波利尼西亚人以诺丽作为药物治疗疾病已有 2000 多年的历史^[11], 现代药理学研究表明, 诺丽可缓解病痛^[12], 能治疗蚊虫叮咬引起的感染性疾病^[13], 其提取物可以缓解细菌引起的感冒等症状^[14], 同时能作为药物辅助治疗糖尿病、消化不良以及高血压疾病^[15-16], 在治疗感染方面效果显著^[17], 还可抗肿瘤^[18]。作为全球最畅销的健康产品之一^[19], 近几年, 诺丽产品在我国广泛销售, 如诺丽发酵产品、诺丽果粉、诺丽果汁等, 其作为药用作物也被越来越多的国家引种栽培。国内有许多有关诺丽营养价值的研究, 但关于诺丽在引种后不同环境条件下其药效功能变化方面的研究较少, 尤其缺少因环境变化而影响其降血糖及血压功效的研究。

本研究以云南元江诺丽鲜果汁为试验材料, 以大溪地诺丽果汁作为对照, 观察正常大鼠和糖尿病模型小鼠注药或注果汁前后血压和血糖的变化情况, 以便进一步探讨来自其他地区的诺丽果种植元江县后其适应环境的过程中内在成分在降血压与血糖方面是否受到影响, 以期对诺丽引种后药用价值的开发以及作为药物临床辅助治疗高血压、高血糖等疾病提供相关数据和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 药物与试剂 诺丽果汁, 棕褐色液体 (诺丽果采摘于云南省元江县诺丽生产基地); 市售大溪地诺丽果汁 (1 L/瓶), 购于大溪地诺丽饮料 (中国) 有限公司; 盐酸苯乙双胍片, 25 mg×100 片/瓶, 购于江苏亚邦爱普森药业有限公司 (批号: 0802004); 四氧嘧啶 (购于 Sigma 公司, 批号: 12k1460); 复方利血平氨苯喋啶片, 10 片/盒, 购于北京双鹤药业股份有限公司 (批号: 080904A)。

1.1.2 试验动物 正常血糖小鼠, 雄性, 体重为 22~25 g, 年龄为 4~5 个月, 由昆明医学院实验动物中心提供, 合格证号: SCXK (滇) 20050008。

正常血压大鼠, 雄性, 体重为 250~300 g, 年龄为 10~12 个月, 由昆明医学院实验动物中心提供, 合格证号: SCXK (滇) 20050008。

试验全过程给小鼠提供适宜的环境和充足的营养。试验研究过程中, 采取人道方式处理小鼠, 期间使用麻醉剂, 试验后续对小鼠妥善处理。本试验遵循“尊重生命, 科学试验”道德规范, 确保小鼠的使用和研究符合法律和道德要求。

1.1.3 主要仪器 TMS-1024 全自动生化分析仪 (型号: 蓝宝石), 购自日本 Tokyo Bokei 集团公司。

1.2 方法

1.2.1 不同种类诺丽果汁对正常大鼠血压的影响 取复方利血平氨苯喋啶片 1 片, 置于研钵中, 加入少量灭菌纯水, 用研钵棒研磨后移入量筒, 反复清洗 2~3 次, 直至量筒中药液总量为 30 mL, 混匀即可作为阳性对照组试剂。

在饲养过程中, 大鼠自由饮水、自由采食, 并保持室内通风换气, 环境干净整洁。温度和湿度分别控制在 20~26 ℃ 和 40%~70%。期间对大鼠的各项生物性状进行检查, 若各性状无异常, 即可进行下一步试验。

检疫结束后, 选择体重均一 (体重差异不超

过平均体重的 20%)、皮毛光泽、行为活动自如、状况良好的健康大鼠用于试验。大鼠称重后按体重分段,再随机分为 6 组,即:空白对照组、阳性对照组、大溪地组、云南元江低、中、高 3 个剂量组,每组 10 只。注射前对大鼠各项检查指标进行微调,使各组大鼠各项指标情况基本相同,并贴上相应的标签。

采用十二指肠注药法,对分好的 6 个组:空白对照组、阳性对照组、大溪地组、云南元江低、中、高 3 个剂量组分别注予纯水、复方利血平氨苯喋片、大溪地诺丽果汁、云南元江诺丽果汁(5、10、20 mL/kg)(表 1),且均只注药 1 次(注药前充分混匀药液,用注射器抽取浓度均一的药液经十二指肠注予药物),并在相应时间测定大鼠的血压。

表 1 正常大鼠各试验组的注射情况
Tab. 1 Administration of various test groups in normal rats

组别 Group	注射物 Injectant	剂量 Dose/(mL·kg ⁻¹)
空白对照组	纯水	10
阳性对照组	1.25 mg/mL 复方利血平氨苯喋啶溶液	10
大溪地组	大溪地诺丽果汁	10
云南元江高剂量组	云南元江诺丽果汁	20
云南元江中剂量组	云南元江诺丽果汁	10
云南元江低剂量组	云南元江诺丽果汁	5

对各组正常大鼠,腹腔注射麻醉剂戊巴比妥钠 45 mg/kg,待大鼠麻醉后,采取仰卧位的方式将其固定于解剖台上,剔除颈总动脉部周围的毛发,并在正中位置作纵形约 2 cm 切口。颈动脉插管时,沿胸锁乳突肌内缘将筋膜分开,可见颈总动脉迷走神经混合干,将动脉和神经分开,分离甲状腺动脉以下的颈总动脉一段(2~4 cm),下穿 2 根线,一根线结扎血管远心端,用动脉夹夹住血管近心端,在血管上剪一小口,插入动脉导管,用另一根线固定。将动脉导管与血压计相连接,待大鼠稳定后,便可读取注药前的血压值,经十二指肠注药后,读取 30、60、90、120、180、240 min 大鼠的血压值。

1.2.2 不同种类诺丽果汁对四氧嘧啶所致糖尿病小鼠血糖的影响 向雄性小鼠腹腔注射四氧嘧啶构建糖尿病小鼠模型^[20],随后将小鼠随机分为 6 组:模型对照组、阳性对照组、大溪地组和云南元江低、中、高 3 个剂量组,另设 12 只生理状况

正常的小鼠作为空白对照组,各组小鼠分别给予相对应的药物或果汁,每日给药或果汁 1 次,连续给药或果汁 9 d,并在第 10 天采集血液测定空腹血糖值。

检疫结束后,对各项指标均合格的小鼠称重,选择体重均一(体重差异不超过平均体重的 20%)、皮毛光泽、行动自如且状况良好的小鼠用于试验。小鼠称重后按体重分段,再随机分为 7 组,即空白对照组、模型对照组、阳性对照组、大溪地组、云南元江低、中、高 3 个剂量组。除空白对照组 12 只外,其余每组 20 只,每笼 5~6 只。给药前对小鼠各项检指标进行微调,使各组小鼠各指标情况基本相同,并贴上相应的标签。

将筛选出来的模型对照组、阳性对照组、大溪地组、云南元江低、中、高 3 个剂量组的合格小鼠禁食不禁水 18 h 后,向腹腔注射 100 mg/kg 四氧嘧啶,空白对照组给予相应体积的生理盐水。5 d 后抽取禁食 12 h 小鼠血液,分离出血清,测定小鼠空腹血糖,若血糖浓度达 11.1 mmol/L 以上,则表明四氧嘧啶模型糖尿病小鼠建模成功。

对造模成功的糖尿病模型对照组、阳性对照组、大溪地组、云南元江低、中、高 3 个剂量组的小鼠每日灌胃相应的纯水、3.75 mg/mL 盐酸苯乙双胍、100%大溪地诺丽果汁以及 50%、100%和 200%云南元江诺丽果汁 20 mL/kg(表 2)。灌胃给药前固定小鼠,充分混匀药液,用注射器抽取浓度均一的药液灌胃小鼠药物,各组小鼠每日给药 1 次,连续 9 d,给药后第 10 天取禁食 12 h,对自由饮水的小鼠取静脉血液,分离血清,测定各组糖尿病小鼠在给药后的空腹血糖值,比较给药前后各组小鼠血糖值变化。计算降糖率=(模型对照组给药后血糖值-处理组给药后血糖值)/模型对照组给药后血糖值×100%。

表 2 糖尿病小鼠各试剂组的给药情况
Tab. 2 Administration situation of various test groups about diabetic mice

组别 Group	注射物 Injectant	剂量 Dose/(mL·kg ⁻¹)
模型对照组	纯水	20
阳性对照组	3.75 mg/mL 盐酸苯乙双胍溶液	75
大溪地组	100%大溪地诺丽果汁	20
云南元江高剂量组	200%云南元江诺丽果汁	20
云南元江中剂量组	100%云南元江诺丽果汁	20
云南元江低剂量组	50%云南元江诺丽果汁	20

2 结果与分析

2.1 对正常大鼠血压的影响

观察发现，以自身前后血压值作为对照，阳性对照组在起初 30 min 就表现出显著的降压效果，在 60、90、120、180、240 min 其降压效果逐渐趋向稳定，但与空白对照组相比，阳性对照组大鼠血压值注药 240 min 时差异极显著；大溪地组大鼠血压值在注药 30 min 和 60 min 后无显著变化，但在注药 90 min 后降压效果明显，并逐渐

趋于稳定，与给药前相比差异显著；云南元江高剂量组在 180 min 时才表现出降压效果，在 240 min 的降压效果和起初相比并不显著，即高剂量组注药前后降压效果无显著差异，其降压效果弱于中剂量组；云南元江中剂量组在 30、60、90、120、180、240 min 降压效果逐渐增强，且在 240 min 时降压效果极显著；低剂量组在 240 min 时降压效果显著，在 180 min 和 240 min 降压效果逐渐增强，但低剂量组降压能力弱于中剂量组(表 3)。

表 3 云南元江诺丽果汁对正常大鼠血压的影响
Tab. 3 Effect of Yunnan Yuanjiang noni juice on blood pressure in normal rats

组别 Group	注药前血压 Blood pressure before injection/(mmHg)	注药后血压 Blood pressure after injection/(mmHg)					
		30 min	60 min	90 min	120 min	180 min	240 min
空白对照组	81.6±7.2	82.3±5.7	83.6±4.8	80.1±4.9	79.6±5.0	78.4±5.6	76.2±8.5
阳性对照组	84.9±6.3	77.3±8.5*	77.8±5.5*	74.2±7.6**	72.8±8.6**	70.0±9.4***	67.7±8.6***
大溪地组	85.8±5.2	83.6±7.7	82.4±7.0	74.5±10.8**	73.9±9.4**	68.6±12.7***	67.3±13.0***
云南元江高剂量组	82.7±7.8	82.9±5.4	86.9±5.2	82.8±6.6	83.4±4.0	80.9±7.9	79.8±6.6
云南元江中剂量组	85.3±5.0	83.5±6.8	81.4±8.2	77.2±6.9**	77.6±8.1*	71.8±9.4**	70.1±8.9***
云南元江低剂量组	82.0±5.7	82.8±8.4	83.0±8.2	78.6±8.5	78.2±7.3	76.7±6.7	75.3±7.2*

注：*表示与注药前相比差异显著 ($P<0.05$)；**表示与注药前相比差异极显著 ($P<0.01$)；***表示与注药前相比差异极显著 ($P<0.001$)。
Note: * indicates significant difference compared with that before drug injection ($P<0.05$); ** indicates very significant difference compared with that before drug injection ($P<0.01$); *** indicates extremely significant difference compared with that before drug injection ($P<0.001$).

2.2 对糖尿病模型小鼠血糖的影响

造模后的小鼠表现出糖尿病常有的一些症状，如精神萎靡、毛发稀疏无光泽、活动性减弱、生长缓慢、食量增加以及尿频等现象。模型对照组、阳性对照组、大溪地组、云南元江 3 个剂量组小鼠在腹腔注射 100 mg/kg 四氧嘧啶后与空白对照组(正常小鼠)相比较差异极显著 ($P<0.001$) (表 4)，其血糖值均有所升高，且血糖值均高于 11.1 mmol/L。由此表明，糖尿病小鼠已造模成功。

表 4 四氧嘧啶糖尿病模型小鼠造模后的血糖
Tab. 4 Blood glucose in diabetic mice with alloxouracil after modeling

组别 Group	造模后的血糖值 Blood glucose value after molding/(mmol·L ⁻¹)
空白对照组	8.42±1.45
模型对照组	30.72±5.30***
阳性对照组	30.77±4.77***
大溪地组	27.96±5.92***
云南元江高剂量组	32.34±3.50***
云南元江中剂量组	32.60±2.59***
云南元江低剂量组	30.69±4.94***

注：***表示与空白对照组相比差异极显著 ($P<0.001$)。
Note: *** indicates extremely significant difference compared with that of blank control group ($P<0.001$).

对建模成功的模型对照组、阳性对照组、大溪地组、云南元江 3 个剂量组糖尿病小鼠腹腔分别灌注纯水、盐酸苯乙双胍、大溪地诺丽果汁、云南元江诺丽果汁后，小鼠并未出现任何异常情况，表明诺丽果汁等试剂对小鼠并未产生副作用。连续给药或果汁 9 d，第 10 天测其空腹血糖。结果显示(表 5)：云南元江高、中、低 3 个剂量组以及阳性对照组均可不同程度降低糖尿病小鼠的血糖，且降糖能力大小为：阳性对照组>低剂量组>中剂量组>高剂量组，与注射前相比，盐酸苯乙双胍、云南元江低剂量组(50%诺丽果汁)均表现出显著 ($P<0.05$) 的降糖效果。

2.3 大溪地诺丽果汁与云南元江诺丽果汁对小鼠血糖影响对比分析

给药前，大溪地组小鼠血糖值低于云南元江高、中、低 3 个剂量组；给药后，大溪地组小鼠血糖值反而高于云南元江高、中、低 3 个剂量组，且大溪地组小鼠给药后血糖值高于模型对照组小鼠给药后血糖值，导致此结果的因可能是大溪地诺丽果汁中添加了西柚汁等复合成分可能会与大溪地诺丽果汁中的相关功能物质结合而产生拮抗作用，从而使得其降糖率为 0.00% (表 5)。

表 5 诺丽果汁对四氧嘧啶所致糖尿病小鼠血糖的影响
Tab. 5 Effect of noni juice on blood sugar of diabetic mice induced by alloxan

组别 Group	血糖值 Blood sugar value/(mmol·L ⁻¹)		降糖率 Rate of reduction/%
	给药前 Before administration	给药后 After administration	
模型对照组	30.72±5.30	21.96±8.86	—
阳性对照组	30.77±4.77	14.40±7.01*	34.43
大溪地组	27.96±5.92	22.22±9.24	0.00
云南元江高剂量组	32.34±3.50	16.53±13.32	24.73
云南元江中剂量组	32.60±2.59	16.33±11.08	25.64
云南元江低剂量组	30.69±4.94	14.97±7.66*	31.83

注：*表示与模型对照组相比差异显著（ $P<0.05$ ）；—表示模型对照组不涉及降糖率；表中大溪地组给药后血糖值高于模型对照组给药后血糖值，故其在表 3 中的降糖率记为 0.00%。
Note: * indicates significant difference compared with that of model control group ($P<0.05$); — indicates that the model control group does not involve the hypoglycemic rate; the blood glucose value of Tahiti group is higher than that of the model control group, so the hypoglycemic rate is 0.00%.

3 讨论

3.1 云南元江诺丽果汁具有降血压和降血糖的双重功效

云南元江诺丽果汁富含多种功能性物质，有降血压和降血糖的双重功效。本研究前期进行代谢组学研究^[21-22]发现，采摘后的诺丽果中香豆素显著上调，前人发现白花前胡中香豆素等物质能显著降低高血压^[23]。诺丽富含多酚^[24]，进行本研究前，已提取到诺丽果中的多酚，前人发现黑加仑中多酚可降低自发性高血压大鼠的收缩压和舒张压^[25]。本试验通过对正常大鼠灌注云南元江诺丽果汁，分析大鼠血压变化发现，云南元江高、中、低 3 个剂量组均对正常大鼠具有降血压的作用，且中剂量组降血压效果最佳；在研究对糖尿病模型小鼠血糖的影响中发现，盐酸苯乙双胍、云南元江低剂量组（50%诺丽果汁）均对糖尿病模型小鼠具有显著的降血糖作用，结合上述前人对诺丽内含成分以及功能的分析结果，可能是诺丽中的香豆素类和多酚类物质发挥作用，使云南元江诺丽果汁能够起到降血压和降血糖的双重功效。

3.2 大溪地诺丽果汁相比云南元江诺丽果汁已无降糖功效

II 型糖尿病的产生主要是由于胰岛素不足或分泌缺陷^[26-27]，因而促进胰岛素分泌、清除自由基以及提高氧化活性能治疗糖尿病及其并发症，诺丽果中的多糖、黄酮、醌类物质等一些成分恰好具有清除自由基的功能，且能够提高氧化活性^[28]。本课题组前期进行代谢组学研究发现，采摘后的诺丽果中芦丁等物质也显著上调，前人

也发现芦丁有降血糖的作用^[29]，从而会使糖尿病模型小鼠的血糖降低^[30]。

在本研究中，对比分析大溪地诺丽果汁与云南元江诺丽果汁降小鼠血糖的影响中，只有云南元江诺丽果汁具有降血糖的作用，结合前人的研究结果^[29]，可能是诺丽中的芦丁在降低血糖过程中发挥主要作用。大溪地组给药后血糖值反而高于模型对照组给药后血糖值，且给药前，大溪地组小鼠血糖值低于云南元江高、中、低 3 个剂量组；给药后，大溪地组小鼠血糖值高于云南元江高、中、低 3 个剂量组，其降糖率为 0，其原因可能是大溪地诺丽果汁中添加了西柚汁、葡萄汁等复合成分使其糖分增加，复合成分可能会与大溪地诺丽果汁中的相关功能物质结合而产生拮抗作用，从而使得其失去降糖功效。

3.3 栽培产地变化对云南元江诺丽果汁降血糖功效并无显著影响

张敏等对比分析发现，海南和斐济诺丽果中主要矿物质等成分存在差异^[31-32]；李戈等^[33]对比发现来自海南与云南等地诺丽果中的黄酮等成分含量差异显著；杨焱等^[34]研究发现来自印尼、美国、中国海南的诺丽果营养品质存在差异，说明不同地区诺丽果各项成分含量不同，不同产地的诺丽果汁营养成分也呈现明显的产地差异性^[35]，不同环境的甘草内在成分也具有显著差异^[36]，但是其药效基本不受环境的影响，可能是因为药效是由药用植物体内的多种药用成分相互作用所表现出来的，这些成分呈动态平衡的状态，本次试验中诺丽引种后其降血糖的功效并没有受到影响，所以不能仅通过种植环境的改变来判断植物药用价值的

高低。

本课题组将诺丽从夏威夷引种至云南元江。夏威夷(18°N~19°N)平均海拔270 m, 年平均降水量为12 244 mm; 元江县(23°N)平均海拔370 m, 年平均降水量为770~2400 mm, 两地年平均降水量有着极大差异, 引种后诺丽果各项成分含量虽然可能发生变化, 但引种后其不仅表现出较好的适应性, 而且能大量结果, 且本研究发​​现引种后云南元江诺丽果汁同样具有良好的降血糖效果, 其降血糖的功效相对于大溪地诺丽果汁而言并未受到明显影响。

此次试验研究了诺丽果从夏威夷引种到云南元江后对正常大鼠血压及糖尿病模型小鼠血糖的影响, 分析发现种植环境改变并未改变其降血糖和降血压的作用, 可作为高血糖与高血压辅助药物。因此, 建议诺丽果能够在更多气候炎热的地区如云南文山、红河、普洱、临沧等地进行推广种植。本研究为开发利用诺丽果降血糖和降血压的功效提供更多理论依据和试验依据。

参考文献

- [1] KIM K J, PARK S Y, PARK T G, PARK H J, KIM Y J, KIM E J, SHIN W, KIM A, YOO H, KWEON M, JANG J, CHOI S Y, KIM J Y. Noni fruit extract ameliorates alcohol-induced hangover symptoms by reducing the concentrations of alcohol and acetaldehyde in a sprague dawley rat model and a human intervention study[J]. Food Function, 2023, 14(3): 1750-1760.
- [2] 宫树森, 杨霏, 王青芬, 杨白云, 吴田. 4CL 基因在海巴戟叶片蒽萜累积过程中的功能研究[J]. 热带作物学报, 2022, 43(10): 1989-1997.
GONG S S, YANG F, WANG Q F, YANG Z Y, WU T. Function of gene 4CL during the accumulation of scopoletin in *Morinda citrifolia* leaves[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2022, 43(10): 1989-1997. (in Chinese)
- [3] 陈鸿洁, 钱云, 只佳增, 王树明. 海巴戟在云南河口的适应性表现[J]. 热带农业科学, 2018, 38(6): 31-33.
CHEN H J, QIAN Y, ZHI J Z, WANG S M. The adaptive performance of *Morinda citrifolia* in Hekou, Yunnan[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2018, 38(6): 31-33. (in Chinese)
- [4] 邱静, 宋媛, 王妮, 王佳人, 陈静, 陈光英, 赵振东, 何文英. 海南不同成熟期诺丽果的蛋白鉴定及功能分析[J]. 热带作物学报, 2023, 44(7): 1348-1364.
QIU J, SONG Y, WANG N, WANG J R, CHEN J, CHEN G Y, ZHAO Z D, HE W Y. Identification and functional characterization of protein in hainan noni (*Morinda citrifolia* L.) fruit at different ripening stages[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2023, 44(7): 1348-1364. (in Chinese)
- [5] ARUNACHALAM V. *Morinda citrifolia* L. (Rubiaceae) a multi-purpose tree for coastal ecosystems and its variability in Konkan region of India[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2018, 65(6): 1751-1765.
- [6] ALMEIDA É S, DE OLIVEIRA D, HOTZA D. Properties and applications of *Morinda citrifolia* (noni): a review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2019, 18(4): 883-909.
- [7] 张广平, 昌佑泽, 李从良, 侯红平, 杨依霏, 叶祖光. 西沙诺丽通便和降糖作用的药效学研究[J]. 世界中医药, 2018, 13(4): 988-992.
ZHANG G P, CHANG Y Z, LI C L, HOU H P, YANG Y F, YE Z G. Study on efficacy of Xisha noni in defaecation and hypoglycemic[J]. World Chinese Medicine, 2018, 13(4): 988-992. (in Chinese)
- [8] 徐盟, 余章昕, 张斌, 李小宝, 李牧原, 徐伟, 陈光英. 诺丽种子化学成分及其 α -葡萄糖苷酶抑制活性研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(13): 3519-3525.
XU M, YU Z X, ZHANG B, LI X B, LI M Y, XU W, CHEN G Y. Chemical constituents with α -glucosidase inhibitory activities from seeds of *Morinda citrifolia* (noni)[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2022, 47(13): 3519-3525. (in Chinese)
- [9] 陈新璐, 狄志彪, 孙稚颖, 孙昭倩, 李高燕, 周凤琴. 中药海巴戟的现代研究进展[J]. 环球中医药, 2016, 9(10): 1280-1284.
CHEN X L, DI Z B, SUN Z Y, SUN Z Q, LI G Y, ZHOU F Q. Research progress of *Morinda citrifolia* L.[J]. Global Traditional Chinese Medicine, 2016, 9(10): 1280-1284. (in Chinese)
- [10] 张伟敏, 魏静, 师萱, 张保顺. 诺丽叶降血压、降血糖和抗氧化活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(19): 66-70.
ZHANG W M, WEI J, SHI X, ZHANG B S. The study on antihypertensive, hypoglycemic activity and antioxidant activity of noni leaves[J]. Food Research and Development, 2013, 34(19): 66-70. (in Chinese)
- [11] 于纯森, 李煦照, 于栋华, 陈佳, 刘树民. 海巴戟果实诺丽(noni)生理功能研究进展[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 573-576, 580.
YU C M, LI X Z, YU D H, CHEN J, LIU S M. Progress in research on the physiological function of *Morinda citrifolia* L.[J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(12): 573-576, 580. (in Chinese)
- [12] 黄梦利, 王小英, 冯剑, 郑希龙, 林天东, 刘洋洋. 海南黎药海巴戟药材质量标准研究[J]. 热带作物学报, 2018, 39(8): 1526-1532.

- HUANG M L, WANG X Y, FENG J, ZHENG X L, LIN T D, LIU Y Y. Quality standards of Hainan Li folk medicine *Morinda citrifolia* fructus[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(8): 1526-1532. (in Chinese)
- [13] DE LA CRUZ-SÁNCHEZ N G, GÓMEZ-RIVERA A, ALVAREZ-FITZ P, VENTURA-ZAPATA E, PÉREZGARCÍA M D, AVILÉS-FLORES M, GUTIÉRREZROMÁN A S, GONZÁLEZ-CORTAZAR M. Antibacterial activity of *Morinda citrifolia* linneo seeds against methicillin resistant *Staphylococcus* spp.[J]. Microbial Pathogenesis, 2019, 128: 347-353.
- [14] KANG J H, SONG K B. Antibacterial activity of the noni fruit extract against listeria monocytogenes and its applicability as a natural sanitizer for the washing of fresh-cut produce[J]. Food Microbiology, 2019, 84(10): 3260-3265.
- [15] 周城, 王根女. 诺丽功能活性和应用研究进展[J]. 农业研究与应用, 2019, 32(5/6): 38-43.
- ZHOU C, WANG G N. Research progress in activity and application of noni (*Morinda citrifolia*)[J]. Agricultural Research and Application, 2019, 32(5/6): 38-43. (in Chinese).
- [16] MOTSHAKERI M, GHAZALI H M. Nutritional, phytochemical and commercial quality of noni fruit: a multibeneficial gift from nature[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 45(1): 118-129.
- [17] ALI M, KENGANORA M, MANJULA S N. Health benefits of *Morinda citrifolia* (noni): a review[J]. Pharmacognosy Journal, 2016, 8(4): 321-334.
- [18] ABOUASSI R, DARWIS Y, ABDULBAQI I M, KHAN A A, VUANGHAO L, LAGHARI M H. *Morinda citrifolia* (noni): a comprehensive review on its industrial uses, pharmacological activities, and clinical trials[J]. Arabian Journal of Chemistry, 2017, 10(5): 691-707.
- [19] 李奕星, 袁德保, 郑晓燕, 陈娇, 李芬芳, 郑丽丽, 马蔚红, 臧小平, 谭琳, 金志强. 诺丽果汁的抗氧化性研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(8): 1531-1534.
- LI Y X, YUAN D B, ZHENG X Y, CHEN J, LI F F, ZHENG L L, MA W H, ZANG X P, TAN L, JIN Z Q. Antioxidant activity of the fresh juice from *Morinda citrifolia*[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2013, 34(8): 1531-1534. (in Chinese)
- [20] 杨焱, 杨朴丽, 徐荣. 诺丽果粉对四氧嘧啶致糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 热带农业科技, 2017, 40(4): 31-34.
- YANG Y, YANG P L, XU R. Study on hypoglycemic effect of noni powder on diabetic mice[J]. Tropical Agricultural Science & Technology, 2017, 40(4): 31-34. (in Chinese)
- [21] WU T, LI M, LAN Z. Reveal the variation patterns of chemical composition in the fruits of *Morinda citrifolia* (noni) during postharvest storage through metabolomic characterization[J]. Tropical Plant Biology, 2019, 12(2): 85-97.
- [22] 吴田. 诺丽果实中的次生代谢物[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2022.
- WU T. Secondary metabolites in noni fruit[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2022. (in Chinese)
- [23] 王帅, 石燕红, 王瑞, 胡世文, 罗静, 况刚, 陈绍成. 中药前胡中香豆素类化学成分及其分析方法、药理作用研究进展[J]. 上海中医药杂志, 2022, 56(9): 89-99.
- WANG S, SHI Y H, WANG R, HU S W, LUO J, KUANG G, CHEN S C. Advances in chemical compositions, analytical methods and pharmacological effects of coumarins in *Peucedani Radix*[J]. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 56(9): 89-99. (in Chinese)
- [24] YE J B, REN G, LI W Y, ZHONG G Y, ZHANG M, YUAN J B, LU T. Characterization and identification of prenylated flavonoids from *Artocarpus heterophyllus* Lam. roots by quadrupole time-of-flight and linear trap quadrupole orbitrap mass spectrometry[J]. Molecules, 2019, 24(24): 4591.
- [25] 何海艳, 陈雯烨, 杨爱萍, 蒋彩云, 张睿. 黑加仑多酚降血压的效果研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(3): 97-103.
- HE H Y, CHEN W Y, YANG A P, JIANG C Y, ZHANG R. Effect of blackcurrant polyphenols on lowering blood pressure[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(3): 97-103. (in Chinese)
- [26] 周偏, 梁丛颖, 乌日娜, 蔡坤, 刘四新, 李从发. 不同产地诺丽发酵汁功效成分分析及评价[J]. 食品研究与开发, 2018(20): 183-190.
- ZHOU P, LIANG C Y, WU R N, CAI K, LIU S X, LI C F. Analysis and evaluation of efficacy components in fermented noni juice from different regions[J]. Food Research and Development, 2018(20): 183-190. (in Chinese)
- [27] WANG R, ZHANG L, ZHANG Q, ZHANG J, LIU S, LI C, WANG L. Glycolipid metabolism and metagenomic analysis of the therapeutic effect of a phenolics-rich extract from noni fruit on type 2 diabetic mice[J]. Agricultural Food Chemistry, 2022, 70(9): 2876-88.
- [28] 梁寒峭, 程池, 张露, 陈建国. 诺丽发酵果汁中抗氧化物质的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(9): 1479-1483.
- LIANG H Q, CHENG C, ZHANG L, CHEN J G. Screening of antioxidant components in noni fermentation juice[J]. Natural Product Research and Development, 2016, 28(9): 1479-1483. (in Chinese)
- [29] 高晚霞, 华端仪, 雷丽云, 陈拥彬. 芦丁在糖尿病中的作用及其机制[J]. 湖北科技学院学报(医学版), 2021(1): 87-89.
- GAO W X, HUA D Y, LEI L Y, CHEN Y B. The role and

- the mechanism of rutin in diabetes mellitus[J]. Journal of Hubei University of Science and Technology (Medical Sciences), 2021(1): 87-89. (in Chinese)
- [30] 东韦正. 植物多糖降血糖作用及其机理研究进展[J]. 医学食疗与健康, 2022, 20(12): 145-148.
- DONG W Z. Effect of plant polysaccharides and their mechanism[J]. Medical Diet and Health, 2022, 20(12): 145-148. (in Chinese)
- [31] 张敏, 陈灿言, 方雅静. 两种不同产地诺丽果的主要营养成分与抗氧化活性评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(18): 5902-5909.
- ZHANG M, CHEN C Y, FANG Y J. Evaluation of main nutritional components and antioxidant activities of *Morinda citrifolia* L. from 2 kinds of different regions of cultivation[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(18): 5902-5909. (in Chinese)
- [32] ZHAO Z, LIU B, SUN J, LU L, LIU L, QIU J, LI Q, YAN C, JIANG S, MOHAMMADTURSUN N, MA W, LI M, DONG J, GONG W. Scutellaria flavonoids effectively inhibit the malignant phenotypes of non-small cell lung cancer in an id1-dependent manner[J]. International Journal of Biological Sciences, 2019, 15(7): 1500.
- [33] 李戈, 张丽霞, 牛迎风, 元超, 李小花, 赵俊凌. 不同来源地诺丽果质量分析[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(9): 3766-3769.
- LI G, ZHANG L X, NIU Y F, YUAN C, LI X H, ZHAO J L. Quality analysis of noni fruit from different regions[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine, 2016, 31(9): 3766-3769. (in Chinese)
- [34] 杨焱, 杨朴丽, 徐荣, 徐通. 不同诺丽种质外观性状与营养成分的分析及评价[J]. 热带作物学报, 2017, 38(1): 53-58.
- YANG Y, YANG P L, XU R, XU T. The analysis and evaluation of appearance character and nutritive content in different *Morinda citrifolia* L. germplasms[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(1): 53-58. (in Chinese)
- [35] 李晓花, 管燕红, 赵俊凌, 张丽霞. 不同产地诺丽干果的营养成分比较分析[J]. 食品工业, 2016, 37(9): 292-295.
- LI X H, GUAN Y H, ZHAO J L, ZHANG L X. Comparative analysis of nutrient composition of noni dried fruit from different origin[J]. Food Industry, 2016, 37(9): 292-295. (in Chinese)
- [36] 李倩, 高海荣, 郭九峰. 甘草主要化学成分及药效活性与环境关系研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2019(9): 150-154.
- LI Q, GAO H R, GUO J F. Progress in the relationship between main chemical components and environment of licorice[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2019(9): 150-154. (in Chinese)