

非原生地黑苦荞茎叶提取物降血糖作用及功效成分变化

刘刚^{1,2}, 胡婷婷¹, 张晓喻^{1,2}, 邓钱江¹, 刘兴艳^{2,3}, 邹亮⁴, 汪淑芳¹, 王战⁴

(1. 四川师范大学生命科学学院, 四川成都 610101) (2. 四川师范大学食品功能与应用研究所, 四川成都 610101) (3. 四川师范大学化学与材料科学学院, 四川成都 610068) (4. 成都大学医学院(护理学院)代谢组学协同创新实验室, 四川成都 610106)

摘要: 研究原生于甘洛县的黑苦荞种籽在原生地和非原生地种植后, 分别采收开花前的茎叶, 测定茎叶总黄酮、膳食纤维的含量, 再比较 60%乙醇提取物的功效成分和降血糖功能, 探讨非原生地茎叶提取物的降血糖功能及其代替原生地资源的可行性。腹腔注射四氧嘧啶(180 mg/kg)建立小鼠糖尿病模型, 将两种来源的提取物(1000 mg 生药/kg、500 mg 生药/kg)分别灌胃, 阳性对照组给予中成药的糖尿乐(300 mg/kg), 连续 12 d 灌胃, 测定处理前后的空腹血糖值, 每 4 d 称重一次。结果表明, 灌胃两种来源的黑苦荞茎叶提取物均能明显抑制高血糖小鼠体重的降低, 对其高血糖有显著的降低作用, 并可增强其葡萄糖耐受量。两种来源黑苦荞茎叶的膳食纤维含量差异显著, 总黄酮含量差异也显著, 其中, 除芦丁的差异显著外, 槲皮素和 D-手性肌醇的差异不显著。两种来源黑苦荞茎叶经乙醇提取后, 提取物的总黄酮和 D-手性肌醇, 芦丁、槲皮素的差异均不显著, 动物试验表明两种提取物都有降血糖功能, 所以, 非原生地黑苦荞茎叶可代替原生地的, 用于开发降血糖的功能产品。

关键词: 黑苦荞; 非原生地; 降血糖; 总黄酮; 功效成分

文章编号: 1673-9078(2017)2-1-7

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.2.001

Hypoglycemic Effect of Ethanol Extracts of Non-indigenous Black Buckwheat Stems and Leaves in Mice and Changes to Functional Components

LIU Gang^{1,2}, HU Ting-ting¹, ZHANG Xiao-yu^{1,2}, DENG Qian-jiang¹, LIU Xing-yan^{2,3}, ZHOU Liang⁴, WANG Shu-fang¹, WANG Zhan-guo⁴

(1. College of Life Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China) (2. Food Function and Application Research Institute, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China) (3. College of Chemistry and Materials Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China) (4. Metabonomics Synergy Innovation Laboratory, School of Medicine and Nursing, Chengdu University, Longquan, Chengdu 610106, China)

Abstract: Black buckwheat native to Ganluo was grown in native and non-native areas in this study, and the stems and leaves were collected before flowering. The contents of total flavones and dietary fiber in the stems and leaves were determined, the functional components and hypoglycemic effects of 60% ethanol extracts of black buckwheat stems and leaves (SLEE) were compared, and the feasibility of replacing the native black buckwheat with non-native plants was explored. A mouse model of diabetes was established by intraperitoneal injection of alloxan (180 mg/kg), and the extracts from two sources (1000 mg crude drug/kg and 500 mg crude drug/kg) were given to the mice by gavage. The positive control group was given the Chinese patented medicine tangniaole (300 mg/kg) for 12 d by gavage. Fasting blood glucose levels were measured before and after treatment, and body weight was measured once every 4 d. The results showed that both SLEE extracts could significantly reduce body weight loss in the hyperglycemic mice, exhibit a strong hyperglycemic effect, and improve glucose tolerance. Comparing black buckwheat stems and leaves from the two sources, significant differences were found in the contents of dietary fiber, total flavone, and rutin content; the contents of D-chiral inositol and quercetin did not show significant differences. For the two SLEEs, the contents

收稿日期: 2016-02-05

项目基金: 四川省应用基础计划项目(2015JY0259); 四川省科技支撑计划项目(2010FZ0006)

作者简介: 刘刚(1968-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事植物资源的开发与研究

通讯作者: 刘兴艳(1962-), 女, 教授, 硕士生导师, 主要从事食品保鲜和资源的开发与研究

of total flavone, D-chiral inositol, rutin, and quercetin showed no significant differences. The animal tests indicated that both SLEEs had a hypoglycemic effect, so the non-native black buckwheat stems and leaves could replace those grown in the native region for the development of functional products with hypoglycemic properties.

Key words: black buckwheat; non-native region; diabetes; hypoglycemic effect; total flavone; functional components

糖尿病(Diabetes mellitus, DM)是遗传、环境等因素长期作用所导致的一种慢性、全身性代谢疾病^[1], 有 I 型和 II 型的区别^[2]。随着生活水平的提高, 糖尿病已成为严重威胁中国人健康的慢性疾病^[3]。当前, 治疗糖尿病以药物为主, 药物一般能较好控制血糖, 但长期服用会造成副作用^[4]。通过饮食的早期干预^[5], 是预防和控制糖尿病发生最安全有效的选择^[6], 同时, 当前法规允许使用食品及新资源食品来开发功能食品^[7], 因此, 寻找新的原料和挖掘已有的原料, 用于功能性食品的开发就具有积极的意义。苦荞 *Fagopyrum tataricum*(L.)Gaertn, 也称鞑靼荞麦(Tartary buckwheat), 是蓼科荞麦属的植物, 可分为普通苦荞和黑苦荞(Black buckwheat), 黑苦荞原产四川省甘洛县海拔 2000 m 左右的高寒地区。苦荞是较早被人类引种栽培的农作物, 也是特别适宜于在冷凉气候条件下短季生长的双子叶植物, 其主要功效成分除了黄酮类的芦丁、槲皮素, 还有 D-手性肌醇等, 因此, 具有独特的药食两用价值, 历来被作为药食兼用的杂粮作物。现代药理研究表明, 普通苦荞的果实具有降血糖、降血脂和抗氧化等功能^[8,9], 对心脑血管疾病具有辅助治疗的作用^[10]。目前, 国内外主要致力于对普通苦荞种籽的研究和开发^[11], 对黑苦荞的研究较少, 本课题组首次报道利用黑苦荞的茎叶资源^[12], 用于降血糖产品的开发, 并申请了一项国家发明专利^[13]。

本试验分别以非原产地(双流县正兴镇回龙村)、原产地(四川省凉山州甘洛县两河乡秀水村)的黑苦荞茎叶为实验材料, 在开花前采收茎叶, 烘干后用 60% 乙醇(体积分数)提取, 然后比较两种来源的提取物对高血糖小鼠的体重、空腹血糖和葡萄糖耐量的影响。考察 90 d 生长期, 非原产地黑苦荞茎叶功效成分的变化, 比较两种来源黑苦荞茎叶提取物功效成分含量的差异, 探讨用原产地的黑苦荞种子在非原产地种植后, 收获其茎叶, 代替原产地的茎叶, 用于开发功能产品的可行性。本项研究有助于解决原产地处在高寒山区, 由于缺少劳动力、技术和资金, 从而限制茎叶资源利用的难题, 为在更多非原产地地区利用黑苦荞资源, 开发功能食品提供了技术支持, 对促进苦荞产业经济的发展具有重大意义。

1 材料与方法

1.1 黑苦荞茎叶及其提取物的制备



图 1 黑苦荞种籽

Fig.1 Black buckwheat seeds

黑苦荞种籽(见图 1)购自四川省凉山彝族自治州甘洛县, 3 月种植于非原产地(双流县正兴镇回龙村, 30°26'16.5"N, 104°00'44.8"E, 海拔 480 m), 当年开花前采收茎叶, 烘干备用。从原产地(甘洛县两河乡秀水村, 29°4'57.5"N, 102°39'3.1"E, 海拔 1700 m)收集开花前的黑苦荞茎叶, 烘干备用。干燥的黑苦荞茎叶粉碎过 100 目, 再用 60%乙醇提取 2 次, 制成浸膏, 冷藏备用。依据本课题组前期对原产地黑苦荞茎叶提取物降糖功能的研究^[12], 本试验设置高、低剂量组, 以蒸馏水配成 1000 mg/kg、500 mg/kg 的浓度(以生药量计)。

1.2 主要试剂与仪器设备

四氧嘧啶和 D-手性肌醇: 美国 sigma 公司; 芦丁和槲皮素: 成都某科技健康产业有限公司; 糖尿病: 吉林省某药业股份有限公司; 葡萄糖氧化酶法测定试剂盒: 四川省某生物科技有限责任公司。Unico 7200 可见分光光度计: 美国 Unico 公司; P 680 高效液相色谱: 美国戴安; 电子天平: 沈阳龙腾电子有限公司; 恒温水浴锅: 北京长安科学仪器厂; Re52-05 旋转蒸发仪: 上海亚荣生化仪器厂; DZF-6050 真空干燥箱: 上海圣科仪器设备有限公司等。

1.3 糖尿病小鼠模型的制备与指标的测定

昆明种小鼠(成都达硕生物科技有限公司), 雄性, 体重(25±2) g。适应性喂养 3 d, 禁食不禁水 24 h, 按 180 mg/kg 腹腔一次性注射新配制的四氧嘧啶。72 h 后禁食不禁水 3 h, 割尾取血, 按葡萄糖氧化酶法试剂盒的规定测定血糖值, 小鼠血糖值大于 11.10 mmol/L

为糖尿病造模成功。在非原生地种植黑苦荞，出苗后 10 d 随机采集样品 5 份，以后每 20 d 采集 1 次样品，直到开花后 40 d 为止，样品冻干后冷藏备用。可溶性总糖的测定采用蒽酮法，膳食纤维的测定参照国标法^[14]。总黄酮的测定按标准的方法^[15]进行，参照邹亮^[16]用高效液相色谱法测定芦丁和槲皮素。参照宋雨^[17]用高效液相色谱法测定 D-手性肌醇。

1.4 试验设计与统计分析

本试验重点考察非原生地黑苦荞茎叶提取物代替原生地的可行性，因此，参考前期研究，试验处理只设置高、低剂量组。造模成功的小鼠随机分为 6 组：模型组、阳性组、高或低剂量非原生地提取物组和高或低剂量原生地提取物组，每组 12 只，再随机取正常小鼠 12 只为对照组。各高或低剂量组分别以 1000 mg、500 mg 生药/kg 的相应提取物灌胃，阳性组 300 mg/kg 的糖尿乐，对照组和模型组灌胃等体积蒸馏水。所有

小鼠每天灌胃一次，连续 12 d，每 4 d 称体重一次，末次灌胃后禁食 3~5 h，取尾静脉血检测血糖值。葡萄糖耐量试验，以末次灌胃后测定的空腹血糖值为 0 min 血糖值，所有小鼠按 4 g/kg 灌胃葡萄糖水溶液，在 30 min 和 120 min 后分别测定血糖值，再计算血糖曲线下的面积。用 SPSS 15.0 软件进行统计分析^[18]，采用单因素方差分析及 t 检验；方差不齐时采用 Kruskal-Wallis H 检验或 q 检验，结果用(mean±std)表示。

2 结果与讨论

2.1 黑苦荞茎叶提取物对小鼠体重的影响

实验期间考察各组小鼠体重的变化，分别于造模前、造模后给药处理前、灌胃给药后的 4 d、8 d 和 12 d，测定并记录小鼠的体重，各组的结果，见表 1。

表 1 不同来源黑苦荞茎叶的提取物对小鼠体重的影响

Table 1 Effects of extracts of black buckwheat stems and leaves from different sources on mouse body weight (mean±std)

分组	数量/只	剂量 (mg/kg)	小鼠的体重/g				
			造模前	给药前	给药 4 d 后	给药 8 d 后	给药 12 d 后
对照组	12	-	26.60±0.86	27.95±1.19	33.54±2.08	34.19±3.26	35.62±3.25
模型组	12	-	26.72±0.80	24.56±1.23**	25.15±2.19**	25.06±1.89**	25.70±1.52**
高剂量非原生地组	12	1000	26.73±1.03	25.35±2.18**	25.16±2.31**	24.03±2.69**	25.63±2.45**
低剂量非原生地组	12	500	27.28±1.21	24.37±2.31**	25.29±2.31**	24.30±2.78**	24.70±1.79**
高剂量原生地组	12	1000	26.80±0.86	24.56±1.43**	25.39±2.40**	24.60±2.77**	25.77±2.35**
低剂量原生地组	12	500	26.87±0.85	25.43±1.08**	25.18±2.20**	24.50±2.69**	24.65±2.63**
阳性组	12	300	26.73±0.86	24.93±1.17**	25.91±1.26**	25.03±1.59**	25.50±1.54**

注：与对照组比较，* $p < 0.05$ ，差异显著；** $p < 0.01$ ，差异极显著。

从表 1 可看出：在造模前，各组小鼠的平均体重 26.60 g~27.28 g，统计分析表明 7 个组间的平均体重没有显著差异($p > 0.05$)，说明试验分组是均衡的。与对照组比较，在造模后给药前，模型组、高或低剂量非原生地组和高或低剂量原生地组、阳性组的平均体重均明显减轻，差异达到极显著($p < 0.01$)，糖尿病小鼠的血糖值均大于 11.10 mmol/L，表明四氧嘧啶型糖尿病小鼠造模成功。在提取物灌胃处理期间，各组的平均体重均有变化，在给药处理 4 d、8 d 或 12 d 时，对照组的平均体重增加都迅速，与对照组比较，模型组、阳性组和高或低剂量组，三个时段的平均体重均明显低，差异极显著($p < 0.01$)。给药处理 8 d，与模型组比较，高、低剂量的非原生地组和原生地组、阳性组的平均体重较前一时段均略有增加，但平均体重的增加均没有达到显著水平。

2.2 黑苦荞茎叶提取物对小鼠空腹血糖值的影响

灌胃处理前，除对照组外，其余各组的空腹血糖平均值都大于 11.10 mmol/L，说明造模成功。按实验设计，处理组分别给予对应的黑苦荞茎叶提取物，阳性组给予糖尿乐，连续处理 12 d 后测定血糖值，结果见表 2。

试验结果表明：黑苦荞茎叶提取物连续灌胃处理 12 d 后，与灌胃处理前的高血糖平均值比较，阳性组、高低剂量的非原生地组、高低剂量的原生地组小鼠空腹血糖平均值都有较明显的降低。与模型组的平均空腹血糖值(23.87±2.61) mmol/L 比较，低剂量非原生地组(20.51±2.49) mmol/L 和低剂量原生地组(20.26±2.47)

mmol/L 的差异显著($p < 0.05$); 而高剂量非原生地组(19.65±2.97) mmol/L 和高剂量原生地组(18.99±2.11) mmol/L 的差异达到极显著($p < 0.01$), 同时可以看出, 非原生地组和原生地组的降血糖效果与阳性组相当。因此, 高低剂量的提取物均能降低四氧嘧啶型糖尿病

小鼠的高血糖, 而非原生地和原生地两种来源的黑苦荞茎叶提取物, 降血糖效果没有显著性差异, 说明非原生地黑苦荞茎叶提取物可以替代原生地的提取物, 用于降糖产品的开发。

表 2 黑苦荞茎叶提取物对小鼠空腹血糖的影响

Table 2 Effect of leaf extract of black buckwheat on fasting blood glucose in mice (mean±std)

分组	数量/只	剂量/(mg/kg)	空腹血糖值/(mmol/L)	
			灌胃处理前	灌胃处理 12 d 后
对照组	12	-	7.52±1.13	6.75±1.25
模型组	12	-	26.23±2.21 ^{##}	23.87±2.61
高剂量非原生地组	12	1000	26.35±2.81 ^{##}	19.65±2.97 ^{**ΔΔ}
低剂量非原生地组	12	500	26.32±2.31 ^{##}	20.51±2.49 [*]
高剂量原生地组	12	1000	25.17±2.93 ^{##}	18.99±2.11 ^{**ΔΔ}
低剂量原生地组	12	500	26.99±2.43 ^{##}	20.26±2.47 [*]
阳性组	12	300	26.06±2.52 ^{##}	20.07±2.14 ^{**}

注: 与对照组比较, ^{##} $p < 0.01$, 差异极显著; 与模型组比较, ^{*} $p < 0.05$, 差异显著, ^{**} $p < 0.01$, 差异极显著; 与阳性组比较, ^{ΔΔ} $p < 0.01$, 差异极显著。

2.3 黑苦荞茎叶提取物对小鼠糖耐量的影响

按前述 1.3 的方法测定糖耐量, 在连续灌胃 12 d 的末次灌胃后, 先检测血糖, 再按 4.0 g/kg 剂量灌胃

葡萄糖溶液, 然后分别测定 30 min 和 120 min 的血糖值。以末次灌胃空腹血糖为 0 min 的血糖值, 结果见表 3。

表 3 黑苦荞茎叶提取物对小鼠糖耐量的影响

Table 3 Effect of leaf extract of black buckwheat on glucose tolerance in mice (mean±std)

组别	数量/只	剂量/(mg/kg)	空腹血糖值/(mmol/L)			血糖曲线下面积/(mmol/h·L)
			0 min	30 min	120 min	
对照组	12	-	6.82±1.76	5.76±1.32	5.67±2.38	7.59±2.97
模型组	12	-	24.62±2.42 ^{**}	23.64±3.51	23.31±3.46	17.37±5.26 ^{**}
高剂量非原生地组	12	1000	23.80±2.25 ^{**}	21.11±4.29 ^{**Δ}	20.38±3.25 ^{**Δ}	13.54±3.26 ^{**Δ}
低剂量非原生地组	12	500	23.33±3.51 ^{**}	23.51±4.49 ^{**}	17.25±3.82 ^{**ΔΔ}	12.88±3.91 ^{**ΔΔ}
高剂量原生地组	12	1000	25.57±3.09 ^{**}	16.04±3.19 ^{**ΔΔ}	24.70±2.91 ^{**}	13.52±3.20 ^{**Δ}
低剂量原生地组	12	500	24.99±3.43 ^{**}	20.26±3.47 ^{**Δ}	20.62±3.61 ^{**Δ}	13.65±3.16 ^{**Δ}
阳性组	12	300	25.60±3.62 ^{**}	21.41±3.81 ^{**Δ}	20.71±3.51 ^{**Δ}	13.64±3.02 ^{**Δ}

注: 与对照组比较, ^{*} $p < 0.05$, 差异显著, ^{**} $p < 0.01$, 差异极显著; 与模型组比较, ^Δ $p < 0.05$, 差异显著, ^{ΔΔ} $p < 0.01$, 差异极显著。

糖耐量测定的结果表明: 在 0 min 时的平均血糖值, 对照组为(6.82±1.76) mmol/L, 模型组为(24.62±2.42) mmol/L, 阳性组为(25.60±3.62) mmol/L, 各提取物处理组在 23.33~25.57 mmol/L 的范围, 除对照组外, 各个组的平均血糖值都较高, 与对照组比较, 各处理组、阳性组都达到极显著的差异($p < 0.01$)。在 30 min 时的平均血糖值, 对照组为(5.76±1.32) mmol/L, 模型组为(23.64±3.51) mmol/L, 阳性组为(21.41±3.81) mmol/L, 各个提取物处理组在 16.04~23.51 mmol/L 的范围, 与模型组比较, 非原生地高剂量组、原生地低剂量组和阳性组的都低, 而且

差异显著($p < 0.05$), 而原生地高剂量组的差异达到极显著($p < 0.01$)。在 120 min 时的平均血糖值, 对照组为(5.67±2.38) mmol/L, 模型组为(23.31±3.46) mmol/L, 阳性组为(20.71±3.51) mmol/L, 各提取物处理组在 17.25~24.70 mmol/L 的范围, 与模型组比较, 高剂量非原生地组、低剂量原生地组和阳性组的都显著降低($p < 0.05$), 而低剂量非原生地组的差异达到极显著水平($p < 0.01$)。以上结果说明, 在糖耐量试验的 30 min 和 120 min, 各提取物组的空腹血糖平均值明显低于模型组, 差异达到显著($p < 0.05$)或极显著($p < 0.01$)的水平。与模型组(17.37±5.26) mmol/(h·L)的血糖曲线下面积

平均值比较, 各处理组的血糖曲线下面积平均值都明显降低, 其中, 低剂量非原生地组(12.88±3.91) mmol/(h·L), 差异极显著($p < 0.01$), 其它处理组的差异达到显著($p < 0.05$), 说明提取物可减缓糖尿病小鼠餐后血糖值的升高, 即具有提高糖尿病小鼠耐糖量的功效。

血糖曲线下面积是反映糖负荷后血糖、胰岛素应答水平的重要指标之一, 体现了机体糖调节受损的程度^[19], 空腹血糖的升高和葡萄糖耐量的降低, 都能说明机体的糖调节功能已经受损, 是目前公认的糖尿病前期, 易发展成高血糖的一个危险阶段^[20]。从上述试验结果来看, 非原生地和原生地的黑苦荞叶提取物都能降低空腹血糖、提高机体葡萄糖耐量, 说明黑苦荞叶提取物具有改善受损的糖调节能力的特点。两种来源的黑苦荞茎叶提取物, 在降低模型糖尿病小鼠空腹血糖的同时, 都具有提高模型糖尿病小鼠的耐糖量, 减缓其餐后血糖升高的作用, 因此, 非原生地黑苦荞茎叶提取物与原生地的提取物都具有降低模型糖尿病小鼠血糖的功能, 可用于开发降糖的产品。

2.4 非原生地黑苦荞茎叶的可溶性总糖、总黄酮和膳食纤维变化

本研究于3月至6月(共90 d)在双流县回龙村种植黑苦荞, 在其出苗后10 d开始随机采集5份茎叶样品, 此后每20 d采集1次样品, 直到开花后40 d为止。样品采集后马上冻干, 备用, 再分别测定各样品中的可溶性总糖、总黄酮和膳食纤维的含量, 结果见图2。

从图2可看出, 非原生地种植的黑苦荞叶中, 总黄酮含量在生长10 d时为 8.15×10^{-2} g/g, 30 d时为

6.12×10^{-2} g/g, 50 d时为 13.26×10^{-2} g/g, 70 d时为 5.66×10^{-2} g/g, 90 d时为 4.77×10^{-2} g/g。因此, 非原生地种植的黑苦荞叶的总黄酮含量在50 d时(大约在开花前)达到最高值 13.26×10^{-2} g/g, 随后逐渐降低。可溶性总糖的含量最高为 19.49×10^{-2} g/g, 是在30 d, 总膳食纤维含量最高为 43.16×10^{-2} g/g, 也是在30 d时。

综上, 黑苦荞叶在非原生地种植后, 采收茎叶应在生长50 d(大约在开花前)时进行, 此时可溶性糖等有机物最大限度地转化成功效成分, 以保证提取物总黄酮的含量达到最高值, 同时, 也保证黑苦荞茎叶的产量较大。

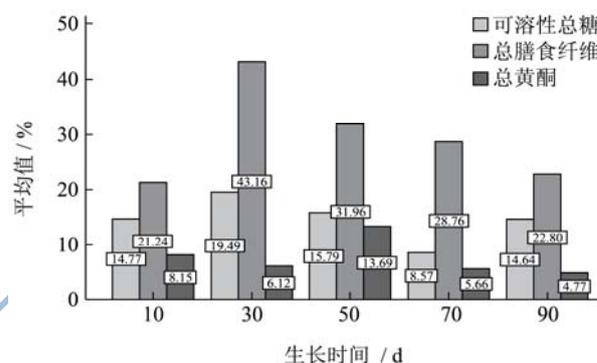


图2 非原生地黑苦荞叶可溶性总糖、总黄酮和膳食纤维的变化
Fig.2 Changes in the contents of soluble sugar, flavonoids, and dietary fiber during different periods (n=5)

2.5 黑苦荞茎叶及其提取物的功效成分比较

在黑苦荞开花前, 即生长50 d时, 分别随机取原生地黑苦荞种籽、原生地黑苦荞茎叶及其提取物、非原生地黑苦荞茎叶及其提取物, 各5份样品, 按前述1.3的方法, 测定膳食纤维和总黄酮, 高效液相色谱法测定芦丁、槲皮素和D-手性肌醇, 结果见表4。

表4 不同来源黑苦荞茎叶及其提取物功效成分的比较

Table 4 Comparison of the active components of extracts from different sources of black buckwheat leaves (mean±std)

项目	样品数 / 个	总黄酮 / ($\times 10^{-2}$ g/g)	芦丁 / (mg/g)	槲皮素 / (mg/g)	D-手性肌醇 / (mg/g)	膳食纤维 / ($\times 10^{-2}$ g/g)
原生地黑苦荞茎叶	5	15.21±2.13	131.3±3.2	14.1±2.1	4.2±2.2	35.35±2.81
非原生地黑苦荞茎叶	5	13.26±2.71*	112.3±2.3*	13.2±2.2	4.1±2.1	31.96±2.63*
原生地黑苦荞种籽	5	3.52±2.20**	27.2±2.1	11.3±2.3	5.2±2.3	14.35±2.61**
原生地黑苦荞茎叶提取物	5	23.02±2.52	152.3±2.2	15.2±2.4	63.1±2.1	-
非原生地黑苦荞茎叶提取物	5	24.21±2.81	153.1±2.3	15.1±2.3	65.2±2.2	-

注: 与原生地的比较, * $p < 0.05$, 差异显著; ** $p < 0.01$, 差异极显著。

从表4可以看出, 原生地黑苦荞种籽的总黄酮、膳食纤维的含量明显较原生地的茎叶都低, 差异达到极显著($p < 0.01$), 同时, 黑苦荞茎叶厚嫩而且量多, 其单位面积的生物产量比种籽高, 利用茎叶具有产量的优势。虽然, 非原生地黑苦荞干茎叶的总黄酮含量为

$(13.26 \pm 2.71) \times 10^{-2}$ g/g、膳食纤维含量为 (31.96 ± 2.93) mg/g, 与原生地干茎叶的总黄酮 $(15.21 \pm 2.13) \times 10^{-2}$ g/g和膳食纤维 (35.35 ± 2.81) mg/g比较, 差异均达到显著的水平($p < 0.05$), 但是, 茎叶经乙醇提取后, 非原生地与原生地的提取物, 总黄酮含量的差异没有达到显著

的水平($p>0.05$)。有关研究表明,苦荞提取物预防和治疗糖尿病的作用与其所含的生物类黄酮^[21]和膳食纤维^[22],有着高度的相关性。

苦荞具有的肌醇类物质主要是D-手性肌醇,是胰岛素的促敏活性物,可改善胰岛素的功能。苦荞的黄酮类物质主要是芦丁和槲皮素,二者都具有降血糖的功能。两种来源黑苦荞茎叶的芦丁含量有显著差异($p\leq 0.05$),原生地的较高,但是,槲皮素和D-手性肌醇的含量没有显著差异。非原生地黑苦荞茎叶的提取物具有与原生地提取物相同的总黄酮含量,而且芦丁、槲皮素和D-手性肌醇的含量都没有显著差异,同时,单位面积的黑苦荞茎叶产量比种籽的高,以茎叶替代种籽有一定的产量优势,非原生地的提取物与原生地的有一样的降糖功效,所以,非原生地茎叶的提取物完全可替代原生地的种籽和茎叶,用于降血糖功能食品的开发。

3 结论

3.1 在本试验研究中,用非原生地黑苦荞茎叶提取物灌胃高血糖模型小鼠,处理组的体重较未处理组有一定增加,但与阴性对照组比较仍然极显著的降低,表明非原生地黑苦荞茎叶提取物能缓解糖尿病小鼠体重降低的症状,但是,并不能完全逆转糖尿病小鼠紊乱的物质代谢。

3.2 四氧嘧啶诱导的糖尿病模型小鼠近似人体II型糖尿病,表现出高空腹血糖、低糖耐量。灌胃非原生地的黑苦荞叶提取物后,糖尿病小鼠的空腹血糖值显著降低。灌胃非原生地的黑苦荞叶提取物,糖尿病小鼠的血糖曲线下面积平均值都明显降低,即糖耐量提高,表明提取物可减缓糖尿病小鼠餐后血糖值的升高,从而缓解糖尿病模型小鼠的症状。因此,从提取物能降低空腹血糖和提高葡萄糖耐量的结果来看,非原生地黑苦荞茎叶提取物具有显著降低高血糖小鼠血糖的功能。

3.3 开花前两种来源的黑苦荞的茎叶,膳食纤维、总黄酮及芦丁含量都显著差异,原生地的都较高,但是,经过乙醇提取,非原生地的、原生地的提取物总黄酮含量(包括芦丁、槲皮素)和D-手性肌醇都没有显著差异。在非原生地,黑苦荞开花前,即生长50 d左右,采收茎叶最佳。

3.4 综上所述,在非原产地种植黑苦荞,利用其茎叶资源开发产品,解决了在原生地开发产品过程,由于地处高寒山区,加上缺少劳动力、技术和资金等不利因素限制资源利用的难题。本试验研究表明:非原生地、原生地的黑苦荞茎叶提取物都具有同样的降血糖

功效,提取物降血糖的功效与生长地无关。因此,我们可利用原生地繁育黑苦荞,收获其种籽,再在非原生地播种,收获茎叶,经过乙醇提取,开发出降血糖的功能食品,这样使原生地和非原生地的优势互补,将更有利于黑苦荞产业的蓬勃发展。

参考文献

- [1] Davies M J, Gagliardino J J, Gray, et al. Real-world factors affecting adherence to insulin therapy in patients with Type 1 or Type 2 diabetes mellitus: a systematic review [J]. Diabetic Medicine, 2013, 30(5): 512-524
- [2] Roy T, Lloyd C E, Pouwer F, et al. Screening tools used for measuring depression among people with Type 1 and Type 2 diabetes: a systematic review [J]. Diabetic Medicine, 2012, 29(2): 164-175
- [3] 蔡旋,王元凤,毛芳芳,等.茶花粗多糖的降血糖作用和对高血糖的预防作用[J].现代食品科技,2011,27(3):262-266
CAI Xuan, WANG Yuan-feng, MAO Fang-fang, et al. Hypoglycemic and hyperglycemia-prevention effects of crude tea flower polysaccharide [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(3): 262-266
- [4] Wysham Carol, Blevins Thomas, Arakaki, Richard, et al. Efficacy and safety of dulaglutide added onto pioglitazone and metformin versus exenatide in Type 2 diabetes in a randomized controlled trial [J]. Diabetes Care, 2014, 37(8): 2159-2167
- [5] Egede Leonard E, Ellis Charles. Diabetes and depression: global perspectives [J]. Diabetes Research and Clinical Practice, 2010, 87(3): 302-312
- [6] 田宝明,张磊,刘庆庆,等.低血糖指数挂面的降糖益脂功能评价[J].现代食品科技,2016,32(1):1-9
TIAN Bao-ming, ZHANG Lei, LIU Qing-qing, et al. Glucolipid metabolism evaluation of fine dried noodles with low glycemic index in STZ-diabetic rats [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(1): 1-9
- [7] 中华人民共和国卫生部.卫生部关于进一步规范保健食品原料管理的通知[Z].卫法监发[2002]第51号
The ministry of health of the People's Republic of China. The ministry of health notice for further standardize the management of health food raw materials [Z]. WeiFa JianFa [2002] No.51
- [8] Gimenez-Bastida, Zielinski Henryk. Buckwheat as a functional food and its effects on health [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(36): 7896-7913
- [9] ZHOU Yi-ming, LI Bao-guo, CUI Lin-lin, et al. The effect of

- tartary buckwheat resistant starch on physiological function of diabetic mice [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(5): 24-28
- [10] 王丹,葛洪娟,张笑,等.荞麦粉对高脂膳食大鼠脂代谢的影响[J].现代食品科技,2015,6:71-76
WANG Dan, GE Hong-juan, ZHANG Xiao, et al. The effects of buckwheat on high-fat diet rat lipid metabolism [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 6: 71-76
- [11] Lee Chia-Chen, Lee Bao-Hong, Lai Ying-Jang. Antioxidation and antiglycation of *Fagopyrum tataricum* ethanol extract [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(2): 1110-1116
- [12] 刘刚,谭善财,胡细享,等.黑苦荞茎叶提取物对高血糖小鼠降血糖功能的研究[J].西南师范大学学报(自然版), 2012, 37(2):109-113
LIU Gang, TAN Shan-cai, HU Xi-xiang, et al. A study of the effects of the extract from black buckwheat stem and leaves for regulating blood glucose in hyperglycemia mice [J]. J. of Southwest China Normal Uni. (Natural Sci. Edition), 2012, 37(2): 109-113
- [13] 刘刚,张晓喻,阿石拉比,等.一种苦荞的栽培方法和苦荞粉及其制备:中国, ZL 201210376401.8 [P] 2015-1-7
LIU Gang, ZHANG Xiao-yu, ASHI La-bi, et al. A cultivation method of buckwheat and its powder preparation: China, ZL 201210376401.8 [P] 2015-1-7
- [14] GB/T 22224,食品中膳食纤维的测定[S]
GB/T 22224, Determination of dietary fiber in foods [S]
- [15] NY/T 1295,荞麦及其制品中总黄酮含量的测定[S]
NY/T 1295, Determination of flavonoids in buckwheat and its products [S]
- [16] 邹亮,王战国,胡慧玲,等.苦荞提取物中芦丁和槲皮素的含量测定[J].中国实验方剂学杂志,2010,16(17):60-62
ZOU Liang, WANG Zhan-guo, HU Hui-ling, et al. Determination of rutin and quercetin in tartary buckwheat extract [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2010, 16(17): 60-62
- [17] 宋雨,邹亮,赵江林,等.苦荞萌发过程中 D-手性肌醇含量变化的探究[J].食品科技,2016,2:80-83
SONG Yu, ZOU Liang, ZHAO Jiang-lin, et al. The change of D-chiro inositol content in tartary buckwheat during germination process [J]. Food Science and Technology, 2016, 2: 80-83
- [18] 陈平雁,黄浙明.IBM SPSS19 统计软件应用教程(第2版)[M].北京:人民卫生出版社,2014
CHEN Ping-yan, HUANG Zhe-ming. IBM SPSS19 statistical software application tutorial (second edition) [M]. Beijing: People's Medical Press, 2014
- [19] 刘乐.OGTT 各时间点血糖值在诊断糖代谢异常中的意义及 1h 高血糖者糖代谢特征的研究[D].天津:天津医科大学,2010
LIU Le. The meaning of each time point plasma glucose at OGTT in diagnosis of abnormal glucose metabolism and the characteristics of glucose metabolism of 1h hyperglycemia [D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2010
- [20] Keenan M J, Zhou J, McCutcheon K L, et al. Effects resistant starch, a non-digestible fermentable fiber, on reducing body fat [J]. Obesity, 2006, 14(9): 1523-1534
- [21] Wiczowski Wieslaw, Szawara-Nowak Dorota, Debski Henryk, et al. Comparison of flavonoids profile in sprouts of common buckwheat cultivars and wild tartary buckwheat [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2014, 49(9): 1977-1984
- [22] 陈思,彭德川,颜卫,等.苦荞麦不同器官的膳食纤维含量和种类分析[J].食品研究与开发,2009,30(11):26-29
CHEN Si, PENG De-chuan, YAN Wei, et al. Determination of total soluble and insoluble dietary fiber on buckwheat of variety organs by enzymatic-gravimetric method [J]. Food Research and Development, 2009, 30(11): 26-29