

普洱茶浓缩提取物对生长期大鼠营养生理功能的影响

宋曙辉¹,赵霖^{2*},曾海玲³,邹海明²,李珍²,王文琪¹ (1. 国家蔬菜工程技术研究中心,北京 100097;2. 解放军总医院营养科微量元素研究室,北京 100853;3. 云南普洱玉龙茶叶有限公司,云南普洱 665000)

摘要 [目的]观察普洱茶浓缩提取物对生长中大鼠营养生理功能的影响。[方法]将生长期SD大鼠40只随机分为4组,每组10只,分别为对照组、普洱茶浓缩提取物低剂量组、中剂量组和高剂量组。3个试验组分别按270、540和1 080 mg/kg体重灌胃,对照组用等量蒸馏水灌胃。6周后结束试验,观察体重变化、血常规、血生化等相关生理指标的变化。[结果]高剂量试验组大鼠终体重、肥胖指数均显著低于对照组($P<0.05$),各试验组大鼠脂肪指数显著低于对照组($P<0.05$)。中、高剂量组大鼠脑指数显著高于对照组。高剂量组大鼠红细胞、血小板显著高于对照组($P<0.05$)。各试验组大鼠血清总蛋白、白蛋白及球蛋白均高于对照组,中、高剂量组与对照组有显著差异($P<0.05$)。各试验组大鼠血清中瘦素含量、高密度脂蛋白含量显著高于对照组($P<0.05$)。试验组大鼠甘油三酯、致动脉粥样硬化指数(AI)、血糖含量低于对照组,而抗动脉粥样硬化指数(AAI)高于对照组,但无显著差异($P>0.05$)。[结论]普洱茶浓缩提取物可以有效控制大鼠体重增加,抑制大鼠腹部脂肪积累,升高血清瘦素和高密度脂蛋白,降低血清甘油三酯,从而进一步预防动脉粥样硬化的发生。

关键词 普洱茶;浓缩提取物;营养生理功能

中图分类号 S865.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)12-387-04

Effects of Pu-er Tea Concentration Extracton Nutritional Physiological Functions of Rats
SONG Shu-hui¹, ZHAO Lin^{2*}, ZENG Hai-ling³ et al (1. National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing 100097; 2. The Department of Nutrition, The General Hospital of P. L. A., Beijing 100853; 3. Yunnan Pu'er Yulong Tea Co. Ltd, Pu'er, Yunnan 665000)

Abstract [Objective] To investigate the nutritional physiological functions of concentration extract of Pu-er tea (PCE). [Method] 40 SD rats were randomly divided into four groups, control group, low-, middle- and high dosage of tea extract groups, 10 of each. Rats in the Pu-er tea treatment groups were orally given PCE in the dosage of 270, 540, 1 080 mg/kg respectively. All rats were pair-fed 6 weeks to observe changes of their physiological indexes. [Result] The rats' body weight, Lee's index in high-dosage group was significantly lower than that of the control group ($P<0.05$). Fat index in all experimental groups was significantly lower than the control group ($P<0.05$). Serum TP, ALB, GLB in the middle- and high-dosage experimental groups showed statistic significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). Content of serum leptin and HDL in all experimental groups were significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). Serum TG, AI and blood sugar of all experimental groups were lower than the control group, while the AAI level higher than the control group, but with no significant difference ($P>0.05$). [Conclusion] PCE can effectively control the body weight and body fat of rats. Serum leptin and HDL can be increased and serum TG decreased by PCE intake, which could potentially prevent the arteriosclerosis.

Key words Pu-erh tea; concentration extract; Nutritional Physiological Functions

普洱茶是云南特色茶种。普洱熟茶是经大叶晒青茶渥堆后发酵获得,含有茶褐素、茶多酚、茶多糖等多种功能成分。目前,对普洱茶功能的研究日益增多,多集中在普洱茶的降脂、减肥、控制体重等功能方面^[1-6];其他对普洱茶功能的研究还包括抗氧化、预防非酒精性脂肪肝、预防肿瘤等方面^[7-11]。近年,为了推广普洱茶,许多企业不断对普洱茶产品进行深度开发,目前市场上销售的易携带、饮用方便的茶浓缩提取物或速溶茶粉就是其中之一^[12]。普洱茶浓缩提取物是经特殊工艺发酵提取的普洱茶萃取物,其中含有丰富的茶褐素、茶多酚,不仅具有普洱茶本身的风味特色,而且将茶叶中有效成分加以富集,是一种具有发展潜力的普洱茶新型产品。笔者以普洱茶浓缩提取物为材料,按一定剂量给生长期大鼠灌胃,观察其对生长期大鼠的营养生理作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试普洱茶为熟茶。供试普洱茶浓缩提取物(PCE)由云南普洱玉龙茶叶有限公司提供。将普洱茶浓缩提取物按比例溶于常温蒸馏水中,配成不同比例的普洱茶

溶液,置4℃保存备用。

1.2 试验动物分组及饲养

供试雄性SD大鼠由军事科学院实验动物中心提供,许可证编号SCXK(军)2012-004。40只大鼠平均体重(70.0±2.4)g,随机分为4组,每组10只,分别为对照组(蒸馏水)、低剂量组(270 mg/kg)、中剂量组(540 mg/kg)和高剂量组(1 080 mg/kg)。在空凋动物实验室内,在全塑代谢笼内单独喂养,采用对喂法(保证试验周期内每只大鼠食物平均摄入量相等),自由饮用蒸馏水。环境参数为:温度(23±1)℃,相对湿度60%±5%,12 h昼夜交替。在大鼠饲养6周后禁食12 h,麻醉后剪股动脉取血,分别取肝素抗凝血、非抗凝血,非抗凝血3 000 r/min离心分离血清,冻存备用。同时,对肝、肾、脑、脾、脂肪组织称重。

1.3 检测指标与方法

1.3.1 血清生化指标测定

将未抗凝血3 000 r/min离心20 min,分离出血清,24 h内用Hitachi7600全自动生化分析仪检测。检测项目包括总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、葡萄糖(GLU)、尿素氮(BUN)、尿酸(UA)、谷丙转氨酶(ALT)、天冬氨酸转氨酶(AST)高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、总胆固醇(TC)、和甘油三酯(TG)、瘦素(Leptin)等。

1.3.2 血常规测定

取肝素抗凝全血,用MEK-6318K全自

作者简介 宋曙辉(1971-),女,北京人,副研究员,博士,从事蔬菜营养功能成分分析与评价方面的研究。*通讯作者,研究员,博士生导师,从事营养生理方面的研究。

收稿日期 2015-03-23

动血球分析仪测定。检测项目包括红细胞(RBC)、白细胞(WBC)、血小板(PLT)、红细胞体积(HCT)、血红蛋白(HGB)、平均红细胞容积(MCV)、平均红细胞血红蛋白含量(MCH)、嗜酸性粒细胞(EOS)等。

1.3.3 Lee's 指数、脂肪指数。计算公式为:

$$\text{Lee's 指数} = 1/3 (\text{体重} \times 1\,000) / \text{体长}$$
$$\text{脂肪指数} = \text{腹腔脂肪质量} / \text{体重} \times 100$$

1.4 统计分析 试验数据以平均值±标准差表示。用CHISS高智统计软件包进行方差分析。各组分别进行正态性和方差齐性检验,符合正态分布和方差齐性的数据进行方差分析,否则进行Kruskal-Wallis秩和检验。

2 结果与分析

2.1 普洱茶浓缩提取物对大鼠体重、摄食量及各主要脏器重量的影响 由表1、表2可知,在试验期间,各组大鼠摄食

量相等,精神状态良好,行动敏捷,体毛光亮顺滑,毛色正常。随着生长发育,大鼠摄食量增加,体重增加。在试验结束时,试验组大鼠与对照组大鼠体重有显著差异($P<0.05$),而且大鼠体重随普洱茶的摄入量的增加而减轻。各试验组与对照组间脂肪指数均有明显差异,统计学处理存在显著性差异($P<0.05$)。大鼠脑指数随茶浓缩物摄入增加而增加,也有显著性差异($P<0.05$)。各组间肝、肾、脾等脏器指数未见显著差异($P>0.05$)。大鼠的食物转化率与体重呈正比。

另外,在灌胃刚开始6 d,各组大鼠体重已开始出现较大的变化;到饲喂第16天,试验组与对照组间出现显著差异;到试验结束时,对照组大鼠体重比试验组平均增加7~19 g。试验组大鼠腹部脂肪量大幅度下降,表明普洱茶在控制大鼠的体重增长、体内脂肪蓄积以及控制肥胖指数的增加方面都发挥显著的作用。

表1 各组大鼠生长期间体重变化及食物转化率

天数	对照组	低剂量组	中剂量组	高剂量组
1	68.10±5.41	68.00±5.15	68.10±3.98	68.30±5.36
6	82.00±5.10	80.90±6.14	81.20±4.83	79.30±6.29
11	101.80±5.27	99.80±7.19	99.80±5.69	98.20±6.76
16	121.00±6.23a	119.00±8.56a	117.00±7.85b	114.70±7.35b
21	142.00±6.80	139.60±10.40	137.60±9.70	135.20±6.90
26	159.40±8.20	156.30±11.90	154.80±11.00	151.70±8.70
31	179.90±7.10a	175.30±11.50ab	175.40±11.40ab	168.90±9.90b
36	203.80±9.40a	197.10±14.10ab	199.10±11.40a	188.60±11.60b
44	235.20±8.30a	228.10±13.00a	229.80±13.90a	216.50±10.70b
摄食量/g	654	654	654	654
食物转化率//%	25.50±1.38a	24.50±1.87a	24.70±1.97a	22.70±1.63b
体重增加率//%	71.02±2.33a	70.16±2.37a	70.31±1.97a	68.41±2.53b

注:食物转化率=体重增加量/食物摄入量×100%。同列不同小写字母表示差异在0.05水平显著。

表2 普洱茶浓缩提取物对大鼠脏器指数的影响

组别	脂肪指数//%	Lee's 指数	肝指数//%	肾指数//%	脑指数//%	脾指数//%
对照组	1.100±0.180a	2.91±0.073a	3.03±0.20	0.768±0.06	0.541±0.029c	0.224±0.039
低剂量组	0.719±0.104b	2.92±0.050a	2.90±0.14	0.753±0.101	0.566±0.043bc	0.218±0.022
中剂量组	0.648±0.124c	2.89±0.073a	2.88±0.16	0.763±0.078	0.575±0.024b	0.223±0.031
高剂量组	0.727±0.079b	2.85±0.038b	2.99±0.11	0.775±0.076	0.609±0.059a	0.215±0.029

注:同列不同小写字母表示差异在0.05水平显著。

2.2 血常规测定结果 由表3可知,不同剂量普洱茶浓缩提取物的摄入对大鼠血液学指标没有明显的影响;低剂量组

大鼠白细胞、血小板稍有降低,中剂量组大鼠的红细胞和血红蛋白稍有降低。

表3 大鼠血常规检测结果

组别	白细胞 ×10 ⁹ /L	红细胞 ×10 ¹² /L	平均红细胞 体积//fL	血红蛋白 g/L	平均血红蛋白 含量//pg	血小板 ×10 ⁹ /L	血小板分布 宽度//%
对照组	7.37±0.88a	7.12±0.26b	58.8±1.40	150.2±4.32	21.1±0.58	876.4±140.5a	14.97±0.17
低剂量组	6.37±1.77b	7.15±0.36a	60.2±1.54	151.7±3.62	21.3±0.76	817.3±72.1b	14.99±0.15
中剂量组	8.00±3.56a	6.87±0.28ab	60.6±1.88	148.3±6.63	21.6±0.76	855.6±155a	15.02±0.13
高剂量组	7.47±2.29a	7.34±0.27a	59.4±1.73	153.8±5.09	21.0±0.66	901.4±85.9a	14.90±0.14

注:同列不同小写字母表示差异在0.05水平显著。

2.3 血清生化检测结果 由表4、5可知,试验组大鼠血清中总蛋白、白蛋白和球蛋白均比对照组显著增加($P<0.05$)。试验组大鼠血糖比对照组降低,虽然统计学处理未见显著差异($P>0.05$),但是显示普洱茶浓缩提取物摄入后对血糖产

生生理性的控制。这说明普洱茶提取物有非常安全的营养生理效果。经测定,发现试验组大鼠血清中尿素含量略有升高,高剂量组大鼠尿酸水平与对照组之间存在显著性差异($P<0.05$)。

在临床营养学评价中,常用血清中总蛋白、白蛋白等基础蛋白水平来判断机体营养状况。白蛋白不仅是脂肪酸、激素、氨基酸和微量元素锌的载体蛋白,具有转运功能、营养功能,而且能清除体内新陈代谢产生的有害物质——过氧化脂质等。由此可知,摄入普洱茶没有影响大鼠体内蛋白质的营养状况,而且还有促进作用。

在反应血脂水平的参数中,试验组大鼠的甘油三酯与低密度脂蛋白含量均呈现降低趋势,而高密度脂蛋白水平显著增加($P<0.05$),高密度脂蛋白与低密度脂蛋白的比值也呈增大的趋势。这些变化都是有利于健康的。试验组大鼠血清中瘦素含量显著增加($P<0.05$),而且反映抗动脉硬化效

果的抗动脉粥样硬化指数(AAI)增加,而致动脉硬化的致动脉粥样硬化(AI)指标降低,都表明普洱茶对实验动物体内脂肪代谢发挥积极的作用。但是,在胆固醇调节方面,普洱茶没有表现出明显的作用。

瘦素作为脂肪组织分泌的一种蛋白质激素,由肥胖基因(*ob*)编码,作用于下丘脑的体重调节中枢,可抑制食欲,增加能量消耗,调节脂肪代谢,在脂肪存储过程中发挥着很重要的作用^[13]。试验中,普洱茶的摄入增加了血清瘦素含量,由此推测普洱茶可能有促进瘦素分泌的作用。普洱茶控制体重、体脂的作用可能与此机理有关。

表 4 大鼠血生化指标检测结果

组别	血糖//mmol/L	总蛋白//g/L	白蛋白//g/L	球蛋白//g/L	尿素//mmol/L	尿酸//μmol/L	瘦素//ng/ml
对照组	11.7 ± 1.83	55.71 ± 1.97c	25.89 ± 1.03b	29.82 ± 1.33b	4.31 ± 0.49b	93.3 ± 36.9a	19.55 ± 4.34b
低剂量组	10.4 ± 1.65	57.37 ± 1.28b	26.46 ± 0.63b	30.91 ± 0.98b	4.70 ± 0.54b	82.9 ± 14.5ab	23.59 ± 6.28ab
中剂量组	10.3 ± 1.59	61.48 ± 2.26a	28.36 ± 1.18a	33.12 ± 1.64a	4.58 ± 0.72b	106.0 ± 32.1a	24.55 ± 7.79a
高剂量组	10.6 ± 2.66	60.84 ± 1.83a	28.01 ± 1.09a	32.83 ± 1.49a	5.12 ± 0.60a	70.6 ± 13.9b	24.07 ± 7.32a

注:同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

表 5 大鼠血脂测定结果

组别	总胆固醇 mmol/L	甘油三酯 mmol/L	高密度脂蛋白 mmol/L	低密度脂蛋白 mmol/L	AAI	AI	HDL/LDL
对照组	2.18 ± 0.35b	0.346 ± 0.067a	1.48 ± 0.14c	0.23 ± 0.094b	0.69 ± 0.097	0.48 ± 0.28	7.24 ± 2.51
低剂量组	2.38 ± 0.29b	0.282 ± 0.069b	1.74 ± 0.23b	0.22 ± 0.052b	0.73 ± 0.028	0.37 ± 0.055	8.17 ± 1.57
中剂量组	2.74 ± 0.30a	0.361 ± 0.101a	1.95 ± 0.30a	0.30 ± 0.130a	0.71 ± 0.062	0.42 ± 0.15	7.32 ± 2.41
高剂量组	2.80 ± 0.38a	0.302 ± 0.065ab	2.08 ± 0.28a	0.24 ± 0.050ab	0.74 ± 0.021	0.35 ± 0.38	9.06 ± 2.27

注:致动脉粥样硬化指数 $AI = (TC - HDL - C) / HDL - C$;抗动脉粥样硬化指数 $AAI = HDL - C / TC$ 。同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

2.4 氮代谢试验结果 由表 6 可知,试验组大鼠粪便的湿重、含水量与对照组之间都未见差异($P>0.05$),但是试验组粪便的干重却显著高于对照组($P<0.05$),而且粪便的干重随普洱茶摄入量增加而增加。同时发现,试验组大鼠粪氮的排出量显著高于对照组($P<0.05$)。众所周知,粪便的干重与粪便中生态菌群的数量有关。研究证明,动物粪氮的 80% 是来自肠道的细菌。在所有普洱茶试验组动物粪便中,氮含量的增加无疑有细菌来源的氮的贡献。普洱茶试验组大鼠粪便中的脂肪排泄量均显著高于对照组($P<0.05$)。这有力

地证明摄入普洱茶后对试验动物机体脂肪代谢产生不可忽视的影响,大大促进了体内脂肪的排出。各试验组大鼠腹部脂肪均大幅度减少的试验结果也证明了这一点。

机体氮平衡反映的是机体内蛋白质代谢的状况。在大鼠生长发育期,由于蛋白质的合成代谢超过分解代谢,一般表现为正氮平衡。在生长期内,各组大鼠氮代谢均处于正氮平衡状态,尿氮含量各组间无显著差异($P>0.05$)。试验中,各组饲料均能够满足生长期大鼠机体发育过程中对蛋白质的需求。

表 6 5 d 代谢试验中氮平衡情况

组别	粪湿重//g/d	粪干重//g/d	粪含水量//%	粪氮//g/d	尿氮//g/d	氮平衡//g/d	粪脂肪//g/d
对照组	5.30 ± 0.73	3.56 ± 0.13b	31.9 ± 7.1	0.103 ± 0.007c	0.28 ± 0.04	0.120 ± 0.04	0.044 ± 0.009
低剂量组	5.44 ± 0.49	3.68 ± 0.11ab	31.9 ± 5.0	0.109 ± 0.005bc	0.28 ± 0.03	0.118 ± 0.03	0.045 ± 0.006
中剂量组	5.54 ± 0.79	3.78 ± 0.35a	31.2 ± 6.6	0.112 ± 0.009b	0.27 ± 0.05	0.121 ± 0.05	0.053 ± 0.019
高剂量组	5.66 ± 0.39	3.79 ± 0.14a	32.7 ± 3.3	0.119 ± 0.005a	0.28 ± 0.05	0.100 ± 0.05	0.048 ± 0.008

注:同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

3 讨论

体重超重、肥胖、血脂异常可以引起多种慢性非传染性疾病的发生,如心脑血管疾病等。因而,控制体重、减肥、保持血脂正常,可以有效预防相关疾病的发生。已开展的关于普洱茶的研究多集中于其减肥降脂功能,分别从分子、蛋白质、细胞等水平上阐述其可能的减肥机理。郭少晨等^[6]研究

发现,普洱茶具有抑制高脂血症大鼠肝脏中鲨烯合成酶活性的作用,可以上调肝脏中 LDLR mRNA 的表达和 HepG2 细胞中 LDLR 蛋白的表达,从而降低血浆中胆固醇和 LDL 的含量。丛涛等^[14]曾对普洱生茶和熟茶进行了营养生理研究。研究结果表明,普洱茶能够生理性控制正常大鼠的体重增长,显著降低体内甘油三酯水平,降低腹部脂肪积累,有明显

的减肥降脂功效。普洱茶熟茶的减肥降脂效果优于普洱茶生茶,但是对正常大鼠的胆固醇代谢没有明显影响。这与该次实验研究结果相符合。

有研究表明,HDL-C 水平降低与冠心病发病率、死亡率相关。低水平的 HDL 可增加甘油三酯和脂蛋白残粒,促使小颗粒 LDL 的生成,引起血栓和高血压。HDL 可直接参与拮抗动脉粥样硬化形成^[15-16]。在该项试验中,试验组大鼠的 HDL-C 均显著高于对照组,而试验组的甘油三酯降低。这表明普洱茶在预防动脉粥样硬化、冠心病等方面具有的潜在作用。

研究中,普洱茶的降脂减肥作用表现为体重的下降,腹部脂肪减少,肥胖指数降低,粪便脂肪排出量增加。血清瘦素增加,表明普洱茶浓缩提取物显著影响大鼠体内脂肪的代谢。粪便干重的增加,表明肠道菌群数量及代谢产物的增加。但是,通过普洱茶的摄入是否可以改善肠道菌群的结构,有待今后的试验中加以验证。研究还发现,普洱茶浓缩提取物可以在生理水平上调节生长中大鼠血糖水平,降低血糖的含量。

综上所述,普洱茶熟茶的浓缩提取物可以控制生长期大鼠的体重,并且控制肥胖指数的增加,有效降低生长期大鼠腹部脂肪的积累,增加血清中瘦素含量,有效降低生长期大鼠血液中甘油三酯水平,特别是增加高密度脂蛋白的水平,从而有效地提高试验组大鼠的抗动脉粥样硬化指数,降低致动脉粥样硬化指数。因而,适时、适量地摄入普洱茶,可以达到降低血脂、控制体重,并且延缓动脉粥样硬化发展进程的功

参考文献

- [1] 陈沛,王雪青,宋文军. 普洱茶色素减肥作用的研究[J]. 食品研究与开发,2011,32(7):169-171.
- [2] 郭韦韦,徐湘婷,罗绍忠,等. 普洱茶预防 SD 大鼠肥胖功效评价与研究[J]. 中华中医药学刊,2011,29(9):1994-1996.
- [3] 王秋萍,龚加顺."紫鹃"普洱茶茶褐素对高脂饮食大鼠生长发育的影响[J]. 茶叶科学,2012,32(1):87-94.
- [4] 董业伟,邵宛芳,李智,等. 普洱茶对小鼠体重的控制作用研究[J]. 食品研究与开发,2012,33(12):187-190.
- [5] 叶小燕. 黑茶减肥作用及其机理研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2012.
- [6] 郭少晨,刘洪娟,朱迪娜,等. 普洱茶对高脂血症大鼠胆固醇代谢的影响及作用机制[J]. 中国科学:生命科学,2012,42(11):883-892.
- [7] WAY T D,LIN HY,KUO D H,et al. Pu-erh tea attenuates hyperlipogenesis and induces hepatoma cells growth arrest through activating AMP-activated protein Kinase (AMPK) in human HepG2 cells [J]. Agric Food Chem,2009,57(12):5257-5264.
- [8] CHU S L,FU H,YANG J X,et al. A Randomized double-blind placebo-controlled study of Pu'er tea extract on the regulation of metabolic syndrome[J]. Chin J Integr Med,2011,17(7):492-498.
- [9] 李春磊,王宣军,宋爽,等. 普洱茶水提物对巨噬细胞分泌肿瘤坏死因子 α -的影响[J]. 中国生物制品学杂志,2011,24(11):1293-1302.
- [10] 肖凯,朱晨易,童钰玲,等. 普洱茶水提取物对大鼠非酒精性脂肪肝病干预作用[J]. 第三军医大学学报,2013,35(18):1992-1995.
- [11] 刘家奇,邵宛芳,董业伟,等. 普洱茶(熟茶)茶粉、黑茶茶粉、六堡茶对非酒精性脂肪肝大鼠细胞 CYP2E1 表达的影响[J]. 胃肠病学,2013,18(7):411-415.
- [12] 伍岗,蒲绍柳,张艳梅. 云南速溶茶发展潜力初探[J]. 云南科技管理,2010(3):15-16.
- [13] WEIGLE D S,CUMMINGS D E,PATRICIA D,et al. Roles of leptin and ghrelin in the loss of body weight caused by a low fat,high carbohydrate diet[J]. J Clin Endocrinol Metab,2003,88(4):1577-1586.
- [14] 丛涛,赵霖,鲍善芬,等. 普洱茶生茶与熟茶对大鼠营养生理功能的影响[J]. 食品科技,2010,35(4):66-70.
- [15] KARPPI J,NURMI T,KURL S,et al. Lycopene,lutein and beta-carotene as determinants of LDL conjugated dienes in serum [J]. Atherosclerosis,2010,209:565-572.
- [16] KOH W P,YUAN J M,WANG R,et al. Plasma carotenoids and risk of acute myocardial infarction in the singapore chinese health study[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis,2011,21:685-690.

(上接第 370 页)

动作状态时损耗过快,降低能耗,延长了棉花打顶机的有效工作时间和使用寿命。进一步提高了棉花打顶机的工作效率,降低农民的劳动强度。

参考文献

- [1] 彭强吉. 棉花打顶机自动仿形切割系统的研究[D]. 石河子:石河子大学,2013.
- [2] 张明辉. 棉花打顶机自动仿形升降控制系统的研究[D]. 石河子:石河子大学,2014.
- [3] 胡斌,罗昕,王维新,等. 3MDZK-12 型组控式单行仿形棉花打顶机的研制[J]. 农机化研究,2008(5):73-75,78.
- [4] 刘光辉,胡斌,杨旭海,等. 棉花打顶机切割器高度自动控制系统的研究[J]. 农机化研究,2011(1):115-118.
- [5] 胡斌,罗昕,毕新胜,等. 3MD-12 型棉花打顶机的研究设计[J]. 农机化研究,2003(1):88-89,92.

- [6] 周海燕,尹素珍,朱立成,等. 3WDZ-6 型自走式棉花打顶机设计[J]. 农业机械学报,2010(S1):86-89.
- [7] 罗昕,胡斌,王维新,等. 3MDZK-12 型组控式单行仿形棉花打顶机[J]. 农机化研究,2008(11):136-138.
- [8] 马强,史增录,张学军,等. 基于超声波技术的棉花打顶装置设计[J]. 农业科技与装备,2014(8):28-29,32.
- [9] 杜颖财,王希军,王树洁,等. 增量式编码器自动检测系统[J]. 电子测量与仪器学报,2012(11):993-998.
- [10] 方艳辉. 增量式编码器全数字量相加技术的研究[D]. 长春:中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所),2005.
- [11] 王新燕,葛军,王春丽. 新疆棉花高密度栽培模式的形成和推广[J]. 新疆农业科技,2005(6):16-17.
- [12] 谢敏. 基于 MC9S12XS128 智能小车控制系统的研究与应用[D]. 南昌:南昌航空大学,2012.
- [13] 叶继英,沈晓群,李莉莉. 基于 MC9S12XS 单片机的直流电机 PWM 调速系统设计[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2012(5):458-461.