

研究报告

Research Report

多穗柯总黄酮对蟾蜍坐骨神经干动作电位的影响

向德标^{1,2*} 李胜华^{1,2} 伍贤进^{1,2} 付军伟¹

1 怀化学院生物与食品工程学院, 怀化, 418008; 2 怀化学院民族药用植物资源研究与利用湖南省重点实验室, 怀化, 418008

* 通讯作者, cnxdbbh@163.com

摘要 为了研究多穗柯总黄酮对中华大蟾蜍坐骨神经干动作电位的影响,我们将离体中华大蟾蜍坐骨神经分为 4 组,分别置于浓度为 0.01 g/L、0.05 g/L、0.1 g/L、0.2 g/L 的多穗柯总黄酮溶液中浸泡,用 BL-420S 生物机能实验系统测定各组不同浸泡时间坐骨神经干动作电位的幅度、传导速度、阈强度及绝对不应期。随着多穗柯总黄酮溶液浓度增加和浸泡时间的延长,坐骨神经干动作电位的幅度升高($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$),阈强度降低($p < 0.01$),绝对不应期缩短($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$),传导速度加快($p < 0.05$)。因此,多穗柯总黄酮可增强神经的兴奋性,加速神经动作电位的传导。

关键词 多穗柯总黄酮, 中华大蟾蜍, 坐骨神经干, 动作电位

Effects of Total Flavonoids from *Lithocarpus polystachyus* on the Action Potential of Isolated Sciatic Nerve of Bufo

Xiang Debiao^{1,2} Li Shenghua^{1,2} Wu Xianjin^{1,2} Fu Junwei¹

1 Biological and Food Engineering College of Huaihua University, Huaihua, 418008; 2 Key Laboratory of Hunan Province for Study and Utilization of Ethnic Medicinal Plant Resources, Huaihua University, Huaihua, 418008

* Corresponding author, cnxdbbh@163.com

DOI: 10.13417/j.gab.036.001189

Abstract To study the effects of total flavonoids from *Lithocarpus polystachyus* on the action potential impact of isolated sciatic nerve of Bufo, *in vitro* Bufo sciatic nerves were divided into four groups and each group was soaked in TFL solution with the concentration of 0.01 g/L, 0.05 g/L, 0.1 g/L and 0.2 g/L respectively. After different intervals of immersion time, the amplitude, conduction velocity, threshold intensity, and refractory period of action potentials of the sciatic nerves from each group were measured by BL-420S biological signal recording system. The results showed that with the increase of the concentration of TFL solution and soaking time, the amplitude of sciatic nerve action potential increased ($p < 0.05$ or $p < 0.01$), the threshold intensity decreased ($p < 0.01$), the absolute refractory period shortened ($p < 0.05$ or $p < 0.01$), and the conduction speed increased ($p < 0.05$). In conclusion, TFL could enhance the excitability of nerve and accelerate conduction of nerve action potentials.

Keywords Total flavonoids from *Lithocarpus polystachyus*, Bufo, Sciatic nerves, Action potential

多穗柯(*Lithocarpus polystachyus* Rehd.)俗称甜茶, 编写组, 1987, 人民卫生出版社, 中国, 北京, pp.256)。主要分布于我国长江以南各省区,尤以江西、广西、湖南、安徽等省资源丰富(中国科学院植物研究所, 1972, 民间饮用多穗柯甜茶已有上千年历史,据称有生津止渴、消除疲劳之功效(廖晓峰和姚惠源, 1997, 农牧产品开发, 12: 29-31)。中国高等植物图鉴, 科学出版社, 中国, 北京, pp.434)是我国传统民间草药和保健饮料植物(全国中草药汇编, 现代药理证明其具有降血糖(董华强等, 2006 ;

基金项目 本研究由湖南省“十二五”重点建设学科项目(2011-42)资助

引用格式 Xiang D.B., Li S.H., Wu X.J., and Fu J.W., 2017, Effects of total flavonoids from *Lithocarpus polystachyus* on the action potential of isolated sciatic nerve of Bufo, Jiyinzuxue Yu Yingyong Shengwuxue (Genomics and Applied Biology), 36(3): 1189-1194 (向德标,李胜华,伍贤进,付军伟, 2017, 多穗柯总黄酮对蟾蜍坐骨神经干动作电位的影响, 基因组学与应用生物学, 36(3): 1189-1194)

Hou et al., 2011; Dong et al., 2012; 张俭等, 2012)、降血脂(董华强等, 2006)、降血压(Hou et al., 2012)、抗氧化(Li et al., 2013; 李胜华等, 2014)、抗炎(范小龙等, 2014)及抑菌(李胜华等, 2010)等多种功效。初步估计其活性成分为黄酮类化合物, 经 DL-101 大孔树脂纯化后, 其纯度达到 40.32% (李胜华等, 2009, 江苏农业科学, (5): 266-268, 290), 李胜华等 (2010, 中草药, 41(12): 1967-1969) 利用色谱及波谱等技术分离得到 11 种黄酮类化合物。黄酮类化合物能影响中枢神经系统的功能(周新和李宏杰, 2007), 而多穗柯总黄酮对外周神经功能的影响未见报道。

本研究应用电生理实验方法研究多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干电生理特性的影响, 探讨多穗柯总黄酮对外周神经功能作用的可能机制, 为开发利用多穗柯总黄酮提供实验依据。

1 结果与分析

1.1 多穗柯总黄酮增强蟾蜍离体坐骨神经干动作的电位幅度

与浸泡前比较, 随着浸泡时间的延长, 各处理组蟾蜍离体坐骨神经干动作电位幅度都有所增加(表 1)。

表 1 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干动作电位幅度的影响(mV, $\bar{x} \pm s$, n=10)

Table 1 The effects of TFL on the action potential amplitude of isolated sciatic nerve of bufo (mV, $\bar{x} \pm s$, n=10)

组别 Groups	浸泡前 Before immersion	浸泡时间/min Immersion time/min			
		10	30	50	70
	5.74±1.34	6.76±1.05	6.81±0.97	6.83±1.20	6.86±1.45
	5.45±1.37	6.18±0.93	6.62±1.27*	6.95±1.75*	7.31±1.65**
	6.22±1.15	7.50±1.34*	8.44±1.59**	8.81±1.75**	9.03±2.42**
	5.32±0.94	6.81±1.03*	7.23±1.12**	7.56±0.87**	7.87±1.46**

注: 与浸泡前比较, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Note: Compared with before immersion, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表 2 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干动作电位振幅变化率(%)的影响($\bar{x} \pm s$, n=10)

Table 2 The effects of TFL on the action potential the amplitude variation of isolated sciatic nerve of bufo ($\bar{x} \pm s$, n=10)

组别 Groups	浸泡时间(min) Immersion time (min)			
	10	30	50	70
	17.75±0.21	18.64±0.28	18.98±0.10	19.51±0.35
	13.39±0.32	21.46±0.07*	27.52±0.28*	34.13±0.20**
	20.58±0.17*	35.69±0.38**	41.64±0.52**	45.18±1.10**
	28.00±0.21*	35.90±0.15**	42.11±0.17**	47.93±2.01**

注: 与浸泡前比较, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Note: Compared with before immersion, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

除 外, 其余各处理组达到显著或极显著差异($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$)。

随着浸泡时间的延长, 除 组外其余各处理组动作电位幅度变化率显著或极显著增大($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$)。浸泡时间相同时, 随多穗柯总黄酮浓度的增大, 动作电位幅度变化率亦增大(表 2)。

研究表明: 随多穗柯总黄酮溶液浓度的增大和浸泡时间的延长, 蟾蜍离体坐骨神经干动作电位幅度明显增大。

1.2 多穗柯总黄酮加快蟾蜍离体坐骨神经干动作电位的传导速度

与浸泡前比较, 随浸泡时间的延长, 各处理组蟾蜍离体坐骨神经干动作电位传导速度都有所增加, 当浸泡时间达到 70 min 以上时, 除 组外其余各处理组达到显著差异($p < 0.05$) (表 3)。

随浸泡时间的延长, 各处理组动作电位传导速度变化率都有所增大; 当浸泡时间相同时, 随多穗柯总黄酮浓度的增大, 动作电位传导速度变化率亦增大(表 4)。

研究表明: 蟾蜍离体坐骨神经干动作电位传导速度随多穗柯总黄酮溶液增大及浸泡时间的延长

表 3 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干动作电位传导速度的影响(m/s, $\bar{x} \pm s$, n=10)

Table 3 The effects of TFL on the action potential conduction velocity of isolated sciatic nerve of bufo (m/s, $\bar{x} \pm s$, n=10)

组别 Groups	浸泡前 Before immersion	浸泡时间(min) Immersion time (min)			
		10	30	50	70
	31.26±4.98	31.55±4.85	31.74±4.77	31.98±4.73	32.18±4.80
	27.62±5.11	27.96±4.99	28.48±4.66	28.95±4.80	29.35±4.63*
	29.84±2.30	30.44±2.41	30.85±2.26	31.45±2.25	31.97±2.13*
	33.12±1.85	33.83±1.87	34.54±1.91	34.92±1.88	35.71±2.15*

注: 与浸泡前比较, *: $p < 0.05$

Note: Compared with before immersion, *: $p < 0.05$

表 4 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干动作电位传导速度变化率的影响($\bar{x} \pm s$, n=10)

Table 4 The effects of TFL on the action potential conduction velocity gradient of isolated sciatic nerve of bufo ($\bar{x} \pm s$, n=10)

组别 Groups	浸泡时间(min) Immersion time (min)			
	10	30	50	70
	1.03±0.01	1.70±0.01	2.50±0.02	3.12±0.01
	1.33±0.01	1.70±0.01	5.14±0.03	6.91±0.04
	2.01±0.01	3.42±0.01	5.46±0.02	7.22±0.02
	2.02±0.01	4.16±0.01	5.33±0.01	7.67±0.01

而加快。

1.3 多穗柯总黄酮缩短蟾蜍离体坐骨神经干动作电位的不应期

随浸泡时间延长,各处理组动作电位不应期缩短。与浸泡前比较,浸泡 30 min 时,除、组外,其余各处理组差异极显著($p < 0.01$);浸泡 50 min 时,除组外,其余各处理组差异极显著($p < 0.01$);浸泡 70 min 时,各处理组差异达到显著或极显著水平($p < 0.05$, $p < 0.01$) (表 5)。

各处理组动作电位不应期变化率随浸泡时间的延长而增加(表 6)。与浸泡前比较,除组外,其余各处理组浸泡 30 min 后,差异达到显著或极显著水平($p < 0.05$, $p < 0.01$);当浸泡时间相同时,随多穗柯总黄酮浓度的增大,动作电位不应期变化率亦增大。

研究表明:蟾蜍离体坐骨神经干动作电位不应期随多穗柯总黄酮溶液浓度的增大或浸泡时间的延长而缩短。

1.4 多穗柯总黄酮减小蟾蜍坐骨神经离体坐骨神经干的阈强度

与浸泡前比较,随浸泡时间的延长,各处理组蟾蜍坐骨神经离体坐骨神经干阈强度减小(表 7)。其中

、处理组变化不显著,处理组浸泡 50 min 后差异极显著($p < 0.01$),处理组浸泡 30 min 后差异极显著($p < 0.01$)。

各处理组蟾蜍坐骨神经离体坐骨神经干阈强度变化率随浸泡时间的延长而增大(表 8)。其中,组变化不显著,组浸泡 70 min 后差异显著($p < 0.05$);、组浸泡 30 min 后差异达到显著或极显著水平($p < 0.05$, $p < 0.01$);当浸泡时间相同时,随多穗柯总黄酮浓度的增大,动作电位阈强度变化率亦增大。

研究表明:蟾蜍离体坐骨神经干动作电位阈强度随多穗柯总黄酮溶液浓度的增大或浸泡时间的延长而减小。

2 讨论

据研究多穗柯叶中主要的化学成分是氨基酸、维生素、微量元素等营养成分及黄酮类和三萜类等次生代谢物,其中多穗柯总黄酮是一类种类繁多、结构类型复杂多样的化合物,目前至少发现 20 多种(廖晓峰等, 2003; 何春华等, 2012, 时珍国医国药, 23(5): 1253-1255),大多数学者认为其中黄酮类化合物具有重要的药理作用。根据本实验推测,多穗柯总黄酮可能通过与神经细胞膜上多个靶点结合而影响膜上 Na^+ 通道的性状,使 Na^+ 通道处于高敏状态, Na^+ 内流

表 5 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干动作电位不应期的影响($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

Table 5 The effects of TFL on the action potential refractory period of isolated sciatic nerve of Bufo ($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

组别 Groups	浸泡前 Before immersion	浸泡时间(min) Immersion time (min)			
		10	30	50	70
	0.78±0.05	0.76±0.04	0.75±0.04	0.75±0.04	0.73±0.03*
	0.71±0.05	0.70±0.05	0.66±0.05	0.63±0.04**	0.61±0.04**
	0.82±0.04	0.79±0.04	0.73±0.04**	0.68±0.05**	0.63±0.06**
	0.80±0.05	0.78±0.06	0.70±0.07**	0.63±0.07**	0.55±0.07**

注: 与浸泡前比较, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Note: Compared with before immersion, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

表 6 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经动作电位不应期的变化率(%)的影响($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

Table 6 The effects of TFL on the action potential refractory period gradient of isolated sciatic nerve of Bufo ($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

组别 Groups	浸泡时间(min) Immersion time (min)			
	10	30	50	70
	-2.54±0.02	-3.80±0.02	-4.31±0.02	-6.72±0.02
	-1.84±0.02	-6.50±0.03	-11.09±0.03*	-14.05±0.04*
	-3.52±0.02	-10.54±0.03*	-16.34±0.04**	-22.64±0.04**
	-2.56±0.02	-12.49±0.04**	-21.36±0.05**	-31.22±0.06**

注: 与浸泡前比较, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Note: Compared with before immersion, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

表 7 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干动作电位阈强度的影响($\bar{V}$, $\bar{x} \pm s$, $n=10$)

Table 7 The effects of TFL on the action potential threshold intensity of isolated sciatic nerve of bufo ($\bar{V}$, $\bar{x} \pm s$, $n=10$)

组别 Groups	浸泡前 Before immersion	浸泡时间(min) Immersion time (min)			
		10	30	50	70
	0.39±0.04	0.39±0.04	0.38±0.04	0.37±0.04	0.36±0.04
	0.38±0.06	0.38±0.07	0.37±0.07	0.35±0.06	0.34±0.07
	0.38±0.04	0.36±0.04	0.34±0.05	0.31±0.05**	0.29±0.04**
	0.43±0.04	0.39±0.04	0.36±0.04**	0.32±0.04**	0.30±0.05**

注: 与浸泡前比较, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Note: Compared with before immersion, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

表 8 多穗柯总黄酮对蟾蜍离体坐骨神经干动作电位阈强度变化率的影响($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

Table 8 The effects of TFL on the action potential threshold intensity gradient of isolated sciatic nerve of bufo ($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

组别 Groups	浸泡时间(min) Immersion time (min)			
	10	30	50	70
	-0.03±0.01	-2.32±0.03	-4.13±0.02	-6.54±0.05
	-0.36±0.01	-3.10±0.02	-7.98±0.04	-10.68±0.06*
	-4.35±0.03	-10.22±0.07*	-18.66±0.07**	-25.11±0.04**
	-9.65±0.06	-16.09±0.08*	-26.15±0.08**	-31.90±0.08**

注: 与浸泡前比较, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Note: Compared with before immersion, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

速度增加而使传导速度加快;同时, Na^+ 通道处于高敏状态时 Na^+ 内流量也会增加, 从而导致动作电位幅度增加, Na^+ 通道处于高敏状态时其引起兴奋的刺激阈强度也降低。多穗柯总黄酮溶液的浓度越高、浸泡时间越长, Na^+ 通道处于高敏状态的数量就越多, 以上现象越明显(张微微等, 2008)。这可能是多穗柯总黄酮提高神经兴奋性的机制, 这有待进一步研究。

研究表明, 蟾蜍离体坐骨神经干经不同浓度多穗柯总黄酮溶液处理后, 动作电位的振幅升高, 阈强度降低, 不应期下降, 传导速度变快。即多穗柯总黄酮可增强神经的兴奋性, 加速神经动作电位的传导。据此, 我们认为多穗柯总黄酮或许能作为一种神经兴奋性药物来开发。

3 材料与方法

3.1 实验材料

3.1.1 动物

中华大蟾蜍(*Bufo bufo gargarizans*) 50 只(经怀化学院向孙军副教授鉴定), 采自怀化学院附近郊区, 平均体重为 (100 ± 20) g, 雌雄不拘。

3.1.2 药材

多穗柯(*Lithocarpus polystachyus* Rehd)嫩叶: 采集于怀化市芷江, 经怀化学院伍贤进教授鉴定为壳斗科栎属多穗柯。

3.1.3 仪器

CTXNW-10B 超声循环提取机(北京弘祥隆生物技术开发有限公司); FY130 药物粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); 旋转蒸发仪 RE52-99 (上海亚荣生化仪器厂); SHZ-3 循环水多用真空泵(上海沪西仪器分析厂); 752P 紫外可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司); FN101-2 型鼓风干燥箱(长沙仪器仪表厂); BL-420F 生物机能实验系统(成都泰盟科技有限公司); 神经标本屏蔽盒(成都泰盟科技有限公司)。

3.1.4 药品与试剂

芦丁(中国药品生物制品检定所, 批号: 0080-9705); 任氏液(其配方参考文献(解景田, 2009, 生理学实验(第三版), 高等教育出版社, 中国, 北京, pp.220); 其它试剂均为分析纯常规试剂。

3.2 方法

3.2.1 多穗柯总黄酮的提取与纯化

将多穗柯嫩叶洗净烘干后, 用 FY130 药物粉碎机

将其粉碎过 100 目筛。称取 250 g 的多穗柯粉加 4 倍量的 70%乙醇浸泡 24 h, 用 CTXNW-10B 超声循环提取机(功率 610 W)循环提取 45 min, 再用 SHZ-3 循环水多用真空泵过滤。滤液用旋转蒸发仪进行减压浓缩成浆状, 即可获得粗提取液。再经 D-101 型大孔树脂进行纯化, 经测定其总黄酮纯度为 40.32%。将纯化后的溶液置于 65℃烘箱中烘干, 再用研钵研碎, 即可得到多穗柯总黄酮粉, 将粉末放入 5℃冰箱中备用(李胜华等, 2009, 江苏农业科学, (5): 266-268, 290)。

3.2.2 离体坐骨神经干标本的制备及电生理指标的测定

按常规方法制备中华大蟾蜍坐骨神经干标本, 置于任氏液中稳定 15 min, 根据预试验随机分为 4 组(记为 I, II, III, IV 组)进行试验, 分别用质量浓度为 0.01 g/L、0.05 g/L、0.1 g/L、0.2 g/L 的多穗柯总黄酮液进行浸泡 0 min、10 min、30 min、50 min、70 min 后, 置于神经屏蔽盒中用 BL-420S 生物机能实验系统测定坐骨神经干动作电位幅度、绝对不应期、阈强度、传导速度等生理指标(赵以亮等, 2010), 并计算各生理指标各时间段的变化率。变化率(%)=(浸泡后的值-浸泡前的值)÷浸泡前的值×100%。

3.2.3 统计学处理

将多穗柯总黄酮液浸泡前所测数据作为对照, 用 SPSS11.5 统计软件对实验数据进行处理, 并用配对 t 检验和两样本均数比较 t 检验检测其显著性, 以 $p < 0.05$ 为差异显著, $p < 0.01$ 为差异极显著。

作者贡献

向德标是本研究的构思者和负责人, 指导实验设计, 完成论文写作与修改; 伍贤进完成实验材料鉴定、实验数据统计分析及论文修改; 李胜华完成多穗柯黄酮的提取和纯化; 付军伟是实验研究的执行者。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由湖南省“十二五”重点建设学科项目(2011-42)资助。

参考文献

Dong H.Q., Li M., Zhu F., Liu F.L., and Huang J.B., 2012, Inhibitory potential of trilobutin from *Lithocarpus polystachyus* Rehd against α -glucosidase and α -amylase linked to type 2 diabetes, Food Chemistry, 130(2): 261-266

- Dong H.Q., Ning Z.X., Yu L.J., Li L., and Lin L.C., 2006, Anti-hyperglycemia and effects of flavonoid phloridzin from *Lithocarpus ploy stachyus* Rehd on diabetic model mice, *Shipin Kexue* (Food Science), 27(12): 714-718 (董华强, 宁正祥, 于立静, 李琳, 林丽超, 2006, 多穗柯黄酮根皮苷对糖尿病小鼠的降血糖血脂效果, 食品科学, 27(12): 714-718)
- Fan X.L., Dong H.Q., Zhang Y.H., and Liu X., 2014, Protective effect of trilobatin against lipopolysaccharide-induced inflammatory response in mice, *Shipin Kexue* (Food Science), 35(21): 186-189 (范小龙, 董华强, 张英慧, 刘欣, 2014, 多穗柯三叶苷对脂多糖诱导小鼠炎症反应的保护作用, 食品科学, 35(21): 186-189)
- Hou S.Z., Chen S.X., Huang S., Jiang D.X., Zhou C.J., Chen C.Q., Liang Y.M., and Lai X.P., 2011, The hypoglycemic activity of *Lithocarpus polystachgus* Rehd. leaves in the experimental hyperglycemic rats, *Journal of Ethnopharmacology*, 138(1): 142-149
- Hou S.Z., Xu S.J., Jiang D.X., Chen S.X., Wang L.L., Huang S., and Lai X.P., 2012, Effect of the flavonoid fraction of *Lithocarpus polystachgus* Rehd. on spontaneously hypertensive and normtensive rats, *Journal of Ethnopharmacology*, 143(2): 441-447
- Li S.H., Wu X.J., and Xiang X.J., 2010, Study on activity contents and bacteriostasis function of *Lithocarpus polystarch*, *Shipin Keji* (Food Science and Technology), 35(3): 211-214 (李胜华, 伍贤进, 向晓军, 2010, 多穗柯有效成分的提取及抑菌效果研究, 食品科技, 35(3): 211-214)
- Li S.H., Wu X.J., and Zeng J.Y., 2014, *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of the total flavonoids from *lit-hocarpus polystachyus* Rehd, *Zhongguo Yixue Zazhi* (Chinese Pharmaceutical Journal), 49(9): 731-735 (李胜华, 伍贤进, 曾军英, 2014, 多穗柯中总黄酮的体内和体外抗氧化研究, 中国药理学杂志, 49(9): 731-735)
- Li S.H., Zeng J.Y., Tan J., Zhang J., Wu Q.F., Wang L.P., and Wu X.J., 2013, Antioxidant and hepatoprotective effects of *Lithocarpus polystachgus* against carbon tetrachloride induced injuries in rat, *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 8(4): 420-427
- Liao X.F., Yu R., and Xiao K.F., 2003, Compositions of natural wilding *Lithocarpus polystachrus* Rehd, *Linchan Huagong Fenxi* (Journal of Chemical Industry of Forest Products), 37(6): 32-34 (廖晓峰, 于荣, 肖坤福, 2003, 天然野生植物多穗柯甜茶的化学成分分析, 林产化工通讯, 37(6): 32-34)
- Zhang J., Zeng J.Y., and Tang M., 2012, The effect of different extracts from *Lithocarpus polystachyus* Rahed. on the activity of CAT and MDA in diabetic mice, *Hubei Nongye Kexue* (Hubei Agricultural Sciences), 51(2): 354-357 (张俭, 曾军英, 唐铭, 2012, 多穗柯不同液相提取物对糖尿病小鼠MDA/CAT活性的影响, 湖北农业科学, 51(2): 354-357)
- Zhang W.W., Li Z.P., and Ai H.B., 2008, Influence of toad venom on electrophysiological character of toad's sciatic nerves, *Shipin Yu Yaopin* (Food and Drug), 10(5): 17-20 (张薇薇, 李兆平, 艾洪滨, 2008, 蟾酥对蟾蜍坐骨神经电生理特性的影响, 食品与药品, 10(5): 17-20)
- Zhao Y.L., Wang M., and Ai H.B., 2010, Influence of tea solution on electrophysiological character of toad's sciatic nerves, *Chaye Kexue* (Journal of Tea Science), 30(6): 465-469 (赵以亮, 王敏, 艾洪滨, 2010, 茶对蟾蜍坐骨神经电生理特性的影响, 茶叶科学, 30(6): 465-469)
- Zhou X., and Li H.J., 2007, Bioactivities and clinical applications of flavonoids, *Zhongguo Xinyao Zazhi* (Chinese Journal of New Drugs), 16(5): 350-354 (周新, 李宏杰, 2007, 黄酮类化合物的生物活性及临床应用进展, 中国新药杂志, 16(5): 350-354)