基于栅藻延迟发光的制天南星、胆南星药性研究

张玉凤[1,2]，杨美娜[2]，庞靖祥[2]，周宝宸[1,2]，韩金祥[2*]

1. 济南大学 山东省医学科学院医学与生命科学学院，山东 济南 250020
2. 山东省医学科学院 医药生物技术研究中心，山东 济南 250062

摘 要：目的 寻找表征制天南星、胆南星寒热药性的延迟发光指标。**方法** 非等间隔测量制天南星煎煮后 26 d 内其煎煮液加入栅藻中的延迟发光，验证自然延迟发光平均强度和激发延迟发光线性拟合斜率（*k*）的稳定性。生物指示剂法测量 6 个批次制天南星、胆南星的延迟发光，高效液相色谱法测定制天南星、胆南星中 β-谷甾醇的含量及胆南星中胆红素和胆酸的含量，并探索 *k* 值与成分含量的相关性。**结果** 制天南星煎煮后 14 d 内 *k* 值较自然延迟发光平均强度更稳定。6 个批次的制天南星的 *k* 值均高于胆南星。6 个批次的制天南星、胆南星中 β-谷甾醇含量与 *k* 值呈负相关，且相关关系显著，胆南星中胆红素和胆酸的含量与胆南星 *k* 值呈不显著的负相关。**结论** *k* 值是反映制天南星、胆南星药性的科学指标，为研究中药药性提供了新的方向。

关键词：制天南星；胆南星；栅藻；延迟发光；中药药性

中图分类号：R285.5 **文献标志码：**A **文章编号：**0253 - 2670(2018)23 - 5573 - 07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.23.014

Study of medicinal properties of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile* based on delayed luminescence of *Scenedesmus sp.*

ZHANG Yu-feng[1,2], YANG Mei-na[2], PANG Jing-xiang[2], ZHOU Bao-chen[1,2], HAN Jin-xiang[2]

1. School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan, Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250020, China
2. Shandong Academy of Medical Sciences, Shandong Medical Biotechnological Center, Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250062, China

Abstract: Objective To find delayed luminescence parameters that could characterize the cold and hot properties of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile*. **Methods** Delayed luminescence of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* with addition of *Scenedesmus sp.* within 26 d after decoction was measured in unequal interval, with aim to verify the stability of the natural delayed luminescence average strength and the linear fitting slope value (*k*) of excitation delayed luminescence. The delayed luminescence of six batches of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile* was measured using biological indicator method, and the content of β-sitosterol in *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and β-sitosterol, bilirubin, and cholic acid of *Arisaema Cum Bile* was determined using high performance liquid chromatograph (HPLC) to analyze the correlation of *k* value and the above components content of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile*. **Results** *K* value of excitation delayed luminescence within 14 d after decoction was steadier than natural delayed luminescence average strength, and *k* values of six batches of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* were all higher than that of *Arisaema Cum Bile*. A significant negative correlation between β-sitosterol contents and *k* values of six batches of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile* was found, and no significant negative correlation between bilirubin and cholic acid contents and *k* values of *Arisaema Cum Bile* was found. **Conclusion** *K* value of excitation delayed luminescence could indicate the differences of medicinal properties of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile*, which provides a new method for the study of medicinal properties of Chinese materia medica.

Key words: *Arisaematis Rhizoma Preparatum*; *Arisaema Cum Bile*; *Scenedesmus sp.*; delayed luminescence; properties of Chinese materia medica

收稿日期：2018-03-07

基金项目：国家国际科技合作专项资助（2014DFA30380）；国家自然科学基金资助项目（81273997）；山东省中医药科技发展计划项目（2013-215）；山东省医学科学院医药卫生科技创新工程

作者简介：张玉风（1991—），女，硕士在读，研究方向为利用生物光子辐射研究中药药性。Tel: 18766124061 E-mail: 1600030981@qq.com

***通信作者** 韩金祥，博士生导师，主要从事中医现代化及骨分子生物学研究。E-mail: samshjx@sina.com

天南星为天南星科植物天南星 *Arisaema erubecsens* (Wall.) Schott、异叶天南星 *Arisaema heterophyllum* Bl. 或东北天南星 *Arisaema amurense* Maxim. 的干燥块茎，味苦、辛，性温[1]。天南星有毒，一般作外用贴敷，可消肿定痛、通经透络[2]。制天南星为天南星加入生姜、白矾后的炮制品，辛温燥烈缓和，毒性减小，具有燥湿化痰、祛风止痉、散结消肿的功能。胆南星为制天南星的细粉与牛、羊或猪胆汁经加工而成，或为生天南星细粉与牛、羊或猪胆汁经发酵加工而成[2]，辛热燥烈之性大为减弱，性由温变凉，可清热化痰、息风定惊。目前对天南星及其炮制品的研究主要集中在化学成分[3-6]、药理作用[7-9]、质量控制[10-11]、种质资源[12]、毒性研究[13-14]等方面，而对天南星、制天南星炮制为胆南星后药性如何改变鲜有报道，也没有表征其寒热药性的科学指标。

延迟发光是指材料被光照射后的长时间弛豫现象，波长为 400～800 nm[15-16]，是一种特殊的超微弱发光（又称生物光子辐射）。延迟发光提供了一个整体、综合、全面的测量材料和生物系统的方法，并提供一种直接、快速、灵敏的检测食物质量、种子发芽和癌细胞的指标[17-20]。目前，许多研究者运用超微弱发光探测技术研究中药药性。崔向阳等[21]利用超微弱发光探测技术分别检测了 2 味热性药和 2 味寒性药的固体粉末、粉末加去离子水煮沸后的药液、人混合血清及药液加人混合血清的超微弱发光，发现热性中药的发光值高于寒性中药，并认为利用超微弱发光探测技术研究中药药性具有可行性和应用前景。还有一些研究者研究了不同生长地点、不同年龄大黄的延迟发光特征差异[22]，生长海拔高度不同的大黄活性成分与其干粉延迟发光的相关性[23]，提出延迟发光可作为评价中药质量或疗效的参考指标。Sun 等[24]研究了以根或根状茎入药的中药“味”、疗效和延迟发光特征之间的相关性，提出延迟发光可依据“味”分类系统阐释中药的药理学效应。Pang 等[25]研究了 155 种中药干粉的延迟发光，发现平均光子数（*N*）和统计熵（*S*）可显著判别中药寒热药性。

中药内服的传统方式为煎服，故本实验以中药煎煮液为研究对象。由于中药煎煮液的延迟发光十分微弱，研究中以常用作水质评价指示生物的栅藻[26-27]作为生物指示剂，探讨加入不同批次制天南星、胆南星煎煮液的栅藻延迟发光动力学行为演化，寻找从整体上表征中药寒、热药性差异的指标，为阐明中药药性的科学内涵奠定基础。

1 材料与仪器

1.1 材料

制天南星、胆南星药材各 6 个批次，购自山东建联药店、山东同仁堂分店、山东宏济堂药店、漱玉平民大药房，具体信息见表 1。所有药材经山东省医学科学院主任医师仉元彬鉴定为天南星科植物天南星 *Arisaema erubecsens* (Wall) Schott 的炮制加工品。

栅藻（*Scenedesmus sp.*，编号 FACHB-933），中国科学院武汉水生生物研究所，使用 BG11 培养基进行培养。

BG11 培养基，青岛高科技工业园海博生物技术有限公司；对照品 β-谷甾醇（批号 110851）、胆红素（批号 100077）、胆酸（批号 100078），质量分数均为 99%，购于中国食品药品检定研究院；三氯甲烷、二氯甲烷、甲醇均为分析纯，购于天津市富宇精细化工有限公司；甲酸、磷酸均为分析纯，购于国药集团化学试剂有限公司；甲醇、乙腈均为色谱纯，购于美国 Tedia 公司；娃哈哈纯净水。

表 1 制天南星、胆南星药材具体信息

Table 1 Specific information of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile*

药材	编号	药材来源	批号
制天南星	1	山东建联盛嘉中药有限公司中药饮片厂	20130201
	2	亳州市佰世信中药饮片有限公司	151001
	3	亳州市永刚饮片厂有限公司	130317
	4	山东建联盛嘉中药有限公司中药饮片厂	20141201
	5	山东百味堂中药饮片有限公司	121126
	6	山东百味堂中药饮片有限公司	141101
胆南星	1	山东建联盛嘉中药有限公司中药饮片厂	20160801
	2	四川千方中药饮片有限公司	20151103
	3	四川千方中药饮片有限公司	20160801
	4	北京同仁堂齐鲁药店有限公司	20160317
	5	山东建联盛嘉中药有限公司中药饮片厂	20170301
	6	山东建联盛嘉中药有限公司中药饮片厂	20161201

1.2 仪器

YPMS-2 生物光子测量仪，荷兰米卢纳公司；UV-2802 型紫外可见分光光度计，尤尼柯（上海）仪器有限公司；GXZ 智能光照培养箱，宁波江南仪器厂；超净工作台，苏州市百神科技网络系统有限公司；MLS-3780 高压灭菌锅，日本三洋电气有限公司；尚朋堂电陶炉，元山科技工业股份有限公司；康舒砂锅，江西省康舒陶瓷有限公司；石英比色皿，宜兴市陈伟玻璃仪器厂；艾科勒 Acculab 电子天平，德国赛多利斯集团；梅特勒 AG245 电子天平，梅特勒-托利多仪器国际股份有限公司；XT-200 型高速多功能粉碎机，浙江永康市红太阳机电有限公司；药典标准筛，浙江上虞市圣超仪器设备有限公司；KH3200 型超声波清洗器，昆山禾创超声仪器有限公司；DK-8D 型电热恒温水槽，上海精宏实验设备有限公司；Ultimate 3000 高效液相色谱仪，美国 Thermo-Dionex 公司，Hypersil GOLD C_{18} 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）。

2 方法

2.1 制天南星、胆南星煎煮液的延迟发光测量

2.1.1 中药煎煮液的制备[28] 称取制天南星、胆南星药材 10 g，分别置于砂锅中，加入 200 mL 水浸泡 30 min，用电陶炉加热，火力调至 2 000 W，煮沸后调至 800 W，共煎煮 15 min，用 6 层纱布滤过药液，药渣重复上述煎煮流程，将 2 次煎煮的药液合并浓缩，最终得生药量 0.2 g/mL 的中药煎煮液 50 mL。

2.1.2 中药煎煮液的生物延迟发光测量 由于中药煎煮液本身的生物光子辐射非常微弱，本研究以栅藻作为生物指示剂，检测加入中药煎煮液后栅藻液的生物光子辐射，以反映不同中药煎煮液的药性差异。本研究选用吸光度法测定栅藻液浓度。测量波长为 680 nm，栅藻液的吸光度（A）与细胞浓度（C）的线性方程为 $C=(A\times11.995+0.150\ 2)\times10^6$ 个/mL（$r^2=0.976\ 6$）[29-30]，根据测得的栅藻液 A 值，计算出栅藻液的浓度。实验中选取生长状态良好的栅藻，控制其 A 值为 2.5，即浓度为 3.0×10^7 个/mL。

调节检测室温度为 20 ℃，YPMS-2 生物光子测量仪的制冷系统温度为−21 ℃，高压为 1 252 V，此时仪器的灵敏度和信噪比最高，仪器性能最好[31-32]。实验前后均进行仪器噪声的测量，保证仪器稳定。

将制天南星煎煮后得到的煎煮液于 4 ℃保存，非等间隔测量其从煎煮完后至保存 26 d 中的延迟发光。选取生长状态良好的栅藻，调至 A 值为 2.5，取 3 mL 藻液于 4 cm×1 cm×1 cm 的石英比色皿中，加入 100 μL 中药煎煮液，轻轻吹打混匀，迅速放入 YPMS-2 生物光子测量仪的暗室内，首先测量自然延迟发光，点间隔 0.1 s，测量时间 15 min。之后进行激发延迟发光测量，点间隔 0.1 s，测量时间 5 min，激发光源为 White-LED，激发时间为 10 s，重复测量 7 次，2 次测量间隔 20 min。

同法测量加入 6 个批次的制天南星、胆南星煎煮液的栅藻液的延迟发光，每味中药平行测定 3 次以减少测量误差。

2.2 制天南星、胆南星中药性相关成分的含量测定

2.2.1 色谱条件 使用 Ultimate 3000 高效液相色谱仪，色谱柱为 Hypersil GOLD C_{18}（250 mm×4.6 mm，5 μm）。β-谷甾醇的流动相为 100%甲醇，体积流量为 1 mL/min，柱温为 35 ℃，检测波长为 210 nm，进样量为 10 μL；胆红素的流动相为乙腈-0.1%磷酸水溶液 95∶5，体积流量为 1 mL/min，柱温为 25 ℃，检测波长为 450 nm，进样量为 10 μL；胆酸的流动相为乙腈-0.2%甲酸水溶液（50∶50），体积流量为 1 mL/min，柱温为 40 ℃，检测波长为 200 nm，进样量为 10 μL。

2.2.2 对照品溶液的制备 精密称取 β-谷甾醇对照品适量，加甲醇制成 0.270 mg/mL 的 β-谷甾醇对照品溶液；精密称取胆红素对照品适量，加三氯甲烷制成 0.048 mg/mL 的胆红素对照品溶液；精密称取胆酸对照品适量，加甲醇制成 2.060 mg/mL 的胆酸对照品溶液。

2.2.3 供试品溶液的制备 分别取 6 个批次的制天南星、胆南星粉末（过 4 号筛）约 2 g，精密称定，置 50 mL 具塞锥形瓶中，精密加入二氯甲烷 30 mL，密塞，超声处理 40 min（150 W，40 kHz），放冷，滤过，滤液 80 ℃水浴蒸干，残渣加 1 mL 甲醇溶解，得 1 mL 样品提取液，供 β-谷甾醇定量测定使用。分别取 6 个批次的胆南星粉末（过 4 号筛）约 2 g，精密称定，置 50 mL 具塞锥形瓶中，精密加入甲醇 30 mL，密塞，超声处理 40 min（150 W，40 kHz），放冷，滤过，滤液 80 ℃水浴蒸干，残渣加 1 mL 甲醇溶解，得 1 mL 样品提取液，供胆红素、胆酸定量测定使用。

2.2.4 方法学考察 参照文献方法[1,33-34]进行方法学考察，结果表明实验方法精密度高，重复性、稳

定性良好，在实验测定范围内线性关系良好，相关系数在 99%以上，加样回收率在 97%以上。

2.2.5 定量测定　按“2.2.3”项制备供试品溶液，按“2.2.1”项下方法进样测定。

2.3 数据处理

2.3.1 延迟发光数据[35]　采用“顾参数”模型对延迟发光数据进行分析处理。“顾参数”模型运用了量子光学理论和非平衡统计物理的概念，可以对延迟发光数据进行很好的拟合，目前已发现其能够评价不同生物样品延迟发光的实验结果，如动物组织、种子、食品、水藻、微生物系统、化妆品等。

使用 Statistica 10.0 软件进行数据处理，运用公式（1）进行“顾参数”拟合，运用公式（2）计算延迟发光平均强度，将 7 次激发延迟发光的平均强度（I_W）与时间（t）进行线性拟合，得到的线性拟合方程斜率 k 表征了栅藻在不同的液体环境中延迟发光的动力学演化行为，是表征样品性质的可靠参数。

$$I(t)=A\times \mathrm{csch}^2(t/B+C) \quad (1)$$

$$I_W=A\times B/W\times[\coth C-\coth(W/B+C)] \quad (2)$$

A 为强度参量，依赖于被测样品的性质，同时与系统的结构及光照条件有关；B 为特征时间，只与样品自身的性质有关；C 为位相因子，可敏感地决定发光的初始强度，与系统的结构及光照条件无关；W 为总的测量时间

2.3.2 成分含量测定数据　按公式（3）分别计算制天南星、胆南星样品中 β-谷甾醇的含量及胆南星样品中胆红素和胆酸的含量。

样品含量＝样品峰面积×对照品浓度×样品体积/(对照品峰面积×样品质量)　(3)

3 结果

3.1 制天南星、胆南星煎煮液的延迟发光测量

3.1.1 仪器系统噪声测量　每天实验前后均进行仪器系统噪声的测量，结果显示每天实验前后仪器系统噪声相近，均在 10.28 左右，不同时间的仪器系统噪声相差不大，保证在整个实验过程中仪器系统处于稳定状态。

3.1.2 制天南星（以编号 1 为例）煎煮后不同时间点的延迟发光测量　运用 Statistica 10.0 软件对制天南星的自然延迟发光和激发延迟发光数据进行“顾参数”拟合，将得到的预测值与实际观察值进行对比（图 1、2），可以看出，自然延迟发光和激发延迟发光的预测值与观察值均有相当好的拟合，相关系数分别为 0.996 5 和 0.985 2，说明“顾参数”模型是处理延迟发光数据的可靠模型，具有较高的精确性。

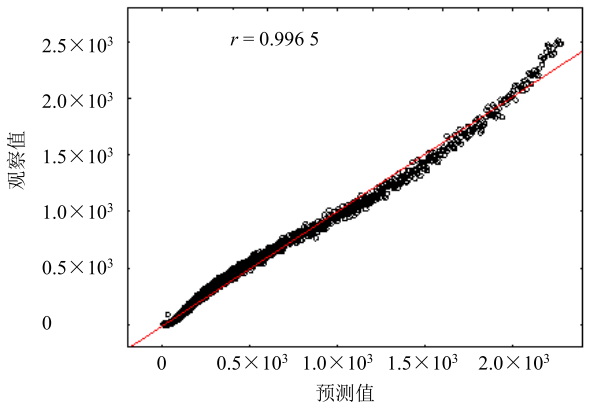


图 1　制天南星的自然延迟发光预测值与观察值的线性相关

Fig. 1　Linear correlation of theoretical and observed value of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* natural delayed luminescence

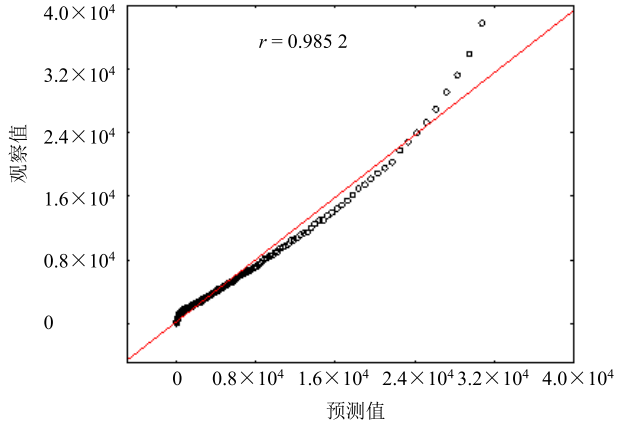


图 2　制天南星的激发延迟发光预测值与观察值的线性相关

Fig. 2　Linear correlation of theoretical and observed value of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* excitation delayed luminescence

图 3、4 给出了制天南星煎煮后 26 d 内的自然延迟发光平均强度和激发延迟发光斜率（k）。制天南星的 k 值在 14 d 内较为稳定，而其自然延迟发光平均强度在此时间段内波动较大，说明较自然延迟发光平均强度，k 是反映中药药性的更稳定参数。

3.1.3 不同批次制天南星、胆南星煎煮液的延迟发光测量　不同批次制天南星、胆南星煎煮液的自然延迟发光平均强度、k 值见表 2。不同批次制天南星煎煮液的自然延迟发光平均强度差异较大，不同批次胆南星煎煮液的自然延迟发光平均强度差异较小，且制天南星煎煮液的自然延迟发光平均强度均高于胆南星煎煮液的自然延迟发光平均强度，独立样本 t 检验有统计学差异（图 5）。不同批次制天南星、胆南星煎煮液的 k 值均差异较小，制天南星煎

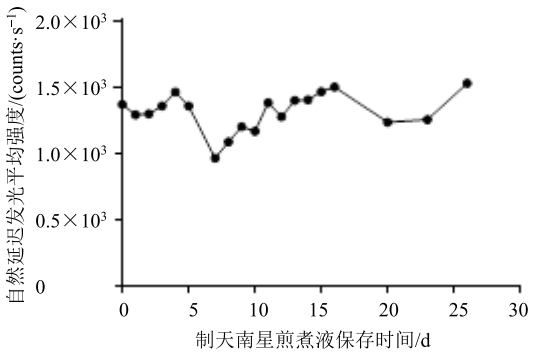


图 3 制天南星煎煮后 26 d 内的自然延迟发光平均强度对比

Fig. 3 Average intensity of natural delayed luminescence of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* during 26 d after decoction

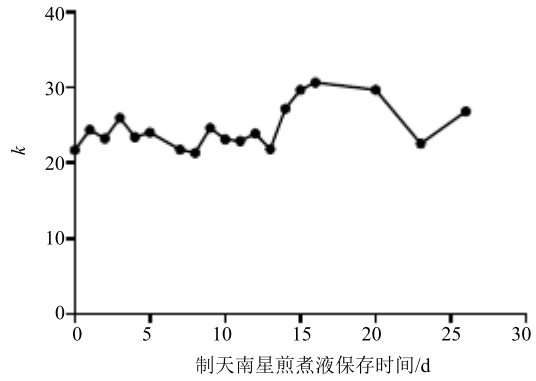


图 4 制天南星煎煮后 26 d 内 *k* 值对比

Fig. 4 *K* value of excitation delayed luminescence of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* during 26 d after decoction

表 2 不同批次制天南星、胆南星煎煮液的延迟发光测量 ($\bar{x}$ ±*s*, *n* = 3)

Table 2 Delayed luminescence measurement results of decoction liquid of different batches of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile* ($\bar{x}$ ±*s*, *n* = 3)

药材	编号	自然延迟发光平均强度/(counts·s⁻¹)	*k*
制天南星	1	1320.65± 44.12	23.16±1.36
	2	953.08± 8.39	23.80±2.51
	3	893.04± 50.59	23.35±2.52
	4	1100.05± 31.59	20.45±0.71
	5	768.01± 30.21	21.23±1.06
	6	1407.17± 23.63	27.83±2.18
胆南星	1	570.35± 30.63	19.84±1.03
	2	621.13± 30.08	17.42±1.10
	3	650.39± 33.34	12.21±0.61
	4	612.73± 39.99	16.75±1.21
	5	647.73±137.16	19.16±0.81
	6	634.67± 35.72	19.94±1.73

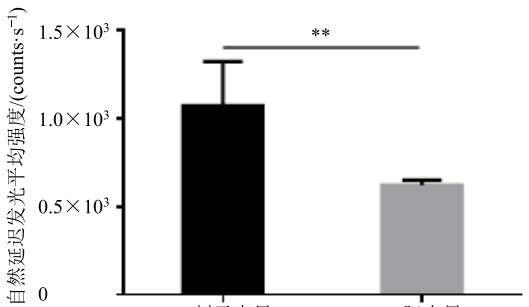
煮液的 *k* 值均高于胆南星煎煮液，独立样本 *t* 检验有统计学差异（图 6）。

3.2 制天南星、胆南星中药性相关成分的测定

不同批次制天南星中的 β-谷甾醇质量分数及不同批次胆南星中 β-谷甾醇、胆红素、胆酸质量分数见表 3。胆南星中 β-谷甾醇量高于制天南星，且批次间有较大差异。不同批次胆南星中胆红素、胆酸量差异较大。

3.3 制天南星、胆南星延迟发光参数与成分含量的相关性分析

对不同批次制天南星、胆南星的 *k* 值、β-谷甾醇量及不同批次胆南星的 *k* 值、胆红素、胆酸量进行正态性检验，结果见表 4。对双变量正态分布数据进行 Pearson 相关分析，其余数据进行 Spearman 相关分析，结果见表 5。制天南星、胆南星的 *k* 值



$^{**}P$<0.01，下同

$^{**}P$ < 0.01, same as below

图 5 制天南星、胆南星煎煮液的自然延迟发光平均强度对比 ($\bar{x}$ ±*s*, *n* = 6)

Fig. 5 Average intensity of natural delayed luminescence of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile* ($\bar{x}$ ±*s*, *n* = 6)

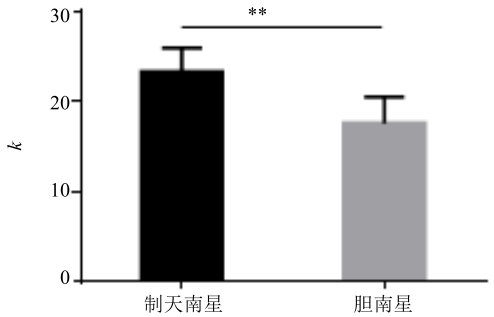


图 6 制天南星、胆南星煎煮液的 *k* 值对比 ($\bar{x}$ ±*s*, *n* = 6)

Fig. 6 *K* value of excitation delayed luminescence of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile* ($\bar{x}$ ±*s*, *n* = 6)

表 3　不同批次制天南星、胆南星中 β-谷甾醇、胆红素、胆酸含量

Table 3　Content of β-sitosterol, bilirubin, and bile acid of different batches of *Arisaematis Rhizoma Preparatum* and *Arisaema Cum Bile*

药材	编号	质量分数/%		
		β-谷甾醇	胆红素	胆酸
制天南星	1	0.001 51	—	—
	2	0.005 31	—	—
	3	0.005 72	—	—
	4	0.001 67	—	—
	5	0.004 88	—	—
	6	0.001 74	—	—
胆南星	1	0.014 68	0.000 69	0.000 31
	2	0.018 75	0.000 64	0.008 07
	3	0.013 75	0.001 32	0.001 18
	4	0.010 06	0.002 57	0.036 65
	5	0.186 40	0.013 20	0.039 40
	6	0.211 30	0.013 90	0.006 40

表 4　各测量指标的正态性检验

Table 4　Normality test results of measurement indicators

指标	*P* 值
制天南星、胆南星 *k* 值	0.955 0*
β-谷甾醇/%	0.011 7*
胆南星 *k* 值	0.131 0*
胆南星中胆红素/%	0.016 2*
胆南星中胆酸/%	0.000 2

*表示数据服从正态分布

*indicates data obey normal distribution

表 5　各测量指标的相关性分析

Table 5　Correlation analysis of measurement indicators

k	成分含量	相关系数
制天南星、胆南星	β-谷甾醇	−0.603*
胆南星	胆红素	−0.215
胆南星	胆酸	−0.600

*表示在 0.05 水平上显著相关（双侧）

*indicates a significant correlation at 0.05 level (bilateral)

与药材中 β-谷甾醇的量具有显著负相关，胆南星的 *k* 与药材中胆红素、胆酸量虽然相关关系不显著，但具有负相关趋势。

4　讨论

本研究首先以制天南星煎煮液为例验证了自然延迟发光平均强度和 *k* 值 2 个参数的稳定性，结果发现在 14 d *k* 值较自然延迟发光平均强度更稳定，原因可能是激发延迟发光测量时间较长，反映的是加入中药煎煮液后栅藻的长时间延迟发光动力学演化行为，间接反映了加入的中药煎煮液的性质，而自然延迟发光作用时间较短，且自然延迟发光平均强度受栅藻初始状态影响较大。超过 14 d 之后，自然延迟发光平均强度和 *k* 值均有较大波动，原因可能是中药煎煮液变质[36]。因此，认为 *k* 是反映中药药性的稳定参数。为了减小实验误差，其后的实验均用保存 1 d 的中药煎煮液。

为了验证 *k* 反映中药药性的可靠性和科学性，首先测量了 6 个批次的制天南星、胆南星的激发延迟发光，结果发现测量的所有批次制天南星（温性）的 *k* 值均高于胆南星（凉性），且差异有统计学差异，可以认为 *k* 越高，表现热性越强，反之亦然。然后检测不同批次制天南星、胆南星中与寒热药性相关的成分含量。中药的寒热之性与中药本身所含的物质基础有一定的相关性。杨波等[37]认为甾体类化合物尤其是植物甾醇和甾体皂苷是药物表现寒性的影响因子。刘银梅[38]、张培利等[39]、白宗立等[40]、王薇等[41]认为天南星炮制为胆南星后药性由温变凉是因为苦寒的胆汁进入天南星内部，在根本上影响其理化性质。本研究通过高效液相色谱法测定了制天南星、胆南星中 β-谷甾醇的含量及胆南星中胆红素和胆酸的含量，并将其与 *k* 进行相关性分析，结果表明制天南星、胆南星中表现寒性的影响因子 β-谷甾醇含量与 *k* 呈负相关关系，且相关关系显著，即 β-谷甾醇含量越高，*k* 越低，寒性越强，与文献报道一致。胆南星中胆红素和胆酸的含量与胆南星 *k* 值呈不显著的负相关关系，一定程度上说明胆汁的加入促使天南星药性改变。综上所述，*k* 是反映寒热药性的科学指标，且温热药的 *k* 值高于寒凉药。

韩金祥等[42-43]基于生物光子相干理论提出中药药性量子假说，提出机体电磁辐射（量子）可以表征中医之气的观点。在此理论指导下，通过科学实验，本实验找到了可从整体上反映中药寒热药性的指标，为研究中药药性提供了新的方向，为阐明中药药性的科学内涵、推动中药现代化提供参考。当然，这只是初步结论，还需要后期大量实验的验证。

参考文献

[1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.

[2] 张学华, 张　群, 王　蓓. 制天南星、胆南星、生天南星临床如何区别应用 [J]. 中医杂志, 2008, 49(7): 663.

[3] 吴鲁东, 郝　虹, 李书渊. 天南星炮制过程中总生物碱的动态变化 [J]. 海峡药学, 2015, 27(3): 37-39.

[4] 季　申, 丁声颂. 10 种药用天南星的化学成分分析 [J]. 复旦学报: 医学版, 1989(3): 203-208.

[5] 居 羚, 池玉梅, 吴 皓, 等. 超高效液相-高分辨串联质谱分析天南星化学成分 [J]. 亚太传统医药, 2016, 12(5): 45-49.
[6] 罗 芬, 陆 丹, 池玉梅, 等. 天南星药材的 HPLC 指纹图谱研究 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(23): 3302-3305.
[7] 徐大林, 朴花子, 陈正爱. 异叶天南星的药理作用研究进展 [J]. 延边大学医学学报, 2013, 36(4): 322-324.
[8] 徐 皓. 天南星的化学成分与药理作用研究进展 [J]. 中国药房, 2011, 22(11): 1046-1048.
[9] 陈江宁, 单国顺, 赵启苗, 等. 不同胆汁制胆南星中胆酸类成分及其解热作用比较 [J]. 现代药物与临床, 2017, 32(4): 567-571.
[10] 满 薇. 天南星科植物虎掌南星的化学成分及天南星的质量控制研究 [D]. 长春: 长春中医药大学, 2012.
[11] 黎 量, 李欣逸, 艾 莉. 胆南星炮制及质量标准研究进展与思考 [J]. 中药与临床, 2015, 6(3): 7-9.
[12] 汪荣斌, 刘晓龙, 王存琴, 等. 天南星的本草考证与药用品种调查 [J]. 中药材, 2010, 33(7): 1182-1185.
[13] 唐力英, 吴宏伟, 王祝举, 等. 天南星炮制减毒机制探讨 (I) [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(3): 1-4.
[14] 杨书彬, 王喜军. 天南星的毒性认识及毒性研究现状 [J]. 中医药学报, 2009, 37(5): 102-104.
[15] Popp F A, Yan Y. Delayed luminescence of biological systems in terms of coherent states [J]. *Phys Lett A*, 2002, 293(1): 93-97.
[16] Peterson K L, Margherio M J, Doan P, *et al*. Basis for sensitive and selective time-delayed luminescence detection of hydroxyl radical by lanthanide complexes [J]. *Inorg Chem*, 2013, 52(16): 9390-9398.
[17] Triglia A, Malfa G L, Musumeci F, *et al*. Delayed luminescence as an indicator of tomato fruit quality [J]. *J Food Sci*, 1998, 63(3): 512-515.
[18] Abbott J A. Quality measurement of fruits and vegetables [J]. *Postharvest Biol Tec*, 1999, 15(3): 207-225.
[19] Vesetova T V, Veselovsky V A, Rubin A B, *et al*. Delayed luminescence of air-dry soybean seeds as a measure of their viability [J]. *Physiol Plantarum*, 2010, 65(4): 493-497.
[20] Scordino A, Baran I, Gulino M, *et al*. Ultra-weak delayed luminescence in cancer research: A review of the results by the ARETUSA equipment [J]. *J Photochem Photobiol B*, 2014, doi: 10.1016/j.jphotobiol.2014.03.027.
[21] 崔向阳, 刘亚宁, 赵新华, 等. 运用超微弱发光探测技术对中药药性的研究 [J]. 空军总医院学报, 1992, 8(1): 19-20.
[22] Sun M, Wijk R, Wijk E, *et al*. Delayed luminescence: An experimental protocol for Chinese herbal medicines [J]. *Luminescence*, 2016, 31(6): 1220-1228.
[23] Sun M, Li L, Wang M, *et al*. Effects of growth altitude on chemical constituents and delayed luminescence properties in medicinal rhubarb [J]. *J Photochem Photobiol B*, 2016, 162: 24-33.
[24] Sun M, Chang W T, Wijk E V, *et al*. Characterization of the therapeutic properties of Chinese herbal materials by measuring delayed luminescence and dendritic cell-based immunomodulatory response [J]. *J Photochem Photobiol B*, 2017, doi: 10.1016/j.jphotobiol.2017.01.018.
[25] Pang J, Fu J, Yang M, *et al*. Correlation between the different therapeutic properties of Chinese medicinal herbs and delayed luminescence [J]. *Luminescence*, 2016, 31(2): 323-327.
[26] 朱国念, 洪 健. 斜生栅藻细胞超微结构的 TEM 观察 [J]. 杭州电子工业学院学报, 2000, 20(3): 75-77.
[27] 朱歆莹, 高 为, 钟运建. 重金属离子对斜生栅列藻毒性的研究 [J]. 环境监控与预警, 2010, 2(5): 44-45.
[28] 贾 寒, 庞靖祥, 杨美娜, 等. 中药生地黄对栅藻生物光子辐射的影响 [J]. 生物医学工程研究, 2016, 35(4): 298-302.
[29] 付加雷, 庞靖祥, 聂晓艳, 等. 栅藻延迟发光的初步研究 [J]. 生物医学工程研究, 2015, 34(1): 49-53.
[30] 聂晓艳, 付加雷, 庞靖祥, 等. 栅藻生理特性的超微弱发光初探 [J]. 生物医学工程研究, 2015, 34(4): 255-258.
[31] 聂晓艳. 绿藻门栅藻生物发光的初步研究 [D]. 济南: 济南大学, 2016.
[32] 付加雷. 栅藻延迟发光的检测及其在中药药性研究中的应用 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2016.
[33] 毕荣璐, 孙荣飞, 李德勋, 等. HPLC 法测定不同产地天麻中的 β-谷甾醇含量 [J]. 西部林业大学, 2014, 43(6): 116-119.
[34] 卢润枚, 于 沛, 高伟贤. HPLC 法测定清开灵口服液中胆酸的含量 [J]. 今日药学, 2009, 19(12): 49-51.
[35] 顾 樵. 生物光子学 [M]. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 2012.
[36] 李 虹, 唐 雯. 中药袋装煎煮液的微生物限度检查 [J]. 药学实践杂志, 2007, 25(3): 156-158.
[37] 杨 波, 王振国. 植物类中药寒热药性与化学成分相关性的文献研究 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2010.
[38] 刘银梅. 炮制对于中药药性改变的研究进展 [J]. 中西医结合心血管病杂志, 2016, 4(23): 136-137.
[39] 张培利, 郭慧娴, 张国丽. 炮制对中药四气五味及归经的药性影响分析 [J]. 中国现代药物应用, 2014, 8(22): 192-193.
[40] 白宗利, 任玉珍, 陈彦琳, 等. 胆南星的研究进展 [J]. 中国现代中药, 2010, 12(4): 15-18.
[41] 王 薇, 王 珊, 刘 超, 等. 基于小鼠生理生化指标的天南星与胆南星的寒热药性探讨 [J]. 时珍国医国药, 2012, 23(12): 3037-3038.
[42] 韩金祥, 韩 奕. 论中医气的物质基础是机体辐射电磁(量子) 场 [J]. 山东中医药大学学报, 2010, 34(6): 474-476.
[43] 韩金祥. 中药药性的科学内涵 [J]. 中华中医药学刊, 2011, 29(9): 1937-1939.