论文

中药材二维 DNA 条形码流通监管体系研究

辛天怡^①, 李西文^②, 姚辉^①, 韩建萍^①, 宋经元^{①③*}, 陈士林^{①②*}^① 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193;^② 中国中医科学院中药研究所, 北京 100700;^③ 重庆市药物种植研究所, 重庆 408435

* 联系人, E-mail: jysong@implad.ac.cn; slchen@implad.ac.cn

收稿日期: 2015-03-09; 接受日期: 2015-05-05

国家自然科学基金(批准号: 81373922)和国家科技支撑计划(批准号: 2011BAI07B08)资助项目

doi: 10.1360/N052015-00082

摘要 中药材品种复杂混乱给中药材流通监管造成不便, 加强中药材及饮片质量监管、保证公众用药安全备受关注. 本研究将二维 DNA 条形码技术应用于中药材流通监管领域, 建立中药材二维 DNA 条形码流通监管体系. 该体系包括 DNA 条形码序列获得与 DNA 条形码信息跨平台转换两大部分内容, 以亚麻子、黑芝麻、火麻仁、蓖麻子和苘麻子 5 种药材共计 109 份样本为例研究建立该体系: 依照中药材 DNA 条形码分子鉴定法获得待检样本 DNA 条形码序列; 基于开源代码 PHP QR Code 的编码方式对实验所得 DNA 条形码序列进行编码, 转换成二维码图片; 使用移动终端扫描识读该二维码信息, 并通过网页浏览器提交至中药材 DNA 条形码数据库获知鉴定结果. 将二维码技术与 DNA 条形码技术相结合, 为每个药材基原物种提供标准二维 DNA 条形码, 有利于 DNA 条形码信息在不同平台间转换, 为二维 DNA 条形码技术在实际流通监管工作中的应用提供理论基础, 能有效实现对中药材流通的数字化监管, 推动中药材流通监管现代化、国际化进程.

关键词DNA 条形码
二维码
中药材流通监管
ITS2

保障中药材质量是维护公众用药安全的基本要求. 2014 年 9 月, 为加强中药材及饮片管理、保证公众用药安全, 国家食品药品监督管理总局(China Food and Drug Administration, CFDA)组织开展中药材及饮片专项抽检^[1], 经检验发现 93 批不符合标准规定. 中药材及饮片染色、增重、掺伪、掺杂等违法行为严重危害公众用药安全, CFDA 已组织相关机构采取相应控制措施, 有针对性地加强中药材及饮片质量监管. 鉴于中药材品种和来源的复杂性, 对其真伪进行鉴别是中药材流通监管工作的重要内容. 《中

华人民共和国药典》(2010 年版第三增补本)现已收载中药材 DNA 条形码分子鉴定法指导原则作为中药材质量控制的新方法^[2], 文献报道表明, 该方法在市场监控工作中成效显著^[3~11].

DNA 条形码技术采用基因组内一段标准的、相对较短的 DNA 片段实现物种鉴定目的^[12]. 目前, “DNA 条形码”实际指代的是各种药材标准 DNA 序列的碱基组成信息. Chen 等人^[13]创建的中药材 DNA 条形码鉴定体系选用内部转录间隔区 2(internal transcribed spacer, ITS2)为主体序列, *psbA-trnH* 为辅

引用格式: 辛天怡, 李西文, 姚辉, 等. 中药材二维 DNA 条形码流通监管体系研究. 中国科学: 生命科学, 2015, 45: 695–702

Xin T Y, Li X W, Yao H, et al. A two-dimensional DNA barcode system for circulation regulation of traditional Chinese medicine. SCIENTIA SINICA Vitae, 2015, 45: 695–702, doi: 10.1360/N052015-00082

助序列对植物类中药材进行鉴定,而动物类中药材则以细胞色素 *c* 氧化酶亚基 I (cytochrome *c* oxidase subunit I, CO I) 为主, ITS2 为辅。近几年随着智能手机的普及,以摄像识读为基础的二维条形码技术获得了广泛的应用空间,普遍存在于日常生活的各个方面,如广告推送、微信营销、电商平台、手机支付等。二维码本质是采用图形组合规律记录数据信息,具有信息量大、编码范围广、便于加密等优势^[14]。鉴于二维码的强大功能,研究者基于开源代码 QR Code(quick response code)将 DNA 条形码序列转换为二维码,以扩大其应用范围,使 DNA 条形码技术的实际应用更加便捷^[15]。

中药材“同物异名”、“同名异物”现象是造成中药材品种复杂混乱的主要原因之一,给中药材流通监管造成不便。关木通误作木通,广防己误作防己造成患者严重肾损伤引起全世界范围对中药质量安全问题的关注。亚麻子、黑芝麻、火麻仁、蓖麻子和苘麻子名称中均带有“麻”字,除正名之外各自亦有不同别称,并存在混伪品^[16]。它们是来源、性状、功效均不相同的 5 种常用中药,均为果实种子类药材,亦有文献报道其“同名异物”现象,例如,亚麻子、黑芝麻和火麻仁在不同地方均有“胡麻”之称,给中医药从业人员辨证用药和处方调剂造成困扰,医院药库进药也易出现混乱,鉴于亚麻子、火麻仁和蓖麻子均具有一定毒性,混用误用会影响临床用药安全^[16-18]。本研究建立中药材二维 DNA 条形码流通监管体系,并以这 5 种麻子(仁)为研究对象,以植物类药材核心 DNA 条形码 ITS2 序列为例,展示该体系的实际应用。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究涉及 5 种药材共计 109 份样本,各药材均包含基原植物样本和药材样本,其中亚麻子(亚麻科亚麻 *Linum usitatissimum* L.) 27 份,黑芝麻(胡麻科芝麻 *Sesamum indicum* L.) 21 份,火麻仁(桑科大麻 *Cannabis sativa* L.) 15 份,蓖麻子(大戟科蓖麻 *Ricinus communis* L.) 21 份,苘麻子(锦葵科苘麻 *Abutilon theophrasti* Medikus) 25 份,具体信息见表 1。全部凭证样本均经中国医学科学院药用植物研究所林余霖研究员鉴定并保存于中国医学科学院药用植物研究所标本馆。

1.2 方法

(1) 实验操作。各药材取 30~50 mg 样品,其中火麻仁、蓖麻子需去掉果皮或种皮,切碎后加入样品量 10% 聚乙烯吡咯烷酮(polyvinyl pyrrolidone 40, PVP-40)后用 DNA 提取研磨仪(Retsch MM400, 德国)充分研磨 2 min (30 次/s),如样品未完全粉碎则重复此步骤至样品全部研磨成细粉,依照《中华人民共和国药典》(2010 年版第三增补本)中药材 DNA 条形码分子鉴定法指导原则^[2]规定的果实、种子类药材 DNA 提取方法操作,获得基因组 DNA。ITS2 序列扩增、测序引物正向 ITS2F: 5'-ATGCGATACTTGGTGTGA-AT-3', 反向 ITS3R: 5'-GACGCTTCTCCAGACTAC-AAT-3', 扩增、测序及数据处理等步骤均依照中药材 DNA 条形码分子鉴定法标准操作流程完成,获得各药材 ITS2 序列^[2]。

(2) 二维 DNA 条形码鉴定。基于开源代码 PHP QR Code 的编码方式对实验所得 DNA 条形码序列及相应物种拉丁名进行编码,即可将其转换成二维码图片,通过不同移动终端的各种二维码扫描软件可对其进行识读,实现 DNA 条形码信息的跨平台转换,详细流程参见《中国药典中药材 DNA 条形码标准序列》^[15]。将扫描识读出的二维码信息通过移动终端上的网页浏览器提交至中药材 DNA 条形码数据库(www.tcmbarcode.cn)即可获知鉴定结果,实现二维 DNA 条形码与中药材 DNA 条形码数据库在中药流通监管领域的鉴定作用。

2 结果

2.1 5 种药材 ITS2 序列特征

本研究获得亚麻子、黑芝麻、火麻仁、蓖麻子和苘麻子 ITS2 序列共计 109 条,序列长度为 209~231 bp。其中,亚麻子、黑芝麻、苘麻子分别有北京市、安徽亳州药市和福建莆田市等 12、10 和 10 个不同来源,均只有 1 个单倍型,种内均无变异位点;火麻仁有 2 个单倍型,北京市、河南孟州市、安徽亳州药市等 10 个不同来源共 14 条序列为主导单倍型,购自河北安国药市的 YC0259MT06 与主导单倍型存在 1 个变异位点,为 54 位点 C-T 变异;蓖麻子有 3 个单倍型,河北安国药市、云南昆明市、河南孟州市等 10 个不同来源共 17 条序列为主导单倍型,购自北京市

表 1 实验样本信息表

药材名	基原植物名	拉丁名	样本编号	样本来源
亚麻子 (共 27 份样本, 其中药材样本 23 份, 基原植物样本 1 份)	亚麻	<i>Linum usitatissimum</i>	YC0067MT01-02	河北省药品检验所
			YC0067MT03-07	重庆市药物种植研究所
			YC0067MT08-09	重庆市中药研究院
			YC0067MT10	四川成都荷花池药材市场
			YC0067MT11	河北安国药材市场
			YC0067MT12-13, 28	安徽亳州药材市场
			YC0067MT14-17, 26	北京市 ^{a)}
			YC0067MT18-19	河南孟州市 ^{a)}
			YC0067MT20-21	福建莆田市 ^{a)}
			YC0067MT22-23	四川宜宾市 ^{a)}
			YC0067MT24-25	浙江湖州市 ^{a)}
			YC0067MT27	重庆储奇门药材市场
黑芝麻 (共 21 份样本, 其中药材样本 17 份, 对照药材样本 1 份, 基原植物样本 3 份)	芝麻	<i>Sesamum indicum</i>	YC0198MT01, 20	河北安国药材市场
			YC0198MT02, 21	安徽亳州药材市场
			YC0198MT03, 05, 22	四川成都市 ^{a)}
			YC0198MT04	广西玉林药材市场
			YC0198MT08-10	陕西榆林市 ^{a)}
			YC0198MT11-14	北京市 ^{a)}
			YC0198MT15-16	福建莆田市 ^{a)}
			YC0198MT17-18	四川宜宾市 ^{a)}
			YC0198MT19	河南孟州市 ^{a)}
			FDC352	中国食品药品检定研究院
火麻仁 (共 15 份样本, 药材样本 13 份, 基原植物样本 2 份)	大麻	<i>Cannabis sativa</i>	PS0216MT01	中国医学科学院药用植物研究所
			PS0216MT02	四川大学华西药学院药用植物园
			YC0259MT05-06	河北安国药材市场
			YC0259MT07	重庆储奇门药材市场
			YC0259MT08	广西玉林药材市场
			YC0259MT09, 15-16	北京市 ^{a)}
			YC0259MT10-13	安徽亳州药材市场
			YC0259MT14	河南禹州药材市场
蓖麻子 (共 21 份样本, 药材样本 19 份, 基原植物样本 2 份)	蓖麻	<i>Ricinus communis</i>	YC0259MT17	河南孟州市 ^{a)}
			PS0171MT01	中国医学科学院药用植物研究所
			YC0304MT01, 08-09	河北安国药材市场
			YC0304MT02	云南昆明市 ^{a)}
			YC0304MT04-06, 19	云南西双版纳傣族自治州
			YC0304MT07	安徽亳州药材市场
			YC0304MT10, 20-21	新疆乌鲁木齐市
			YC0304MT11	四川成都荷花池药材市场
			YC0304MT12-13	北京市 ^{a)}
苘麻子 (共 25 份样本, 药材样本 20 份, 对照药材样本 1 份, 基原植物样本 4 份)	苘麻	<i>Abutilon theophrasti</i>	YC0304MT14-15	河南孟州市 ^{a)}
			YC0304MT16-18	福建莆田市 ^{a)}
			PS0569MT04, YC0488MT01-04, 20	中国医学科学院药用植物研究所
			YC0488MT05-06	河北石家庄市 ^{a)}
			YC0488MT07	北京植物园
			YC0488MT08-09	河北保定市 ^{a)}
			YC0488MT10	安徽亳州药材市场
			YC0488MT11-12, 15-18	北京市 ^{a)}
			YC0488MT13-14	福建莆田市 ^{a)}
			YC0488MT19	湖北神农架自然保护区
			CBS395MT01-03	吉林长白山自然保护区
			FDC153	中国食品药品检定研究院

a) 该样本购自药店

的YC0304MT13与主导单倍型存在1个变异位点,为7位点T-C变异,采自云南西双版纳的YC0304MT06,19和购自福建莆田的YC0304MT17与主导单倍型存在3个变异位点,分别为7位点T-C变异,117位点G-A变异,198位点C-T变异.各药材详细序列特征见表2,主导单倍型序列特征见图1.

2.2 5种药材二维DNA条形码特征

基于本课题组自行编写的代码可将各药材ITS2序列转换为彩色条形码图片(图1左),以不同颜色分别表示不同核苷酸,数字表示碱基序列长度,形象化展示各药材的“条形码”.此外,基于开源代码PHP QR Code的编码方式将各药材基原物种拉丁名和ITS2序列进行编码,获得各药材二维DNA条形码图片(图1右),通过移动终端扫描二维码即可获得各药

材ITS2序列及拉丁名.任意序列均可通过上述方法获得相应彩色条形码及二维码图片,本研究仅展示各药材ITS2序列主导单倍型序列特征.

2.3 基于二维码技术的跨平台信息交换

以亚麻子二维码为例,展示DNA条形码信息在不同平台间交换流程.使用手机上的二维码扫描软件对亚麻子二维码进行扫描,获得亚麻子拉丁名及其ITS2序列,将该序列复制之后,用手机浏览器打开中药材DNA条形码鉴定系统,进入物种鉴定页面的“植物类药材鉴定(ITS2)”,将已复制的序列粘贴到对话框中,此处应注意该对话框要求序列为FASTA格式,即在序列最前面需要有“>”符号,不同二维码扫描软件所得结果可能不一致,如结果中无“>”,用户需自行输入,格式调整好后点击“提交”按钮,即可

表2 5种药材ITS2序列特征

	序列数	序列长度(bp)	G+C 含量(%)	单倍型	种内 K2P 距离
亚麻子	27	216	59.3	1	0.000
黑芝麻	21	209	73.7	1	0.000
火麻仁	15	221	58.8~59.3(59.2)	2	0~0.005(0.001)
蓖麻子	21	219	59.8~60.7(60.2)	3	0~0.014(0.004)
苘麻子	25	231	54.1	1	0.000

图1 5种药材DNA条形码及二维DNA条形码图片(A T C G)

由上至下依次为: 亚麻子、黑芝麻、火麻仁、蓖麻子、苘麻子

获得该序列的鉴定结果(图 2). 其余 4 种药材同样可以采取此方法获得相应的鉴定结果.

3 讨论

3.1 中药材二维 DNA 条形码流通监管体系

本研究以亚麻子、黑芝麻、火麻仁、蓖麻子和苘麻子 5 种药材为例, 基于 ITS2 序列建立中药材二维 DNA 条形码流通监管体系. 整个体系分为 DNA 条形码序列获得与 DNA 条形码信息跨平台转换两大部分内容, 包括 DNA 提取、PCR 扩增和测序等分子生物学实验步骤以及序列拼接和二维码转换等生物信息学步骤, 用户扫描二维码得到物种条形码序列信息后, 可将序列提交至中药材 DNA 条形码鉴定系统进行比对以获知该药材物种信息(图 3). 目前该鉴定系统数据库中包含中国、美国、日本、韩国、印度和欧洲药典收录的绝大部分药用物种的条形码序列信息, 能够为用户提供充足的数据支持^[13].

对于中药材流通体系而言, 保证药材为正品来源是重中之重, 二维 DNA 条形码技术能够自源头开始对药材来源进行监控. 应用中药材 DNA 条形码鉴定系统对中药材种子种苗进行鉴定, 可以确保药农所种植的品种即为药材正品, 避免因种子种苗不易区分造成混种、错种, 保证药农的根本利益; 也可基

于该数据库为中药材 GAP 生产企业订制专属鉴定系统, 提供企业所需的药材物种二维 DNA 条形码, 对各大规模种植基地进行标示, 便于企业统一经营管理. 收购商在进行药材收购时, 通过扫描药材生产者提供的二维码即可辨别真伪, 并可实地抽检, 以便二次核实. 中成药生产企业同样可采用此方法确保其原料药的投料准确性与安全性. 此外, 医院药房、药店等可使用二维码对其药库及处方管理系统进行规范, 既能系统管理采购、进货、验货等环节, 又可实现当医生开具处方时, 系统自动提供处方中各药材二维码至药品调剂科室, 便于药剂师核对并调配处方, 避免错配、漏配, 即可解决类似本研究在材料收集过程中遇到的因地区习用名称差异而误将“火麻仁”作“亚麻子”出售等问题. 消费者亦可通过扫描二维码确认自己所购药品的真假.

3.2 针对不同入药部位药材的操作方法改进

整个监管体系中, 分子生物学实验操作部分会受到入药部位影响. 研究者已对不同入药部位中药材 DNA 提取方法进行研究. 根据不同入药部位, 可依照中药材 DNA 条形码分子鉴定法指导原则对 DNA 提取方法进行改进. 对于各种入药部位中药材, 需要注意的是样品均需充分研磨粉碎至细粉程度, 以利于细胞裂解. 本研究以果实、种子类药材为例, 具

图 2 基于二维码技术的跨平台信息交换

图3 中药材二维 DNA 条形码流通监管体系

体细节为 DNA 提取前处理部分,需去掉果皮、种皮并切成小块,并加入聚乙烯吡咯烷酮(PVP-40)进行研磨,后续按照试剂盒说明书步骤进行操作。而针对此类药材油脂含量较高,研磨后易氧化等特点,可增加 β -巯基乙醇用量,并在研磨后使用丙酮浸提可有效去除脂溶性酚类化合物。

根及根茎类、茎木类、皮类药材形态组织结构上多含有木栓细胞、纤维、石细胞等死细胞, DNA 降解程度较高,需在取样时尽量去掉此类药材的栓皮部分,尽量选取生活细胞含量较多的组织进行后续实验,并可适当增加取样量,鉴于该类药材含多糖、多酚较高,可根据实际情况加入 PVP-40 以去除多糖或多酚,降低水浴温度并延长水浴时间(如 56℃ 水浴 8~12 h),以期获得较好得率^[2,19]。叶类、花类和全草类药材 DNA 提取较容易,通常不需要对提取方法做特殊改进,如遇样本储存较久色泽暗淡等情况时,同样可延长水浴时间以便细胞裂解^[2,19]。此外,对于含色素、黏液较多的中药材,如紫草、红花(*Carthamus tinctorius* L.)等,可在粉碎后先用核分离液漂洗数次,

至上清液颜色较浅之后再加入裂解液进行水浴^[15],此方法能够有效降低实验所得基因组 DNA 中色素等杂质的含量,提高模板 DNA 纯度。

动物类中药材与植物类中药材 DNA 提取方法相差较大,药材前处理可采用紫外光杀菌,个体较完整的动物药材,如蕲蛇、乌梢蛇可尽量避开骨骼或内脏取其肌肉组织进行提取;全蝎、蜈蚣等,可去掉头尾和毒针采用躯干部分进行提取;含脂肪较多的药材,可增大十二烷基磺酸钠(sodium dodecyl sulfonate, SDS)用量以利于脱去脂类;各药材取样量可依据具体情况进行增减,角、甲、骨类中药材 DNA 含量较低,实验采用的样品量较大^[2,19]。总之,根据不同入药部位,选用适当提取方法获得基因组 DNA 后,即可根据需求扩增相应 DNA 条形码序列,后续步骤即依照标准流程操作,得到二维 DNA 条形码并用于实际鉴定工作。

3.3 二维 DNA 条形码技术应用前景展望

2011 年 5 月,中华人民共和国商务部发布“十二

五”《全国药品流通行业发展规划纲要(2011~2015)》^[20], 提出以信息化带动现代医药物流发展, 构建全国药品市场电子监管等信息平台、建立追溯体系. 2012 年, 为掌握中药材流通领域的相关情况, 商务部开展首批 29 种中药材重点品种流通分析工作并建立中药材流通分析系统(<http://zyc.mofcom.gov.cn/med/>). 此外, 中华人民共和国商务部、财政部、国家卫生和计划生育委员会、国家食品药品监督管理总局和国家中医药管理局联合建设了国家中药材流通追溯体系(<http://www.zyczs.gov.cn/>), 该体系以发展现代流通方式为基础建立来源可追溯、去向可查证、责任可追究的质量安全追溯链条. 现行新版《药品经营质量管理规范》提出执行药品电子监管的新规定^[21], 以使监管流程更加完善和便于实现事后追溯, 其核心内容可以理解为药品在流通体系中全程进行以电子监管码为平台的相关信息体系的建设. 二维 DNA 条形码同样可以融入到上述系统当中. 目前二维码中包含了物种拉丁名及序列信息, 此外, 还可增加基原植物、药材及饮片照片、性状描述等内容方便核对药材及饮片性状, 并可与国家中药材流通追溯体系相结合, 涵盖药材产地溯源信息等内容, 实现“扫一扫, 知真假”的预期. 随着技术的不断发展, DNA 条形码将在中药材流通监管工作中占据重要地位, 真正将二维码技术应用到中药材流通监管的各个环节中,

能够有效实现数字化监管, 推动中药材流通监管现代化、国际化进程.

此外, 二维码在基础理论研究方面也能发挥重要作用. 在进行模式动植物物种、模式真菌和系统进化等研究过程中^[22~24], 首先需要确认其研究对象的物种准确性. 研究者先前采用的物种鉴定方法大多为形态学鉴定, 需要依赖鉴定人员的主观判断. 如今, 采用二维 DNA 条形码对研究对象进行鉴定, 能够直观获得其条形码序列, 从客观上证实物种的准确性. 同样, 在对中药材开展药理毒理研究、化学成分分析等工作之前^[25], 采用 DNA 条形码对实验材料进行鉴定可以有效保证该研究的科学性, 使分离出新化合物或发现具有独特药理活性的成分或毒性成分等结果更加可靠, 避免因物种问题造成结论错误或无法重复等现象发生. 已有研究者将化学成分指纹图谱转换为二维码图片用于中药材溯源工作, 鉴于 QR Code 编码能力的限制, 原始指纹图谱需过滤并压缩图片大小后方可完成转换, 用户扫描该二维码所得指纹图谱与原始图谱有一定差距^[26], 相比之下, 二维 DNA 条形码稳定性更强, 其所含序列信息不会因编码方式而发生改变. 总之, 将二维 DNA 条形码应用于中药材鉴定, 对中药材流通的数字化监管, 推动中药材流通监管现代化、国际化进程具有良好的应用前景.

参考文献

- 1 国家食品药品监督管理总局. 国家食品药品监管总局通报中药材及饮片专项监督抽验结果. 2014-09-23, <http://www.sda.gov.cn/WS01/CL0051/106697.html>
- 2 国家药典委员会. 中华人民共和国药典, 2010 年版, 第三增补本. 北京: 中国医药科技出版社, 2014. 92-94
- 3 Xiang L, Song J Y, Xin T Y, et al. DNA barcoding the commercial Chinese caterpillar fungus. FEMS Microbiol Lett, 2013, 347: 156-162
- 4 Xin T Y, Yao H, Gao H H, et al. Super food *Lycium barbarum* (Solanaceae) traceability via an internal transcribed spacer 2 barcode. Food Res Int, 2013, 54: 1699-1704
- 5 辛天怡, 姚辉, 罗焜, 等. 羌活药材 ITS/ITS2 条形码鉴定及其稳定性与准确性研究. 药学报, 2012, 47: 1098-1105
- 6 Newmaster S G, Grguric M, Shanmughanandhan D, et al. DNA barcoding detects contamination and substitution in North American herbal products. BMC Med, 2013, 11: 222
- 7 Luo J Y, Yan D, Song J Y, et al. A strategy for trade monitoring and substitution of the organs of threatened animals. Sci Rep, 2013, 3: 3108
- 8 Kool A, de Boer H J, Krüger Å, et al. Molecular identification of commercialized medicinal plants in southern Morocco. PLoS One, 2012, 7: e39459
- 9 罗焜, 马培, 姚辉, 等. 多基原药材秦艽 ITS2 条形码鉴定研究. 药学报, 2012, 47: 1710-1717
- 10 Stoeckle M Y, Gamble C C, Kirpekar R, et al. Commercial teas highlight plant DNA barcode identification successes and obstacles. Sci Rep, 2011, 1: 42
- 11 Xin T Y, Li X J, Yao H, et al. Survey of commercial *Rhodiola* products revealed species diversity and potential safety issues. Sci Rep, 2015, 5: 8337
- 12 Hebert P D, Cywinska A, Ball S L. Biological identifications through DNA barcodes. Proc R Soc London Ser B, 2003, 270: 313-321

- 13 Chen S L, Pang X H, Song J Y, et al. A renaissance in herbal medicine identification: from morphology to DNA. *Biotechnol Adv*, 2014, 32: 1237–1244
- 14 于英政. QR 二维码相关技术的研究. 北京: 北京交通大学, 2014
- 15 陈士林. 中国药典中药材 DNA 条形码标准序列. 北京: 科学出版社, 2015
- 16 白宇明, 郝近大. 冠以“麻”字之称的 6 种常见药材的本草考证及混用辨析. *中药材*, 2013, 5: 835–838
- 17 白宇明. 九种常见中药的本草考证、经验鉴别及其混乱使用的辨析. 北京: 中国中医科学院, 2013
- 18 赵新艺. 五种麻(子)仁辨析. *时珍国药研究*, 1996, 5: 45
- 19 陈士林, 姚辉, 韩建萍, 等. 中药材 DNA 条形码分子鉴定指导原则. *中国中药杂志*, 2013, 38: 141–148
- 20 中华人民共和国商务部. 商务部发布“十二五”全国药品流通行业发展规划纲要. 2011-05-05, <http://www.mofcom.gov.cn/aarticle/ae/ai/201105/20110507534948.html>
- 21 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 药品经营质量管理规范(卫生部令第 90 号). 2013-01-22, <http://www.moh.gov.cn/mohzcfgs/s3576/201302/7ebb303c358d4683a1afe949530d06b4.shtml>
- 22 宋经元, 罗红梅, 李春芳, 等. 丹参药用模式植物研究探讨. *药学报*, 2013, 48: 1099–1106
- 23 孙超, 胡鸾雷, 徐江, 等. 灵芝: 一种研究天然药物合成的模式真菌. *中国科学: 生命科学*, 2013, 43: 447–456
- 24 Ren B Q, Xiang X G, Chen Z D. Species identification of *Alnus* (Betulaceae) using nrDNA and cpDNA genetic markers. *Mol Ecol Resour*, 2010, 10: 594–605
- 25 黄林芳, 郑司浩, 武拉斌, 等. 基于化学成分及分子特征中药材肉苁蓉生态型研究. *中国科学: 生命科学*, 2014, 44: 318–328
- 26 Cai Y, Li X W, Li M, et al. Traceability and quality control in traditional Chinese medicine: from chemical fingerprint to two-dimensional Barcode. *Evid-Based Compl Alt*, 2015, 2015: 251304

A Two-Dimensional DNA Barcode System for Circulation Regulation of Traditional Chinese Medicine

XIN TianYi¹, LI XiWen², YAO Hui¹, HAN JianPing¹, SONG JingYuan^{1,3} & CHEN ShiLin^{1,2}

¹ Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China;

² Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

³ Chongqing Institute of Medicinal Plant Cultivation, Chongqing 408435, China

Circulation regulation of traditional Chinese medicine (TCM) is challenging because of the complex varieties of TCM. As a matter of public health, the quality of TCM should be monitored. In our study, a two-dimensional DNA barcode system was constructed for circulation regulation of TCM. This system consisted of DNA barcode sequences and the cross-platform conversion of DNA barcode information. A total of 109 samples belonging to five medicinal materials, namely, Lini Semen, Sesami Semen Nigrum, Cannabis Semen, Ricini Semen, and Abutili Semen, were used for the construction of the system. Firstly, the sequences were obtained according to the DNA barcoding standard operating procedure (SOP). Secondly, the sequences were converted into quick response code (QR Code) images based on the open source PHP QR code. Finally, the species information was captured by scanning the QR code image using a mobile terminal and submitted to the system for confirmation. This combination of QR code and DNA barcode allows for the transfer of DNA sequence information across different platforms and provides standard QR code images for each TCM species. This study provides the theoretical basis for the application of two-dimensional DNA barcode technology for circulation regulation of TCM. This novel system allows for the effective monitoring of quality and promotes the modernization and internationalization of TCM.

DNA barcoding, QR code, circulation regulation of TCM, ITS2

doi: 10.1360/N052015-00082