

中药资源调查方法研究*

□周应群¹ 陈士林^{*1,4} 张本刚¹ 黄林芳¹ 陆建伟² 杨智³

(1. 中国医学科学院 药用植物研究所 北京 100094;
中国协和医科大学

2. 国家中医药管理局 北京 100026;

3. 中国 21 世纪议程管理中心 北京 100089;

4. 香港理工大学深圳中药药学与分子药理学国家重点实验室 深圳 518057)

摘要: 中药资源可持续利用及生物多样性保护已成为当前中药领域的研究热点,选择合适的资源调查方法是其要解决的关键问题之一。作者提出在改进传统中药资源调查方法的基础上,引进现代技术,形成适应时代发展的科学调查方法,推动中药资源可持续利用及生物多样性保护。

关键词: 中药资源 资源调查 抽样 遥感 “3S”技术

中药资源作为一种再生性资源,极易受人为因素及自然力的影响,蕴藏量发生变化。进行全国重点中药资源普查是中药现代化的追求要求和基础工作,有助于保护资源和环境,保护生物多样性和生态平衡,对树立我国中药资源可持续发展的良好国际形象具有重要意义,国家“十五”重大项目已对其立项进行规划方案研究^[1]。中药资源普查应用技术与方法的研究是其重要内容之一,本文对中药资源调查方法的研究现状及新技术的应用前景作一简要分析。

一、中药资源调查方法研究现状

目前,中药资源调查多数仅涉及到种类、分布及应用情况,只有极少数论及储量、储量动态和更新情况,对资源种类和分布以及药材的应用的调查工作多以传统方法完成,甚至在一些动、植物区系材料完整

的地方,由文献记载就可以汇集整理得到,因此众多的野外调查报告中,往往只给出结果,而无详细的调查方法说明,其准确性难以让人信服,这种状况严重阻碍了调查方法的深入研究。当前,中药资源学的研究重点已逐步转向储量、储量动态和更新情况,而这些是中药资源可持续利用研究中最有意义的一些参数,这方面的工作应当引起高度的重视^[2],相关的方法研究是其中的关键问题之一。

二、传统中药资源调查方法

从调查的详细程度可将现在所使用的中药资源调查方法大致分为踏查,详查以及样地调查等,在这过程中访问调查及历史资料的查询也是必不可少的^[3],对药材储量调查或数量统计一般采用的有详查、访问调查和样地调查,对于人工栽培药材或养殖的动物类药材还可采用统计报表的方法,实际工作中常采用的是样地调查,同时进行访问调查及历史资料的查询。

收稿日期: 2005-03-30

修回日期: 2005-06-20

* 科学技术部“十五”科技攻关项目(2001BA701A63): 全国中药资源普查规划及实施方案研究, 负责人: 张本刚, 陈士林, 赵润怀。

** 联系人: 陈士林, 教授, 本刊编委, 主要从事中药资源的保护、开发利用及资源调查等。Tel: 010-62899700, E-mail: slchen@implad.ac.cn..

1. 踏查

是对调查地区或区域进行全面概括了解的过程,一般通过在有代表性的调查区中,选择地形变化大,植被类型多,植物生长旺盛的地段设置踏查路线进行线路调查,目的在于对调查地区中药资源分布的范围、气候特征、地形地貌、植被类型、土壤类型以及中药资源种类和分布的一般规律进行全面了解^[3],如颜承云^[4]等用踏查法调查蓝靛果忍冬在伊春凉水自然保护区分布的群落类型和生境。

2. 详查及样地调查

详查又称全面调查,是在踏查的基础上,详细记录调查区内药用植物的种类、数量、高度、频度、盖度、利用部位的单株重量等情况的过程,是完成资源种类和储量调查的最终步骤,如姚振生等^[5]对江西九连山自然保护区内的药用植物,秦松云等^[6]对重庆的珍稀濒危药用植物资源所进行的调查,实际工作中详查多是在样方内进行。

样地调查即在调查范围内按不同方向选择几条具有代表性的线路,沿着线路,在有代表性的区域内选择调查样地,在样地内根据生态环境的不同(包括各种地形、海拔、坡度、坡向等)按一定方式设置样方,在样方内利用样株法或投影盖度法估算出单位面积药材的蕴藏量。除了方形样地,也可以设置样线等其它类型,陈士林等^[7],龚燕兵等^[8]分别通过样线法对暗紫贝母的生态群落,马鞍山森林公园内的药用植物资源进行了调查研究。

分布面积的确定是储量或总个数测算的第一步,一般分为两类:对于分布区域比较集中的品种如甘草、阿魏等,直接测量较为合适,但对于有些分布广泛,而又十分零散的中药,则采用间接测量法,即利用大比例植被图、土壤类型图、草场类型图等资料,按照所要调查的品种生态类型来推定分布面积,这种方法要求资料齐全,药材分布区的生态类型比较清楚,有专业技术人员参加则比较准确,如当地没有相应资料如植被图或林相图,则只能按各种植物群落的分布位置,分布规律用推测的方法绘出植被图,或利用相关资料绘成植被图,如袁晓颖等在盾叶薯蓣资源调查时就人为将其分布范围分成两个区,绘出了盾叶薯蓣

第Ⅰ分布区的地理分布图^[9]。

单位面积储量,是储量测算的第二要素,常用抽样调查的方法,按不同的植物群落设置样地,进行样地调查估算资源储量,经常采用的是样方法,利用样株法或投影盖度法估算出单位面积药材的蕴藏量,样株法即求出样地面积的平均株数及重量,转换成每公顷单位面积产量,适用于木本植物、单株生长的灌木和大的或稀疏的草本植物,如陆叶等^[10]对黑龙江省佳木斯地区老鹳草属植物,叶华谷等^[11]对“林芝丹参”进行资源调查即采用样株法。投影盖度法是通过计算某种药用植物在样地上所覆盖面积(投影盖度)的比例,挖取一定面积上的全部药材并计算出1%盖度上药材的重量,最后求出所有样地的投影盖度和1%盖度药材重量的均值,转换成每公顷单位面积产量,适用于成植丛的灌木或草本植物,即适用于很难分出单株个体的植物^[12-13]。对于动物则往往是在样方内直接计算或估算出个数,最后推算出单位面积个数。

最后根据公式:蕴藏量=面积×单位面积蕴藏量,在面积和单位面积蕴藏量确定的情况下,就可以计算出总蕴藏量。对于动物类药,是利用公式:总数量=面积×单位面积个数,求出总数量^[13]。

3. 访问调查

就是邀请有经验的药农、收购员等座谈讨论,并参照历年资料和调查所得到的印象作估计,这种方法虽然不够精确,但是值得参考,如臧日华等^[14]采用访问法结合市场调查以及查找相关文献对吉林地区野生药用植物资源进行了调查,蔡金腾等^[15]对贵州省火棘资源产量进行研究时利用进行调查的34个县、市火棘鲜果年收购量去估计全省的火棘产量。这一工作往往是采用其他调查方法时必须同时考虑的,如张传玲等^[16]对日照沿海地区药用植物进行样方调查时,也将访问调查法作为重要参考。

4. 统计报表

对于栽培的药材,除了可用抽样调查的方法,往往还用到另外一种方法,类似农业上的统计报表,即种植时以行政区划比如乡为单位,记录种植的面积情况,逐级汇总,得到种植的总面积,根据历史资料结合气候因素,估计可能产量,在采收时,则由农户将实际

采收面积和产量上报,得到较为“准确”的数据,这种方法对于那些生长区域狭小且大面积栽培的药材统计还是可行的,云南文山三七的统计就是采用这种方式,1983年全国中药资源普查时也多采用这种方法。

三、现代调查技术

目前,在自然资源调查和信息管理上,已开始广泛应用现代科学技术^[2](如现代遥感技术和电子计算机技术),其中以“3S”技术最为突出,“3S”技术是遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)技术的简称^[17],其中遥感技术是其中的基础,地理信息系统起辅助信息处理作用,全球定位系统用于辅助空间定位。近年也有人把与其密切相关的智能决策系统(IDSS)和专家系统(ES),合在一起称为“5S”技术^[18]。下面主要对“3S”技术进行介绍。

1. 遥感技术及应用

遥感(RS,remote sensing)是指从远距离、高空,以至外层空间的平台上,利用可见光、红光、微波等探测仪器,通过摄影或扫描、信息感应、传输或处理,从而识别地面物质的性质和运动状态的现代化技术系统。2001年以来,中国医学科学院药用植物研究所首次运用遥感技术对人参、甘草等中药资源进行了调查方法学上的研究,取得了一定进展,陈士林等^[18]运用遥感技术以人参为栽培种的代表,对人参种植区域的人参种植面积进行调查,建立了人参资源遥感调查的技术路线和方法,并通过抽样调查对研究区人参进行了面积测算和估产。野外验证点与图像判读结果对比分析表明,人参调查样区的人工判读精度, Landsat7ETM图像(地面分辨率为15m)达90%,ETM与SPOT融合图像(地面分辨率为5m)达97%,QUICK BIRD图像(地面分辨率为0.61m)达100%;张本刚等^[19]以甘草为研究对象,以遥感技术为基础,探索野生药用植物资源调查的方法,采用中等分辨率的卫星影像ETM(15m)量测,计算出甘草分布的面积和蕴藏量,判读精度高于90%,表明遥感调查方法用于甘草的野生资源调查也是可行的。

产量或蕴藏量调查是资源定量调查的重要目标,遥感技术在植被面积提取及产量估测方面主要采取

以下几种手段:

对于面积,往往可以根据植物不同生长期的光谱特征以及其它特性,选择合适的时间,合适波段的航天遥感或航空遥感资料,进行一定的处理后,建立目标区的解译标志,进行识别和分类,通过地面实况资料补充修正,最后完成目标植物的面积估测。

对于植物的产量或生物量,现在采用的遥感估产方法基本步骤如下:

首先利用地面遥感资料,即地面野外光谱测定资料的估产,通过对不同生长期目标植物的野外光谱测定,建立光谱资料与该植物产量间的相互关系,然后利用地面遥感资料与空间遥感资料之间的特定关系,分析与构建植物产量与各种空间遥感资料之间的回归模型,估测出单位面积产量,结合遥感资料所提取的面积,相乘得到总的产量,也可以通过建立植物总产量与各种影响因子之间的回归模型直接估测^[20]。在早期的研究中,如李博等^[21]在草地动态平衡研究中对牧草蕴藏量,赵宪文等^[22]在林业蓄积量估计中就是直接建立遥感光谱信息和产量的回归关系,但后来人们发现在模型中除了从图像中提取的光谱信息,最好能包含一些其它的信息如气象因子,这样的模型才比较完善^[23],除了回归模型,近来也有人根据地面生物量与产量相关因子实际呈非线性关系,将人工神经网络以及灰色系统,模糊数学以及基于遗传算法的人工神经网络等方法运用进来,不用事先确定模型,而是采用黑箱式操作,通过一定量的样本数据,借助适当的学习算法,对网络进行训练后,进行产量或蓄积量的预报,如江东等用人工神经网络法估测河南的冬小麦产量^[24],李哲等将人工神经网络与遗传算法相结合估测吉林的玉米产量,均取得了令人满意的效果^[25]。在中药资源调查中如何更好的发挥遥感技术的优势还值得进一步研究。

2. 地理信息系统及应用

地理信息系统(GIS,Geographical Information System)是以地理空间数据库为基础,在计算机软硬件的支持下,对有关空间数据按地理坐标或空间位置进行预处理、输入、存储、检索、运算、分析、显示、更新和提供应用、研究,并处理各种空间关系的技术系统,除了用于大面积的资源调查数据的处理,还可以用于分

析局部的生态环境,进行生态环境如土地适宜性,最佳生境特征的评价,在中药资源调查数据的处理与分析中已有人试图引进这一工具,白明生等^[26]将地理信息系统软件应用于宁夏自治区 1984~1987 年中药资源普查数据,发现可以很好地将地图与对应属性信息有机地统一为一个整体,并且可利用软件的空间分析功能从原始数据中提取出更多的隐含信息,可生成各种专题图输出,使数据的利用更加高效,相对于传统的数据管理方法,直观方便、灵活简洁,数据库易于更新,保持现实性。郭兰萍等^[27]利用 GIS 对苍术道地产区生境特征进行筛选,找到了影响苍术挥发油形成的生态主导因子以及影响苍术存活和生长发育的生态限制因子,确定了苍术道地药材优生生境的环境特征,并发现苍术道地药材的形成具有逆境效应。值得注意的是近年来 GIS 发展的一个新趋势,即 GIS 与 Internet 技术的结合,在此基础上,产生了一门新学科,即 WebGIS,它可以使全社会范围内各领域、各部门之间的空间数据信息实现共享,极大地提高了空间信息的维护、发布和查询效率,通过它人们可以在广阔的 Internet 空间寻找所需的各种空间数据以及相关的文本数据,且可进行各种各样的空间分析^[28]。

3. 全球定位系统及应用

全球定位系统(GPS,Global Position System)是以人造卫星组网为基础的无线电导航系统。它通过 GPS 接收机接收来自 6 条轨道上的 24 颗 GPS 卫星组成的卫星网发射的载波,来实现全球实时定位,这一用途已在遥感的野外验证以及野外样品如药用植物的采样中得到广泛的应用,除了定位,值得一提的是现在许多 GPS 接收机本身也能用于野外目标区域的面积测量,虽然需要考虑采用多次测量以保证其精度,以及测量面积大小本身对其精度的影响^[29]。目前,除了著名的 GPS 卫星定位系统被广泛应用外,世界上一些国家和地区正在建立自己的卫星定位系统,例如,俄罗斯的 GLONASS 系统、中国的北斗星定位系统和欧洲十五国正在筹划研制的“伽利略”卫星定位系统,中国正积极参与欧盟“伽利略”卫星定位系统的筹建工作。

4. “3S”技术集成及应用

在“3S”中 GPS 和 RS 分别用于获取点、面空间信

息或监测其变化,GIS 用于空间数据的存贮、分析和处理。三者功能上存在明显的互补性,在实践中,人们逐渐认识到只有将它们集成在一个统一的平台上,其各自的优势才能得到充分发挥^[30]。

在实际应用中,“3S”集成主要表现为 RS/GIS、GPS/GIS、GPS/RS 两两间的集成。RS 与 GIS 的集成是“3S”集成中最重要也是最核心的内容,早期的资源调查往往是单独使用遥感技术,比如在早期的土地详查中,对于外业调绘、航片转绘、土地面积量算、土地利用现状图的编制都采用手工操作,这就导致了调查过程繁琐、调查周期长、耗费人力多、容易引入误差等缺点^[31],而 GIS 有处理和分析空间数据的优势,它与遥感结合是二者发展的必然趋势,黄家柱等^[32]结合两种技术,对长江三角洲地区土地资源变化、河道演变、菜地分布、水环境等资源与环境动态变化进行了研究,可为政府部门在土地区划以及开发提供科学依据和决策咨询服务,任国业等^[33]利用 GIS 软件对遥感基础资料进行处理,实现了大熊猫主食竹资源的调查、存储、检索、显示和分析的综合一体化,有利于对大熊猫的更好保护。

在没有 GPS 之前,遥感的几何校正和定位等都是通过地面控制点进行大地测量才能确定的,这不但费时费力,而且当无地面控制点时更无法实现,从而严重影响了数据实时进入系统,90 年代初全球定位系统初步建成,GPS 的快速定位为遥感数据实时、快速进入 GIS 系统提供了可能,促进了“3S”的综合应用,如农业监测中的农情采样系统^[34],在车载 GPS 进行工作的同时,用摄像机按照一定角度拍摄得到道路一侧一定距离内的 BUFFER 区内的图像,系统通过 GPS 天线记录采集点的经纬度信息,可将采集得到的图像定位到 GIS 底图,利用 GIS 模型得到采样道路一侧一定距离内的的 BUFFER 区内农作物种植比例与整个区域种植比例相互关系,计算出整个区域的农作物种植比例,进一步结合已经完成的本底数据库,可分别计算出各类作物的种植面积。

GPS/GIS 的集成往往用于定位、导航、实地的面积测量,对精确农业中农作物信息样点采集定位、智能化农作机械动态定位能发挥重要作用,是精确农业实现的基础^[35],比较常见的例子是带有内置电子地图汽车

的导航系统,可以通过GPS获取的汽车所在位置,在电子地图上定位,寻找到达目的地的最合适路线。

GPS与RS作为数据源获取系统,二者的集成将克服传统遥感影像需要大量大地坐标控制点来校正的缺点,使遥感图像从空中直接对地定位、生成地学编码图像成为现实,利用RS数据也可以实现GPS定位遥感信息查询。李树楷于20世纪90年代初创造性地提出了将激光测距和扫描成像仪在硬件上实现严格匹配形成扫描测距—成像组合传感器,再和GPS、INS(惯性导航系统)进行集成构成三维遥感影像制图系统,尤红建通过研究认为,该技术能够实时地得到地面点的三维位置和遥感信息,具有快速实时且无需地面控制的优点,是遥感对地定位的重大突破。随着GPS进入到完全运作阶段以及高重复频率激光测距技术的应用,将GPS、INS和激光测距技术进行集成得到机载扫描激光地形系统已成为国内外遥感界研究的热点^[36]。二者的集成尚处在研究阶段,未见有大范围实际应用的报道。

目前的所谓“3S”还只是停留在共同结合使用上,离真正的集成还有一定距离,据李德仁等人,王乃斌等人和李建龙等人研究表明:如“3S”技术能从本质上实现一体化集成,则可以克服仅用遥感技术估产过程中所遇到的一些技术难题,如多时相多光谱资料不易集成复合,各类空间数据难以定位、显示和加工处理,种植面积难以准确自动提取及估产误差过大等,并可做到农作物种植面积和产量等信息的收集、存储、管理和分析评价等更加实时、快速、自动化和可信度高,为农学、地学、生态学和农业系统管理提供全新的研究手段和科学创新平台^[37]。

四、中药资源调查方法研究的思路

当前,中药资源可持续利用和多样性保护研究成为中药研究领域的热点,全国资源普查项目已列入国家中医药现代化发展纲要,而与其相关的中药资源调查方法的研究却极端匮乏,为了保证这些研究的顺利进行,有必要在对传统抽样调查方法进行深入研究的基础上,加大新技术手段和理论的引进力度。

1. 传统抽样调查方法的深入研究

对中药资源进行定量研究,抽样调查方法的研究是必要的。目前进行大面积植被的调查和动态监测还没有一个方法可以完全代替抽样调查。现阶段,主要是结合现代调查技术进行方法学上的改进。林业上,美国林学界从20世纪70年代后期开始两阶抽样方法研究,先后设计出3种HPS/PPS抽样方法,20世纪90年代设计出的第3种方法,即第一阶为水平点抽样,第二阶为简单随机抽样,随机样本限制在第一阶样点内,样本选取是按与直径平方成比例的概率进行,特别适用于大面积的总体调查,而且对树龄较大的天然混交林更呈现出它的优点。国内在林业抽样方面的研究也较深入,如在森林资源清查中应用两期抽样方法进行动态监测,另外还有PR抽样、角规点抽样等方法,在部分区域还对不同的方法以及地面调查所需样地数量和最小面积进行了比较分析,不断探索准确、高效、费用少的抽样方法^[24-28]。

农业上,对如何结合现代技术设置样方也进行了深入的研究,在农作物种植面积遥感监测方面,中美欧3方均采用遥感技术与抽样技术相结合的方法,欧盟使用的是面积抽样框架,美国采用系统抽样框架,中国则由于地块破碎,种植结构复杂,插花种植现象明显,创新性地提出了以样条(线状)采样框架为核心的、适用于中国特点的基于二级抽样的农作物种植面积监测技术,具有效率高、费用低、灵活性强、简单易用和多用途等特点,可以对主要作物进行面积估算,精度可达到95%以上^[38]。

草场的动态监测也往往采用遥感调查与地面监测相结合的方法,地面监测过程中,采用路线调查和固定样地监测两种方式,两种方式均需设置样方,对样方形状的选择,取样的面积大小,样方的数量确定均根据实际的草场情况进行了相关的研究^[39]。

在中药资源调查领域,往往还只有一个定性的判断标准^[4],比如草地取样面积为1~10m²,灌木为10~50m²,乔木为100~10000m²,尚未见针对不同类型药用植物选择合适的样方形状,及选择最佳的样方大小,而有实际工作表明,不同空间尺度,如10m×10m,10×5m或3m×2m所提供的格局信息均是不完整的,不能全面代表总体,需要考虑比较多种空间尺度以选

择最佳尺度或最佳的尺度组合^[40]。另外对于固定样地的研究也是一个空白。

2. 新技术及理论的引入

20 世纪 60 年代以来,世界科学技术有了一个突飞猛进的发展,各学科间的交叉与日俱增,各种学科都在不断的引进新的技术手段与思想,以促进本学科的不断发 展。中药资源研究虽然是一门传统学科,也必须在继承优良传统的前提下,不断引入新的研究方法 与理论,以各种新的视角去看待问题,只有这样,才能在研究上有所突破与创新。“3S”技术在中药资源的调查,实时动态监控,面积、产量估测,病虫害监测方面应用前景广阔。如前所述,2001 年以来,课题组首次对中药资源调查中“3S”技术的应用做了大量的探索工作,将现代技术与传统方法相结合应用于中药资源的调查,取得了一定的进展,目前正在对中药资源动态监测等领域新技术的应用进行深入研究,以期更好的发挥新技术的作用。

将广泛应用于自然资源调查和信息管理上的“3S”技术引进到中药资源调查领域既是中药资源调查方法研究的必然选择,也与“3S”技术的发展趋势相符合,以其中的核心技术遥感技术为例,遥感技术从 50 年代诞生以来,取得了很大的进展,技术方面,分辨率不断提高,众多新的类型传感器不断涌现,与地理信息系统和全球卫星定位系统的结合也使得其定位精度和处理数据的能力大为改观;应用方面,正由土地利用,大面积植被面积以及生物量的估计向范围更小的环境及灾害监测,长势监测,精细农业等领域拓展。理论上,更小面积区域调查是遥感的发展方向之一,以遥感技术为核心的“3S”技术应用于中药资源调查是“3S”技术发展的必然趋势。

当然,除了“3S”技术,一切符合时代发展需求的技术与理论,如网络技术、数学建模技术、灰色理论、模糊数学等,都应该结合实际工作引进到中药资源研究中来,以促进中药资源研究的现代化。

五、讨 论

市场经济条件下,原有的中药资源调查所依托的组织机构已基本解体,有必要建立一套新的调查

方法进行中药资源调查。中药资源的传统调查方法耗时、耗力,人为因素影响大,在估计药材总面积时往往存在很大误差,遥感技术的引进则有可能缩小这种误差^[2]。以遥感技术为先导的“3S”技术以其宏观、动态的特点,作为中药材可持续发展研究的技术基础之一,在全球变化研究,资源调查,环境动态监测与预测中起着其他技术不可替代的作用^[41],但遥感调查工作经常会遇到“同物异谱,异物同谱”的现象,以及受分辨率及研究对象复杂度的影响,遥感影像难以从复杂环境背景中分辨出细小地物,在对药用植被蕴藏量、单一植株的生长状况等方面调查时难以提供较为准确的技术信息,而对于大多数野生中药来说,在群落中往往不是优势种,仅用遥感影像进行调查难度较大。另外对于部分地区,比如作者在云南做三七调查时就发现由于云层、雨水的影响获取研究区清晰遥感影像的难度较大,碰到这样的问题时,地面抽样调查的方法便是必不可少的,二者的结合将能更大程度的发挥这两种方法在中药资源调查中的作用。专家决策系统、网络技术等新技术近年来发展迅猛,在许多行业都得到广泛应用,在中药资源调查和动态监测中改进传统抽样调查方法、引进“3S”技术以及专家决策系统、网络技术等新技术,将是中药资源有效保护和可持续发展的重要保证。

参考文献

- 1 陈士林,张本刚,苏钢强,等.全国中药资源普查方案设计.中国中药杂志,2005,30(15):26.
- 2 叶万辉,陆兆华.中药资源学引论.哈尔滨:东北林业大学出版社,1995.1.
- 3 戴宝合.野生植物资源学.北京:中国农业出版社,2003:36.
- 4 颜承云,杨治伟,刘娟.黑龙江省蓝靛果忍冬的资源调查.中国野生植物资源.2002,21(2):18.
- 5 姚振生,赖学文,曹岚,等.九连山自然保护区药用植物资源.江西科学,2002,20(2):98.
- 6 秦松云,钟国跃,王昌华,等.重庆珍稀濒危药用植物资源的调查研究.资源开发与市场,2004,1:29.
- 7 龚燕兵,于天宝,刘胜祥.武汉市马鞍山森林公园药用植物资源调查.湖北林业科技,2004,129:30.
- 8 陈士林,肖小河,陈善墀.暗紫贝母植被分布格局的数值分析.西南师范大学学报,1997,22(4):416.

- 9 袁晓颖,祖元刚,于景华.野生盾叶薯蓣资源储量精度估算.植物研究,2003,23(1):103.
- 10 陆叶,鞠宝玲,孟祥丽,等.黑龙江省老鹳草属植物的资源调查.中国野生植物资源,2004,23(2):23.
- 11 叶华谷,廖文波,李辉,“林芝丹参”资源调查.中药材,2004,27(11):809.
- 12 姜彦成,党荣理.植物资源学.新疆:新疆人民出版社,2002:265.
- 13 中国药材公司.中国中药资源.北京:科学出版社,1995:107.
- 14 臧日华,张利国,李绍奎,等.吉林地区野生药用植物资源的调查.吉林林业科技,2003,32(4):24.
- 15 蔡金腾,丁筑红,谭书明,等.贵州省火棘资源调查研究.贵州农业科学,1994,4:52.
- 16 张传玲,张永鹏,杨志勇.日照沿海地区药用植物资源调查.山东林业科技,2004,1:42.
- 17 刘婷,任银玲,杨春华.“3S”技术在河南省冬小麦遥感估产中的应用研究.河南科学,2001,19(4):428.
- 18 陈士林,张本刚,张金胜,等.人参资源储藏量调查中的遥感技术方法研究.世界科学技术-中医药现代化,2005,7(4):37.
- 19 张本刚,陈士林,张金胜,等.基于遥感技术的甘草资源调查方法研究.中草药,2005,36(10):1548.
- 20 李建龙,黄敬峰,王秀珍.草地遥感.北京:气象出版社,1997:1.
- 21 李博.中国北方草地动态畜牧业动态监测研究.北京:中国农业科技出版社,1993:1.
- 22 赵宪文.林业遥感定量估测.北京:中国林业出版社,1997:1.
- 23 刘湘南,周占鳌.基于生物学原理的玉米遥感估产模型.东北师范大学学报,1995,2:110.
- 24 赵宪文,李崇贵.基于“3S”的森林资源定量估测.北京:中国科学技术出版社,2001:1.
- 25 江东,王乃斌,杨小唤.我国粮食作物卫星遥感估产的研究.自然杂志,1999,21(6):351.
- 26 白明生,白林波,贺家怀. Mapinfo 在宁夏中药资源管理中的应用.宁夏工程技术,2004,3(3):248.
- 27 郭兰萍,黄璐琦,阎洪,等.基于地理信息系统的苍术道地药材气候生态生境特征研究.中国中药杂志,2005,30(4):565.
- 28 肖银松.“3S”及抽样技术在森林资源动态监测中的应用.西南林学院学报,2004,24(2):60.
- 29 赵鹏祥,李卫忠,郝红科,等.无测积手持型 GPS 面积测量及其精度评价.西北林学院学报,2004,19(4):158.
- 30 毛政元,李霖.“3S”集成及其应用.华中师范大学学报(自然科学版),2002,38(9):385.
- 31 颜耀文,徐建华.基于“3S”技术的土地详查方法创新.国土资源遥感,2002,2:4.
- 32 黄家柱,赵锐,戴锦芳.遥感与 GIS 在长江三角洲地区资源与环境动态监测中的应用.长江流域资源与环境,2000,9(1):33.
- 33 任国业,喻歌农,晏懋昭.应用地理信息系统调查和管理大熊猫主食竹资源.西南农业学报,1993,6(3):33.
- 34 康晓风,王乃斌,杨小唤.粮食种植面积提取方法的发展与现状.资源科学,2002,24(5):8-12.
- 35 于淑惠.“数字农业”及其实现技术.农业图书情报学刊,2004,15(7):5.
- 36 邓良基.遥感基础与应用.北京:中国农业出版社,2002:247.
- 37 李建龙.信息农业生态学.北京:化学工业出版社,2004:10.
- 38 吴炳方.中国农情遥感监测研究.中国科学院院刊,2004,19(3):202.
- 39 董永平,吴新宏,戎郁萍,等.草场资源动态监测.北京:化学工业出版社,2005.
- 40 李先琨,向悟生,欧祖兰,等.濒危植物南方红豆杉种群克隆生长空间格局与动态.云南植物研究,2003,25(6):625-632.
- 41 黄敬峰.论遥感技术与资源、环境可持续发展研究.遥感技术与应用,1999,14(1):1.

(责任编辑:王 瑀)

Study on methods of traditional Chinese medicinal resources survey

Zhou Ying-qun, Chen Shi-lin, Zhang Ben-gang, Huang Lin-fang

(Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Chinese Peking Union Medical College, Beijing 100094, China)

Abstract Sustainable utilization and bio-diversity protection of Traditional Chinese medicine (TCM) have been hotspot of present TCM study, the choice of appropriate method is one of the primary problems confronted with the study. This paper, through consulting relative literatures and our research work, revealed that the study on methodology for traditional Chinese medicine resource survey is lacking seriously, and suggested that we should introduce modern technologies in TCM resource survey based on improvement of traditional methods, to form new methods that meeting the need of times development, and promote the sustainable development of TCM.

Keywords traditional Chinese medicine (TCM), resources survey, sampling, remote sensing, "3S" techniques

136 [World Science and Technology/Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica]