

# 种植业可持续发展的支持系统 ——农作物卫星遥感估产

陈沈斌

(中国科学院自然资源综合考察委员会, 北京 100101)

**摘 要** 本文从种植业可持续发展需要出发, 指出建立农作物卫星遥感估产系统是实现种植业可持续发展地面信息准确、快速、经济获取的最有效手段, 并能成为种植业可持续发展的支持系统。本文还分析了我国种植业地面信息统计现状和卫星遥感估产国内外研究进展, 一个实际运行的农作物卫星遥感估产系统可以监测作物长势、种植面积和作物产量, 与其它信息相配合有利于种植业可持续发展战略的实施。

**关键词** 种植业 可持续发展 农作物 卫星遥感 估产

## 1 引言

种植业是农业最重要组成部分, 即狭义农业。种植业是人类赖以生存的最主要的食物来源, 处于农业的核心地位。种植业可持续发展是我国的基本战略, 许多专家、学者对此有很多好的建议<sup>[1-3]</sup>。实现种植业可持续发展的重要条件之一就是准确、快速、经济地掌握作物的种植面积、长势、产量, 以及与此相关的资源、环境状况, 进而从国家、区域角度制定与人口、经济、社会发展相协调的市场导向、近期种植计划和政策法规, 以及种植业长远规划。信息技术的发展为实现这一目标提供了广阔的空间, 建立农作物卫星遥感估产系统是实现这个目标的重要基础。通过“八五”国家科技攻关项目“重点产粮区主要农作物遥感估产”建立的遥感估产试验运行系统的实践, 结合日新月异发展的信息技术, 建立面向全国的农作物卫星遥感估产系统是完全可以的, 尽早建立这个系统对国家有着巨大的和潜在的经济利益。

## 2 种植业可持续发展与卫星遥感估产系统

### 2.1 种植业可持续发展

种植业包括粮食作物、经济作物、饲料作物和绿肥等的生产, 通常用粮、棉、油、麻、丝(桑)、糖、茶、菜、烟、果、药、杂十二字来代表。由于种植业在农业和国民经济中的重要地位, 特别是粮食作物和某些经济作物所具有的特殊性质, 可以说种植业支撑着国民经济的发展。

该项研究获 1996 年度中国科学院科技进步一等奖, 国家“八五”科技攻关重大成果表扬, 1997 年国家科技进步二等奖。

来稿日期: 1998-02

种植业可持续发展是指保证当今我国社会、经济发展的同时,合理地利用自然资源、减少资源与环境的破坏与损耗,为未来的发展得以持续留有足够的空间,以确保后人的发展机会。种植业可持续发展是一个复杂的巨系统,它即包括种植业与农业,农业与国民经济其它行业的协调发展,又包括种植业内部的协调发展,还包括种植业与资源、环境的协调发展。

## 2.2 农作物卫星遥感估产系统

农作物的产量估计一开始就是卫星遥感技术应用的主要任务之一。简单地说,卫星遥感估产系统,就是以计算机为平台采用地理信息系统、全球定位系统和网络等信息技术对卫星资料进行适时处理,结合其它信息快速、客观地获得农作物的种植面积、长势和产量的信息系统,此外,经过多年运行还可以提供种植结构的变化,土地利用情况的变化等相关成果,这些都可以为种植业可持续发展研究和决策提供科学依据。目前用于这方面研究的卫星和它们所携带的传感器有:

美国的陆地卫星 Landsat-5, 轨道高度 705 km; 传感器为热制图仪 (Thematic Mapper, TM), 有 7 个通道, 除红外通道地面分辨率为 120 m 外, 其它都是 30 m; 每景覆盖范围  $185 \times 185 \text{ km}^2$ , 间隔 16 天覆盖地球同一地区。

法国空间中心高性能地球观测卫星 SPOT-2, 轨道高度 830 km; 传感器为两台高分辨率可见成像系统 (High Resolution Visible Imaging System, HRV), 有三个光谱通道和一个全色 (黑白) 通道, 全色通道地面分辨率为 10 m, 其它为 20 m; 每景覆盖地面  $60 \times 60 \text{ km}^2$ , 间隔 26 天覆盖地球同一地区, 由于它有倾斜观测的能力, 实际上 4 天~5 天就可对地面同一地区观测一次, 可以修正 1:5 万地形图。

美国大气海洋局 NOAA-12 和 NOAA-14 气象卫星, 轨道高度 870 km; 传感器为改进型高分辨率辐射计 (Advanced Very High Resolution Radiometer Model 2, AVHRR/2), 有 5 个通道, 星下点地面分辨率为  $1.1 \times 1.1 \text{ km}^2$ , 扫描宽度 2800 km; 每天 2 次覆盖地球同一地区, 平时有两颗卫星运行, 因此同一地区每天可接收 4 次。

## 2.3 种植业可持续发展与农作物卫星遥感估产的关系

农作物卫星遥感估产是种植业可持续发展地面实况信息采集的最有效手段, 可以成为种植业可持续发展的支持系统。种植业可持续发展是相对于人口增加、环境恶化、资源短缺、盲目种植、产量失衡等问题提出来的, 它不同于朴素的、自然的可持续发展思想。以种植业可持续发展作为目标, 需要在国家和区域 (省、地、县或大的自然区域和行政区域) 水平上, 科学地制定中长期 (10 年或更长时间) 发展规划和短期 (1 年或几年) 发展计划, 并在实践中不断修改、完善。种植业是从事生物性生产的行业, 生产过程受土地、水分、季节、自然灾害的影响, 目前使用的地面信息采集方法不能令人满意 (下节详细说明)。中国科学院国情分析研究小组在“21 世纪中国粮食与农业发展战略研究”报告中指出: 21 世纪前期中国可能出现粮食的总量短缺、结构性短缺和地区性短缺。利用先进的卫星遥感、全球定位系统、地理信息系统、网络系统等信息技术建立农作物卫星遥感估产系统是实现种植业地面实况信息准确、快速、经济获取的有效手段, 可以确切地给出结构性短缺和地区性短缺的空间分布, 为解决这类矛盾提供科学依据。最终成为种植业可持续发展的决策支持系统的一个组成部分。

### 3 种植业的统计和卫星遥感估产研究进展

#### 3.1 我国耕地和种植业基本状况

种植业基础是耕地, 尽管我国实有耕地数量大于现有统计数据<sup>[4]</sup>, 仍然面临来自多方面的压力: (1) 耕地质量差, 约有 $\frac{2}{3}$ 是中低产田<sup>[4]</sup>; (2) 耕地利用率高, 复种指数高, 1995 年为 157.8%<sup>[4]</sup>; (3) 土地经营极度分散, 规模小, 9 亿农民, 2.2 亿农户, 户均经营 6.7 亩耕地<sup>[5]</sup>; (4) 近 10 年来耕地面积呈下降趋势, 平均每年减少 490 万亩<sup>[1]</sup>; (5) 荒漠化、沙化土地数量大<sup>[1,6]</sup>; (6) 水土流失严重<sup>[1]</sup>; (7) 受不同程度污染的农田 1.5 亿亩<sup>[1]</sup>等, 而人口是压力的核心。

在种植业中, 粮食作为特殊商品, 历来受到党和政府的高度重视。粮食作物播种面积由 50~70 年代的 80% (其中有 9 年超过 85%) 降到 90 年代前 5 年的 74% (其中 1995 年稻谷 20.5%、小麦 19.3%、玉米 15.2%)<sup>[4]</sup>; 粮食作物总产量由 1949 年的 11 318 万吨增加到 1995 年的 46 662 万吨 (1996 年达到 48 000 万吨); 1995 年粮食产量构成是稻谷 40%、小麦 22%、玉米 24%, 其它 14%, 与 1979 年 (稻谷 43.3%、小麦 18.9%、玉米 18.1%) 相比已有很大变化<sup>[4]</sup>。

经济作物的播种面积, 50~70 年代约为 8%~9%, 到 1995 年已达 20% 以上。其中棉花播种面积 1952 年 3.9%, 1995 年为 3.6%, 产量由 130.4 万吨增加到 477 万吨<sup>[4]</sup>, 但棉花生产无论从面积、单产, 还是总产在过去近 50 年中出现较大波动, 其波动幅度大于 10%, 有时甚至超过 10%; 油料作物播种面积从 1952 年的 4% 上升到 1995 年的 8.7%, 产量由 419.3 万吨上升到 2 250 万吨<sup>[4]</sup>。其它经济作物无论从播种面积还是从产量都有很大增长。

种植业是农民在农业收益中的主要来源 (90 年代前五年约为 92%<sup>[4]</sup>), 目前处于由计划经济向市场经济过渡时期的农民在种植业上受到来自两方面的影响, 一方面是市场, 另一方面是自然灾害。农民往往在利益最大化原则驱使下, 盲目改变作物的种植, 近年来呈现种植制度调整过快的现象, 如 1996 年卖苹果难, 使得农民利益受到损害, 浪费自然资源。

在种植业中粮食区域间产量、品种波动大, 进出口贸易逆向调节。据有关方面分析我国粮食供需情况后指出, 全国供需基本平衡, 但年度间供需矛盾突出, 地区间粮食供需不平衡, 品种产需不平衡<sup>[7]</sup>; 近年来粮食丰收多进口、粮食减产少进口。建国以来棉花生产具有波动频率高、幅度大、范围广的特点, 且下滑快、上升慢, 1984 年棉花大丰收, 出口 18.7 万吨, 1991 年又是大丰收, 进口 23.1 万吨, 1985 年~1987 年棉花生产下滑, 出口反而增加, 平均每年出口约 60 万吨, 加剧了国内棉花供求矛盾<sup>[8]</sup>。此外粮食和棉花价格已接近或与国际市场持平。

种植业中诸多问题归结起来, 有自然灾害的影响, 也有政策变化频繁、科技发展滞后、进出口逆向调节、购销体制障碍、不完善的市场信息对农民的误导等, 笔者认为政策变化频繁, 进出口逆向调节, 购销体制障碍, 农民生产信息不灵, 除体制上的问题外, 对农作物播种面积、产量估计滞后、精度差有直接关系。

#### 3.2 种植业统计

种植业统计的意义勿容质疑, 特别是粮食作物和某些重要的经济作物如棉花、油料等, 是制定国民经济计划、实现可持续发展的基础。从国家利益和种植业生产的领导者角度出

发, 获得农作物种植面积、自然灾害、产量等信息, 时间越短越有价值, 然而目前的基本情况如下:

国家统计局系统几十年来一直通过两种渠道监测和预报种植业生产状况, 其一, 是国家、省、地区、县四级统计局, 按行政单元逐级统计汇总上报; 其二, 在国家统计局系统直属有全国农业调查队, 遍布在全国 800 多个县, 进行抽样统计; 第一种方法受各级行政部门的人为因素干扰严重, 例如 1996 年 1 月 13 日中央电视台“焦点访谈”报导, 早稻亩产 500 斤~ 600 斤就可以报到亩产 800 斤~ 1 000 斤, 因此数据的准确性差, 当然时间周期也长, 近几年由于农村体制改革, 这种按行政办法统计的数据已难以获得。第二种方法克服了人为干扰, 准确性好, 但地面工作量大, 仍然无法克服时间周期长的缺点。

除国家统计局外, 农业部在全国有 600 多个农业基点县从事这方面的调查<sup>[4]</sup>, 这也是各级政府部门的日常工作。结果是数据出入较大, 往往是各省报来的数据与国家统计局的数据不相符合, 各系统汇总的数据又不相同, 最后只能通过会商来决定这些基本数据。这种状况已经不适应信息化社会的要求, 特别是粮食和棉花的进出口贸易。

### 3.3 卫星遥感估产研究进展

#### (1) 国外研究的进展

从 1974 年到 1977 年, 美国农业部 (USDA)、国家海洋大气管理局 (NOAA)、宇航局 (NASA) 和商业部合作主持了“大面积农作物估产实验 (LACIE)”计划。该计划分三个阶段进行, 第一阶段对美国大平原 9 个小麦生产州的面积、单产和产量作出估算; 第二阶段, 对包括美国本土、加拿大和前苏联部分地区小麦面积、单产和产量作出估算; 第三阶段是对世界其它地区小麦面积、总产量进行估算, 估产精度均达到 90% 以上。1980 年到 1986 年, 执行 LACIE 计划的几个部门又合作开展了农业和资源的空问遥感调查计划 (AGRISTARS), 其中包括了世界多种农作物长势评估和产量预报。美国农业部外国农业局 (FAS/USDA) 负责美国以外国家的农作物估产, 并建成运行系统, 笔者于 1992 年 8 月在该部门见到当月估计的中国小麦、玉米、水稻总产量与后来 1993 年国家统计局公布的数字差 - 3.53%、+ 0.65% 和 - 0.66%。该项工作, 为美国在世界农产品贸易中获得巨大的经济利益。

欧共体、俄罗斯、法国、日本和印度等国为了本国的利益也都应用卫星遥感技术进行农作物长势监测和产量测算, 均取得了不同程度的效益。例如, 欧共体用 10 年的时间 (从 1983 年开始), 建成用于农业的遥感应用系统, 1995 年在欧共体 15 个国家用 180 景 SPOT 影像, 在 60 个试验点, 结合 NOAA 影像进行了作物估产, 可精确到地块和作物种类<sup>[9]</sup>。作业时间 10 天, 每两周发布一次公报。用卫星遥感方法进行长势监测和产量估算已进行多年, 方法已趋于成熟, 目前不断试验和探索的新技术, 将有助于卫星遥感精度的进一步提高; 同时遥感估产已不局限于一个区域, 甚至一国之内, 而且还着眼于其它国家和全球的估产工作。

#### (2) 国内研究的进展

从“六五”开始, 我国试用卫星遥感技术进行农作物产量预报的研究, 并在局部地区开展产量估算试验。“七五”期间, 国家气象局开展了北方 11 省冬小麦苗情监测和产量预

报研究, 并进行运行服务, 这是一个地面调查与气象卫星信息相结合的单品种产量估算系统。“八五”期间, 国家将遥感估产列为攻关课题, 由中国科学院主持, 联合农业部、国家教委、国家气象局、地方遥感中心等所属四十多个单位, 开展了对小麦、玉米和水稻大面积遥感估产试验研究, 建成了大面积“遥感估产试验运行系统”, 并完成了全国范围的遥感估产的部分基础工作。通过 1993 年~ 1996 年 4 年试验运行, 分别对四省两市(河北、山东、河南、安徽北部和北京市、天津市)的小麦, 湖北、江苏和上海市的水稻; 吉林省的玉米种植面积、长势和产量的监测和预报, 在指导农业生产及农业决策中发挥了重要作用。特别是解决了一批关键技术, 完成了全国估产的部分基础工作, 为进一步开展全国性的卫星遥感估产提供了重要保证。

#### 4 卫星遥感估产在种植业可持续发展中的作用

卫星遥感估产在种植业可持续发展中具有传统的统计方法无法比拟的优势, 例如:

(1) 速度 目前美国和欧共体每半个月左右提供一次产量报告、及产量趋势分析, “八五”期间在我们的试验中, 对估产区提供三、四次长势和产量趋势预报, 在收割前两周发布最终产量预报。

(2) 客观 在我国“八五”攻关课题计划执行中, 超前、客观地提供了估产作物播种面积及其空间分布, 长势的空间分布, 单产和分区总产的空间分布。

(3) 准确 在过去几年中, 与地面样点实测比较小麦估产精度达 95% 以上, 玉米在 90% ~ 95% 之间, 水稻在 85% ~ 90% 之间;

(4) 经济 卫星遥感估产系统 1995 年运行期间, 费用为河南省抽样调查的 1/10, 上海为 1/12。

对于地形破碎、种植制度复杂, 经营规模细小的中国种植业, 提前、客观地获得作物长势、产量等信息, 特别是种植面积及其分布的信息具有非常重要的意义。卫星遥感估产系统在实现种植业可持续发展过程中可以发挥重要作用(图 1):

- (1) 作物长势监测, 指导当年生产;
- (2) 作物产量估计, 早期制定下年种植业计划; 早期制定区域农产品调剂和进出口计划, 适应市场需求, 保证供需平衡;
- (3) 面积、长势、产量的客观估计, 也是农民对市场、政策反映的晴雨表, 有利于采取恰当地宏观调控措施;
- (4) 多年监测能客观反映种植制度的变化、资源利用、土地利用情况, 为种植业可持续发展长期规划提供依据;
- (5) 长期监测还可以为其它研究提供科学依据, 如气候变化对种植业的影响等。

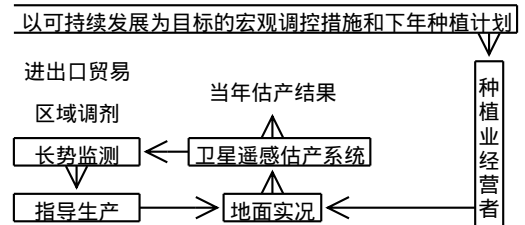


图1 卫星遥感估产系统在种植业可持续发展中的作用

Fig 1 The action for the system of estimation crop production using the information of satellite remote sensing in sustainable development of crop and plant cultivation

## 5 建立我国自己的卫星遥感估产系统

前面已经提到了美国对全世界的估产, 其中包括对我国的估产, 欧共体也在估计中国的产量情况, 但由于他们缺乏地面样点的验证, 因此只能按照国家历年公布的数字来拟合、分析我国当年的产量和其它国家和地区的农作物的产量, 为制定他们在世界农产品市场的策略服务。我国经过“六五”、“七五”、“八五”广大科技工作者的努力, 已经具备建立全国卫星遥感估产系统的能力, 时机已经成熟, 我们要高标准迎头赶上世界先进水平。

笔者在“建立我国主要农作物卫星遥感估产运行系统的主要技术环节及解决途径”<sup>[10]</sup>一文中分析了我国耕地及种植制度特点、卫星遥感估产中的主要技术环节和解决途径。此外, 应打破部门界限, 集中财力, 建成一个适合我国国情的卫星遥感估产系统。

## 6 结论

实现我国种植业可持续发展的重要环节是客观的统计资料, 随着信息社会的到来, 传统的统计方法已不适应改革开放的需要, 卫星遥感估产系统是利用现代信息技术快速、客观地提供有关资料的先进手段, 我国在这方面的研究已经取得了重要进展, 抓住目前这个时机迅速建成面向全国的主要农作物卫星遥感估产系统使之达到世界先进水平, 是当前的主要任务。

## 参 考 文 献

- 1 张俊飏等 论我国农业可持续发展的环境与出路 中国人口·资源与环境, 1996(2).
- 2 朱国宏 关于中国土地资源人口承载力问题的思考 中国人口、资源与环境, 1996(1).
- 3 程序 中国应走“可持续集约农业”之路 科技导报, 1995
- 4 中华人民共和国农业部 中国农业发展报告'96 北京 中国农业出版社, 1996
- 5 王雅鹏 中国粮食平稳跨世纪的思考 科技导报, 1995
- 6 张玉等 中国荒漠化灾害的经济损失评估 中国人口·资源与环境, 1996(1).
- 7 国家计委农经司、国家统计局农调队 中国粮食供需平衡问题研究 中国农村观察, 1996(1).
- 8 俞叔忠 避免异常波动 保障有效供给—我国棉花生产波动的特点、成因剖析与对策建议 中国农村经济, 1995(11).
- 9 张玉贵 1996 年巴黎 SPO T 国际会议情况简介 遥感信息, 1996(2).
- 10 陈沈斌等 建立我国主要农作物卫星遥感估产运行系统的主要技术环节及解决途径 自然资源学报, 1997, 12(4) 363~ 369.

## 作 者 简 介

陈沈斌, 男, 1948 年生, 副研究员。1975 年毕业于南开大学物理系, 毕业后在中科院综考会工作。主要从事气候和遥感应用研究, 发表“城市化对北京平均气温的影响”等 30 余篇论文, 及主编《小麦、玉米和水稻遥感技术研究文集》。

# **SUPPORT SYSTEM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR CROP AND PLANT CULTIVATION ——ESTIMATING CROP PRODUCTION USING INFORMATION OF SATELLITE REMOTE SENSING**

Chen Shenbin

*(Commission for Integrated Survey of Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)*

## **Abstract**

To obtain the information of ground exactly, quickly and economically, is the need of sustainable development of crop and plant cultivation. The availability means is to set up the system for estimating crop production using the information of satellite remote sensing. The system can be used to monitor crop growth and development and growing area, and estimate crop productions. This paper analyses the current situation of cultivated land, agricultural statistics, and the development for estimating crop productions. Using the information of satellite remote sensing can play an important role in sustainable development of crop and plant cultivation. It is not replaced by other methods. It is possible to set up the countrywide system based on achievements of the eighth five-year plan of nation.

**Key words** Crop and plant cultivation, Sustainable development, Satellite remote sensing, Estimating crop production