

# GPS 节水灌溉系统的研究

刘根深

(中国热带农业科学院分析测试中心)

**摘要:** 全球卫星地面定位系统 GPS、遥感遥测系统 RSS 与地理信息系统 GIS 等 3S 空间电子信息技术在农业中的应用形成了智能化精确农业(Precision farming)。该文 GPS 节水灌溉系统是作者为海南某生态农业公司 100 hm<sup>2</sup> 香蕉园研究设计的,也是一项精确农业的应用研究。

**关键词:** 精确农业; 3S 空间电子信息技术; 多变元调控; 土壤参数传感器

## 1 智能农业简介

智能控制与智能自动化技术在农业中的应用始于农用机器人,目前随着美国全球卫星定位系统(Global Positioning System 简称 GPS)的解密转为民用后,将 GPS 应用于农用机器人,形成了精确农业(Precision Farming)学科,揭示了农业科技革命的方向。定位科学与遥感科学已发展成渗透于农学、地理学、环境学、资源科学、大气科学等多学科的交叉学科。精确农业将 GPS、RSS (Remote Sensing System 遥感遥测系统)、GIS (Geographic Information System 地理信息系统) 3S 空间电子信息技术应用于农业,将通讯、监测、模拟、自动控制和农业专家系统集成,形成农业的智能环境与农业信息交换平台<sup>[1]</sup>,实现对农业的行业弱势的有效调控,从而保证农业的持续发展。

## 2 GPS 节水灌溉系统构成

GPS 节水灌溉系统是应生态农业公司要求而研究设计的。在分析了农业生态的多变元环境后,根据变元关系式的变元寻优法则,研究设计了 GPS 智能化节水灌溉系统。其功能是根据作物生命过程中水需求、土地干湿情况、作物生长的环境温度,精确调控节水灌溉系统,以保证作物生长的良好生命环境与生长环境。

### 2.1 精确农业与多变元调控

农业生态环境是一个多变元系统,正是这种多变元环境形成了农业的行业弱势。过去因监测与控制技术的落后,长期得不到有效调控,制约了农业的持续发展。以 3S 空间电子信息技术为核心的精确农业,能实时采集植物生长过程中的环境参数,实现农业生产环境中的多变元调控。

#### 2.1.1.1 多变元寻优

例如:植物生长依赖于光照强度( $L$ )、温度( $T$ )、湿度( $H$ )与空气中的二氧化碳( $CO_2$ )含量的浓度。光合作用明显表现为植物对二氧化碳的摄取程度,以植物对二氧化碳摄取快慢作为光合作用的质量指标( $Y$ ),则多变元系统的关系式为<sup>[2]</sup>:

$$Y = f(L, T, H, CO_2)$$

至此,问题就变成了如何调控 $L$ 、 $T$ 、 $H$ 、( $CO_2$ ),以保证 $Y$ 达到最优,其中 $T$ 、 $H$ 则是本研究的目标。目的在于通过 GPS 土地参数采样器获取作物耕作区域定位数据与植物生长状态中的植物温度、地温、与土地湿度,并以土地湿度为主实现节水灌溉。调控土地湿度,从而达到改变地温与植物环境温度与湿度,实现多变元的有效调控,保证植物与作物的好生态环境。

#### 2.1.1.2 香蕉生长的多变元环境

香蕉无主根,肉质不定根着生于球茎,正常蕉株 200~ 300 条根,分为侧根与下垂根,根系浅生,主要分布于土表下 10~ 30 cm 的土层中。

香蕉要求温度 21 以上的高温多湿环境,生长温度为 20~ 35 ,最适宜为 24~ 32 。

根群细嫩对土壤的选择较严格,通气不良,排水不良,都不利于根系的发育。以粘粒含量 < 40%,地下水在 1 m 以下砂壤土,尤以冲积壤土与腐殖质壤

收稿日期: 1999208205

刘根深,高级工程师,海南省儋州市宝岛新村 中国热带农业科学院分析测试中心, 571737

土为适宜。pH 值 415~ 715 较适当, 610 以上为最好。

降雨量以每月平均 100 mm 最为适宜, 低于 50 mm 属于干旱季节。香蕉因缺水而抽蕾期延长, 果指短, 单产低; 如蕉园积水或被淹, 轻者叶面发黄, 易诱发叶斑病, 重者根群腐烂以致植株死亡<sup>[3]</sup>。

若以香蕉的丰产为质量指标 (Y), 则其多变元关系式为

$$Y = f(pH, H, T)$$

因此, 通过监测与调控土壤的 pH 值, 温度 T, 湿度 H, 即可使香蕉的质量指标 Y 达最高值而获得丰产。pH、T、H 则成了香蕉的 GPS 节水灌溉系统的控制条件。海南是香蕉生长最适宜区, 平均温度为 23.16~ 25, 满足温度条件, 因而土壤湿度 H 就成为香蕉高产稳产的首要条件, GPS 节水灌溉系统就是以湿度 H 为主控条件而设计的。

### 2.2 精确农业中土地信息处理的拓扑结构

快速有效采集田间土地、作物生长环境信息是精确农业的重要基础。本文根据香蕉多变元寻优形成的质量模型, 进行温度、湿度与 pH 值等田间信息的采集, 相关传感器与数据处理及数据传输, 使用了商业化产品。

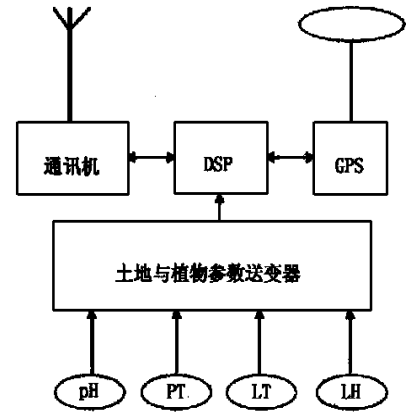
土壤参数传感器及其数据处理送变器, 包括地温传感器、作物表面温度传感器、土地湿度传感器、土壤肥力、酸度 pH 值传感器等与数据处理送变器, 以及根据其采样数据, 通过专家系统进行植物分析, 调控植物生长环境以满足植物生命需求。构成的 GPS 精确农业信息交换平台其基本结构包括 GPS 土地参数采样器与 GPS 中心控制基站, 精确农业系统 (Precision Farming System) 信息交换平台拓扑结构如图 1 所示。

#### 2.1.2.1 GPS 土地参数采样器研制

通过土壤肥力测定仪、PT (Plant Temperature) 植物温度、LT (Land Temperature) 地温、LH (Land Humidity) 土壤湿度等传感器, 采集植物生长的环境参数, 经过参数送变器进行 A/D 变换后, 送给 DM 无线智能 Modem 数传电台, 完成数字信号处理 DSP、GPS 定位、土地参数的传送。

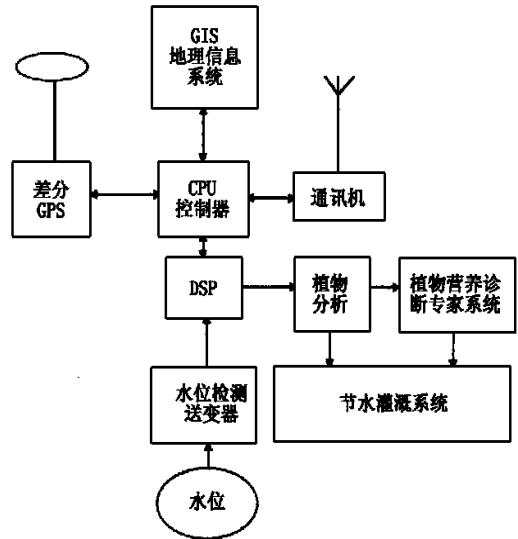
1) 植物温度传感 PT, 土地温度传感器 LT 均采用 MAXM 的 MAX65XX 温度开关自行开发制作。

2) 土壤肥力与酸度 pH 计的改造: 采用中国科学院南京土壤研究所研制的 SFM 2I 智能化土壤肥



a GPS 土地参数采样器

pH——土地酸度值; PT——(Plant Temperature): 植物温度; LT——(Land Temperature): 土地温度; LH——(Land Humidity): 土地湿度。



b GPS 中心控制基站

图 1 精确农业系统 (Precision Farming System) 信息交换平台拓扑结构

Fig 1 The topologic structure of precision farming system information switchboard

力测定仪, 定位采样田间土地信息。改有线传输为无线数传。

3) 土地湿度传感器 LH 研制因现行湿敏电阻与水浸传感器只适应于空间与管道环境中应用, 深入土地中的土地湿度传感器是自行开发研制的。采用 5 mm 的镀锌铁丝, 取长 35 cm, 前端磨尖, 外加绝缘留出尖端 1 cm, 做土地湿度探针, 探针间距约 8 cm, 探地深度根据作物根系不同, 一般在 20~ 35 cm 之间。上端引出电极联线, 连接到送变器。感湿原理是利用土地干湿时地电阻值不同。

4) 送变器研制采用开关管与MAXM的模拟开关MAX4544做采样保持。设湿度灵敏度调节器W,根据不同土壤成分调节其湿度灵敏度电阻 $R_k$ 。

5) 采用正华电子高科技工程有限公司研制的DM无线智能Modem数传电台,完成土地参数的数据处理DSP, GPS定位与数据传送。

#### 2.1.2.12 GPS中心控制基站构成

DM智能无线Modem数传电台完成GPS定位信息与土地参数的传送与接收。计算机安装GIS信息系统与作物产区的电子地图, RSS斯波特红外图谱解析系统,完成植物分析与辐射传输模拟,经精确计算后,则根据土地实际参数,启动相关的农业专家系统,完成配肥与灌溉,直至满足植物生长需要的生态环境。

### 2.3 GPS节水灌溉系统智能控制的实现过程

1) 对象定位区域内的热带作物如香蕉、甘蔗、反季节瓜菜等 $70\text{ hm}^2$ 以上的大面积集约规模生产,所建成的节水灌溉系统。

2) 在生产现场建立 $N$ 个GPS土地参数(土温、湿度)与环境参数(植物温度、 $\text{CO}_2$ 、照度)采样器。目前以土地参数为主。

3) 计算方法 $H_1, H_2, \dots, H_N$ 的逻辑或运算启动与关闭主泵;非 $H_x$ 启动与关闭分泵。

4) 感湿原理 $H_1, H_2, \dots, H_N$ 为湿度传感器,根据耕作面积安置 $N$ 个;W为湿度灵敏度调节器,调节湿度探针 $a, b$ 间土地电阻 $R_k$ 处于干湿临界状态,若 $R_{ab} > R_k$ ,则土地干,需要启动节水灌溉系统主水泵抽水,与 $H_x$ 相关的区域的分水泵进行灌溉;若 $R_{ab} < R_k$ ,则土地湿,关闭节水灌溉系统停止灌溉。此状态为系统常态。

5) 控制过程土地湿度正常时, $R_{ab} < R_k$ ,节水系统停止工作。当某个 $H_x$ 湿度传感器检测到土地干时,此时, $R_{ab} > R_k$ ,送变器Q截止,输出高电平给MAX4544SPDT模拟开关并翻转,进入采样保持,COM获高电平给D寄存器使其置1, Q端输出高电平送给N端或门,并输出高电平打开节水灌溉系统主水泵双向可控硅,启动电磁阀抽水供水;同时, Q端高电平反相为低电平使MAX4544模拟开关闭

合,输出高电平打开分水泵可控硅,启动分水泵电磁阀,开始灌溉,随着灌溉进行土地湿度增大 $R_{ab}$ 降低,直到 $R_{ab} < R_k$ 为止,关闭分水泵,结束 $N_x$ 探头所监测区域的灌溉,但不影响主系统。 $N$ 个湿度探头检测值,均为 $R_{ab} < R_k$ 时,节水灌溉系统才关闭。

6) GPS节水灌溉系统智能控制原理简图如图2。

## 2.4 系统投资概算及其实用性评估

### 2.4.1.1 投资概算

根据GPS信息交换平台与智能控制的要求,农业生产的规模与需要,对已有的灌溉系统进行智能化改造的投资概算如下:

设备名称	设备型号	数量 台	单价 元	预算经费 元
无线智能Modem数传电台	DM 2421S ZH 2402S	8 2	1 800100 3 500100	14 400100 7 000100
GPS		10	2 000100	20 000100
土壤肥力测定仪	SFM 21	8	15 000100	120 000100
墒情传感器		8	1 250100	10 000100
环境参数采集仪	ESC8800	1	20 000100	20 000100
灌溉系统技术改造费			50 000100	50 000100
农作物电子地图GIS			20 000100	20 000100
系统软件研制			20 000100	20 000100
合计:				281 400100

### 2.4.1.2 实用性评估

根据作物生长需要,适时自动地测土配肥与精量灌溉,仅此一项可节省农业资源与水资源、电能源:40%~60%。随着3S技术应用的成熟与普及,可提高科学技术对农业的贡献率;亦可培育新的农业信息产业与经济增长点。为农业的持续发展营造一个良好的农业生态环境。

## 3 结 论

精确农业系统工程在国内的研究开发应用还刚开始, GPS节水灌溉系统只是其中一种应用。农业生态是一个复杂巨系统,造成农业的行业弱势的成因与变元很多,智能化精确农业旨在分析与调控这些变元与成因,构建和谐的人地关系,保护自然资源与生态环境,创造农业持续发展的生态文明。

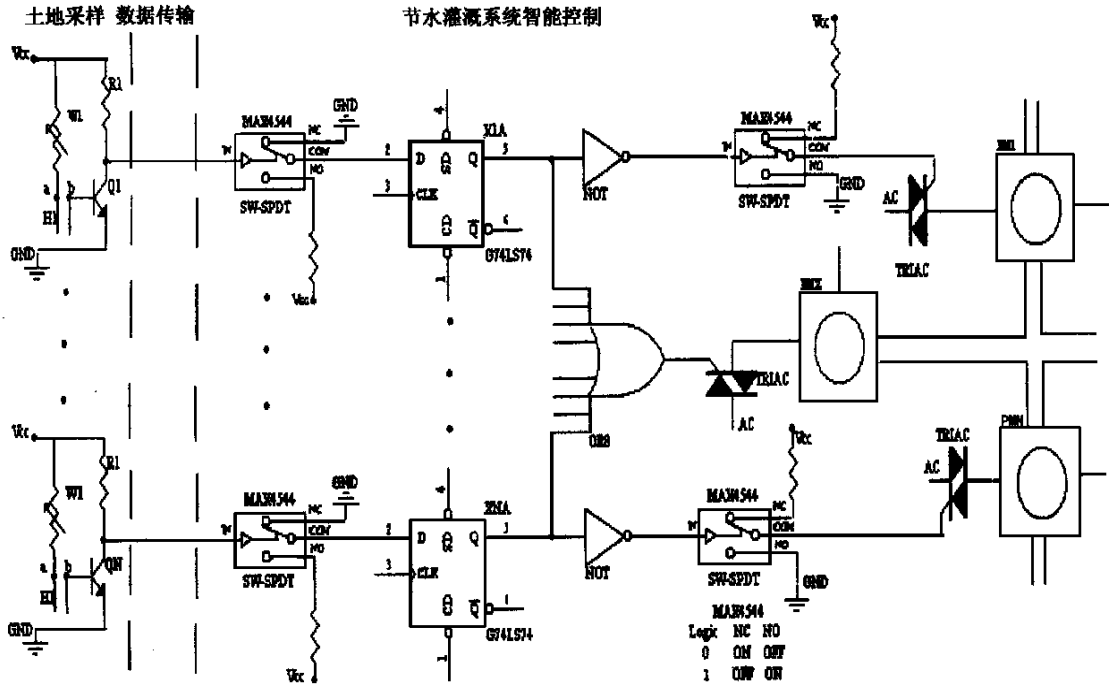


图 2 GPS 节水灌溉系统采样(土地湿度)、传输、智能控制示意图

Fig 2 The sketch of GPS water2saving irrigation system for sampling (soil moisture content), transmission and intelligent control

[参 考 文 献]

[1] 刘根深 信息在农业产业化经营中作用刍议 98 大连2香港国际计算机会议论文集 第 1 版 大连:大连理工大学出版社, 1998, 10: 516

[2] 郑学坚等 微型计算机原理及应用 第 1 版 北京:清华大学出版社, 1987, 1: 328  
 [3] 农业部发展南亚热带作物办公室 中国热带南亚热带果树 第 1 版 北京:中国农业出版社, 1998, 5: 398

### Research on the GPS Water-Saving Irrigation System

Liu Genshen

(Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou 571737)

**Abstract:** Owing to the Global Positioning System (GPS), Remote Sensing System (RSS) and Geographic Information System (GIS) 3S space electric information technology applied to agriculture, the intelligent precision farming has been shaped. The GPS water2saving irrigation system in this paper was designed for 100 hm<sup>2</sup> banana orchards of an eco2agriculture company.

**Key words:** precision farming; 3S space electric information technology; multi2change2element regulation and control; soil parameter sensor