

· 学科进展与展望 ·

精准农业中信息相关科学问题研究进展

何东健¹ 何勇² 李明赞³ 洪添胜⁴
王成红⁵ 宋苏⁵ 刘允刚⁵

(1 西北农林科技大学, 杨凌 712100; 2 浙江大学, 杭州 310029; 3 中国农业大学, 北京 100083;
4 华南农业大学, 广州 510642; 5 国家自然科学基金委员会, 北京 100085)

[摘要] 信息技术是精准农业的核心, 本文在“精准农业中与信息相关若干重大科学问题研讨会”的基础上, 对精准农业概念及相关信息技术做了论述, 分析了国内外在精准农业田间信息采集、作物生长模拟模型及调控、智能农业决策支持系统、精准农业装备技术与产品等领域的研究现状和未来发展趋势, 提出了未来 5—10 年优先资助领域。

[关键词] 精准农业, 信息技术, 研究进展

引言

2010年3月12—14日, 国家自然科学基金委员会在陕西杨凌举办了第46期双清论坛, 论坛的主题是: 精准农业中与信息相关的若干重大科学问题。近60位计算机、自动化、农业和农业信息专家参加了会议。

与会专家紧密围绕面向精准农业的数据获取、处理、理解与利用; 农作物与生态环境系统的建模、仿真与调控; 农作物生长态势及病虫害实时预警预报; 农业智能系统及作业优化管理等领域进行了深入交流与讨论, 给出了未来5—10年的重点研究领域。

1 精准农业与相关信息技术

“精准农业”即“Precision Agriculture”或“Precision Farming”, 主要指利用3S(GIS、GPS、RS)空间信息技术和作物生产管理决策支持(DSS)技术为基础的面向大田作物生产的精细农作技术, 即基于信息和管理的现代农田“精耕细作”技术^[1]。其基本思想是利用遥感系统(Remote Sensing, RS)获取农业生产全程各时段资料, 用于土壤和作物水分、作物营养状况、作物病虫害等监测; 用全球定位系统(Global Positioning System, GPS)采集部分农田信息, 并为农用机具提供实时的位置信息, 指导精准作

业; 利用地理信息系统(Geographic Information Systems, GIS)将已有的土壤和作物信息资料整理分析, 作为属性数据, 并与矢量化地图数据一起制成具有实效性和可操作性的田间管理信息系统。在此基础上结合决策支持系统(Decision Support System, DSS)、专家系统、计算机和自动化技术等, 达到“以适量投入, 获取较好经营利润”、“减少资源消耗, 保护生态环境”等多种优化目标^[1,2]。

精准农业的核心是“4S”技术, 其本质是各类信息的获取与智能处理^[1], 因此信息技术是重要基础。

2 精准农业中信息相关科学问题研究进展

目前, 围绕精准农业国内外的研究主要集中在农业资源调查、精准农业田间信息采集、作物生长模拟模型及调控、智能农业决策支持系统及智能机械精准作业等领域。

2.1 国外研究进展

(1) 精准农业田间信息采集

农业信息主要包括农田土壤环境信息、农作物营养及长势信息、病虫害信息等诸多方面, 其快速获取、处理与理解是精准农业发展的关键。

国外农田信息采集研究主要集中在土壤养分、土壤水分、电导率、pH值、作物生长与生理参数、病虫害分布等要素的快速采集方面, 取得了一些研

本文于2010年12月2日收到。

究成果,并开发出一些实用产品和应用系统^[3]。

土壤养分采集。目前采集方法主要采用基于光电比色等养分速测仪,是一种基于近红外技术(NIR)通过土壤或叶面反射光谱特性进行农田肥力水平快速评估的仪器^[4],以及基于离子选择场效应晶体管(SFET)集成元件的土壤主要矿物元素含量测量仪器。该方面的研究直接面向解决土壤养分测量这一技术难题,得到了学术界和产业界的广泛关注。

土壤水分测定。通常测定方法主要包括基于时域反射仪(DR)原理的测量方法、基于快中子易被氢原子核慢化原理的测量方法、基于土壤水分张力的测量方法和基于电磁波原理的测量方法。

土壤电导率能不同程度地反映土壤中的盐分、水分、有机质含量、土壤质地结构和孔隙率等参数的大小,美国 VERIS 土壤电导率测定系统可快速获取农田土壤信息,已进行推广应用。EM38 型电导率仪无需接触土壤,也在精准农业土壤信息获取中得到广泛应用。SIBUSAWA 研究开发的机载实时监测装置可以连续测量 15—30 cm 深度的土壤水分、pH 值、电导率、土壤硬度等^[5]。

作物生长信息获取。目前信息获取的手段主要利用航空和卫星遥感数据反演归一化植被指数 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)值来监测作物长势,可用于大面积作物的长势诊断与估测以及产量预报等;在区域或田块的尺度上,利用红外光束、超声波、微电极恒流源技术等传感器,近距离直接观测分析作物的长势信息。日本开发出一种便携式作物生长监测仪,可在田间快速测定 GI 值($NDVI \times 100$),为作物长势监测提供点状数据^[6]。

病虫害信息的快速采集。目前主要是基于计算机图像处理及模式识别技术,以作物植株的根、茎、冠层(叶、花、果实)等的形态特征作为诊断判读目标,采用遥感图像判读和图像识别相结合的方法确定灾害的程度^[7]。

(2) 作物生长模拟模型

国外在植物生长过程的形态演变模型、生态生理模型和计算机可视化模型等方面进行了大量研究,建立了一些作物生长模型,并得到广泛应用。

在形态演变模型方面,1968 年丹麦植物学家 Lindenmayer^[8]提出了 L-系统,给出了植物形态模拟的一般框架。后来又扩展成为 D0L-系统, D1L-系统, D2L-系统, 随机 L-系统, 参数 L-系统^[9,10]。Měsh 和 Prusinkiewicz^[11]将 L-系统发展成 Open L-

系统,该系统能考虑到环境对作物的影响,如植物枝条的相互遮蔽、植物群体的光竞争、根系间的水分竞争等。著名植物学家 Hallé 等人定义了 23 种构造模型^[12],如 Corner 模型、Tomlison 模型、Leeuwenberg 模型、Rauh 模型等。大多数植物的拓扑结构属于这些模型中的一种或几种模型的组合。该研究被认为是植物拓扑结构研究中的经典工作。

De Reffye 等人^[13]提出了“参考轴技术”的植物建模方法,该方法是用有限自动机(Finite Automata)来描述植物形态,用随机过程的马尔可夫链理论以及“状态转换图”(State Transition Graph)方式来描述植物的生长模型,该模型易将周围物理环境参数集成到系统中。法国农业开发国际研究中心(CIRAD)研制了 AMAP(Advanced Modeling of Architecture of Plant)模型,通过对植物形态与结构的定性理解和认识,再测定植物形态定量数据,由此构造植物几何模型,并制作基于此模型参数表,最后在计算机上生成植物图形^[14]。Godin 等人在此基础上提出了多尺度意义下的植物拓扑结构模型(MTG),这种模型能够以不同时间尺度描述植物的拓扑结构^[15]。

生态生理模型的建模分为传统数学方法和人工智能方法两大类。传统数学方法即数理统计方法基本上不考虑生态生理方面的功能原理,而是根据试验样本的统计数据建立数理关系。例如许多研究者应用各类多项式、指数函数、双曲函数和 S2 曲线等描述农作物的生长周期、产量预估、光合作用、养分分配、叶片生长、以至环境因素等^[16]。

在植物可视化模型应用方面,德国 Green Works 公司的 Xfrog 软件和美国 Interactive Data Visualization 公司的 SpeedTree 软件处于领先地位。此外,美国 Onyx Computing Inc 公司研制的 Tree Classic, Tree Professional, Tree Painter 等植物模拟软件,可以快速生成植物图形,制作植物图形库、叶片库等,利用这些库,用户只需选择植物的种类,输入其生长年龄和一些随机参数,就可以生成形象逼真的植物图形。法国的 Clermont Ferrand 大学开发的 ECOSIM 软件,综合运用图像分割、遗传算法、多智能体等多种方法来模拟生态环境以及森林的生长^[17,18]。Chiba 等人开发的 Virtual Gardening, Virtual BONSAI 和 Digital Landscapes 软件^[19],建立了对环境敏感的植物生长模型及根与土壤相互作用模型,并模拟植物的生长特性(如自我修剪、光照对植物的影响、植物根系的生长等)和自然景观。

(3) 智能农业决策支持系统

目前基于农田或农场尺度的多种计算机生产决策技术与精准农业的实践要求尚有较大差距。数据挖掘软件工具已被用于比较不同种类的空间数据(如产量图、土壤养分数据等),分析挖掘深层次的关系^[20]。经典的数学和空间学分析方法,如多变量聚类分析、时空模型、制图学方法和空间模拟方法等也用于分析产量图。将专家系统、模拟模型、GIS和RS等相结合进行农业生产决策支持是发展的方向。美国佛罗里达州立大学研制了将作物模拟模型与GIS相结合的农业和环境决策支持系统AE-GIS^[21]。日本农业食品产业技术综合研究机构开发的信息中心软件系统,集田间土壤及作物长势产量和安全信息的收集、分析功能于一体,可用于指导作物布局选址、施肥设计和安全溯源等。

(4) 精准农业装备技术与产品

发达国家农业装备迅速向大型、高速、复式作业、人机和谐与舒适性方向发展。美国CASE I公司的AFS(Advanced Farming System)系统、英国AGCD公司的Fieldtar系统、美国John Deere公司的Greenstar系统、美国AgLeader公司的PF(precision farming)系统及英国RDS公司的产量监测系统,这些系统均具有较强的GIS综合功能,能自动完成产量监测并生成产量分布图。由日本研制的自动计产式联合收割机,可以实时测定籽粒水分和产量,并根据地块作业记录结果生成产量空间分布图。

作业智能导航和自动驾驶技术已成为国际上研究和应用的热点。美国Trimble公司的EZ-Guide和AutoSteer系统能够实现农业机械作业过程的智能导航和自动驾驶。美国Mid-Tech公司的Center Line Guidance Lightbar系统能够以直线和曲线方式导航,该公司FiedPiot可以根据需要配置成精准变量施肥、变量喷药等作业控制系统,同时实现作业的智能导航和自动驾驶。

变量施肥、播种技术设备开始规模化应用。美国Ag-Chem公司生产的SOLDECTION变量施肥系统可对磷肥、钾肥和石灰混合配置并变量撒施。美国ACCU PLANT播种机控制系统可安装在各类播种机上实现变量播种。日本研制的肥料与种子播撒机械,可根据土壤肥沃度变量投入肥料和种子^[22]。

加拿大Robert等人开发出具有杂草识别功能的喷洒器用于除草。美国伊里诺大学研制的喷杆式变量喷药系统,通过对摄像头采集的田间图像进行

处理并自动识别来控制喷药。

总体来看,国外在农田土壤、作物及病虫害等要素信息的快速采集技术上已实现部分突破;在精准农业决策分析技术上,建立了作物模拟模型和农业专家系统,但缺乏精准农业决策管理模型,精准农业集成系统尚未完全建立;变量播种机、变量施肥机、变量施药机、联合收割机等高度智能化农业机械已广泛应用^[2]。

2.2 国内研究进展

我国精准农业发展的10多年间,在农业信息的获取与分析处理,农作物生长模拟及调控,以及新型农业机械的开发应用等方面,均形成了一定的研究基础,取得了一定的成果。

(1) 信息获取、处理与理解

在土壤水分测定方面,我国已掌握驻波率原理法(SWR)和频域分解法(FD)的关键技术,已经有成熟的仪器产品用于土壤水分测量^[23,24]。时域分析法(TDR)测量精度高、对土壤类型适应范围广、实时性好。王克栋等人提出了用高频正弦波代替脉冲信号作为测试信号,利用相位检测原理测量信号传播时间,从而测量土壤含水量的方法^[25]。Zeng等人提出了一种土壤圆锥指数和土壤水分的土壤双参数测试原理及方法,并开发了单机和车载式土壤双参数自动测量装置^[26]。

彭玉魁等人探明我国黄土区土壤水分、有机质和总氮含量的NIRS预测值与实验室化学分析值之间有很高的相关性^[27]。于飞健等人用NIRS测定土壤中的全氮、有机质和碱解氮,表明近红外光谱数据与3项指标具有良好的相关性^[28]。何勇团队建立了光谱吸光度与有机质含量和PH值之间的定量分析模型^[29,30]。李民赞团队分析了土壤水分、全氮、硝态氮、有机质等和频谱特性间的关系,获得了精度较高的预测模型,开发了基于光谱学原理的土壤有机质含量传感器^[31-33]。陈鹏飞、袁石林等人探索了利用光谱分析土壤磷素和钾素的可能性^[34,35]。

北京市农林科学院发明了重金属X射线荧光检测、GPS定位和上位机空间分析功能的便携式土壤重金属分析仪。李民赞等人开发了一种便携式土壤电导率实时分析仪,可在多种农业环境中使用^[36]。

在植物营养信息的获取与处理研究方面,曹卫星团队研究了小麦叶片氮含量与冠层反射光谱的定量关系^[37,41]。王纪华等人提出一种利用光谱反射率诊断小麦叶片水分状况的方法^[42]。李民赞团队以

大田或温室栽培作物为对象,进行了基于光谱分析的作物叶片含氮量及叶绿素含量的测量研究^[43,44]。

耿楠等人提出了用小麦叶片和茎秆之间的叉点数来检测叶数;用色相表示小麦叶片的颜色,对小麦叶片的色相值进行检测的方法^[45];毛罕平等研究利用机器视觉对无土栽培番茄营养元素缺乏进行识别^[46];李长缨等人进行了基于机器视觉的温室黄瓜幼苗生长监测系统的研究^[47];何勇、李民赞等人利用机器视觉技术和多光谱成像技术,对温室栽培黄瓜、番茄的图像进行了分析,提出了针对不同生长条件的作物营养状态判别指数^[48,49]。

在植物病虫害信息获取与处理方面,黄木易、刘良云和郭达志等人利用多时相高光谱航空图像监测冬小麦条锈病情^[50-52]。王圆圆、王海光等人研究了冬小麦感染条锈病严重程度和冠层光谱特性之间的关系,给出了不同程度条锈病叶判别分类的方法^[53,54]。吴曙雯、邱白晶等人探讨水稻冠层光谱和病害间的关系^[55,56]。刘占宇、孙红等人研究了利用光谱技术检测水稻病害的方法^[57,58]。田有文等人分别研究了黄瓜、番茄和棉花病害和光谱特性之间的关系及检测方法^[59-61]。

在杂草识别研究方面,纪素文和王荣本利用计算机图像技术识别出田间杂草并确定了杂草的位置和生长状况^[62];龙满生和何东健提出了玉米地杂草的识别方法^[63]。

(2) 作物及生态系统仿真

基于生理生态机理的、考虑作物生长与气候、土壤、生物乃至人文等环境因素相互作用的作物生长动态模拟模型已成为精准农业研究最热门方向之一。

唐卫东等人提出了一种虚拟植物系统模型耦合构建技术,结合植物生长模型,将植物虚拟模型和可视化模型进行有机耦合,以构建出反映植物学规律的虚拟植物系统^[64]。胡少军等人提出一种基于图像的小麦叶片重建方法,能较好模拟小麦叶片在空间的扭曲和卷曲现象^[65]。

国内温室作物模型研究主要集中在温室主栽的黄瓜、番茄、甜瓜等作物种类。李永秀等人依据温室黄瓜器官生长与温度和辐射的关系,建立了基于分配指数和采收指数的温室黄瓜干物质分配与产量预测模拟模型^[66]。史为民等人建立了日光温室黄瓜非均质冠层光合速率模型^[67]。

(3) 精准农业变量作业系统及控制技术

国家农业信息中心研制了与国产拖拉机配套的变量施肥机,将施肥处方输入计算机,拖拉机上的

GPS 分别接收来自卫星和差分基站的信号,系统软件差分信号确定施肥机械所处位置,施肥控制器根据该处施肥量控制液压马达的转速,达到改变排肥量的目的。

在农田机械智能导航控制技术研究方面,罗锡文等人开发了基于 CAN 总线的分布式插秧机导航控制系统,能自主完成路径跟踪、转向、变速以及插秧等操作,道路和田间作业跟踪误差好,满足水田插秧作业要求^[68]。陈军等人研究了拖拉机沿曲线路径的跟踪控制、基于神经网络的农用车自动跟踪控制、拖拉机半挂车机组自动直线倒车控制与实验拖拉机队列自动控制系统^[69-72]。

(4) 精准农业管理决策支持

刘小军等人研究了基于 WebGis 的农业空间信息管理与辅助决策系统^[73],设计了网络化和数字化的区域农业空间信息管理及辅助决策系统,构建了种植制度评价、农产品生态区域划分、农作生产潜力分析和精确农作管理的定量化动态管理知识模型。国家农业信息中心提出了面向构件的测土配方施肥辅助决策技术体系^[74]。中国农业科学院农业信息研究所在传统的决策系统基础上提出了新一代的基于 Agent 的农业生产管理方法,为农业生产管理提供了一种智能型的技术手段。

3 未来的研究方向

未来 5—10 年对以下方向应当予以优先资助:

(1) 信息快速获取与解析理论与方法。主要农作物生长过程中营养信息、生理信息、生态信息、光合作用、根系发育信息,大田农业、设施农业及果园等作物(果树)、土壤、大气等关键参数的快速获取理论、技术和方法;畜牧水产的个体和群体的生长发育、环境和健康信息,动物个体行为、群体行为与动物健康状况信息,规模化健康畜牧水产养殖关键信息及畜牧水产对象典型疾病信息的快速获取、分析、诊断理论和方法。

(2) 多源多尺度信息融合与同化的理论与方法。农业生物-环境参数的多源信息表达及融合理论和方法;多源有效信息的提取和分析模拟理论和方法;多源数据同化模型和方法。

(3) 精准农业管理决策支持理论与方法。农作物长势定量(信息)化描述、表达与评价方法,农作物长势与环境因子关系模型与评价方法,病虫害诊断与预报预警的理论与方法,农田变量作业优化管理的理论与方法,农田变量作业决策模型、管理分区、

处方生成的理论与方法;农田精准耕整地、栽播及实施作业技术的协同优化管理理论和方法。

(4) 农业知识与数据共享的信息系统理论与方法。海量农业信息中有效信息的智能抓取,基于神经网络、机器学习等方法的知识抽取和关联规则建模,信息系统模型选择与模糊决策理论和方法;信息系统数据共享、决策体系协同服务的方法、模型和体系。

(5) 作物及生态系统仿真与调控模型。作物长势与环境因子关系的动力学模型,存在环境不确定性的生物生长多尺度、多目标优化控制,农作物-环境动态变化效应评价技术体系和方法;作物生态与生长机理模型耦合的理论与方法;作物生长过程的智能计算及可视化(作物形态与生长性状自动测量、农林植物形态结构虚拟表达模型和3维拓扑模型、作物生长过程图形图像显示模型及根-冠资源获取模型、作物生长过程网络化虚拟化技术)。

(6) 智能农业机械作业目标识别与定位。基于机器视觉等技术的农机作业目标识别技术;智能农机精准作业技术及智能农机精准定位技术。

(7) 农业机械精确定位、导航与控制。农业机械精确定位技术与控制技术,农业机械自主导航和辅助导航技术和方法,农业机械无人驾驶及控制作业技术。

4 结束语

信息化和数字化技术,是精准农业发展的关键和核心技术,通过对信息获取、处理、理解与应用,精准农业管理决策支持,作物及生态系统仿真与调控等关键问题的深入研究,获得一批领先的信息获取、处理、理解与应用的方法和技术,满足精准农业对信息快速、实时、准确、连续获取等需求;建立精准农业智能化管理决策支持方法和技术体系,达到作物生长过程的优化管理作业的快速、动态、远程及智能化等要求;建立作物生长-环境互作机理模型、虚拟模拟模型及智能化农机作业技术体系,实现作物-环境互作的模拟化、可视化,以及作业的精准化和智能化。

与会专家认为:(1) 探索以绿色、智能、可持续为特征的农业科技创新,建立未来经济社会发展的新引擎,正成为许多国家建立新竞争优势的战略。国家自然科学基金委员会及时召开本次研讨会,对推进精准农业中与信息相关的重大科学问题研究必将产生深远影响。(2) 精准农业是农业科学、生物

科学、土壤与环境科学、农业工程、电子信息技术、计算机科学与技术、自动化技术、网络和通讯工程、管理科学等多学科交叉的现代高新技术在农业中的典型应用,对提高农业资源利用率和农业综合生产能力具有显著作用,成为解决农业高产优质、资源高效利用和可持续发展的有效技术途径。(3) 要结合国情走自己的道路,形成适合于我国特色的精准农业的理论与技术体系和实践模式,发展符合中国国情的精准农业。重点围绕肥、水、药的高效利用关键理论技术,解决精准施肥、精准灌溉、精准施药技术领域的关键问题,并在设施农业精准生产、精准畜牧养殖、精准林果业等领域取得突破。(4) 总体上看,我国在精准农业方面的研究仅处于起步阶段,与发达国家相比还有较大差距。但就其单元技术、理论研究和关键技术已经有相关的研究基础和研究队伍。如果围绕我国发展现代精准农业生产的需求,针对精准农业中与信息相关的重大关键技术进行稳定资助,面向农业应用实践,建立多学科交叉合作平台和机制,进行定向专题持续资助,将会形成适合于我国特色的精准农业的理论与技术体系和实践模式,突破重大关键技术,形成一批具有自主知识产权实用化的技术和产品,提高我国在精准农业研究方面的原始创新能力。

参 考 文 献

- [1] 汪懋华. “精细农业”发展与工程技术创新. 农业工程学报, 1999, 15(1): 1—8.
- [2] 赵春江. 精准农业研究与实践. 2009, 北京: 科学出版社.
- [3] Li M, Sasao A, Shibusawa S et al. Local variability of soil nutrient parameters in Japanese small size field. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery (in Japanese). 1999, 61 (1): 141—147.
- [4] Hummel J W, Sudduth K A, Holinger S E. Soil moisture and organic mater prediction of surface and subsurface soils using a NIR sensor. Computers and Electronics in Agriculture, 2001, 32: 149—165.
- [5] 遊澤栄, 平子進一, 大友篤, 酒井憲司, 笹尾彰, 山崎喜造. 2000. リアルタイム土中光スペクトロメータの開発, 農業機械学会誌. 62(5): 79—86.
- [6] 日本農業機械学会. 携帯式作物生育情報測定装置. 農業機械化広報, 2007, (12): 2.
- [7] Goel P K, Prasher S O, Patel R M. Use of airborne multi-spectral imagery for weed detection in field crops. Transactions of the ASAE, 2002, 45(2): 443—449.
- [8] Lindenmayer A. Mathematical models for cellular interaction in development. Journal of Theoretical Biology, 1968, 18 (3): 280—315.
- [9] Prusinkiewicz P, Hammel M. Automata, language, and iterated function systems. In: Fractal Modeling in 3D Computer Graphics and Imagery. Hart J C, Musgrave F K (eds.), ACM SIGGRAPH, Course Note C14. 1991. 115—143.

- [10] Prusinkiewicz P, Hammel M. Language-restricted iterated function systems, Koch constructions and L-systems. In: *Fractal Modeling in 3D Computer Graphics and Imagery*. Hart J C (eds.), ACM SIGGRAPH, Course Note 13, 1994, (4): 1—14.
- [11] Mész R, Prusinkiewicz P. Visual models of plants interacting with their environment. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 1996, 30(3):397—410.
- [12] Hallé, Oldeman F, R A A, Tomlinson P B. *Tropical Trees and Forest: An Architectural Analysis*. New York: Springer-Verlag, 1978.
- [13] De Reffye P, Edelin C, Françon J et al. Plant models faithful to botanical structure and development. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 1988, 22(4):151—158.
- [14] Blaise F, Barczy J F, Jaeger M et al. Simulation of the growth of plants modelling of metamorphosis and spatial interactions in the architecture and development of plants. *Cyberworlds*, Springer: 1988, 81—109.
- [15] Godin C, Carglio Y. A multiscale model of plant topological structures. *J Theor Bio*, 1998, 84 (3), 191: 1—46.
- [16] Marcelis L F M, Heuvelink E, Goudriaan J. Modeling biomass production and yield of horticultural crops: A review. *Scientia Horticulture*, 1998, 74: 83—111.
- [17] Lintermann B, Deussen O. Interactive modeling of plants. *IEEE Computer Graphics and Applications*. 1999, 19 (1): 56—65.
- [18] 王海 林杉, 黄心渊. 植物生成软件的评价和比较. *计算机仿真*, 2006, 23 (8):177—180.
- [19] Chiba N, Oh shida K. Visual simulation of leaf arrangement and autumn colours. *The Journal of Visualization and Computer Animation*, 1996, 7: 79—93.
- [20] Smiley K R. *Remote Sensing Data-Mining Tool Ver10* North Dakota St University. 1997.
- [21] Engel T, Hoogenboom G, Jones J W et al. AEGIS/WIN: A computer program for the application of crop simulation models across geographical areas. *Agron J*, 1997, 89: 919—928.
- [22] Michihisa I, Mikio U, Radite P A S. Variable rate fertilizer applicator for paddy field//ASAE Annual International Meeting, Sacramento, California. USA. ASAE Paper No 01—1115. 2001.
- [23] 孙宇瑞, 汪懋华, 赵燕东. 一种基于驻波比原理测量土壤介电常数的方法. *农业工程学报*, 1999, 15(2): 37—41.
- [24] 孙宇瑞, 马道坤, 何权等. 土壤水分剖面实时测量传感器试验研究. *北京林业大学学报*, 2006, 28(1): 55—59.
- [25] 王克栋, 王一鸣, 冯磊等. 基于相位检测原理的土壤水分时域反射测量技术. *农业机械学报*, 2010, 41(1): 72—76.
- [26] Zeng Q, Sun Y, Lammers P S et al. Improvement of a dual-sensor horizontal penetrometer by incorporating an EC sensor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2008, 64 (2): 333—337.
- [27] 彭玉魁, 张建新, 何绪生等. 土壤水分、有机质和总氮含量的近红外光谱分析研究. *土壤学报*, 1998, 35(4): 553—559.
- [28] 于飞健, 阎顺耕, 巨晓棠等. 近红外光谱法分析土壤中的有机质和氮素. *分析实验室*, 2002, 21(3): 49—51.
- [29] 鲍一丹, 何勇, 方慧等. 土壤的光谱特征及氮含量的预测研究. *光谱学与光谱分析*, 2007, 27(11): 62—65.
- [30] 朱登胜, 吴迪, 宋海燕等. 应用近红外光谱法测定土壤的有机质和PH值. *农业工程学报*, 2008, 24(6): 196—199.
- [31] 孙建英, 李民赞, 郑立华. 基于近红外光谱的北方潮土土壤参数实时分析. *光谱学与光谱分析*, 2006, 26 (5): 426—429.
- [32] 唐宁, 李民赞, 孙建英等. 基于光谱技术的土壤有机质快速测定仪的开发. *光谱学与光谱分析*, 2007, 27 (10): 2139—2142.
- [33] 郑立华, 李民赞, 潘奕等. 近红外光谱小波分析在土壤参数预测中的应用. *光谱学与光谱分析*, 2009, 29 (6): 1549—1552.
- [34] 陈鹏飞, 刘良云, 王纪华等. 近红外光谱技术实时测定土壤中总氮及磷含量的初步研究. *光谱学与光谱分析*, 2008, 28 (12): 295—298.
- [35] 袁石林, 马云云, 宋韬等. 土壤中总氮与总磷含量的近红外光谱实时检测方法. *农业机械学报*, 2009, 40 (S1): 150—153.
- [36] Li M, Wang M, Wang Q. Development and Performance Test of a Portable Soil EC Detector. *Applied Engineering in Agriculture*, 2006, 22(2): 301—307.
- [37] 薛利红等. 小麦叶片氮素状况与光谱特性的相关性研究. *植物生态学报*, 2004, 28(2): 172—177.
- [38] 冯伟, 朱艳, 姚霞等. 利用红边特征参数监测小麦叶片氮素积累状况. *农业工程学报*, 2009, 25(11): 194—201.
- [39] 李映雪, 朱艳, 田永超等. 小麦叶片氮含量与冠层反射光谱指数的定量关系. *作物学报*, 2006, 32(3): 358—362.
- [40] 杨杰, 田永超, 姚霞等. 水稻上部叶片叶绿素含量的高光谱估算模型. *生态学报*, 2009, 29(12): 6561—6571.
- [41] 田永超, 杨杰, 姚霞等. 估测水稻叶片氮浓度的新型蓝光氮指数. *应用生态学报*, 2010, 21(4): 966—972.
- [42] 王纪华, 赵春江, 郭晓维等. 用光谱反射率诊断小麦叶片水分状况的研究. *中国农业科学*, 2001, 34(1): 104—107.
- [43] 张喜杰, 李民赞, 张彦娥等. 基于自然光照反射光谱的温室黄瓜叶片含氮量预测. *农业工程学报*, 2004, 20 (6): 11—14.
- [44] 孙红, 李民赞, 张彦娥等. 不同施氮水平下玉米冠层光谱反射特征分析. *光谱学与光谱分析*, 2010, 30(3): 715—719.
- [45] Geng N, He D, Wang J et al. Computer vision detection system for wheat growth information. *Transactions of CSAE*, 2001, 17(1): 136—139.
- [46] 毛罕平, 吴雪梅, 李萍萍. 基于计算机视觉的番茄缺素神经网络识别. *农业工程学报*, 2005, 21(8): 106—109.
- [47] 李长缨, 滕光辉, 赵春江等. 利用计算机视觉技术实现对温室植物生长的无损监测. *农业工程学报*, 2003, 3(19): 140—143.
- [48] 刘飞, 王莉, 何勇. 应用多光谱图像技术获取黄瓜叶片含氮量及叶面积指数. *光学学报*, 2009, 29(6): 1616—1620.
- [49] 杨玮, Nick S, 李民赞. 基于多光谱图像分析的温室黄瓜叶片营养元素检测与诊断. *光谱学与光谱分析*, 2010, 30(1): 210—213.
- [50] 黄木易, 王纪华, 黄文江等. 冬小麦条锈病的光谱特征及遥感监测. *农业工程学报*, 2003, 19(6): 154—158.
- [51] 刘良云, 黄木易, 黄文江等. 利用多时相的高光谱航空图像监测冬小麦条锈病. *遥感学报*, 2004, 8(3): 275—280.
- [52] 杨可明, 郭达志. 植被高光谱特征分析及其病害信息提取研究. *地理与地理信息科学*, 2006, 22(4): 31—34.
- [53] 王海光, 马占鸿, 王韬等. 高光谱在小麦条锈病严重度分级识别中的应用. *光谱学与光谱分析*, 2007, 27 (9): 1811—1814.
- [54] 王圆圆, 陈云浩, 李京等. 利用偏最小二乘回归反演冬小麦条锈病严重度. *国土资源遥感*, 2007, 1: 57—60.
- [55] 吴曙雯, 王潮人, 陈晓斌等. 稻叶瘟对水稻光谱特性的影响研究. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2002, 20(1): 73—76.
- [56] 邱白晶, 陈国平, 程麒文. 水稻白背飞虱虫害的冠层光谱特性与虫量反演. *农业机械学报*, 2008, 39(9): 92—95.
- [57] 刘占宇, 黄敬峰, 陶荣祥等. 基于主成分分析和径向基网络的水稻胡麻斑病严重程度估测. *光谱学与光谱分析*, 2008, 28(9): 2156—2160.
- [58] 孙红, 李民赞, 周志艳等. 基于光谱技术的水稻纵卷叶螟受害区域检测. *光谱学与光谱分析*, 2010, 30 (4): 1080—1083.
- [59] 田有文, 张长水, 李成华. 基于支持向量机和色度矩的植物病害识别研究. *农业机械学报*, 2004, 35(3): 95—98.

- [60] 吴迪, 冯雷, 张传清等. 基于可见/近红外光谱技术的番茄叶片灰霉病检测研究. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(11): 2208—2211.
- [61] 陈兵, 李少昆, 王克如等. 棉花黄萎病病叶光谱特征与病情严重度的估测. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2709—2715.
- [62] 纪素文, 王荣本. 应用计算机图象处理技术识别玉米苗期田间杂草的研究. 农业工程学报, 2001, 17(3): 154—156.
- [63] 龙满生, 何东健. 玉米苗期杂草的计算机识别技术研究. 农业工程学报, 2007, 23(7): 139—144.
- [64] 唐卫东, 李萍萍, 卢章平. 虚拟植物系统模型耦合构建技术. 农业机械学报, 2008, 39(5): 94—98.
- [65] 胡少军, 何东健, 耿楠等. 基于图像处理的小麦叶片形态的三维重建. 农业工程学报, 2007, 23(1): 150—154.
- [66] 李永秀, 罗卫红, 倪纪恒等. 温室黄瓜干物质分配与产量预测模拟模型初步研究. 农业工程学报, 2006, 22(2): 116—121.
- [67] 史为民, 陈青云, 曲梅. 日光温室黄瓜非均质冠层光合生产的模拟. 农业工程学报, 2008, 24(2): 181—187.
- [68] 罗锡文, 张智刚, 赵祚喜等. 东方红 X-804 拖拉机的 DGPS 自动导航控制系统. 农业工程学报, 2009, 25(11): 139—145.
- [69] 陈军, 朱忠祥, 鸟巢凉. 拖拉机沿曲线路径的跟踪控制. 农业工程学报, 2006, 22(11): 108—111.
- [70] 陈军, 朱忠祥, 鸟巢凉. 基于神经网络的农用车辆自动跟踪控制. 农业机械学报, 2007, 38(5): 131—133, 121.
- [71] 陈军, 韩冰, 朱忠祥. 拖拉机半挂车机组自动直线倒车控制器设计与实验. 农业机械学报, 2008, 39(1): 102—105.
- [72] 朱忠祥, 宋正河, 谢斌等. 拖拉机队列自动控制系统. 农业机械学报, 2009, 40(8): 149—154.
- [73] 刘小军, 朱艳, 姚霞等. 基于 WebGis 的农业空间信息管理及辅助决策系统. 农业工程学报, 2006, 22(5): 125—129.
- [74] 陈天恩, 赵春江, 陈立平等. 测土配方施肥辅助决策平台的研究与应用. 计算机应用研究, 2008, 25(9): 2748—2750.

RESEARCH PROGRESS OF INFORMATION SCIENCE-RELATED PROBLEMS IN PRECISION AGRICULTURE

He Dongjian¹ He Yong² Li Minzan³ Hong Tiansheng⁴
Wang Chenghong⁵ Song Su⁵ Liu Yungang⁵

(1 Northwest A&F University, Yangling 712100; 2 Zhejiang University, Hangzhou 310029;
3 China Agricultural University, Beijing 100083; 4 South China Agricultural University, Guangzhou 510642;
5 National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

Abstract Information technology (IT) is the core component of precision agriculture. Based on the achievement of “the Seminar on Significant IT-related Scientific Problems in Precision Agriculture”, this paper addresses the concept of precision agriculture and the information technology involved. Specifically, the paper analyzes the domestic and overseas current situation and development trends of farming information acquisition techniques in precision agriculture, crop growth simulation model and regulation, intelligent agricultural decision support system, equipments technology and products in precision agriculture, and so on, and particularly puts forward prior funded fields in the next 5 to 10 years.

Key words precision agriculture, information technology, research progress

(上接第 9 页)

BASIC RESEARCH ADVANCES IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF GALLSTONES WITH INTEGRATED TCM-WM THERAPY

Tang Qianli¹ Huang Mingwei² Yu Yuan³ He Jun³
Wang Qingjian³ Zhou Wei¹ Huang Wei¹ Fu Jun¹

(1 Guangxi University of TCM, Nanning 530001; 2 The Affiliated Cancer Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021;
3 The First Affiliated Hospital of Guangxi University of TCM, Nanning 530023)

Abstract The article introduces the basic research progress in the prevention and treatment of gallstones with integrated TCM-WM therapy, and reviews the partly achievements obtained from the projects supported by the National Natural Science Foundation of China and the Guangxi Natural Science Foundation by our research group in the aspects of fundamental researches of gallstones with integrated TCM-WM therapy. Finally we sum up the advantage of integrated TCM-WM therapy in the prevention and treatment of gallstones, and put forward the ideas and prospects for future research.

Key words gallstones, basic research in integrated TCM-WM therapy, research advance, The National Natural Science Foundation of China, The Guangxi Natural Science Foundation