

# 综合推荐施肥系统(IFRS)的构建

杨卓亚 毛达如 曹一平

(北京农业大学植物营养系)

## 摘 要

运用3种有代表性的推荐施肥方法,即正交多项式趋势系数法、二次多项式效应函数法、目标产量法,结合先进的计算机技术,建立了具有灵活性、通用性、开放性的综合推荐施肥系统IFRS,和国内同类工作相比该系统有所创新。

## 一、前 言

发达国家应用计算机建立施肥咨询服务系统起步较早<sup>[1]</sup>,并已开发出不少比较成熟、全面的系统软件,如美国奥本大学计算机管理的推荐施肥系统,有52类作物的施肥标准;由美国国际农化服务中心研制的软件,应用Arvel Hunter等提出的“确定植物最佳生长所需养分的观察研究实验室和温室技术”(即土壤养分系统研究法)<sup>[2]</sup>,可以对140种作物的11种营养元素提供施肥咨询服务。但这类应用性、专业性的软件,不可能像其它基础操作系统(如DOS、WINDOW)和语言一样直接实行拿来主义,由于无法克服的语言障碍和不同的农业生产条件使得这类软件在国内基层生产单位毫无应用价值。

80年代中后期,微机的普及促进推荐施肥决策计算机系统在国内逐渐出现并应用于生产服务。影响较大的有中科院安徽人工智能所提出的“砂姜黑土小麦施肥专家系统”、福建农科院“土壤识别与优化施肥”、中国农科院土肥所“土壤肥料试验和农业统计程序包”、国家七五科技攻关“黄淮海平原计算机优化施肥推荐和咨询系统”等。1992年,江苏扬州市土肥站研制出“土壤肥料信息管理系统”,较好地运用了第二次土壤普查资料进行推荐施肥<sup>[3]</sup>。此外,散见于各种报道中各种作物的计算机施肥决策系统更是为数众多,但这类系统往往仅针对某一特定地区的某一特定作物,因此推广应用围范很受局限。

从软件工程学的角度来看<sup>[4]</sup>,限于80年代微机硬件配置的局限以及支持软件系统的水平,这一时期我国开发的大多数推荐施肥系统不同程度地存在着通用性差、用户界面不完善、容错能力欠缺等通病。此外,在编制程序时大多使用普通BASIC语言,不易实现程序结构的模块化,且较多的使用GOTO语句,使程序的可读性和移植性差,系统维护困难,不易扩充。因此,在某种意义上,这类系统仅仅是一些程序集,达不到真正系统软件的水平,因而它对于计算机水平不高的用户比较困难。

比较起来,目前国内工作的主要不足之处在于,缺乏简便实用、易于操作,有较好通用性(指对不同地理区域、养分、作物的适应性)的集成化推荐施肥软件。

因此,我们在总结前人工作的基础上,运用三种具有代表性的推荐施肥方法,结合先进的计算机技术,开发出能较好克服上述缺点的综合推荐施肥系统IFRS(Integrated Fertilization System)以期在90年代把我国这方面的工作提高到一个新的水平。

## 二、IFRS的主要功能

### (一)推荐施肥

如果将众多的推荐施肥方法据其原理、特色作一划分,可将它们归属为两大类:一类侧重田间试验生物统计,一类侧重土壤养分测试值的应用<sup>[5]</sup>。1986年,我国从事土壤肥料工作的专家们曾把流行在国内的各种推荐施肥方法概括为三类六法<sup>[6]</sup>,但就其实质来说仍未超出两大类的范围。IFRS采纳了作为两大类各自具有代表性的方法——二次多项式效应函数法和目标产量法。

IFRS能用于多种(最多7种)肥料的二次多项式(二次型或平方根型)效应函数方程的建立、统计检验和边际分析,并计算各种肥料的因子贡献率。对极值判别属于非典型的方程可给出频率分析<sup>[7]</sup>的结果。IFRS还可用于多因子综合田间试验的最优组合筛选。

IFRS运用目标产量法可推荐某一作物为达到某一特定目标产量时所需的N、P、K肥,这里IFRS是用比较精确,需要相应土壤测试值的有效养分系数法计算的。为此必须根据土壤基础肥力确定合适的目标产量<sup>[8]</sup>,并找出土壤实际供肥量和表征速效养分含量的土壤测试值之间的数学关系<sup>[9]</sup>。考虑到现行的某些土壤速效N素指标(如碱解N)在一些土壤条件下和土壤供N能力的相关性不够理想,以及基层大面积土壤测试比较困难,IFRS可用比较粗放但实用的以产定N法确定N肥用量<sup>[10]</sup>。

IFRS除了上述两种基本的推荐施肥方法以外,还根据J.D.Colwell应用正交多项式趋势系数建立综合施肥模型的思路<sup>[11、12]</sup>,构造出能包括地点变量(土壤测试值)在内的综合肥料效应函数。该方法首先须将若干普通的二次多项式肥料效应方程转换成对应的正交多项式,然后通过寻找趋势系数 $P_i$ 和某些地点变量的相关性而筛选出一些重要的环境参数(如某些土壤测试值),从而建立起包括施肥量和主要地点变量在内的综合肥料效应函数,进而可直接通过代入这些地点变量得到任一田块的特定肥料效应函数,达到预测产量和施肥量之目的。

在IFRS中,用户可以通过系统提供的或自己重新定义的公式或设置值来获得必需的施肥参数。IFRS用几个基础数据库保存有43种作物吸收NPK营养元素的参数值,35种商品无机肥和58种有机肥的养分含量及利用率数据。这些库是全透明的,用户可以根据需要增加作物、肥料种类,或者修改原有数据。

为增强实用性,IFRS可给出具体施肥方案。当用户确定了某种作物的一种或几种养分的纯用量后,具体的肥料用量还取决于无机肥和有机肥的种类以及肥料的基、追施分配比例。用户只要通过几次键选操作即可得到一份详细的肥料运筹方案。这有效地解决了当前商品性复混肥料品种繁杂、化肥养分含量变化大而引起的用肥量计算繁琐问题。

### (二)判别分类

由于土壤、作物、气候条件的复杂性,使得建立客观统一的土壤肥力分类标准十分困难。IFRS提供一个贝叶斯逐步判别分类器来解决这一问题,贝叶斯判别是在某些假设下,由已经明确地分了类的样本(称为训练样本资料)构造一组判别函数,来判别新取得的个体来自哪一类<sup>[7、13]</sup>。IFRS允许用户根据当地的资料建立自己的标准分类库,确定参加分类的土壤肥力因子,而逐步判别过程可帮助用户找出对当地肥力水平有显著影响的那些因子。

### (三)统计建模

无论是建立综合效应函数还是目标产量法中某些参数的设置,我们都必须完成一系列的相关回归分析,IFRS统计建模栏目是为此而设计的,它自动计算任意临界(默经认为5%)。

1%)水平下标准的F、R值并核查拟合方程的显著性。通过键选一个或多个自变量、因变量字段,很容易实现数据的批处理。实际上IFRS可一次不间断地计算上万次的相关分析并把所有的计算结果保存到一个数据库文件中。进而通过检索找出那些具有显著F或R值的拟合方程形式。我们在构造地点变量和趋势系数的一元回归方程时正是这样做的。

#### (四)数据管理

IFRS采用完全与DbaseIII和Foxbase兼容的形式进行管理,所以数据的输入、修改、删除、检索、打印、追加都有了规范化的格式。IFRS的数据检索功能可完成任意字段、任意条件的组合查询,IFRS的数据统计功能可输出用户规定的数据操作范围的数据数值型的平均值、最大值、最小值及对应的数据记录号。IFRS对数据字段名称以及非数值型数据的管理使得用户能完整地处理和存储试验数据并容易理解数据的内在结构。IFRS的数据计算功能允许用户写出自己的计算公式并定义完成计算的先决条件,然后以字段为操作单元对同类型的数据进行处理。IFRS还通过菜单来选择需要的字段(单个或多个),并通过输入起止记录号实现数据的灵活选择和批量处理功能。

### 三、IFRS的软件特点

#### (一)IFRS的构造

IFRS的绝大部分程序是用汉化编译型数据库语言Clipper(5.01)<sup>[14]</sup>写成的,对于部分计算过于复杂的程序采用了Quick Basic和True Basic语言,不同语言之间的数据传输对用户来说是一个黑箱。整个系统约8000条语句,全部采用模块化结构设计,为系统的进一步完善与扩充提供了极大的灵活性,对于后续版本的开发提供了保证。

整个系统均编译后执行,编译程序的优势在于:极大地提高了系统的运行速度;编译使源程序不可能含有语法错误;用户不可能对源程序进行修改,系统的安全性有了保证。

#### (二)用户界面

IFRS采用由美国人1988年推出,时下最为流行的Macintosh™光带式汉字菜单驱动,引导用户逐级进入某一操作栏目,同时配备详细的联机供用户随时查询。

#### (三)容错能力

IFRS通过设置陷阱捕着用户可能发生的误操作并给出相应的提示,对于不可预见的运行时刻(run-time)可能发生的错误,IFRS提供一个通用错误处理模块给出相应的提示并引导操作者纠正或返回。在IFRS的运行中一般不会出现因操作失误而引起系统终止或崩溃的情形。

#### (四)实时控制

IFRS使用户对系统运行享有监视、转向、终止等控制权力,用户可随时浏览正在操作的数据内容或获得各种相关信息。如果发现某些数据不符合要求或暂时不想进行某一操作,可以马上停止而转入其它工作状态(如修改不符合要求的数据)。这是通过定义若干处于等待状态,可随时被激活的功能键来完成的。

#### (五)参数保存

这使得IFRS具有某种记忆功能,当用户修改了推荐施肥的某一计算公式或改变了某些重要参数的设置值并对系统提出请求保留这种修改后,IFRS即把这种改变存入文件并保证在以后的操作中按用户的规定执行。通过这一功能,IFRS使用户可构造并保留符合当地实际情况的推荐施肥公式或选择适宜的参数值。

## 四、讨 论

和国内目前各类计算机推荐施肥系统相比,IFRS在以下几个方面有所创新:

1. 联机帮助、菜单驱动、容错设计、实时控制等提供用户一个十分简洁、优雅、灵活、方便的计算机操作环境。也使它对计算机操作不甚熟悉的用户是友好和适宜的。

2. 各功能模块的相对独立性扩大了IFRS的可能应用范围。使用IFRS用户可进行任意试验数据的管理、统计分析工作和与推荐施肥不相关的判别分析。在IFRS中数据才是真正独立于程序的。

3. 允许用户定义或修改推荐施肥的计算公式、参数,给用户追加、修改施肥基础数据库的权力表明了IFRS的开放性和可扩充性。IFRS的设计目标是提供一个灵活的处理工具,它给用户以较大的自主权,它不主张用现成的某一特定条件下获得的成果或模式去作为放之四海而皆准的标准。虽然它根据资料<sup>[15-17]</sup>提供一套系统的初始设置供用户参考,但这种设置更多地是在对用户起一种示范和引导的作用。如果用户没有现成的模式,对某些作物,他可以借用这些初始设置,然后通过本地田间试验加以参数校正。

1. 最为要重的是,IFRS采用了不同类型层次具有代表性的推荐施肥方法,使用户有了较大的选择余地。

目标产量法强调土壤供肥能力的使用,认识到土壤肥力差异对作物肥效反应的影响,可通过有效养分的变化确定不同的施肥量和目标产量。但用该法推荐出的用肥量一般比效应函数法高。这是因为:它对影响土壤供肥性能和肥料效率发挥的因素估计是不够充分的,而且有效养分很难通过化学测试来绝对衡量。

效应函数法着重考察肥料投入—作物产出间的数学关系,通过求函数极值、边际分析等来确定最大、最佳产量及相应施肥量,而土壤则被看成是一个黑箱。由于结果是在特定生物—气候—土壤条件下获得,因而具有精确度高、反馈性好等优点,但也正由于这一特定条件的限制,它不可能对土壤肥力差异有足够的估计,因而也存在着肥料试验结果的代表性不大,推广面积受局限的缺点。

应用正交多项式趋势系数建立综合施肥模型的最大特色是:在某种程度上实现了肥料效应函数法和测土施肥法的结合,吸收了这两种方法的长处。这种方法目前国内应用报道很少。我们对在河北曲周县进行的试验数据进行处理,通过一元回归和多元逐步回归分析,构造出趋势系数和基础产量、碱解氮、速效磷的函数关系,由此推算出的预测产量值和用普通肥料效应函数法的十分接近,相关性很好,用本法计算出的推荐施肥量均较合理<sup>[17]</sup>。根据目前国内推荐施肥现状和国际研究应用的发展趋势,建立包括环境因子在内的综合施肥模型势在必行,而本方法不失为科学可行的途径,有推广应用的价值。但它实施的技术要求较好:需要一定数量的多点分散肥料试验作为建立回归方程的前提;必需保证地点变量(土壤测试值)的精确和代表性。

总之,我们试图通过专业理论知识的成熟性和代表性,计算机技术的先进性,系统结构的灵活性、通用性、开放可扩充性来提高系统的设计水平。我们希望IFRS的推出能对我国90年代这方面的工作产生一定的影响。在IFRS制作过程中,我们尽可能地借鉴国外先进软件的设计风格,并遵循软件工程学的一些基本原则<sup>[4]</sup>,但由于作者并不是专业的计算机程序员,系统的不足是不可避免的。

## 参 考 文 献

- [1] 毛达如, 近代施肥原理与技术, 北京, 科学出版社, 1987.
- [2] Hunter A. H., Agro Services International. Inc. 1980.
- [3] 杨卓亚、曹一平、毛达如, 计量施肥的基本方法和发展动向, 中国农业文摘—土壤肥料, 9(2):1—7, 1993.
- [4] 林国璋、张吉生, 系统软件和软件工程技术基础, 北京, 北京理工大学出版社, 1990.
- [5] 周鸣铮, 中国的测土施肥, 土壤通报, 18(1):7—10, 1987.
- [6] 农业部农业司文件, 配方施肥技术要点, 1986.
- [7] 杨义群, 回归设计及多元分析—在农业中的应用, 西安, 天则出版社, 1990.
- [8] 王筑美、周鸣铮, 浙江省水稻土壤基本肥力与水稻最高可得产量之间的关系探讨(初报), 土壤学报, 19(3):315—321, 1982.
- [8] 刘成祥、周鸣铮, 对Trough-Ramamoorthy测土施肥方法的研究与讨论, 土壤学报, 23(3):285—289, 1986.
- [10] 农业部农业司, 配方施肥, 北京, 农业出版社, 1989.
- [11] J. d. Colwell, J. Austr. Inst. Agri.Sci., 47 (3): 142—148, 1981
- [12] J. D. Colwell, Austr. J. Soil. Res. 22, 191—205, 1984.
- [13] 裴金德, 多元统计分析及其应用, 北京, 北京农业大学出版社, 1991.
- [14] 尤晓东、姚亭, 编译型数据库系统Clipper 5.0使用大全, 北京, 海洋出版社, 1990.
- [15] 经济施肥与土壤培肥专题组, 黄淮海平原主要作物优化施肥和土壤培肥技术(国家七五科技攻关), 北京, 中国农业科技出版社, 1991.
- [18] 李大公, 吨粮田冬小麦配方施肥技术的研究及应用, 中央农业干部管理学院, 《北京吨粮田建设的理论与实践》, 北京农业大学出版社, 1991.
- [17] 杨卓亚、毛达如, 应用正交多项式趋势系数建立综合施肥模型的理论和技巧, 1—数学原理、程序设计, 土壤通报, 25(4), 1993.

## 欢迎订阅1995年《新疆农业科学》

本刊是包括农林牧副渔业的综合性农业科技期刊, 主要报道新疆农业科研新成果和生产技术新经验, 宣传现代农业科学知识和实用技术, 除刊登学术论文、科研报告、调查报告、技术经验总结外, 还辟有进展与成就、问题与建议、国外农业科技、科技信息等栏目, 适合广大农业科技人员、农林牧院校师生、农村工作干部和有一定文化知识的农林牧业生产者阅读。

本刊为双月刊, 国内统一刊号CN65-1097/S, 国际刊号ISSN1001-4330, 邮发代号58-18, 每册定价1.40元, 全国各地邮局均办理订阅手续。