

Job Kihara • Dougbedji Fatondji
James W. Jones • Gerrit Hoogenboom 等著
Ramadjita Tabo • Andre Bationo

农业技术转移决策 支持系统 (DSSAT) 在改进非洲施肥技术方面的应用

刘海龙 等 译

中国农业科学技术出版社

农业技术转移决策支持系统 (**DSSAT**) 在改进非洲施肥 技术方面的应用

Job Kihara · Dougbedji Fatondji

James W. Jones · Gerrit Hoogenboom

Ramadjita Tabo · Andre Bationo 等著

刘海龙 等译

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业技术转移决策支持系统 (DSSAT) 在改进非洲施肥技术方面的应用 / (肯尼亚) 木原 (Kihara, J.) 等著; 刘海龙等译. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2015. 7

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1973 - 0

I. ①农… II. ①木…②刘… III. ①农业技术 - 技术转移 - 决策支持系统 - 应用 - 施肥 - 技术 - 非洲 IV. ①S147.2 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 010310 号

版权声明:

Translation from the English language edition:

Improving Soil Fertility Recommendations in Africa using the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT)

by Job Kihara, Dougbedji Fatondji, James W Jones, Gerrit Hoogenboom, Ramadjita Tabo and Andre Bationo.

Copyright © 2012 Springer Netherlands

Springer Netherlands is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved.

责任编辑 姚 欢

责任校对 马广洋

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106636 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 710 mm × 1 000 mm 1/16

印 张 13.5

字 数 220 千字

版 次 2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

—— 版权所有 · 翻印必究 ——

译者名单

(按姓氏拼音排序)

崔晓阳	黄丹丹	雷秋良
李世娟	刘海龙	刘宏斌
严定春	岳慧丽	诸叶平
Tomoro	Eric-Desire	

内容介绍

农业技术转移决策支持系统（DSSAT）是世界上应用最为广泛的作物模型之一。本书对 DSSAT 的应用进行了详细的描述，模拟了非洲多个农业生态区中的作物和土壤过程。本书是 3 个专题讨论会的成果，展示了利用 DSSAT 模型模拟氮肥施用、土壤和水分保护措施应用的实例，包括 Zai 技术、磷肥和玉米生产力、遗传系数、旱地长期施肥管理技术、微量施肥、氮素 × 种质 × 水分的优化、水分和养分利用效率的空间分析、交易分析。同时，也讨论分析了 DSSAT 的最小数据集。本书尝试解决农业科学家利用模型进行决策支持的局限性。本书主要面向农学类教育、科技和管理人员以及研究生。

译者前言

作物模型为人们认识作物生长过程以及调控作物生长提供了一种高效的工具。农业技术转移决策支持系统（Decision Support System for Agrotechnology Transfer, DSSAT）是当今世界上应用最为广泛的作物模型之一。该模型可逐日模拟作物的生长和发育过程，可响应许多因素，包括作物遗传特性、管理措施、环境、氮素和水分的胁迫、病虫害等，主要用于农业试验分析、农业产量预测、农业生产风险评估以及气候对农业的影响评价等。DSSAT 由农业技术转移国际基准网 IBSNAT 项目支持，由美国农业部组织的佛罗里达州立大学、佐治亚州立大学、夏威夷州立大学、密歇根州立大学、国际肥料发展中心和其他国际科研机构联合开发研制的综合计算机模型，并对模型模拟输入、输出的变量进行了格式标准化，具有操作简便、功能强大、应用范围广等优点，其目的是加速农业模型技术的推广，为合理有效地利用农业和自然资源提供决策和对策。

本书第一章介绍了非洲作物模型研究的能力建设问题，第二章介绍了 DSSAT 模型评估和应用所需要的试验数据，第三章阐述了非洲土壤状况，第四章至第十章介绍了 DSSAT 模型在非洲玉米、水稻、谷子、大豆等不同作物、不同地区 and 不同处理上的模拟与应用，第十一章探讨了非洲的土壤管理模式。

本书由刘海龙组织翻译。参加翻译人员有诸叶平（前言），刘海龙（第一章、第二章、第六章、第九章），刘宏斌、刘海龙（第三章），李世娟（第四章），严定春（第五章），崔晓阳（第七章），Tomoro Eric - Desire（第八章），岳慧丽（第十章），黄丹丹（第十一章）。雷秋良组织协调了整本书的校译、校对工作，为本书的出版作出了重要贡献。本书同时得到中国农业科学院农业信息研究所其他同事以及家人的关心和支持，在此致以深深的感谢。

本书作为作物模型入门的指导性工具书和参考书，同时也适用于研究非

洲施肥与农业等相关领域的科研人员、研究生。

本书的翻译出版工作得到了中国农业科学院科技创新工程农业系统智能控制与虚拟技术团队（任务书编号：CAAS - ASTIP - 2015 - AII - 03）的支持，以及农业部面源污染控制重点实验室开放基金的资助，译者表示衷心感谢。

由于译者水平有限和经验不足，文不达意、缺点、错误之处在所难免，敬请专家和读者给予批评和指正。

译者

2015 年 4 月 16 日

原书前言

撒哈拉以南非洲（SSA）面临着由于人口增长而引起的食物安全 and 经济发展问题，应对这一问题，提高农业生产力显得至关重要。当前，农业生产部门养活了该地区 80% 的人口，也是 GDP 的主要贡献行业。到 2050 年，食物生产要增加 70%，才能解决增长人口的热能营养需求，是这一地区，科学家、政府和其他投资商们面临着的一大挑战。据悉，农业集约化是达到食物增长的主要途径。作物模型有益于我们理解作物在不同土壤和气候条件下对管理措施的反应。作物生育期，气候、土壤、作物和管理措施诸因素之间的交互作用错综复杂，而作物反应往往具有复杂、非线性的特性。作物模型还可以洞察不同气候变化情景下什么因素会对生产力起作用，这是田间试验做不到的。模型的输出结果可以为地方、国家和区域各级主要决策者提供信息，使恰当的措施落实到位。虽然模型模拟工作已在美国、欧洲和亚洲取得了重大进展，但是在撒哈拉以南非洲能够建模和运行模型模拟技术的土壤科学家和农学家有限，致使模型研究工作比较落后。拥有一批训练有素的非洲模型专家，将有利于这一地区在不同环境中设计最好的和最适宜的作物管理措施，以提高该地区的农业生产力。

过去 20 年，非洲已经培养了一批应用作物模型的科学家，但人力资源基础仍然薄弱。大多数培训是以专题讨论会的形式进行，由于财政的局限，会后跟进工作开展有限或并未展开。此外，该地区大学培训的学科性质决定了其不利于开展综合性、跨学科、系统性研究工作。非洲土壤生物学和肥力网（AfNet）合作者意识到会后持续跟进是主要障碍，针对此种背景，他们举办了一个培训项目，并集大成于此书。许多这样的流程是必要的，以加强非洲建模者社群与决策者的有效沟通，以及与国际建模者社群的交流。

本书各章阐述了 DSSAT 在作物模拟研究中的概况、主要经验和结果。第

一章介绍了建模的关键步骤，并分析了撒哈拉以南非洲的模型构建能力。这些经验可以提供模型能力建设的努力方向，并以此认真选择培训途径。第二章总结了设置和运行作物模型所需的最小数据集，其目的：①模型应用；②一般模型评价；③详细的模型校正和评价。本章阐明拥有对建模目的有用的试验数据足矣，无需多余数据。第三章讨论了非洲土壤和生产力的主要限制因素。第四章重点阐述了 DSSAT 对不确定性输入参数的敏感性。第五章至第十章介绍了在加纳、尼日尔、塞内加尔和肯尼亚进行的研究项目的主要模拟结果。第十一章描述了模型校准和模拟应遵循的关键步骤，可针对不同的主题，包括肥料、有机资源和水分管理的效应。虽然利用作物模型对了解非洲农业很重要，但要真正改善农业，必须强调关键的市场和政策问题。因此，第十一章侧重于这些问题，并提出了一个综合肥力管理—创新融资的理念。

由衷地期望本书中介绍的培训途径、模型校准和评估程序、知识和经验财富，将有助于提高非洲科学界对作物生长模型的认识，并促进其应用。

Prof. Dr. Paul L. G. Vlek

西非气候变化和调整土地用途问题科学服务中心 (WASCAL) 执行主任

目 录

第一章 非洲模型模拟的能力建设	(1)
一、引言	(2)
二、能力建设	(4)
三、一个新方法	(5)
四、结论	(7)
参考文献	(7)
第二章 模型评估和应用的试验和数据	(9)
一、引言	(10)
二、概述	(10)
三、试验与建模	(11)
四、第1等级数据	(12)
五、第2等级数据	(15)
六、第3等级数据	(16)
七、总结	(17)
参考文献	(18)
第三章 熟悉非洲土壤改善推荐施肥	(20)
一、引言	(21)
二、农业生态区和主要土壤类型	(23)
三、土地退化和土壤生产力	(30)
四、结论	(39)
参考文献	(40)
第四章 在退化土壤和低投入生产系统中模拟作物性能的不确定性	(46)
一、引言	(47)

二、方法	(48)
三、全局敏感性分析	(54)
四、结果与讨论	(56)
五、结论	(60)
参考文献	(61)
第五章 加纳半湿润区玉米对施用氮肥反应：利用作物模拟模型	
解析这些过程	(65)
一、引言	(66)
二、材料和方法	(67)
三、结果与讨论	(70)
四、结论	(76)
参考文献	(79)
第六章 Zai 系统管理下谷子的水分利用和产量：利用模型认识	
其过程	(82)
一、引言	(83)
二、材料与方法	(85)
三、结果与讨论	(92)
四、讨论与结论	(102)
参考文献	(104)
第七章 尼泊尔综合土肥管理技术对谷子产量产生的影响：利用	
模拟理解其过程	(109)
一、引言	(110)
二、材料和方法	(111)
三、结果和讨论	(115)
四、结论	(123)
参考文献	(124)
第八章 利用 CSM—CROPGRO—大豆模型对肯尼亚两用大豆的	
评估	(127)
一、引言	(128)
二、材料与方法	(130)

三、结果	(137)
四、讨论	(145)
五、结论	(146)
参考文献	(147)
第九章 塞内加尔河流域新水稻品种的潜在产量的模拟研究	(152)
一、引言	(153)
二、材料与方法	(154)
三、结果	(156)
四、讨论	(163)
参考文献	(165)
第十章 加纳北部热带稀树大草原地区粉黏壤土环境下利用 DSSAT 模型 模拟玉米对矿质肥料的反应	(170)
一、引言	(171)
二、材料与方法	(172)
三、测定	(173)
四、模拟试验	(174)
五、结果与讨论	(175)
六、结论	(179)
参考文献	(181)
第十一章 超越生物物理学之建议：迈向新模式	(184)
一、绿色革命的需求	(185)
二、有用的技术	(187)
三、为什么绿色革命 (GR) 的努力没有完全成功?	(190)
四、完成非洲绿色革命的新挑战	(192)
五、土壤肥力管理模式的转变	(192)
六、非洲绿色革命联盟 (AGRA) 的方法	(193)
七、新模式	(194)
八、结论和发展方向	(197)
参考文献	(198)

第一章 非洲模型模拟的能力建设

Andre Bationo, Ramadjita Tabo, Job Kihara, Gerrit Hoogenboom,
Pierre C. S. Traore, Kenneth J. Boote, and James W. Jones

A. Bationo (通讯作者)

非洲绿色联盟 (AGRA) 土壤健康项目组, 加纳阿克拉, e-mail: abationo@agra-alliance.org

R. Tabo

非洲农业研究论坛 (FARA), 加纳阿克拉

J. Kihara

CIAT - 马拉维办公室, CITA - 热带土壤生物与肥力研究所, c/o ICRAF, 肯尼亚奈洛比

G. Hoogenboom

华盛顿大学, 农业气候网, 美国华盛顿

P. C. S. Traore

国际半干旱热带地区作物研究所 (ICRISAT), 马里巴马科

K. J. Boote, J. W. Jones

佛罗里达大学农业与生物工程系, 美国佛罗里达

摘要: 当田间试验提供的经验数据仅仅能反映少量气象、土壤和管理状况的组合时, 使用决策支持模型显得很重要。然而非洲科学家很少对作物建模。因此, 在国际热带农业中心的热带土壤生物学和肥力研究所 (TSBF - CIAT) 和国际半干旱热带作物研究所研究中心 (ICRISAT) 共同领导下, 为了培训非洲科学家使用决策支持系统的能力, 提供了两个主要项目, 即水挑战计划和沙漠边缘方案。

创建了一个独特的建模培训途径, 基于以下 4 大主要支撑: ①以干带学; ②综合跟进; ③持续后援; ④通过一系列的 3 次培训班进行多层次培训。虽然作物模型很有用, 但也有局限性。例如, 它们不能涵盖所有影响作物产量的因素, 并且输入数据一定要精确, 才能保证输出数据与田间观测数据一致。因此, 重要的是, 要仔细考虑和权衡这些问题, 然后再尝试评估作物模型的可预测性。尽管如此, 协同田间试验, 应用作物模型和决策支持系统也可以为非洲以及全球其他地区资源匮乏的农民提供非常有用的多种备选管理方案。

关键词: 作物模型; 决策支持系统; 非洲; 农民; 非洲科学家

一、引言

农民的管理系统适应当地流行的气候、土壤、病虫害、社会经济条件, 选用了合适的作物、品种和管理措施。季节性气候变化往往导致较大的产量变异, 从而造成经济损失、粮食短缺、资源利用效率低下和环境退化。同时, 市场和政策发生变化, 使得农民制定农业生产决策时不得不考虑这些十分复杂的因素组合。这就需要更多的信息来帮助农民和决策者评估所有这些因素, 以便能够预测变化、做出决定和制定政策, 从而促进长期的可持续管理措施的落实。

农业科学的一个主要作用是研发分析方法和选择生产方案, 以应对天气和气候可能发生的变化, 同时兼顾特定区域农民的需求和能力。作物对天气的反应是非常复杂的和非线性的, 取决于整个作物生育期的天气、土壤、作物和管理因素之间的相互作用。田间试验提供的经验数据仅能反映少数可能的气候、土壤和管理状况的组合。其他区域的现有生产体系、新的作物和品种以及其他科学家的新发明也可以提供有用的备选方案。然而, 不可能设置包含全部可能的管理方案和气候状况的试验, 用以确定能适应气候变异、潜在气候变化和农民目标的生产体系 (Nix 1984; Uehara 和 Tsuji 1991; Jones 1993)。农民需要的不是处方, 而是备选方案的信息, 以提升他们的应变能力和适应当前气候风险和将来气候状况的能力 (Tsuji 等 1998)。

Nix (1984) 批评了农业研究中用占统治地位的“反复试验”法来评价管

理措施。他强调需要一个系统方法：①在一个范围的环境内进行试验；②收集每一个实验的最小数据集；③开发和评估种植系统模型；④用模型来模拟不同气候和土壤条件下的生产技术，以便为农民提供各种潜在解决方案的宽范围。Nix (1984) 提到田间试验成本高，另外定点试验结果限定了田间试验外推的范围。在农业技术转换国际基准网 (IBSNAT) 项目的主持下，这些观念推动了 DSSAT (农业技术转移决策支持系统) 发展，旨在设计作物模型以帮助研究者利用这个系统方法 (如，IBSNAT 1989; Uehara 和 Tsuji 1991; Jones 1993; Jones 2003; Hoogenboom 等 1994, 2004)。尽管已经有一些作物模拟模型和土壤水模型 (如，Ritchie 1972; de Wit 和 Goudriaan 1978; de Wit 和 Penning de Vries 1985; Jones 等 1974; Williams 等 1983; Arkin 等 1976; Wilkerson 等 1983)，但在 IBSNAT 项目启动之前，并没有实现在国际范围内实际生产条件下应用这些模型。尽管开发作物模型初衷不是应用在气候变化的研究中，但它已被广泛用于这个目标 (如，Rosenzweig 等 1995)。它们非常适合这些研究，因为能体现逐日天气状况对作物生长过程的影响，预测作物逐日生长、发育和最终作物产量。通过模拟作物在特定土壤、特定管理措施下的生长，调用某一站点多年逐日历史天气数据，研究者可以评估在当前和改变后气候条件下一个管理系统的表现。

作物模拟的基本理念是模拟作物生长和产量，利用这些动态模型产生的结果可以代表特定环境和管理状况下作物的真实生长表现。然而，在任何利用这一方法进行研究之前，必须考虑那些现实的限制因素。一个主要限制是作物模型不可能考虑田间所有可能影响作物产量的因素。例如，作物病虫害、杂草和土壤的空间变异，以及管理的实施状况都能引起很大的产量差异，而作物模拟分析中很少包含这些因素。另一个限制是输入数据必须精确，否则模拟的输出值很难与田间观测数据吻合。要想评估作物模型的预测性，就要评估试验点田间观测气象、管理和土壤等输入数据。另外，模型评估试验需要被理想化设计，消除那些不包含在模型中的减产因素。最后，建立土壤动态和作物生长过程模型所用的参数要与观测的田间数据进行精确比较。例如，如果作物模型模拟水分或氮素管理对作物产量的效应时采用了不正确的土壤水分参数，模拟结果将难以拟合田间试验结果，更糟的是，产生的结果可能误导研究者或其他模型应用者。

二、能力建设

非洲科学家很少使用决策支持模型。大多数土地生产率的传统研究集中在小区水平,所以研究结果难以外推到更大的尺度。非洲国家的主要问题是农业科学家(土壤学家和农学家)的效能有限,这主要是由于用于培训和能力建设的款额资源少(Bationo 等 2004)。其次,非洲的大多数培训机构的训练方法是单学科的,特别是在高等教育中。而外推模型要整合多种学科,即所谓系统方法,但基于实际上不可能全面做试验。

为培养非洲科学家应用决策支持系统的能力,通过两个主要的项目提供了两个项目的培训,水挑战计划(WCP)和沙漠边缘方案(DMP),由TSBF-CIAT 和 ICRISAT 及其他合作伙伴共同承担。WCP 的目标是通过整合节水高产种质、水土保持方案与养分管理技术,并强化农民辨别市场机遇的战略,以及采用高级适用技术、方法和途径的战略,从而提高水分生产效率。这个项目已经在布基纳法索、尼日尔和加纳实施。WCP 详细的目标如下:

(1) 与农民建立伙伴关系,研发、评估和适应综合技术方案,以提高水分、养分利用率,增加沃尔塔盆地的作物产量。

(2) 对方法论、途径和现代工具(地理信息系统、模型、农民参与方式)进行开发和评价,从而促进优化的水分、养分和作物管理技术措施的实施。

(3) 增加小农场主和牧民的市场机遇,确立和评估市场制度创新,鼓励采用改进的水、养分和作物管理技术,使不同类别的农民受益,尤其是妇女和其他边缘群体的农民。

(4) 培养农民和农村社群的能力,形成对研发组织的有效需求,以及影响能促进使用可持续的水分和养分利用技术的政策。

(5) 通过更有效的信息和方法传播机制,在沃尔特河流域促进和全面扩展最安全可靠的作物、水分、养分管理战略。

在 UNEP-GEF 的资助下,沙漠边缘计划(DMP)始于 2003 年,在非洲 9 个国家实施,即布基纳法索、博茨瓦纳、马里、纳米比亚、尼日尔、塞内加尔、肯尼亚、南非、津巴布韦。DMP 的总体目标是通过示范和能力建设活动,破解造成非洲荒漠化的复杂因素,包括气候(内因)和人为因素(外因),

并制定和试行适当的整体解决方案，从而阻止沙漠边缘的土地退化。这个项目强调全球环境的重要性问题，以及国家经济和环境的重要性问题，特别是生物多样性丧失、碳库减少、土壤侵蚀和泥沙沉积的问题。布置在那些具有全球重要意义生态系统和生物多样性受到威胁地区的田间试验站点，进行着一系列的示范活动：监测和评估生物多样性状况，测试最有前景的自然资源选用方案，开发可持续的替代生活方式和政策指导方针，复制成功的范例。在这个项目中，模型作为决策指导将田间结果扩大到推荐区域。广义的 DMP 目标如下：

(1) 在沙漠边缘地区的传统作物、树木和畜牧业生产系统中，对土地退化的原因、程度、严重性和物理过程，以及自然与人为因素之间的影响、相对重要性和关系进行较好的阐释。

(2) 在农民、非政府组织和 NARS 的共同参与下，记录和评估当前当地土壤、水分、养分、植被和畜牧管理措施，从而遏制土地退化，并确认社会经济对采用改进的管理措施的各种制约。

(3) 在沙漠边缘地区开发和促进改良的整体土壤、水、养分、植被和牲畜的管理技术和政策，以实现更高的作物、树木、动物的生产率，从而提高粮食安全、收入增长和生态系统复原的能力。

(4) 协助制定鼓励农民和社区采用资源管理措施的政策、规划和制度选择，并评估其影响。

(5) 促进更有效的干旱管理政策和战略。

(6) 通过 DMP 项目，提升参与国的机构能力，承担土壤退化研究、改良技术的推广，特别是关于多学科的、多方参与的社会经济研究。

(7) 促进农民、社群、科学家、开发商和决策者之间技术和信息的交流。

(8) 利用气候变化背景预测资源基础变化，并纳入土地利用总体规划战略。

在这两个主要项目的框架中，为了加快实施和完成所有拟议输出结果，我们认识到应用 DSSAT 需要新的科技培训。

三、一个新方法

基于四大支柱，我们开发了模型培训的独特方法：①干中学；②综合跟