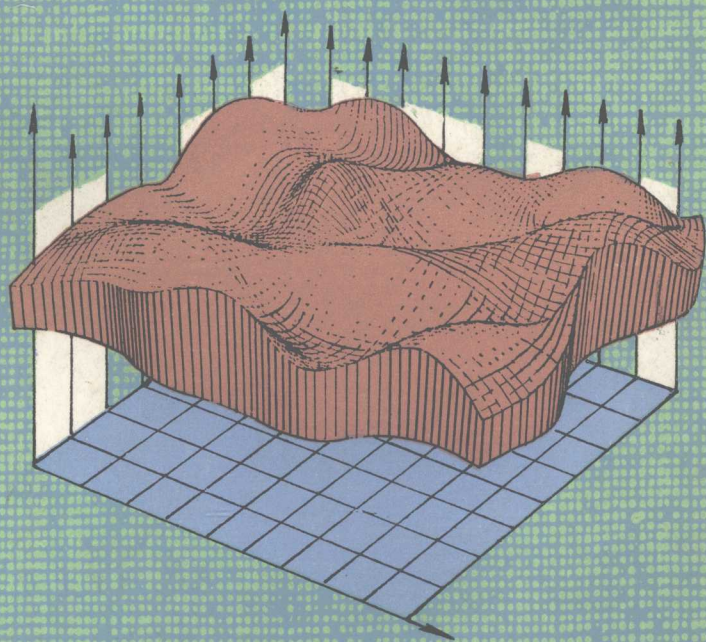


农业模糊学

● 郭瑞林 编著



河南科学技术出版社

S11
34

~~S11~~
~~30~~

农业模糊学

郭瑞林 编著

(豫)新登字02号

农业模糊学

郭瑞林 编著

责任编辑 周本庆

河南科学技术出版发行

郑州市金水振兴印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 9.375印张 203千字

1991年12月第1版 1991年12月第1次印刷

印数 1—3000册

ISBN7—5349—0926—O/S·237

定价：4.50元

内 容 提 要

农业模糊学是农业科学与模糊数学相结合而产生的一门新兴边缘学科，旨在描述和解释农业科学中存在的大量悬而未决的模糊性现象。本书就是目前我国第一部反映这一学科研究进展的专著。书中率先提出了农业模糊学的基本概念及其研究对象和任务，系统地阐述了农业模糊学的基本原理与方法。全书共分十一章，主要内容包括农业模糊识别、农业模糊聚类、农业模糊综合评判、农业模糊相似选择、农业模糊规划、农业模糊预测、农业模糊决策等。本书结构完整，层次清晰，内容精练，叙述简洁，语言通俗易懂，寓深奥的模糊理论于浅出的实际示例当中。是从事遗传、育种、土肥、栽培、区试、植保、区划、农经管理、农业气象、农技推广、农业情报等方面的科研人员或技术人员，在事业上取得成功的得力助手，也是农业院校教师、学生、研究生进一步深造的良好教材。

511
30

前 言

1965年，美国著名控制论专家扎德（Zedeh）“模糊集合”一文的发表，宣告了模糊数学的诞生，引起世界数坛的强烈轰动。之后，这种理论和方法，便以惊人的速度渗透到各个研究领域。农业模糊学，就是作者积数十余年研究心得，并综合众多仁人志士将模糊数学应用于农业科学各领域的研究成果，提出的一门新兴边缘学科。这门学科以农业科学各门分支学科，诸如作物育种学、作物栽培学、作物耕作学、土壤肥科学、农业气象学、农业生态学、植物分类学、植物保护学、植物病理学、土壤学、昆虫学、细胞学等等，作为研究对象，旨在阐明上述各门学科中存在的模糊性现象，并力图揭示其内在规律，从而进一步指导农业生产。相信这门学科的问世，必将有助于研究和解决农业科学中长期以来悬而未决的不确定（模糊）现象，使农业科学的发展达到一个崭新的阶段。

作为学术界反映十分敏感的新理论，近年来，模糊数学的专著颇丰。这些著作议论精辟，见解超群、其权威性、学术性自不待言，其趣味性，可读性亦令人叹服。毋庸置疑，这些著作，对推动数学和自然科学发展的历史性作用将是不可估量的。综观这些著作，一个显明的特点是：或浓墨重彩，从纯数学的角度阐述模糊原理与方法；或淋漓酣畅，从应用的角度肯定模糊数学在诸多研究领域的作用。立意鲜

明，各得其妙。目前尚缺的是模糊数学在特定领域应用方面的专著。尤其是模糊数学应用十分活跃的农业科学领域方面的专著更不多见。正是基于这样的认识，作者才编著了这本书，并力图从可以自成体系的新的边缘学科的角度，来系统地提出和讨论问题。希望引起国内外同行的关注。

考虑到目前农业科研、推广战线的大多同志数学功底不厚，所以本书力求做到理论性阐述与具体实例珠联璧合，深层挖掘与通俗易懂融为一体。尽管作了最大努力，这样的目标仍远未达到。然而，相信只要读者具有高中以上文化程度经过一定努力，还是能够掌握全书主要内容的。

全书共分十一章。第一章是绪论，主要阐述农业模糊学的研究对象和任务，揭示了农业模糊学与农业科学之间的关系及其重要地位和作用。第二章是预备知识，对矩阵和集合的概念作了简要说明。第三、四章是农业模糊学的基础，对模糊集合及农业模糊学的三大基本原理——分解定理、扩张原理和表现定理进行了叙述。第五至十一章是全书的主要内容。结合实例，着重介绍了农业模糊识别、农业模糊聚类、农业模糊综合评判、农业模糊相似选择、农业模糊规划、农业模糊决策和农业模糊预测等方法。本书不仅适于从事遗传、育种、土肥、栽培、区试、植保、区划、农经管理、农业气象、农技推广等方面的科研或技术人员阅读，而且也可作为农业院校师生、研究生进一步深造的教材。

如前所述，在这门学科提出之前，许多著名学者专家就曾把模糊数学的触角延伸至农业科学各个研究领域，并取得了令人瞩目的成果，为农业模糊学的诞生作了大量开创性工作。如果说，农业模糊学这门年轻的学科，可以自立于农业

科学之林，那末，奠基者和创始人自然应当首先归之于这些在模糊数学应用领域艰苦跋涉的先驱者们。作者只不过是综合他们研究成果的基础上，结合自己的研究心得，提出了人们心中已有、口中却无的新概念罢了。

正如一切新的生命在孕育过程中所表现的那样，农业模糊学的刚刚问世，亦难免会稚气未脱，且表现出诸多不成熟之处。但相信在广大农业科学工作者的积极扶植和护理下，她一定会逐渐变得羽翼丰满的。

本书在编写过程中，笔者爬罗剔抉，参阅了国内外大量有关专著和文献，在主要参考文献中一并列出，在此特表示诚挚的谢意！更值得提到的是，河南农业大学农学系王福亭副教授在百忙之中审阅了全稿，殷殷之情，感人至深；该书的出版得到了安阳农业科学研究所领导的大力支持，所有这些，作者都将铭记在心，永志难忘。

由于笔者才疏学浅，书中错漏之处，恳请各界有识之士不吝赐教。

作 者

1990年9月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 农业模糊学的研究对象和任务	(2)
第二节 农业模糊学与农业科学之间的关 系	(3)
第三节 农业模糊学在农业科学中的地位 与作用	(4)
第四节 农业模糊学的构成	(9)
第二章 农业模糊学基础知识	(11)
第一节 矩阵及其运算	(11)
第二节 经典集合及其运算	(18)
第三节 映射与关系	(24)
第三章 农业模糊集合与隶属函数	(30)
第一节 农业模糊集合及其运算	(30)
第二节 常见的隶属函数及其确定方法	(39)
第四章 农业模糊学的基本原理	(49)
第一节 λ 截集与分解定理	(49)
第二节 模糊映射与扩张原理	(53)
第三节 洛与表现定理	(58)
第五章 农业模糊识别及其应用	(66)
第一节 农业模糊集合间的模糊度与距离	(67)
第二节 农业模糊集合间的贴近度	(72)

第三节	农业模糊识别的原则	(75)
第四节	农业模糊识别应用实例	(81)
第五节	应用农业模糊识别应注意的事项	(89)
第六章	农业模糊聚类分析及其应用	(91)
第一节	农业模糊关系及其运算	(91)
第二节	农业模糊矩阵	(97)
第三节	农业模糊聚类原理及方法	(101)
第四节	农业模糊聚类分析应用实例	(114)
第五节	农业模糊聚类分析的特点及应用 时应注意的问题	(124)
第七章	农业模糊综合评判及其应用	(126)
第一节	农业模糊变换	(126)
第二节	农业模糊关系方程的求解	(133)
第三节	权重集 $\tilde{A}$ 的其它确定方法	(136)
第四节	农业模糊综合评判的原理与方法	(153)
第五节	农业模糊综合评判应用实例	(162)
第六节	应用农业模糊综合评判应注意的 事项	(176)
第八章	农业模糊相似选择及其应用	(178)
第一节	农业模糊相似选择的概念	(178)
第二节	农业模糊相似选择的原理与方法	(180)
第三节	农业模糊相似选择应用实例	(185)
第四节	应用农业模糊相似选择应注意的 事项	(203)
第九章	农业模糊规划及其应用	(205)
第一节	农业模糊线性规划	(205)

第二节	农业模糊非线性规划	(213)
第三节	农业模糊规划应用实例	(217)
第十章	农业模糊决策及其应用	(225)
第一节	农业多目标模糊决策	(226)
第二节	意见集中评分模糊决策	(240)
第三节	农业模糊协调决策	(242)
第四节	农业模糊决策应用实例	(251)
第十一章	农业模糊预测及其应用	(261)
第一节	农业语言变量模糊预测	(262)
第二节	农业模糊控制预测	(266)
第三节	农业模糊预测应用实例	(275)
主要参考文献		(287)

第一章 绪 论

任何一门学科的诞生,都有其广阔的酝酿背景,农业模糊学自然也不能例外。早在1965年,美国加利福尼亚州立大学教授扎德(Zadeh)就曾经提出了模糊数学的概念和理论,对现代数学的基础——经典集合论,进行了大胆地修改,使世界数坛受到强烈震动。此后的20多年,模糊数学已广泛渗透到各个研究领域,对各门学科的发展起到了推波助澜的作用。尤其对农业科学的发展,产生了巨大的影响。宏观上,大至农业经济管理、农业区域规划、农业综合发展战略和决策;微观上,小至农户经营计划、农田试验评价乃至细胞染色体分类和识别等等,不一而足。大凡农业科学研究领域,无不闪烁着模糊数学渗透之后所产生的光辉。这是因为在农业科学这个大系统中,存在着大量模糊性现象。而这些现象,用经典数学去描述,显然无能为力。只有用模糊数学的原理和方法,才能给以比较科学的解释和概括。因此,模糊数学的种子,一经在我国研究界的土壤上破土而出,就备受农业科学家和广大农业科研工作者的青睐,并得到广泛的应用。目前硕果累累,令人瞠目,大有自成体系之势。正是在这样的背景和气候下,农业模糊学呱呱坠地,应运而生。尽管她那惺忪的眼睛还未完全睁开,尽管她还有着一切新生命所具有的共同弱点,但是相信,在广大农业科学工作者的精心护理下,她一定会在农业科学之林独显风采。

第一节 农业模糊学的研究对象和任务

模糊现象在农业科学各个分支中普遍存在。譬如评定农作物品种的优与劣，产量的高与低，作物在某些地区种植的适宜与不适宜，天气形势对农作物生长的有利与不利，土壤类型划分的合理与不合理等等，均可视为模糊性现象。以作物品种的产量为例，各品种产量的高与低如何区分，它们彼此之间的界限又是什么呢？400kg 相对于399kg 是“高”，相对于401kg 则是“低”。自然，如果没有一个具体的参照产量，我们对399kg、400kg和401kg都无法用“高”或“低”这两个形容词来孤立地进行度量。也就是评定品种产量“高”与“低”这两个概念的内涵清晰而外延则不甚明确。诸如此类现象，我们就称之为模糊性现象。它在农业科学中简直俯拾即是。就是说，这种现象广泛存在于农业科学各门分支学科中。令人遗憾的是，迄今为止，这种无处不在的模糊性现象，单单依靠农业科学各门分支学科自身又断难解释得清楚。因此，很有必要把这种现象抽象出来加以研究。而可当此重任的，看来非农业模糊学莫属。

由此可见，农业模糊学是模糊数学和农业科学相结合而产生的一门新兴边缘学科。它以农业科学的各门分支学科，诸如作物育种学、作物栽培学、作物耕作学、农业气象学、农业生态学、农业经济学、植物分类学、植物保护学、土壤学、细胞学等学科中存在的模糊性现象作为研究对象。其主要任务就在于：阐明上述各门学科中存在的模糊性现象，并力图揭示其内在规律，从而进一步指导农业生产，促进农业科学的发展。

第二节 农业模糊学与农业科学之间的关系

农业模糊学和农业科学有着千丝万缕的联系。这一点，只要从农业科学的发展简史，便可见一端。

农业科学的发展，大体上可分为两个阶段。第一个阶段为定性描述阶段。这个阶段主要解决农业科学的概念及其性质问题。数学的迅速发展和日益渗透，为农业科学注入了新的活力。由此便发展到了第二个阶段，即定量描述阶段。这个阶段是上一个阶段的进一步深化。不仅能够从性质上对农业科学加以描述，而且还能从量的角度进行分析，使得人们对农业科学的认识更加全面和准确。由于数学的引入，使农业科学取得了长足的进展。由此衍生出来的边缘学科纷至沓来，诸如生物数学、生物统计学、数量遗传学、群体遗传学、数量分类学等等，这些学科的诞生，为农业科学的发展带来了无限生机。可以认为，数学和农业科学的结合，开辟了农业科学发展的新纪元。

农业科学的第二个阶段又可细分为三个组成部分。其一是与精确数学模型的结合所进行的描述。这类描述的背景和对象具有确定性或固定性，对象间又具有必然的关系。如在农业经营活动中，种子数量、种子价格与种子金额三者之间的关系就属此类。其二是与随机性数学模型结合所进行的描述。这类描述的背景对象具有或然性和随机性。如回归数学模型、作物生长周期的Logistic 曲线模型即属此类。其三是与模糊数学结合所进行的描述。这类描述的背景对象及其关系均具有模糊性。而具有这种模糊性的现象正是农业模糊学的

研究范畴。由此可见，农业模糊学和农业科学彼此间具有密不可分的天然联系。

那末，农业科学与农业模糊学之间的关系，究竟怎样呢？我们说，农业科学是农业模糊学得以产生的“温床”，农业模糊学则是在农业科学这个“温床”上萌生出来的幼芽。没有农业科学，不可能产生农业模糊学。没有农业模糊学，农业科学各分支学科中存在的模糊性现象，就得不到比较精确合理的描述。农业模糊学把从农业科学各分支学科中抽象出来的模糊性现象作为研究对象，构成一个与各分支学科相分离的自成体系的新学科，这就是农业模糊学与农业科学之间的关系。

第三节 农业模糊学在农业科学中的地位与作用

农业模糊学在农业科学中占有重要地位。这是因为农业模糊学几乎涉及农业科学的各个研究领域。在农业科学中，大凡模糊性现象，都属于农业模糊学研究之列。从这个意义上说，农业模糊学又可以被认为是贯串整个农业科学又为农业科学所包含的一门新兴学科。她的提出，是人们对农业科学各学科的认识逐步提高不断深化的结果。

农业模糊学的基本原理无外乎模糊数学理论。所不同的是，她是从农业科学脱胎而来又兼具模糊数学的特点。迄今为止，她在农业科学多个学科中已得到广泛应用。

在农业气象学中，模糊数学已用于天气预报、降雨量预报、各气象因子综合分析预报、客观天气过程划分、天气形

势的客观分类、天气形势与天气模式的相似分析、气候条件的综合分析、评价、气候区域规划、人工影响天气条件分析、天气预报技术评分、农业气象分析等。如春季连阴雨对上海及长江中下游地区的早稻、棉花等农作物的播种、生长，以及对小麦、油菜的病虫害都有很大的影响。因而它是春季气象预报的重点之一。过去，各地气象台、站和科研单位，曾对春季连阴雨的环流形式、天气过程进行过一些分析研究，并提出过一些预报方法，但均不十分理想。因为形成连阴雨的各个预报因子与连阴雨之间虽有一定的关系，但这些关系不是完全肯定的、明确的，而且连阴雨的各种类型也不是完全相象的。预报因素中存在着大量不确定的模糊信息。楼世博、陈化成（上海铁道学院）等同志通过对1975～1978年春季上海地区的连阴雨过程的分析，选取了恰当的预报因子，用模糊聚类分析原理，提出了新的预报方法，对上海地区农业生产的发展，产生了巨大的推动作用。又如橡胶生产在我国国民经济中占有一定地位，但并不是各个地区的气候条件都适宜种植橡胶。高素华等同志采用模糊综合评判方法，对南宁、广州、允景洪（云南省景洪县）、海口（海南省）、万宁（海南省）、龙州（广西壮族自治区）六个地区的气候是否适合于种植橡胶，进行了评定。结果表明，万宁最适宜种植橡胶，海口次之，允景洪又次之，南宁、广州、龙州都不适宜种植橡胶。上述结果与实际情况相吻合。万宁是我国橡胶生产区，基本无冻害。海口是橡胶产区之一，但有不同程度的冻害。允景洪是西双版纳产胶地区之一，但条件不如万宁好，有冻害。南宁、广州根本不能种植，冻害严重。龙州虽有部分胶林，但冻害严重，对橡胶生

长不利。

在农业生态学中，模糊数学也大有用武之地。如橘全爪螨是我国柑橘产区的主要有害生物之一，其种群动态包括数量动态、空间动态和时间动态。种群在数量上的波动，常常直接引起种群空间结构的变化，从而使空间格局发生变化。在实际情况中，对于生境中的种群数量无法具体用精确数学描述，常用“猖獗”、“凋落”等定性的模糊语言，而且种群分布格局的“随机性”、“聚集性”、“均匀性”等都是没有明确外延的概念。因而用模糊集合论去分析是适宜的。赵志模等同志采用模糊数学方法，对橘全爪螨的动态结构进行了分析，取得了良好效果。再如农业生态区划，对指导农业生产作用重大。许多省、市（地区）、县都成功地把模糊数学方法应用到了农业区划中，取得了显著的社会效益和经济效益。

在作物育种学中，模糊数学更是身手不凡。如小麦杂交过程中，亲本的选择至关重要。每个小麦亲本，都有它自己的一系列特性。如抽穗期、株高、有效穗数、穗粒数、千粒重等。这些性状都可视为实数域上的模糊子集。刘来福（北京师范大学）等同志采用模糊识别方法确定小麦亲本所属类别，从而为亲本选配提供了依据。河南省安阳农业科学研究所小麦研究室也曾采用模糊数学方法，对近年来表现较好的亲本进行了聚类分析。所得亲本类别与实际考察结果相吻合，从而使小麦亲本选配更加科学合理。由于作物育种的根本目的就在于汇集各种有利的基因，淘汰不利基因和打破优劣基因间的连锁关系，增加新的有效变异，以创造新的物种或人类所需要的品种。这样，在育种之前，就有必要了解

物种的遗传性及其进化序列关系，进行微观水平上的基因分析，确定不同物种或品种中具有差异的遗传物质载体染色体的形状，以便从侧面了解物种间的进化关系，为测定物种间杂交亲和性提供信息。为此，人们采用模糊数学方法，对染色体进行识别，取得了令人欣喜的结果。再如品种区域试验，被称为育种之尾，用种之首。其试验结果分析得正确与否，常常对农业生产有重大影响。如何正确评价品种好坏呢？实践证明，传统的方差分析法比较准确可靠，但由于这种方法只能针对一个性状进行分析，所以综合评定效果差。通常，对品种的评语大都是定性的模糊语言。因此，河南省安阳农业科学研究所小麦研究室的同志又采用模糊综合评判方法，对1986—1988年度河南省北部冬小麦区域试验结果进行了多个性状的综合分析，所得结论与方差分析基本一致，但比方差分析考虑的因素多。因而，结果也更加客观。

在作物栽培学中，模糊数学亦大显神通。多年来，作物栽培工作者围绕新品种进行了一系列栽培试验，取得了大量科学数据，为农民提供了有效的栽培措施，其中不乏各种类型品种的栽培配套技术。经验表明，同一类型的品种，其栽培管理措施也大致相似。河南省安阳农业科学研究所小麦研究室采用模糊相似选择方法，对近两年在省区域试验中崭露头角的两个新品种豫麦13和内乡182，与近几年在河南省大面积推广、栽培技术措施业已成熟的9个小麦新品种（豫麦2号、豫麦7号、豫麦10号、豫麦11号、豫麦15号、豫麦16号、周8826、陕农7859、百农3217）进行了相似性分析。得出结论：豫麦13与豫麦2号最为相似，内乡182与豫麦7号最为相似。据此，可以认为，分别采用豫麦2号和豫麦7号