

电子计算机 农业应用新进展

浙江省农业科学院情报研究所

前 言

电子计算机在农业上的应用已取得显著的经济效益，使用范围也日趋广泛。许多发达国家计算机已在农场和农户中推广应用，而且发展速度很快。不少发展中国家也把计算机的农业应用列为国家重点研究项目。我国电子计算机在农业上的研究和应用虽然起步较晚，但近年进展较快。在农作物和畜禽品种资源数据库、作物病虫害预测预报、畜禽饲料配方、农田灌溉、家畜饲养管理、模式栽培等方面的研究都取得了可喜的成果，有些已在生产上发挥经济效益。但总的说来，计算机的研究和应用还是在起步阶段。为了较全面地了解国内外电子计算机在农业上的研究和应用现状及其发展趋势，我们开展了专题情报研究。通过国内外文献的调查和分析研究，从植物遗传育种、作物病虫害预测预报、畜牧兽医、土壤肥料、作物栽培、蚕桑等六个方面撰写了专题调研报告，较系统地阐明了计算机在这些领域中的研究应用进展、主要成果、研究方法、发展趋势，并对今后的研究重点提出了设想和初步建议，同时从国外最新文献中挑选翻译了一些实用性较强、参考价值较大的论文，以供借鉴；另外，还收入了我院陈宣民、陈秋方等同志的最新论文。文集反映了八十年代计算机领域的最新动态和成果，对从事农用计算机研究和应用的科技人员、高等农业院校师生、专业户、农场及行政部门的领导和管理干部均有较好的参考价值。

本书编译者虽经主观努力，但限于水平，文中缺点、错误肯定在所难免，恳请读者批评指正。

浙江省农业科学院情报研究所

一九八五年元月

目 录

植物遗传育种	(1)
电子计算机在植物遗传育种领域中的研 究和应用进展	余兆海 (1)
情报检索的数据库管理系统和植物育种 者试验的文件编制	D. J. Andrews等 (16)
应用电子计算机数据存贮和检索测定自花授粉谷 类作物的特性	A. J. Eade等 (22)
一个存贮、处理和检索干菜豆、食用菜豆育种信 息的计算机系统	A. Ghaderi等 (41)
甘蓝家系选择的计算机模拟	J. E. Bradshaw (50)
计算机系谱追踪	Richard L. Bell等 (61)
植物病虫害预测预报	(65)
电子计算机在植物病虫害预测预报上 的应用	韩玉科 (65)
利用逐步回归导出小麦赤霉病流行程 度的预报模式及其验证	陈宣民等 (79)
用计算机模拟农药在土壤中的移动和 降解	陈秋方等 (88)
利用模拟预测稻瘟病的发生	桥本 晃 (96)
利用模拟模型预测柑桔沙皮病的发生	小泉铭册 (103)
利用模拟预测柑桔红蜘蛛的发生	古桥嘉一 (109)
黑麦秆锈病发展的数学模型试验	斯捷普诺夫等 (113)

计算机在植物病理学中的应用	P.S. Teng等 (119)
计算机在农业技术情报服务中的利用	
——农药混用事例	村岡 实 (131)
畜牧兽医	(138)
电子计算机在畜牧业中的应用	胡振尉 (138)
家畜饲养管理中计算机利用的技术问题及其展望	伊藤 稔 (154)
微型计算机在繁殖猪管理上的利用	关 哲夫 (160)
养鸡经营中利用计算机的现状与展望	岸井诚男 (171)
鸡育种与计算机	内藤 充 (179)
计算机在奶牛饲养中的利用	关口 博 (185)
用一种新的计算机模拟程序评价实际选择指数	齐尾 乾二郎等 (194)
土壤肥料	(204)
电子计算机在土壤肥料学中的应用	蔡剑锋 (204)
计算机最佳施肥量的子程序	J.D. Colwell (217)
利用计算机确定复合肥料的最佳施肥量	J.D. Colwell (235)
估测阳离子交换量和土壤常规分析质量控制的计算机辅助方法	N.V. Hue等 (245)
作物栽培管理	(254)
电子计算机在作物栽培中的应用	潘工政 (254)
德意志民主共和国计算机计划灌溉的模型、系统和经验	Karl-o, Wenkel等 (266)
微型计算机管理温室环境系统的研制	

和实用化试验·····	吉在农树等 (276)
蚕 桑·····	(287)
电子计算机在蚕业科学中的研究和应用进展·····	孟智启 (287)

植物遗传育种

电子计算机在植物遗传育种领域中 的研究和应用进展

余光海

七十年代以来，人们对电子计算机在植物遗传育种领域中的应用作了许多探索，有些成果已在科研、生产中发挥了作用。为了综观计算机在该领域中的研究和应用的进展，拟从种质资源数据库、育种和遗传研究三个方面加以综述，并就我国今后急需研究开发的问题提点拙见，以供参考。

一、种质资源数据库

随着高产集约化栽培品种的普遍推广，一些遗传多样性的农家品种已被抛弃。由于产量的普遍提高，生产上应用的品种也日益单纯，遗传基础迅速缩小。为了获得高产优质、抗逆性强、适应性广的新品种，各国农学家、遗传学家和育种工作者都很重视种质资源的搜集、鉴定和保存工作，并把掌握种质资源的数量、对种质资源遗传性研究的深度，作为育种工作和农业科学发展水平的标志之一。苏联每年派出大批考察人员到世界各地进行种质资源的搜集。目前，全苏植物栽培研究所已保存种质资源25万 multiple 份。美国从1898年成立国外种子和植物引种处以来，现在种质资源研究室已保存43万 multiple 份材料。日本学者预计二十世纪末到二十一

世纪，将是生物学占主导地位的科学时代，而生物科学发展的物质基础又是生物遗传种质资源。他们认为在这个时代谁占有的生物种质资源愈多，谁将愈主动。日本在1983年12月1日建立了农业生物遗传资源研究所。在筑波科学城建立了现代化的种子贮藏室，用计算机管理约170种作物，3.2万个品种。数据库贮存约30万条品种信息。据报道，全世界现有种质库约500多座，除了农作物外，还有畜禽、昆虫天敌、微生物、病毒等方面的资源，用来进行新品种选育、植物保护、畜禽疾病防治、培肥土壤，以进一步扩大生物技术的应用。在数量庞大的种质资源面前，各国都运用电子计算机这个现代化工具对种质资源进行科学管理。

种质资源的电子计算机管理系统，欧美一些国家、日本及分布在世界各地的国际农业研究中心，都已发展到以大型计算机为中心，与全国各地的资源研究部门、遗传育种单位相联，组成全国性计算机网络。各地利用远程工作终端，随时向计算机中心输入种质资源数据，或向计算机中心查询所需要的某些种质资源或某些特性。国际水稻研究所1976年底研制完成种质资源情报检索系统，并逐步得到改进和完善，目前该所利用IBM公司生产的大型电子计算机进行水稻种质资源的贮存，现已保存亚洲栽培种 (*Oryza sativa*)、非洲栽培种 (*O. glaberrima*) 7,970份，野生稻11,000份，遗传测试种和突变材料690份，以及其他材料，共6万多份。每份材料记录75个参数，约140万个参数记录在磁带或磁盘上。还有29万份杂交系谱记录和IR育种选系记录，在计算机编目保存，供使用者查找优良性状组合和品种，打印杂交系谱和IR选系在每个世代的表现。目前该所又在扩大计算机管理系统，预计1985年可处理12.5万份已登记的品种。

Andrews等(1982)报道一个包括7个计算机程序的情报检索的数据库管理系统。这些程序都用FORTRAN IV语言编制的。用于植物育种田间试验的有两个程序。重复试验设计由DESIGN

程序控制，非重复试验由TRIAL程序控制。SELECT程序可以根据亲本将中选的单株列成表，标明每个小区中选的单株数。LABEL1程序打印准备种植的种子标签。ENTER程序指令新增种子小区的编码。LABEL2用新编码打印种子存贮包的标签。BOOK程序用于存贮小区号、登记号或登记名称。这些程序与作者(1978)早先描述的程序一起就形成一个便于育种家使用的完整系统。经1980-1981两年每年1000个试验小区的试验表明，可以大大节省花在日常事务工作上的时间，节省大量人力，避免差错，提高试验质量。

Chaderi等(1984)研制了适于菜豆育种用的情报存贮、处理和检索系统。用COBOL语言编制程序，在美国密歇根州立大学CDC Cyber 750计算机上执行。为了便于更新文件，数据库包括存取主文件和与程序联接的杂交组合主文件。文件更新包括增加、删减和校正。该系统还包括早期世代、品系观察和有希望品系试验的计算机程序。这个系统不仅适用于菜豆，而且也适用于其他自花授粉作物的育种。

亚洲蔬菜研究发展中心(AVRDC)研制了大白菜、大豆、绿豆、番茄、甘薯和马铃薯等六种作物的种质存贮信息系统。该系统包括变量分析、直线回归、相关系数、频率分布、邓肯氏新复极差测验等统计分析的程序包，并用大白菜作为样本，列出其计算机程序。

熊谷甲子夫(1980)报道一个管理遗传资源信息的改良型EXIS数据库管理系统。该系统的构成概略和使用范围的流程图如图1。这个系统处理的数据，以二元表的形式提供。但其内容不限于数据，也可以处理以文字和符号表征的信息。它保存的数据信息，与全国计算机中心联成网络，使其数据库化，育种者可以坐在自己办公室里了解所需的数据资料。

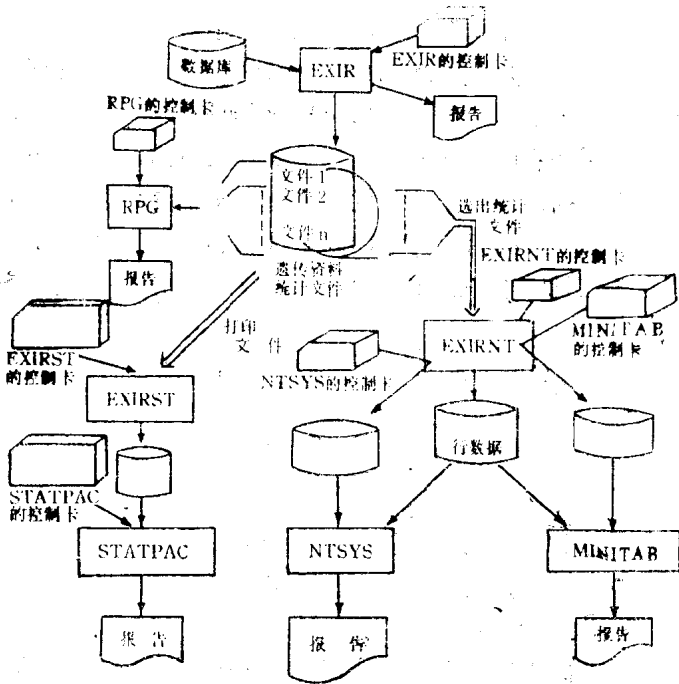


图1 改良型 EXIS 系统流程图

我国对种质资源也很重视。在以往的基础上，1978年开始的对水稻、大豆等资源的考察已经结束。全国主要农作物品种资源的家底已经初步摸清。我国近年搜集到的农家品种和野生近缘植物为主的品种资源达15万份，加上原有的15万份，共计达到30万份。数量之多已进入世界前列。目前最大的国家种质库已建成。它标志我国品种资源工作进入了一个新阶段。从1980年开始，中国农业科学院、浙江、上海等省市，相继着手研究种质资源存贮、检索的电子计算机管理系统。目前这些省市和中国农业科学院都已建成水稻种质资源信息存贮、检索系统。吉林省农业科学

院在PDP 11/23微型机上研究一个大豆品种资源数据库管理系统。该系统引入分层管理的数据结构设计和覆盖技术；采用FORTRAN语言，在RT-11操作系统下运行。它可以对4000多个大豆品种，每个品种150个性状项目实行品种资源的科学管理，以及选择育种的最佳方案。

浙江农业大学胡秉民、张全德(1984)研制了《农业试验统计模型BASIC程序库》。整个系统包括25个统计分析程序，是适合微型机应用的较为全面的成套程序。数据处理同常规处理的格式与步骤相符，设计的理论与结构也较严谨，对于育种工作者很有用处。

数据库首先是存贮数据，同时要准确无误地取出数据为用户服务。所以从收集数据时起就要使数据标准化和规格化。

数据库的计算机化及其应用，据Witlombe等(1984)的归纳有：(1)原始数据的整理、核实；(2)把合乎标准的数据输入计算机；(3)在输入时进一步核实数据；(4)编辑；(5)对数据再核实；(6)报告的书写；(7)分析；(8)数据库的咨询。

我国许多省市和国家研究机构都在建设种质资源数据库，并取得初步成果。这些数据库都是在微型机上实现的，各自单独使用，未能联成网络，也没有计算机中心。国外大型种质资源数据库都用大型机进行管理，并成为中心，再和全国各地、研究单位、应用单位联结，形成网络，实行联机检索，以方便用户。

二、育种研究

培育优良品种是促进农业发展的重要措施。有关科学家估计，世界农作物增产中有30%是由于推广优良品种取得的。虽然计算机在育种中的应用远比计算机本身的发展要迟滞得多，但近年来的许多研究进展却显示了计算机在育种中的独特作用，而且越来越引起育种者的关注和兴趣。

在育种工作中,要计算和分析大量观察数据,通过比较决定取舍。这项工作进行得精确、迅速、简便,就能节省大量时间,加速育种方案的实现。而计算机就能既快又好地完成这项任务,它是育种工作者的得力助手。

Scott(1978)研究一种可以在田间用于小谷类作物育种方案中进行电子称重和数据处理系统。该系统将电子天平接在Hewlett Packard 9815 A程序计算器上,放在卡车上在田间流动对谷物样本进行快速称重和对产量数据进行快速分析,并将结果记录在磁带上。它能以对照为基础计算出平均值、标准差、变异系数、最小显著差数等参数。育种者根据这些结果在田间进行初步筛选,大大减少取回室内考查的样本,节省大量人力、物力。过去收获和称重一个12公顷试验地的育种材料,需要15人6天时间,每天处理750个小区。使用该系统后,同样工作量只要10人花3天时间就可完成,每天处理1500个小区。

民主德国从1957年起就试图用计算机处理育种材料,直到1980年形成了GABE II-EC系统。该系统能完整地处理每个试验,提出文字、数值报告,供信息检索。也能对所积累的数据进行二级利用。这个系统的工作范围大,几乎可以处理所有试验,甚至处理有许多重复的观察试验,但试验的小区数不能超过300个,研究的因子数不要超过6个。

Ygdgaard(1979)为了选择和淘汰育种材料,采取平衡和部分平衡网络设计和随机区组设计,用FORTRAN语言编制了计算机程序,通过F-检验和LSD检验,鉴定产量的显著性。该程序的原理如框图。这个系统可以分析12个独立性状,并把分析结果存贮在数据库中。使用这个程序的专门实例已在甜菜育种中进行。

佐佐木昭博(1983)从1977-1978年开始,在九州北部各县及农试场育种田中,发现大麦条纹矮缩病。为了选育抗条纹矮缩病的品种,他们利用GRIMS/CGS系统,在591个二棱大麦育种系

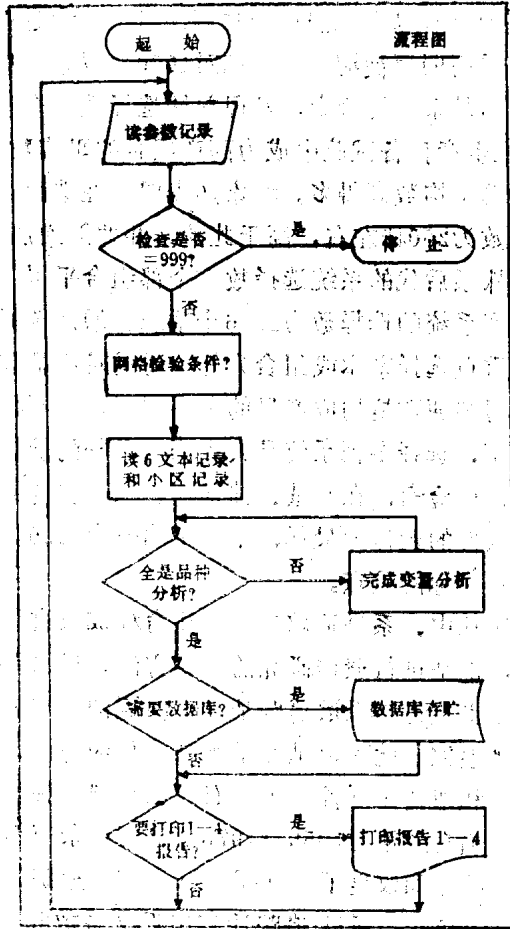


图2 流程图

统中检索到过去杂交育种系统中，有西海皮和羽系J—7两个品种作过16次和4次杂交亲本。在西海皮10号×羽系J—7组合中，曾选育了抗条纹矮缩病的品种。进一步检索西海皮和羽系J—7品种，得

知抗条纹矮缩病的抗性基因是来自六棱大麦钢麦。在系谱检索中还发现六棱种具有高产、强秆的基因，对大麦育种很有价值，但以后因抗赤霉病弱而被淘汰。他们对1970年以来在生产预备试验中居前5位的品系进行检索，发现单株选择数在全部组合中平均为101株，在生产预备试验中成为高产组合的平均数为152株，比全部组合的总平均数高得多。检索还表明，在选育高产品种时，选择的单株数为200株左右，高于此数，并非能增加高产品系的出现频率。株系后代的系统选择数，全部组合平均为13.3个系统，获得高产系统的选择数为23.6个系统。增加选择数还不如集中力量进行重点选择亲本或组合为好。通过对产量和产量构成因素的检索，得知穗数是构成产量的主要因素。在不牺牲穗长和千粒重的前提下，选择多穗系统是大麦高产品种的前提。对抗倒伏性的遗传力进行检索，在产量、抽穗期、株高和抗倒伏性4个因素中，抗倒伏性的遗传力最低，十年平均值为0.29。所以，抗倒伏是今后育种目标的重点。

在育种工作中，系谱追踪是对以往育种成果进行评价和借鉴的重要手段，也是进行遗传研究的重要方法。过去要对大量杂交组合和几十个世代进行系谱追踪是难以实现的。现在，借助于计算机进行系谱追踪，就可以迅速了解基因型的分配，评价育种群体的近交程度和遗传多样性。美国农业部在梨育种群体的近交研究中，为了正确有效地对1955—1976年1112个杂交组合后代进行追踪和评价，设计和改良了PEDTRACE家系追踪的计算机系统（Richard, 1980）。通过追踪计算出近交系数和共祖系数。McCreight(1982)研制一个用BASIC语言编制的用于存贮和检索系谱记录的计算机程序。它包括MENU、INPUT、LIST、SEARCH、CORRECTION、APPEND、DUPLICATE和STOP等8个主程序和一个EDIT子程序。

品种稳定性是基因型和环境互作的结果。一个具有高度稳定

性的品种，对各种环境有广泛的适应性。因此，在品种区域性试验中评价品种的稳定性是重要内容之一。中国农业科学院、江苏省农业科学院和南京农学院都应用电子计算机估测小麦、大麦、大豆和水稻等作物的稳定性参数。陈昌华等(1983)根据 Eberhart 和 Russell 提出的估计品种稳定性参数模式和方法，采用 FOR-TRAN 语言编制程序，借助 PDP11/45 型电子计算机，分析作物和畜牧共 7 份资料。整个源程序的输入和编译只用 4 分钟，计算用 3 分钟。这种快速、精确、省工、省力的计算，十分有利于育种。范家骅(1983)对北方冬麦区 1981—1982 年度小麦品种联合区域试验的结果，应用 Eberhart 和 Russell 法的 b 及 S^2d 两参数进行产量稳定性分析，把供试品种分为对环境敏感的、不敏感的和对环境变化稳定的三类。并初步认为把品种稳产性和丰产性结合作为育种目标是必要的。

三、遗传研究

遗传研究是植物育种的理论基础。对于加速育种进程、有效地控制遗传变异、做到有预测性选育人们所希望的品种有着直接的指导作用。电子计算机的应用，为解决许多繁杂的问题提供了条件。如数量性状的选择，在植物育种中占有重要位置。而数量性状的变异要用统计数值来表示，计算机就是有力的助手。中国农业科学院作物所曾启明对 1978—1979 和 1979—1980 两年的小麦品种试验结果进行遗传距离和聚类分析，根据聚类图、类间遗传距离和主成分，提出优良亲本和亲本选配的建議。南京农学院亦在 Cromemco 微型机上，用扩展 BASIC 语言编制出估算作物遗传距离的程序，并根据遗传距离对 48 个大豆品种，11 个数量性状，70 个小麦品种，17 个数量性状进行聚类分析，为数量性状的选育提供理论根据。

在杂种优势利用中，常常要评定亲本系的配合力，为合理利用

品种，选择强优势组合提供科学依据。而一般配合力效应和特殊配合力方差是评定亲本在杂种优势中利用价值的两个最重要的统计值。江苏农学院徐道章根据莫惠栋的“ $p \times q$ 交配模式配合力分析”一文中“每一个试验单元提供一个反应量”的论断，利用 BASIC 语言编制计算机程序，绘出了程序框图和上机运算后的打印结果。原来在计算器上要花三、四个小时计算时间，使用该程序只要2分钟就可将结果打印出来。

James McGurk等(1983)报道一个测量和分析染色体的 BASIC 计算机程序。该程序利用 Apple 图象处理附件 (Apple Computer Co. Cupertino, Ca) 进行设计，在 Apple II 计算机上实现。该程序特别适合测量核型标本。对曲线形染色体也可精确测量。

Masatoshi Nei等(1983)报道了评价隔离繁殖前后交配的数学模型。用 TI-80 随机微分方程式作计算机模拟表明，在突变率保持一致时，该模型用于隔离繁殖的进程是小群体大于大群体。在一个特定的群体中，位点数大的比位点数小的快。评价隔离前后机制的动力学非常一致。

Doyle等(1983)研究了同源四倍体相互易位行为的计算机模拟。他们设计了一个能构成所有可能配对组合的微型计算机程序，它能对单个的减数分裂图(单价体、棒状体和环状双价体等)和一个细胞内的减数分裂组合图进行辨别和累加。该程序不仅能对涉及8条染色体的合子基因型减数分裂构型作图，而且还能对涉及5条、6条、7条、9条和10条染色体的大多数非整倍体作图，以对单次相互易位的同源四倍体自交后代中发现的基因型种类和频率作出估算。

David(1982)用 FORTRAN IV 语言编制一个估算 F_2 染色体距离的计算机程序。该程序不仅是研究工具，而且可以作为教学辅助程序。

Karl A. Suiter等(1983)为了帮助遗传学家检测和估计分离后代的遗传连锁, 菲利浦自动顺序计算机语言(PASCAL)编制LINKAGE-1 计算机程序来模拟分析显性(3:1和1:1)或等显性(1:1, 1:2:1和1:1:1)基因的位点分离。Dudley(1982)用计算机模拟来评价等位基因转移的理论。Baghurst(1982)用计算机来评价分析双列杂交的一般公式。

Landivar(1983)根据Baker创造的棉花作物动力学的GOSSYM模拟器进行遗传学研究, 分析了鸡脚叶棉和普通棉在各种环境中的生长特性。GOSSYM计算机模拟证明, 在有利条件下, 鸡脚棉在结铃初期利用的碳水化合物较多, 结铃数多于普通棉, 但发育不良的棉铃也较多。鸡脚棉的结铃率随着施氮量的增加而提高。鸡脚棉碳水化合物分配到棉铃中的有效率高, 产量也较高。在不利条件下, 普通棉仍能保持较高的叶面积指数, 吸取较多的太阳能, 产量高于鸡脚棉。因此, 他们认为选育一种介于鸡脚棉叶型和普通棉叶型之间的中间型棉花品种, 对提高棉花产量稳定性是有价值的。作者还用GOSSYM模型进行计算机模拟证明, 棉花光合率提高35%, 皮棉产量可增加54%。而光合率高的品种, 需要足够的氮素和水分。

Baker(1980)研讨了在科研管理、作物育种、产量预报、农场管理、病、虫、杂草防治方面应用模拟模型问题。近年, 许多育种工作者用设想的模型作为工具, 预测各种遗传组合的效果和经济效益, 并预测特殊基因型对特殊环境的反应。

四、需要着重研究的问题

1. 建立全国性种质资源计算机管理中心, 并逐步形成网络。我国已搜集到的主要作物品种资源已进入世界前列, 最大的国家种质库等现代贮藏设施也已建成。为了使全国各地能充分利用这些宝贵财富, 迫切需要研究建立全国性的计算机管理中心, 并初

步形成网络。避免各单位在同种作物、相似水平上重复劳动。

2.加强模拟育种研究。世界许多国家在模拟育种方面正在进行探索,许多学者提出有益的设想和见解,这对推动育种工作的开展是很有好处的。我国在这方面还未很好开展研究,急需加强。如果把计算机和生物技术一起引入育种领域,必将推动育种进程,促进育种工作的突破。

主要参考文献

马启文,微型机在农业中的应用,《计算机世界》,1984,4月23日。

——,大豆品种资源数据库管理系统投入使用,《计算机世界》,1983,8月5日。

王正三,微型机用于水稻遗传资源研究,《计算机世界》,1983年9月5日。

王正三,计算机应用于水稻育种研究,《计算机世界》,1983年12月5日。

王友恭,我国已收集到主要作物品种资源三十万份,《光明日报》,1984年8月14日。

中国农业科学院品种资源研究所科研处,当前我国作物品种资源研究简况,《作物品种资源》,1984,(1),2—6。

张贤珍等,电子计算机在种质资源管理中的应用,《电子计算机在农业上应用研究论文选编》(第一集)1983,1—23。

陈昌华等,应用电子计算机估测品种稳定性参数,《江苏农业科学》,1983,(2),21—25。

范家骅,北部冬麦区小麦新品种产量稳定分析,《电子计算机在农业上应用研究论文选编》(第一集),1983,46—54。

徐道章, $p \times q$ 支配模式配合力分析电算程序,《江苏农学院学报》,1984,5(2),55—59。