

青 年 耕 作 学 者 论 丛 (一)

全国耕作学青年学术研讨会

论 文 选 集

中国耕作制度研究会青年学组
南京农业大学耕作学教研室

编著



南 京 大 学 出 版 社

青年耕作学者论丛(一)

全国耕作学青年学术研讨会 论文选集

中国耕作制度研究会青年学组 编著
南京农业大学耕作学教研室

南京农业大学
耕作教研室
赠 阅

南 京 大 学 出 版 社

1992·南 京

(苏)新登字第 011 号

内 容 简 介

本书较全面地反映了动态仿真、模糊综合评判、聚类分析、层次分析、灰色系统、运筹学、专家系统、作物生长模拟系统、回归设计及均匀设计等方法在耕作学中应用的最新成果，是耕作学科研、推广工作者的一本很有价值的参考书，也可作为农学类研究生及本科生的参考书，对从事农业计划、规划、管理、以及农业生态、农业资源管理等专业的科技工作者均有参考价值。

青年耕作学者论丛（一）

全国耕作学青年学术研讨会论文选集

中国耕作制度研究会青年学组 编著

南京农业大学耕作学教研室

责任编辑：是雅蓓 荣翠琴

*

南京大学出版社出版发行

(南京大学校内)

*

江苏科技报印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 8 字数 19.5 千

1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷

印数 1-1000

ISBN7-305-01683-7/S·5

定价： 6 元

序

土地资源是有限的，其中耕地资源更是有限，而且由于人类生活与产业开发等需要，占地面积不断增加，使耕地面积相应减少。同时由于人口迅速增长，使单位面积耕地负担的人口数量愈来愈多，迫使单位面积耕地的产量必须相应提高，以养活养好不断增长的人口。

任何一种农业科学技术的改进，都能在一定程度上提高单位面积耕地的产量，而作为农业生产技术综合、系统改进的耕作制度改革，其效果就更为显著，在建国 40 多年来农业生产迅速发展进程中一直起着重要作用。

我国幅员广大，环境条件复杂，形成了种类繁多、集约程度不同、效益高低不一的耕作制度，为了使我国农业生产再上一个台阶，必须进一步研究建设高功能、高效益的持久性的耕作制度。多年来，中国农学会耕作制度研究会团结我国耕作学界的同行们孜孜不倦地为之奋斗，作出了许多有益的贡献。更可喜的是中青年科学工作者人才辈出，在现代科技迅速发展中对解决生产实际问题，对本学科的发展都发挥了积极作用。本论文集就是他们近年来工作的结果，特地推荐给各级领导和科技工作者参考，并希望就不同论点提出讨论，以利农业生产发展，繁荣耕作学科。

中国耕作制度研究会理事长 马世均

1992 年 3 月

前 言

耕作学是研究建立合理的耕作制度的理论和技术体系的科学。近半个世纪以来,耕作学在系统总结传统生产经验、继承朴素农学思想的基础上,经历了由单一追求产品产量为目标向追求产量、经济、生态和社会效益多目标的转变;经历了由单纯硬技术向软技术与硬技术相结合的转变过程。耕作学科已载入了《中国大百科全书》和《农业大百科全书》,树立了独立的学科地位。目前,学科正向宏观软技术和微观硬技术两个方向发展,由定性研究向定量研究发展。

在中国农学会耕作制度研究会的关怀和支持下,1991年5月,在南京农业大学召开了第二届全国耕作学青年学术研讨会,着重研讨耕作学的量化研究方法。会议共收到论文60余篇,涉及的研究方法有:动态仿真、模糊综合评判、模糊聚类分析、模糊层次分析、灰色关联分析、线性规划、专家系统、作物生长模拟模型、正交旋转回归设计和均匀设计的数学模型解析等。除了量化研究方法外,还有高功能、高效益的粮经结合多熟种植模式的研究及耕作学科的其他方面内容,本论文集是从这些论文中精选而成。中国农学会耕作制度研究会理事长马世均教授,副理事长袁从祎研究员、常务理事章熙谷教授、副秘书长赵强基副研究员及南京农业大学王泰伦教授等老一辈耕作学专家参加了研讨会和本论文集的审稿工作。参加审稿的还有南京农业大学耕作学教研室青年教师柯建国、李萍萍、卞新民和王绍华,并由章熙谷教授和李萍萍最后定稿。

这是中国耕作制度研究会青年学组自1987年成立以来第一本正式出版的论文集,难免有不完善之处,仅此抛砖引玉,望能在推动学科的量化研究方面起一点作用。

中国耕作制度研究会青年学组

1992年3月10日

目 次

耕作学研究方法

丹阳市种植业结构的分区综合优化研究	李萍萍	卞新民	章熙谷(1)
农业资源管理及耕作制度优化专家系统构思与设计			王宏广(9)
稻田种植制度效益综合评价的模糊层次分析法	吴国庆	孙国夫	吴森元(15)
用灰色关联分析等方法评价凤阳县种植制度的综合效益			焦立新(20)
模糊聚类分析在广东旱作农业分区上的应用	温演望		吴乐民(26)
西北黄土高原贫困地区粮食发展战略的动态仿真			王龙昌(31)
苏南地区玉米种植制度的计算机模拟与分析	杨京平		李萍萍(38)
正交旋转回归设计在间作中的应用初探	陈 颖		邹超亚(44)
模糊综合评判在作物茬口特性评价中的应用			
.....	李明刚	邹超亚	吴善堂 朱志强(48)
河北山区丘陵旱地谷子综合农艺措施模型的研究			
.....	刘玉华	徐海光	陈会云(51)
关于复合种植效益评价方法的探讨			李 军(55)

高 功 能 高 效 益 种 植 模 式 研 究

中国南方红黄壤旱地两熟与三熟制生产力及效益的分析	黄国勤		钟树福(59)
立体种植模式综合光效应研究			
.....	杨 力	宋国菡	苏世钊 刘朝镛 陈树君 王瑄璧 周耀泉 张玉桐(66)
河南省中牟县棉田间作套种模型调查与分析			王同朝 马新明(71)
农田周年套栽平菇的生态合理性及经济、社会效益分析			
.....	李萍萍	朱普平	卞新民(76)
稻萍鱼螺立体种养生态经济效益的初步研究	黄冲平	王华仁	王天根(80)

地 方 性 耕 作 制 度

四川冬水田半旱式免耕小春作物耕作技术调查和分析			梁碧波(84)
吉林半干旱地区坐水播种玉米的增产机制和应用效果			
.....	徐 航	王鹏文	张兴武(88)
三江平原开发区综合治水刍议			季尚宁 何烈勋(91)

其 他

SPAC 系统中水分能量状态研究初报	于贵瑞 陈维新 刘孝义 尤淑丽(95)
黑土中大豆根系分布规律及其数学模型的研究	龚振平 沈昌蒲(104)
稗草对大豆根瘤固氮速率的干扰机制之一——光竞争	由振国(109)
不同生育期田菁物料的氮素释放和土壤有机质积累研究	郭玉海(113)
附: 提交大会的其他论文	(118)

丹阳市种植业结构的分区综合优化研究*

李萍萍 卞新民 章熙谷

(南京农业大学农学系)

摘 要

采用线性规划方法,以种植业收入最高为目标函数,对丹阳市5大农区的种植业结构进行了综合优化研究,并进行了影子价格和灵敏度分析。模型优化结果表明:(1)在栽培技术、农业投入没有大规模变动的前提下,只要从种植业结构上进行优化调整,可在保证粮棉油菜等主要农副产品需求的前提下,使丹阳市种植业总产值提高四分之一;(2)该市应扩大多种形式的三熟制面积,提高复种指数,使之既保证粮棉作物播种面积,又扩大桑园与其他经济作物面积,提高种植业的社会效益和经济效益;(3)该市可以缩小水稻面积10%左右,以利于水旱轮作和饲料、经济作物的发展;(4)应大力提倡秧田种植绿肥或其他填闲作物,并发展一定面积的大豆生产,既有利于发展畜牧业,也有利于增加土壤有机肥,实现农田的用养结合。

合理调整种植业结构,充分利用土地资源,增加种植业收入和有效供给是我国农业工作者长期研究的一个基本问题。近年来,在种植业结构及其优化方面开展的不少研究,对我国农业结构的合理化和农业生产的发展起了积极的作用。然而以往的研究仍有一些不足之处:如用线性规划方法进行县级以上的优化研究时,同一地区内各小区域间资源与生产水平等方面的差异性体现不够;而农业区划研究中又大都用经验分析方法,所得结果针对性不强,不易实施;此外,以作物生产为对象的研究方法在普遍实行多熟种植的广大南方地区实用性欠佳。所以如何把系统工程的方法与农业区划的实际工作更好地结合起来,增强规划在生产实践中的指导作用,是种植业结构优化研究中的一个重要问题。作者运用线性规划方法,以种植方式为对象,对丹阳市种植业结构进行分区综合优化研究,并进行了影子价格和灵敏度分析,使优化方案能反映动态变化。

1 丹阳市种植业结构优化模型设计

1.1 丹阳市种植业基本情况分析

丹阳市地处江苏南部太湖平原、宁镇扬丘陵和沿江圩田三大农区交界处,气候条件较好,作物及种植方式类型丰富,经济、文化、交通均较发达。根据地域性差异,全市共划分为5个农业区,其基本情况见表1。

*注:本书中有关符号统一为:—接茬; / 套作; + 间作; × 混作; — 一年间接茬

表 1 丹阳市农业基本情况

项目	孟河	洮湖	沿江	北山	西丘	全市
耕地(ha)	19 808	21 574	4 260	7 987	6 927	60 556
水田(ha)	18 647	20 547	3 040	5 153	5 853	53 240
农业人口(万)	23.70	23.69	6.26	10.22	7.16	71.03
农村人均耕地(ha/人)	0.084	0.091	0.069	0.078	0.096	0.085

丹阳市是全国有名的蚕桑基地,也是重要粮食产地,棉花生产亦有相当规模,种植业生产水平较高,但在种植业结构上,存在着一些不甚合理之处:当地主要实行麦稻连作,约占耕地总面积的 60%,大豆种植面积仅 1 400ha,绿肥面积所剩无几。近年来由于蚕茧价格上涨,植棉效益下降,挤粮、缩棉、扩桑等倾向明显,粮棉桑争地矛盾突出。该市粮食总产 95%以上为水稻与小麦,其中约 27%用作饲料,这部分粮食生产与消费品种不对路,造成很大的资源浪费。因此,如何调整种植业内部结构,在保证粮棉油生产任务的前提下,合理发展蚕桑生产以及其它粮、饲、经、肥相结合的种植制度,实现社会、经济、生态三大效益的统一,是当地农业生产规划要解决的一个现实问题。

1.2 丹阳市种植业结构优化模型设计

1.2.1 资料来源 所用参数主要来源于丹阳市农业区划办公室编写的《丹阳县农业区划》、《农村产业结构调查研究综合报告》、《丹阳市人地关系变化及其对策调查研究》等资料,以及丹阳市统计局有关资料,有关农副产品价格等数据系深入农户和市场调查所得。

1.2.2 目标函数 以种植业的总产值最大为目标。目标函数的价格系数与粮、棉、油、茧有关时,均按国家收购价计算,与蔬菜有关时,按市场调查价格计算。

1.2.3 决策变量 为各农区主要种植方式的实施面积。根据丹阳市区划办研究结果,各区种植方式类型不尽相同,故各区变量亦不完全对应,一些某区特有的作物仅作为该区特有变量。由于该市老桑园主要种植于河堤高地,且在农业区划时未计入耕地范围与种植业生产,故在本模型(现有耕地资源的优化配置)中不予考虑。而新增桑园必然占用现有耕地,其产值亦是现有耕地重新配置的结果,因此新增桑园被列为模型的决策变量(表 2)。

1.2.4 约束条件 确定的总体原则是:既要体现国家计划经济、生产者与消费者的利益等需要,又不能脱离现实生产条件和经济文化背景;既要体现全市社会经济总体发展要求,又要给各农区一定的灵活性。对于一些过量扩大可能出现销售、加工等方面的困难,从而引起效益明显下降的种植方式,均参照丹阳市农业中期发展规划给予一定的限制约束。

粮食产量下限约束根据近年来该市生产水平与社会需求,各农区均由口粮(250kg/人)、饲料粮(人均 165kg+亩均 35kg)、种子粮(12.5kg/mu)和商品粮(每亩粮食承包田 275kg)4部分组成。各类粮食生产约束主要考虑生产条件、习惯与消费要求。棉花约束根据国家计划与各农区生产传统而定。秧田约束按目前各水稻品种栽培面积与秧田本田比折算为统一比例,单季稻田 1:10(杂交稻与常规稻平均值),后季稻田为 1:7。蔬菜

按照各区至少满足人均 47m² (7 厘), 全市总面积不超过人均 73m² (1.1 分) 来约束。按照丹阳市的桑园发展规划: 孟河与洮河高区 2 000ha, 沿江地区基本上稳定在原有 345ha, 北山区 1 333ha、西丘区 1 866ha, 在减去现有面积基础上, 约束了新增桑园的上限。

1.2.5 数学模型 (略)

2 结果与分析

2.1 优化结果

上述模型经运算后得出丹阳市种植业结构优化结果 (表 2~4)。

表 2 模型决策变量及优化结果 (单位: ha)

种植方式	孟河		洮河高		沿江		北山		西丘		全市总计占耕地	
	变量	面积	变量	面积	变量	面积	变量	面积	变量	面积	面积比例(%)	
小麦-稻	x ₁	7 103	x ₂	8 901	x ₃	1 498	x ₄	2 828	x ₅	2 567	22 897	37.8
大麦/西瓜-稻	x ₆	2 773	x ₇	1 406	x ₈	607	x ₉	789	x ₁₀	912	6 487	10.7
大麦/大豆-稻	x ₁₁	0	x ₁₂	0	x ₁₃	0	x ₁₄	0	x ₁₅	733	733.3	1.21
大麦/玉米-稻	x ₁₆	386	x ₁₇	0	x ₁₈	0	x ₁₉	0	x ₂₀	273	658.2	1.09
油菜-稻	x ₂₁	2 275	x ₂₂	2 293	x ₂₃	600	x ₂₄	981	x ₂₅	688	6 837	11.3
小麦/棉花	x ₂₆	2 241	x ₂₇	1 667	x ₂₈	292	x ₂₉	0	x ₃₀	133	4 333	7.16
大麦/玉米-甘薯	x ₃₁	0	x ₃₂	0	x ₃₃	145	x ₃₄	1 031	x ₃₅	0	1 191	1.97
大麦/玉米-大豆	x ₃₆	0	x ₃₇	1 667	x ₃₈	267	x ₃₉	800	x ₄₀	0	2 733	4.51
绿肥-秧田-稻	x ₄₁	1 042	x ₄₂	1 244	x ₄₃	233	x ₄₄	423	x ₄₅	362	3 304	5.46
小麦-秧田-后季稻	x ₄₆	554	x ₄₇	279	x ₄₈	101	x ₄₉	132	x ₅₀	320	1 385	2.29
新桑园	x ₅₁	267	x ₅₂	467	x ₅₃	67	x ₅₄	469	x ₅₅	540	1 793	2.96
大麦/豆-茭白-稻	x ₅₆	333	x ₅₇	533							866.7	1.43
大麦-豆-萝卜	x ₅₈	1 667									1 667	2.75
蔬菜及小宗经作	x ₅₉	1 167	x ₆₀	3 117	x ₆₁	450	x ₆₂	533	x ₆₃	400	5 667	9.36
小 计		19 808		21 574		4 260		7 987		6 927	60 553	100

表 3 优化结构中各类粮食作物面积及预期产量 (单位: ha, t)

作物	孟河		洮河高		沿江		北山		西丘		全市面积		全市产量	
	面积	产量	面积	产量	面积	产量	面积	产量	面积	产量	1988	规划	1988	规划
单季稻	10 420	84 240	12 439	101 685	2 331	21 505	4 233	32 697	3 616	29 292	43 165	33 038	328 352	269 419
后季稻	3 880	24 736	1 685	11 295	709	4 306	921	4 972	2 237	12 805	94	9 265	568	58 203
小 麦	9 898	35 632	10 847	38 305	1 891	8 446	2 960	9 380	3 020	11 113	30 070	28 616	131 028	101 876
大 麦	5 159	12 775	3 606	9 138	1 019	2 977	2 636	7 434	1 917	4 935	7 147	14 337	17 867	37 259
大 豆	2 000	3 750	2 200	4 125	267	500	800	1 500	733	1 375	1 420	6 000	2 664	11 250
玉 米	386	2 010	1 667	8 750	411	2 252	1 847	9 002	273	1 430	1 013	4 584	5 498	23 444
甘 薯	0	0	0	0	145	559	1 047	3 925	0	0	1 503	1 192	5 382	4 484
合 计	31 743	162 145	32 444	173 298	6 773	40 545	14 444	68 910	11 796	60 950	84 412	97 032	491 359	505 845

表 4 优化结构中各类作物产值及比例

(单位: 万元)

作物	孟河		洮河		沿江		北山		西丘		全市产值		各部分比例(%)	
	产值	百分比	产值	百分比	产值	百分比	产值	百分比	产值	百分比	1988	规划	1988	规划
粮食	7 119.2	53.5	7 820.1	50.2	1 795.2	57.5	3 121.8	63.4	2 789.3	60.6	22 439	22 646	67.3	54.5
经济作物:														
油菜	424.7	3.2	429.0	2.8	112.1	3.6	183.3	3.7	129	2.8				
棉花	1 053.3	7.9	712.1	4.6	122.3	3.9	—	—	51.7	1.1				
特产菜瓜	2 523.6	19.0	1 030.9	6.6	273.4	8.8	355.1	7.2	409.6	8.9				
蔬菜及小宗经作	1 785	13.4	4 909.0	31.5	708.4	22.7	760	15.3	540	11.7				
小 计	5 786.6	43.5	7 080.9	45.5	1 216.2	39.0	129.8	26.4	1 130.3	24.5	10 895	16 512	37.7	39.8
新增桑园	400.4	3.0	667.8	4.3	109.3	3.5	506.7	10.2	680.4	14.8	2 364.6			5.7
合 计	13 304	100.0	15 569	100.0	3 120.7	100.0	4 926.9	100.0	4 600	100.0	33 334	41 523	100.0	100.0

模型优化方案与丹阳市种植业生产现状相比具有以下特点:

2.1.1 种植业结构 优化方案中小麦-单季稻两熟制种植面积占耕地的 38%，比 1988 年减少 1/3 以上，增加了多种形式的三熟制面积；饲料粮作物大麦、玉米、甘薯种植面积增加到 176 万 ha，达 1988 年粮食总播面的 10.8%；大豆种植面积扩至 5 566ha。优化方案改变了小麦水稻单一化粮食生产结构，使生产与消费更加协调。优化方案还保证了国家棉花种植计划的落实。优化方案新增加了 1 793ha 桑园，为现有桑园面积的 31%，这有利于提高耕地的经济产出。

2.1.2 种植业产出 粮食总产比 1988 年略有增加，其中水稻与小麦产量略有减少，但大麦、玉米、大豆产量大幅度提高，其在粮食产出中的比重由原先的 4.7% 增至 14.4%，有利于发展畜牧业，因此优化方案的粮食产出构成比现状要合理得多。优化方案的油料产出保持现有较合宜的水平，而其它蔬菜、经济作物产出水平都有很大提高。

2.1.3 种植业产值构成 粮食作物由 67.3% 下降为 57.8%，经济作物产值由 32.7% 上升至 42.2%。种植业总产值达到 3.92 亿元，若加上新增桑园的养蚕产出，则达 4.15 亿元，比 1988 年增长 24.6%。产值的大幅度增加主要是因为扩大了瓜类、蔬菜、桑园及其它经济作物面积。

2.2 资源利用策略(影子价格)分析

2.2.1 全市性约束的影子价格分析 由表 5 可见，各约束条件中，以耕地的影子价格最高，每增加或减少一公顷土地，种植业产值将相应增减 10 789 元，因此必须十分珍惜和保护耕地。棉花生产盈利少，每增加一公顷棉田，种植业产值将下降 2 904 元，如何提高植棉效益是提高农民植棉积极性，保证完成国家任务的一个根本性问题。蔬菜盈利较大，每增加一公顷蔬菜，可提高种植业总产值 4 950 元，但由于蔬菜需要量有限，且不耐贮藏，需长途运输等，故只能根据市场需求适量发展。

2.2.2 各农区影子价格的共同点 1) 麦-稻和油-稻两熟制是当地的主要种植方式，但是粮油作物的经济效益比较低。影子价格分析表明，麦-稻约束增加一公顷，要减收 979~2 121 元；而粮食约束增加一公斤，要减收 0.37~0.50 元，油料约束每增加一公斤将减收

1.60 元左右。但由于麦-稻和油-稻制在当地粮油生产中的重要地位，其面积不宜轻易减少。2) 大豆属于低产作物，每增加一公顷大豆，总产值要下降 627~1 567 元。但种植大豆可以实行二旱一水或旱三熟制，所以其影子价格比稻二熟制要高些。由于大豆有较高的饲料价值，故其面积应稳定在本模型的约束下限以上。3) 单季稻秧田每增加一公顷，将使总产值下降 435~455 元。因此，可采用两段育秧等措施节约专用秧田，也可在秧田里发展部分蔬菜、早熟油菜等，以提高秧田的产值。4) 扩展桑园是最好的增收途径，平原和沿江 3 个农区新桑园的影子价格在 3 521~5 606 元，低山和丘陵农区由于耕地的限制，新桑园面积未达到约束上限。可见，低山和丘陵农区要实现蚕桑的发展规划，应该向非耕地的低山和丘陵坡地发展，不宜局限在耕地上。

表 5 优化资源的影子价格

(单位: ha, t, 元)

资源名称	约束值	与实际差值	影子价格	资源名称	约束值	与实际差值	影子价格
全市耕地面积	60 553	0	10 789	沿江粮食产量	39 500	0	-0.41
全市水田面积	53 240	6 162	0	沿江麦稻面积	1 498	0	-979
全市棉花面积	4 333	0	-2 904	沿江油菜产量	1 125	0	-1.54
全市蔬菜面积	56 675	0	4 961	沿江棉花面积	113	-159	0
孟河耕地	19 807	0	202	沿江蔬菜面积	400	-50	0
孟河水田	18 647	1 940	0	沿江单季稻秧田	0	0	-446
孟河粮食产量	160 000	0	-0.40	沿江后季稻秧田	0	0	-435
孟河麦稻面积	7 103	0	-1 802	沿江大豆面积	267	0	-771
孟河油菜产量	4 256	0	-1.65	沿江桑园面积	67	0	6 506
孟河棉花面积	2 133	-108	0	北山耕地	7 987	0	386
孟河单季稻秧田	0	0	-438	北山水田	5 153	0	369
孟河后季稻秧田	0	0	-462	北山粮食产量	66 370	0	-0.50
孟河茭白面积	333	0	1 420	北山麦稻面积	2 828	0	-2 121
孟河萝卜面积	333	-1 333	0	北山油菜产量	1 840	0	-1.75
孟河大豆面积	2 000	0	-627	北山单季稻秧田	0	0	-445
孟河蔬菜面积	1 167	0	-652	北山后季稻秧田	0	0	-456
孟河桑园面积	267	0	4 024	北山大豆面积	800	0	-813
洮7高耕地	21 573	0	0	北山蔬菜面积	533	0	-1 886
洮7高水田	20 547	4224	0	北山桑园面积	567	114	0
洮7高粮食产量	171 560	0	-0.37	西丘耕地	6 927	0	1 811
洮7高麦稻面积	8 901	0	-1 840	西丘水田	5 853	0	1 639
洮7高油菜产量	4 300	0	-1.64	西丘粮食产量	59 280	0	-0.40
洮7高棉花面积	1 667	0	-333	西丘麦稻面积	2 567	0	-1 755
洮7高单季稻秧田	0	0	-435	西丘油菜产量	129	0	-1.65
洮7高后季稻秧田	0	0	-473	西丘棉花面积	133	0	-2 468
洮7高茭白面积	533	0	2 316	西丘单季稻秧田	0	0	-437
洮7高大豆面积	2 200	0	-1 505	西丘后季稻秧田	0	0	-437
洮7高蔬菜面积	1 439	-1 678	0	西丘大豆面积	733	0	-1 567
洮7高桑园面积	467	0	3 521	西丘蔬菜面积	400	0	-4 061
沿江耕地	4 260	0	0	西丘桑园面积	1 067	527	0
沿江水田	3 040	0	1 032				

2.2.3 各农区资源利用对策 孟河农区：在以粮为主、保证棉花的基础上，着重发展桑

园和茭白、萝卜这两种蔬菜。桑园的影子价格最高,根据该区在蚕茧产量、质量和效益上的优势,桑园还有进一步适当发展的可能。茭白是耐长距离运输作物,除了供应本市各集镇外,还可向周围城市输送。该区加工的萝卜条质量好,畅销国内外,适宜萝卜种植的农田约有3300多公顷,但由于粮桑饲同步发展对耕地的压力,优化模型中的萝卜面积仅为适宜种植面积的1/2,这样也有利于实行年间轮作。

洮河农区:在保证粮油、增加棉花面积的基础上,扩大了蔬菜(尤其是茭白)和新桑园的面积。洮河区部分乡镇在丹阳市区附近,部分靠近常州、镇江,运输、销售方便,是全市商品性蔬菜最主要产区,优化结果中该区的蔬菜面积占全市面积的55%。该区蔬菜约束的影子价格远远高于其它3个农区。

沿江农区:人均耕地最少,但由于约束条件中考虑了这一特点,限制了新桑园面积,大豆面积的下限比其他农区低10%,因此优化结果中,耕地不显得紧张,蔬菜比约束下限增加了50ha,还可在沿江高地种植棉花292ha,比约束下限增加一倍以上。从表5可见,该区新增桑园的影子价格极高(5606元),蔬菜影子价格也高,因此全市若进一步调整或增加桑园蔬菜面积时,可首先考虑该区。

北部低山农区:在保证粮、豆、油、菜生产前提下,重点发展新桑园。受耕地的限制,新桑园只能发展453ha,不能达到发展规划567ha,宜向非耕地上扩桑。

西部丘陵农区:是全市人均耕地最多的,也是5个农区中耕地影子价格最高的农区。该区桑园基数低,根据本模型中的粮、油、豆、菜约束条件,该区能发展桑园540ha,是5个农区中最高的,但与约束上限相差527ha。可见,该区在耕地扩桑1000余公顷的设想过高,应尽可能利用耕地以外的其他坡地扩展桑园。

2.3 灵敏度分析

从线性规划方法中的灵敏度分析可以了解某一变量价格系数单独发生变化后对已有最优解的影响。目标函数系数的灵敏度分析结果列于表6,从表6可以看出:

优化解对麦-稻、油-稻、绿肥-秧-稻、麦-秧-稻4种植方式价格系数变化的反应最稳定。若其价格系数(即该种植方式的纯收入)变幅小于15%,均不会引起最优结构的改变。麦/豆-茭→稻二年四熟制的稳定性也较大,只要每公顷的价格系数减少幅度不超过16%(孟河区)或30%(洮河区),最优解都保持不变,最优种植面积将维持在约束上限的水平。此外,新桑园的解值也较稳定,除北部农区的价格系数变化5%以上可引起优化解变化外,其余几个区或受约束条件限制或受土地限制,只要价格系数不低于10980元,就能维持现行解。

麦-瓜-稻种植方式的敏感性较大,如孟河区价格下降1%,洮河区价格上升1%都将引起优化解的改变。因此,该种植方式面积的调整必须以可靠的市场预测为基础,慎重地进行,避免大起大落。此外,麦/棉、蔬菜及麦/豆-稻等粮食三熟制,对价格系数变化的反应各区之间不一。总的来看,模型的63个变量中,对目标函数系数变化1%反应敏感的和对变化5%反应敏感的各有9个,而大部分变量只有价格系数的变化达10%以上时才会起反应,因而本优化模型基本上是稳定的。

表 6 目标函数系数灵敏度分析结果

变量	目标函数系数	基变量变化范围		非基变量最低值	变量	目标函数系数	基变量变化范围		非基变量最低值
		低值	高值				低值	高值	
x_1	5 130		6 930		x_{32}	5 520			6 360
x_2	5 205		7 050		x_{33}	5 700**	5 505	6 885	
x_3	5 955		6 930		x_{34}	5 340*			
x_4	4 725		6 840		x_{35}	5 490			7 830
x_5	5 175		6 930		x_{36}	5 550			6 285
x_6	8 205***	7 785	8 280		x_{37}	5 550***	5 475	7 050	
x_7	8 250***	8 160	11 850		x_{38}	5 700	4 890	6 465	
x_8	8 595**	8 235			x_{39}	5 355**	5 100	6 285	
x_9	8 085**	7 830			x_{40}	5 475			7 065
x_{10}	8 220*	6 135	8 865		x_{41}	4 035		7 980	
x_{11}	5 700			6 600	x_{42}	4 080		7 995	
x_{12}	5 760***			5 805	x_{43}	4 260		8 280	
x_{13}	6 045			6 855	x_{44}	3 870		7 965	
x_{14}	5 625**			5 865	x_{45}	4 050		7 980	
x_{15}	5 700	4 110	7 275		x_{46}	4 380		5 115	
x_{16}	6 105	5 880	6 405		x_{47}	4 410	2 940	4 950	
x_{17}	6 180**			6 315	x_{48}	4 860		7 905	
x_{18}	6 285*			6 645	x_{49}	4 215	1 635	7 410	
x_{19}	5 580*			5 895	x_{50}	4 350		7 680	
x_{20}	6 135	5 115	8 220		x_{51}	15 015	10 980		
x_{21}	5 310		8 415		x_{52}	14 310	10 785		
x_{22}	5 355		8 430		x_{53}	16 395	10 785		
x_{23}	5 835		8 715		x_{54}	11 175	10 785	12 034	
x_{24}	5 145		8 430		x_{55}	12 600	1 096		
x_{25}	5 325		8 415		x_{56}	9 900	8 475		
x_{26}	5 700***	5 595	7 230		x_{57}	9 900	7 590		
x_{27}	5 325*		5 655		x_{58}	8 400*	7 665	9 030	
x_{28}	5 325***	4 725	5 430		x_{59}	15 300**		15 960	
x_{29}	4 800			5 370	x_{60}	15 750***	14 550	15 960	
x_{30}	4 875		7 350		x_{61}	15 750	15 555	16 950	
x_{31}	5 520			6 150	x_{62}	14 250*		16 140	
					x_{63}	13 500		17 565	

注: ***, **, * 分别表示对目标函数系数变化 1%, 5%, 10% 反应敏感。

3 讨 论

3.1 县以上总体规划中的地区差异问题

在县以上大范围种植业及农业规划中, 如何处理好地域差异与整体性的关系, 是这类规划成败的一个重要方面。本研究采用的分区综合线性规划方法, 较好地解决了这一问题, 不仅从全市角度回答了种植业优化结构问题, 而且将其具体落实到五大农区。这对于区划工作, 指导生产实际具有重大意义。优化方案基本上与该市区划办的原则性种植业结构建议相符合, 而且更具体, 更数量化, 也更有说服力。

3.2 种植业规划中的粮饲结构问题

大量资料表明,我国种植业的首要任务是粮食生产,而产出的粮食有 $1/3$ 左右用作饲料。据专家估计,这一比例今后还会增加,本世纪末可接近 $1/2$ 。因此种植业结构就不仅是一个粮经结合的问题,还应当体现粮、饲、经并重的原则。本模型中因有关饲料价格系数难以确定,故未体现饲料约束,仅仅从种植方式入手,通过各种种植方式的价格系数,扩大了种植业的饲料生产。今后仍需从人类营养学与畜牧业生产结构的角度加强种植业结构的优化研究,以期达到理论与实际,生产与消费更好统一的效果。

3.3 三熟制问题

许多学者研究表明,苏南地区自然资源可以保证多种形式三熟制生产的需要,耕地利用的潜力还是很大的。在耕地不断减少,人口大量增加的形势下,提高耕地利用率、发展高产增收的三熟制,必然是增加种植业产出的一条基本途径。本文优化结果也表明,三熟制增加到耕地面积的 22.2% ,不仅可使粮食产量有所增加,而且种植业产值可提高 $1/4$ 。优化结果中三熟制比例与丹阳市区划办研究结果在原则上是一致的。因此积极稳妥地发展以二旱一水为主的多种形式三熟制,应当作为丹阳市种植业发展的一项战略措施。

3.4 劳力问题

扩大三熟制及桑园,务必多用劳力。劳力的安排以及在经济效益上带来的影响在本文中未予考虑,将作进一步研究。

参 考 文 献

- 1 陈锡康. 农业最优种植结构分析. 农业经济效果, 1984, (1): 10~19
- 2 陈志渊. 线性规划在农业系统工程中的应用. 南京农学院学报, 1980, (2): 93~105
- 3 刘志纯. 系统工程在恒会县种植业、畜牧业、水产业优化结构中的应用. 农业系统科学与综合研究, 1985, (3): 70~78

农业资源管理及耕作制度优化

专家系统构思与设计

王宏广

(北京农业大学农学系)

摘 要

如何运用人工智能的原理与方法并借助于计算机,设计出与生产单位自然资源和社会经济条件相匹配的耕作制度,是耕作学界亟待解决的问题。本文提出农业资源管理与耕作制度优化专家系统(ESFS)的总体构思与设计。

当今计算机科学已广泛深入到人类社会生活与科学研究的各个领域,在农业科研、管理及生产中也得到广泛应用。为了最大范围地利用耕作学已有的科研成果,设计出与一个区域生产单位自然资源和社会经济条件相适应的耕作制度,以提高资源的产出率与人工投入的产投比,作者利用耕作学及其它学科已有的科学积累,建立了农业资源与耕作制度优化的专家系统(expert system of farming system, 简称 ESFS)。

1 ESFS 系统的目的与功能

1.1 目的

为一个生产单位(包括农户、农场)及地区(省、地、县、乡)优化设计耕作制度。包括资源评价,资源生产潜力估算,生产现状分析,农业结构,种植业结构,作物布局,复种方式,轮连作顺序,土壤耕作措施等内容的优化与设计;农业生产所需的各种生产资料需求的数量、时期,结构的预测分析;农业生产的投入产出分析;发展战略咨询。目标是最大限度地提高资源产出率和人工投入的产投比。

1.2 ESFS 系统的基本功能

1.2.1 以县为单位的农业自然资源信息的咨询 包括全国 672 个代表县的气象资源(光照、温度、降水、风力、土温等),土壤(土类、肥力、质地、坡度等),土地与耕地(面积、类型等)。

1.2.2 以县为单位的社会经济条件咨询 全国 2 181 个县(市)的人口、劳力、资金、投入、农业现代化水平、农村工业等。

1.2.3 县级农业生产现状咨询 全国 2 181 个县(市)各种作物面积、单产、总产及主要作物的生育期,以及主要林牧渔业单产、总产等信息。

1.2.4 一个生产单位耕作制度及农业生产现状评价 资源状况评价可对一个地区或生产

单位的耕作制度及农业生产现状，农业现代化程度，自然资源与社会经济条件，资源组合状况等方面进行综合评价，找出资源的优势与劣势。

1.2.5 一个生产单位耕作制度的优化设计 包括以资源充分利用为中心目标的作物布局与结构、复种指数与方式，间套作方式，轮连作模式，土壤耕作配套措施等技术措施的优化设计。

1.2.6 一个生产单位农业资源生产潜力估算 包括光、温、水、土、灌、肥、技、经、社等九级生产潜力的估算，以及挖掘潜力的主要对策。

1.2.7 一个生产单位农业总体规划 包括种植业结构，布局，以及与种植业相适应的畜牧业及乡镇工业结构；还包括完成各项农牧业生产目标所需的物质、资金、技术及劳力需求预测。

本软件还可作为教学、科学研究及学习耕作学的专业工具。

2 系统建立的基本原理、思路与方法

ESFS 系统的建立是依据人工智能的原理与方法，采用 PROLOG 语言在 IBM-PC 机及其兼容机上实现人工智能，即由机器来回答或解决耕作制度专家才能回答与解决的问题。其基本思路是：农业资源评价→潜力估算→挖潜对策→效益分析→战略咨询。

系统建立的基本步骤是：耕作制度优化拟解决的问题→专家知识的收集、整理与加工→建立知识库→知识库的机器语言表达→人工智能化→解决问题。系统建立的思路如附图所示。

3 系统简介

(1) 专家智能来源：耕作制度与作物栽培领域专家知识综合。

(2) 系统运行：PROLOG 语言，PC 机及其兼容机。

(3) 系统主要知识、信息库目录（约 210 余万数据）：

- 1) 全国以县为单位的主要农业资源的信息库（40 余万数据）；
- 2) 全国以县为单位的农业社会经济条件信息库（27 万个数据）；
- 3) 全国以县为单位的农业生产现状信息库（28 万个数据）；
- 4) 全国 672 县（市）气象资料信息库（1951~1980 平均值）；
- 5) 全国 672 县（市）土壤资源信息库（4 万个数据）；
- 6) 全国 672 县（市）9 大类型作物生育期信息库（4 万个数据）；
- 7) 全国耕作制度区划信息库；
- 8) 全国 672 个县（市）9 大作物生产潜力信息库（100 万个数据）；
- 9) 本专家系统实例库。