

用系统工程方法调整农牧生态结构

马树庆

李正秀*

(吉林省气象研究所)

(安图县区划办)

摘 要

本文根据系统工程学原理,在系统诊断分析的基础上,用线性规划方法建立了安图县“七、五”期间农牧药业生态系统结构调整的优化模型。该模型体现了气候、土壤等农业自然资源的地理分布与合理利用;包含了气候、土壤、作物、家畜(禽)和人等系统要素间的生态平衡机制及变不良循环为良性循环的可行途径;考虑了农牧业生产发展速度以及社会经济条件的影响。计算结果表明,通过农牧系统结构的调整(扩大畜牧业比重,扩大水稻、大豆和药材比例,适当压缩玉米等旱粮作物比例,调整农牧生态区域),系统经济效益可提高15%,生态效益和社会效益也有显著改善。

农牧业生产系统是比较庞杂的人工生态系统,它表现为多级别、多层次的网络结构。组成农牧系统的生产者与消费者之间、系统内各部门之间都存在着客观的内在联系,土壤、气候等自然资源及人力、物力、财力等社会资源是其存在的前提,而人既是生产者、消费者又是系统的控制者。因而,只有人按照自然规律对系统加以引导与控制,才能使这个系统正常运转,提高经济社会、生态综合效益。所以,建设现代化农业,必须从农牧业生产的全局出发,运用系统工程方法,对系统进行综合分析、引导与控制,建立最佳系统结构。

本文以安图县为例,应用线性规划方法建立农牧业结构调整模型,以确立最佳系统结构。

一、系统诊断分析

安图县位于吉林省东部长白山区,海拔300—2,000多米,总土地面积751,790公顷,其中耕地48,027公顷,草地30,274公顷,其余大部分为林地。该县地形地势复杂,气候、土壤资源的区域差异十分显著,并存在很明显的垂直地带性。气候冷凉,湿润,水资源丰富,热量资源贫乏,土壤类型多样。

多年来,安图农业经济发展缓慢,劳动生产率低,人民生活水平不高。为了摆脱贫困面貌,我们用系统工程方法对现农牧系统进行了全面分析。结果发现,农业生产落后的主要原因是农、牧、药三业结构不合理,盲目以粮为纲,轻视畜牧业和药业,作物布局区域性差,耕作粗放,喜温旱田作物比例过大,低温冷害严重,土壤肥力递减,系

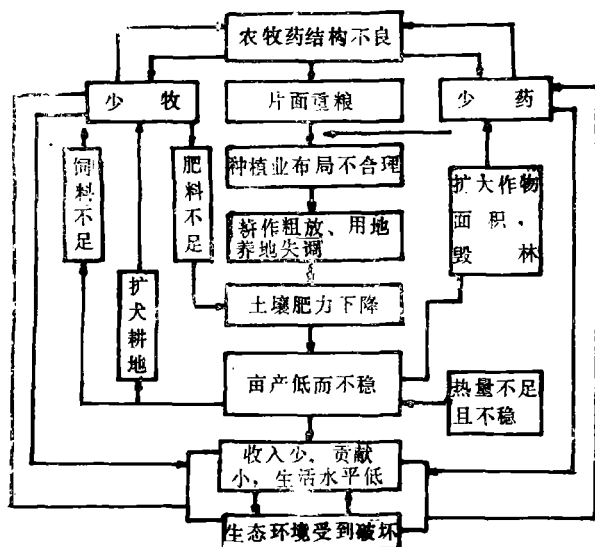


图1 安图县目前农牧药系统的不良状态

*安图县区划办金凤哲、刘元根和金春风同志也参加了部分调查工作。

统各业联系松散，资源利用不当，形成了不良的农、牧、药系统结构（如图1）。因此，要改变目前农业生产面貌，关键在于建立完善的、农牧药协调发展的生态系统结构，逐步变不良循环为良性循环。

二、系统模型

我们用线性规划方法建立规划模型，其一般表达式为：

约束条件：

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \begin{cases} \geq b_j \\ < b_j \end{cases}$$
$$X_j \geq 0$$

目标函数：

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \rightarrow \text{MAX (MIN)}$$

其中， X_j 为决策变量， a_{ij} 、 b_j 、 c_j 均为技术系数， a_{ij} 、 b_j 为约束系数， C_j 为价值系数。

（一）决策变量

决策变量是为了达到一定目的而采取的生产活动方式。我们为了在规划中能更好地体现农牧生产的区域特征，根据农业区划成果^[4]，将全县分三个区确定变量：Ⅰ区为北部低山丘陵温和半湿润农、林、牧、经济作物区，粮豆设7个变量，经济作物设4个，药材设3个；Ⅱ区为中部低山冷凉湿润林、牧、农、药区，粮豆设7个变量，经济作物2个，药材4个；Ⅲ区为南部高原寒冷湿润林、特产区，粮豆设6个变量，经济作物1个，药材4个。蔬菜和青饲料全县共设6个变量。养殖业受自然环境的影响较小，故不分区设置变量，全县设猪、禽（鸡、鸭、鹅）、羊、兔4个变量。为农业提供畜力的大牲畜因数量较稳定，肥、饲料都易估算，故不设变量。

表1 决策变量表

区	项	玉	水	大	谷	小	土	杂	葵	麻	烤	晒	园	黄	贝	细	蔬	青	猪	禽	羊	兔
	目	米	稻	豆	子	麦	豆	粮	籽	类	烟	烟	参	芪	母	辛	菜	料				
	I	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄		X ₁₅	X ₁₆				
	II	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄			X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₄₄	X ₄₅	X ₄₆	X ₄₇
	III		X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	X ₃₆	X ₃₇	X ₃₈			X ₃₉	X ₄₀	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃						

（二）规划目标

农业系统的总目标包括经济目标，生态建设目标和社会需要目标。安图县农牧系统发展的经济目标为农牧净产值达到最大，即：

$$\text{MAX } Z = \sum_{j=1}^{47} C_j X_j$$
$$= 28X_1 + 98X_2 + 36X_3 + 39X_4 + 18X_5 + 28X_6 + 23X_7 + 68X_8 + 69X_9 + 135X_{10} + 162X_{11}$$
$$+ 430X_{12} + 208X_{13} + 946X_{14} + 137X_{15} + 20X_{16} + 21X_{17} + 68X_{18} + 47X_{19} + 36X_{20} + 21X_{21}$$
$$+ 38X_{22} + 22X_{23} + 65X_{24} + 23X_{25} + 658X_{26} + 208X_{27} + 1046X_{28} + 503X_{29} + 118X_{30} + 13X_{31}$$
$$+ 53X_{32} + 41X_{33} + 33X_{34} + 16X_{35} + 28X_{36} + 16X_{37} + 48X_{38} + 500X_{39} + 209X_{40} + 1046X_{41}$$
$$+ 473X_{42} + 69X_{43} + 110X_{44} + 10X_{45} + 13X_{46} + 13X_{47}$$

（单位：元）

生态目标为逐步建立农、牧、药三业协调发展，互相促进，良性循环的农业生态系统，充分合理地利用农业资源。社会目标为满足系统产品的社会需要和当地人民生活需要，逐步提高人民生活水平。

（三）约束条件

约束条件是联系系统的网络,是以目标为准则而建立的。在安图农牧生态系统模型中,我们共建立了7类36个约束方程(如表2)。

(四) 技术系统

模型中的技术系数是在分析该县农业生产的历史和现状基础上,通过“七、五”期间的农牧产品产量、消费量、人口、资源变化等因素的预测而确定的。其中产品价格按80年不变价和超产加价综合计算。对于人参等非一年周期的变量已将其产量和价格订正到一年周期。土地资源调查发现,该县现有土

表2 规划模型的约束条件

序号	约束方程	意义	种类
1	$\sum_{j=1}^{16} X_j = 17.667$ (公顷)	I区土地面积	土地资源利用
2	$\sum_{j=17}^{31} X_j = 28.441$ (公顷)	II区土地面积	
3	$\sum_{j=32}^{43} X_j = 1.919$ (公顷)	III区土地面积	
4	$360X_1 + 381X_2 + 218X_3 + 200X_4 + 230X_5 + 258X_{17} + 267X_{18} + 181X_{19} + 181X_{20} + 190X_{21} + 240X_{22} + 171X_{23} + 183X_{24} + 150X_{25} \geq 140,000.000$ (公斤)	粮豆气候总产高于目前	气候资源利用
5	$0.83X_1 + 0.80X_2 + 0.80X_3 + 0.76X_4 + 0.85X_5 + 0.80X_{17} + 0.71X_{18} + 0.77X_{19} + 0.71X_{20} + 0.85X_{21} + 0.68X_{22} + 0.76X_{23} + 0.69X_{24} + 0.85X_{25} \geq 496.700$ (公斤)	粮豆总稳产度高于目前	
6	$8(X_1 + X_{17}) + 14(X_2 + X_{18} + X_{22}) + 5(X_3 + X_{19} + X_{23}) + 7(X_4 + X_{20} + X_{24}) + 5(X_5 + X_{21} + X_{25}) + 5(X_6 + X_{22} + X_{26}) + 7(X_7 + X_{23} + X_{27}) + 10(X_8 + X_{24} + X_{28}) + 7(X_9) + 25X_{10} + 20(X_{11} + X_{25}) + 250(X_{12} + X_{26} + X_{29}) + 17(X_{13} + X_{27} + X_{40}) + 70(X_{14} + X_{28} + X_{41}) + 14(X_{15} + X_{30} + X_{43}) + 4(X_{16} + X_{31}) + 16(X_{29} + X_{42}) + 10X_{44} + 1.2X_{45} + 6X_{46} + 2X_{47} \leq 8,400.000$ (劳日)	农牧业劳动力约束	人力资源利用
7	$192X_1 + 150X_{17} - 105X_{44} - 15X_{45} - 5X_{47} \geq 15,000.000$ (公斤)	玉米需要量	粮、豆类供求平衡约束
8	$252X_2 + 207X_{18} + 154X_{22} \leq 29,764.000$ (公斤)	水稻需要量	
9	$83X_3 + 95X_{19} + 83X_{23} - 50X_{44} - 3X_{45} - 2X_{47} \geq 14,645.000$ (公斤)	大豆需要量	
10	$138X_4 + 113X_{20} + 100X_{24} \geq 2,700.000$ (公斤)	谷子需要量	
11	$100X_5 + 113X_{21} + 75X_{25} \geq 8,614.000$ (公斤)	小麦需要量	
12	$189X_6 + 200X_{22} + 200X_{26} \geq 3,145.000$ (公斤)	土豆需要量	
13	$75X_7 + 75X_{23} + 73X_{27} \geq 1,200.000$ (公斤)	杂粮需要量	
14	$1875X_{15} + 1875X_{30} + 1275X_{43} \leq 28,000.000$ (公斤)	蔬菜需要量	
15	$2625X_{16} + 3000X_{31} \geq 4,560.000$ (公斤)	青饲料需要量	
16	$75X_8 + 102X_{24} + 75X_{28} \leq 4,800.000$ (公斤)	葵花籽需要量	经济作物供求平衡
17	$100X_9 \leq 4,000.000$ (公斤)	麻类需要量	
18	$88X_{10} \leq 900.000$ (公斤)	烤烟需要量	
19	$75X_{11} + 60X_{25} \leq 325.000$ (公斤)	晒烟需要量	

续表2

约 束 条 件

序 号	约 束 方 程	意 义	种 类
20	$150X_{12}+158X_{26}+158X_{39} \leq 400.000$ (公斤)	园参需要量	药材 供求 平衡
21	$38X_{13}+45X_{27}+45X_{44} \leq 45.000$ (公斤)	黄芪需要量	
22	$65X_{14}+65X_{28}+65X_{41} \leq 65.000$ (公斤)	贝母需要量	
23	$38X_{20}+38X_{42} \leq 27.500$ (公斤)	细辛需要量	
24	$X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22} \geq 484.134$ (亩)	I、II区粮豆面积	依区 划成 果而 设的 约束
25	$X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36} \leq 14.395$ (亩)	III区粮豆面积	
26	$75X_{21} \geq 337.500$ (公斤)	III区小麦产量	
27	$192X_1 \geq 2.792.500$ (公斤)	I区玉米产量	
28	$75X_8 \geq 750.000$ (公斤)	I区葵花产量	
29	$X_{44} \geq 35.000$ (头)	生猪数量	畜禽 增长 量约 束
30	$X_{45} \geq 420.000$ (只)	禽类数量	
31	$X_{46} \leq 50.000$ (只)	羊数量	
32	$X_{47} \geq 8.000$ (只)	兔数量	
33	$2.5(X_1+X_{17})+3.0(X_{18}+X_2+X_{32})+0.5(X_3+X_{19}+X_{33})+1.0(X_4+X_{20}+X_{34})+1.0(X_5+X_{21}+X_{35})+1.5(X_6+X_{22}+X_{36})+1.0(X_7+X_{23}+X_{37})+0.5(X_8+X_{24}+X_{38})+1.0(X_9+X_{10}+X_{11}+X_{25})+0.5(X_{12}+X_{26}+X_{39})+2.0(X_{18}+X_{27}+X_{40})+20(X_{14}+X_{28}+X_{41})+6(X_{15}+X_{30}+X_{43})+1.7(X_{16}+X_{31})+0.2(X_{29}+X_{42})-12X_{44}-0.2X_{45}-3X_{46}-0.3X_{47} \leq 540.000$ (方)	土壤有机质平衡	土 壤 肥 力 约 束
34	$6.4X_1+8.4X_2+5.2X_{17}+8.0X_{18}+4.8X_{32}+3.0X_3+3.4X_{19}+3.0X_{33}+6.0X_4+5.0X_{20}+4.5X_{34}+4.6X_5+5.2X_{21}+3.5X_{35}+3.4X_6+4.1X_{22}+4.1X_{36}+3.0X_7+2.8X_{32}+2.2X_{37}+6.9X_8+8.9X_{24}+7.0X_{38}+3.9X_9+5.7X_{10}+5.0X_{11}+3.6X_{25}+10.3X_{12}+11.9X_{26}+11.4X_{39}+3.2X_{13}+4.8X_{27}+4.8X_{40}+3.9X_{14}+3.9X_{28}+3.9X_{41}+2.3X_{29}+2.3X_{42}+57.5X_{15}+57.5X_{30}+45.0X_{43}+6.4X_{16}+5.9X_{31}-31X_{44}-1.0X_{45}-10.0X_{46}-1.5X_{47} \leq 2.800.000$ (公斤)	土壤氮素平衡	
35	$X_3+X_{19}+X_{33} \leq 216.130$ (30%)	大豆三年轮作	
36	$\sum_{j=1}^{47} M_j X_j \leq 1.500$ 万元, (为84年的1.20倍)	农牧物资消耗	资 金

地面积大于统计数字,为客观起见,我们使用实有数值,并根据各区各变量面积自身差异的比例,分别将其产量和价值系数订正到实际面积上。第4个约束条件的气候亩产指的是在该县各区目前气候条件下,采用先进的农业技术措施,使单位土地面积上所能达到的最高产量(公斤/亩),是根据气候可能产量模式计算确定的⁽³⁾。

三、结果分析

我们采用单纯形法在计算机上对模型求解。现将结果分析归类,并折算成现状结构进行对比分析。

由于篇幅所限,各变量结果暂不逐个列出,只给出归类后的结果。

(一) 结构分析

由表3可看出,优化方案在系统结构上有两个显著特征:

- 1. 在全县范围内,优化结构压缩了旱田杂粮作物面积,其面积减少13.7;水稻、大豆面积分别扩大了21.8%和11.4%;药材面积扩大了25.6%,经济作物保持相对稳定。
- 2. 区间结构发生了变化。粮豆主要分布在I、II两区,水稻主要分布在I区,玉米、大豆和杂粮主要分布在II区,经济作物主要分布在I区,药材主要分布在II、III区。

表3 1986年种植业优化方案结构分析 (单位:公顷)

项 目 作物	I		II		III		优化结构		现状结构		增 减
	面 积	%	面 积	%	面 积	%	面 积	%	面 积	%	%
旱 粮	2185	12.1	15105	83.3	842	4.6	13127	37.8	21017	43.8	-13.7
水 稻	6178	75.2	2040	24.8	0	0.0	8218	17.1	6747	14.0	21.8
大 豆	5758	39.9	8184	56.8	467	3.3	14408	30.0	12932	26.9	11.4
经 作	3140	54.9	2115	37.0	361	6.4	5620	11.7	5720	11.8	-1.7
药 材	29	4.6	392	62.0	211	33.4	632	1.4	503	1.0	25.9
其 它	382	37.3	606	59.2	35	3.5	1023	2.1	1156	2.4	-11.5
合 计	17667	36.8	28441	59.2	1919	4.0	48027	100.0	48027	100.0	0.0

表4 1986年优化方案与1986、1984年常规方案的效益比较 (千斤,万元)

项 目 作物	产 量					
	A	B	C	A-B	A-C	B-C
旱 粮	74099	83788	76066	-9689	-1967	7722
水 稻	52525	43387	46084	10856	13168	2303
大 豆	37094	31040	27610	6054	9484	3430
经 作	15805	15739	14264	1	1541	1525
药 材	791	583	491	2	300	92
其 它	62500	67577	59379	-5077	3121	8198
种 植 业	249541	247164	223894	2377	25647	23270
饲 养 业	4104	2831	2831	1273	1273	0
总 计						

项 目 作物	净 产 值						产 值 构 成	
	A	B	C	A-B%	A-C%	B-C%	A %	B %
旱 粮	646.4	748.8	689.3	-13.6	6.2	8.6	15.8	20.3
水 稻	1116.3	910.9	867.5	22.5	28.7	5.0	27.3	24.3
大 豆	942.5	771.9	698.9	22.1	34.8	10.4	23.1	20.8
经 作	632.3	941.6	588.6	-1.4	7.4	9.0	15.5	17.5
药 材	569.1	442.9	373.3	28.5	52.4	18.6	13.9	11.9
其 它	178.4	191.1	168.1	-6.6	6.1	13.7	4.4	5.2
种 植 业	4085.0	3718.6	3385.7	9.9	20.7	9.8	82.4	86.2
饲 养 业	874.8	595.6	595.6	46.8	46.8	0.0	17.6	13.8
总 计	4959.8	4314.2	3981.3	15.0	24.6	8.4	100.0	100.0

同现状结构相比,优化结构种植业布局的区域性明显增强了,其布局特征与气候、土壤资源的区域特征密切相关:Ⅰ区气候温和,稻田土资源丰富,形成喜温作物,经济作物主栽区;Ⅱ区气候冷凉多雨,土壤较肥,林土丰富,形成大豆、玉米和药材主栽区;Ⅲ区气候寒冷多雨,低温寡照,林土丰富且比较肥,因而形成了药材主栽区。

另外,在优化结构中,饲养业比重大大加强了。猪、禽、羊、兔的数量分别比现状方案增长了40.2%、49.5%、92.7%和657.0%。(因为羊、兔基数太少,因而增长幅度非常大)。这样有利于逐步形成“猪禽多——肥多——土壤肥力提高——粮多药多——收入多——贡献大——生活水平提高”的良性循环系统。

(二)效益分析

我们将优化方案A与折成现状结构的1986年方案B和1984年方案C相比较,进行了产量与产值两方面分析(如表4),从中可看出:(1)A方案以玉米为首的旱粮作物和瓜、菜等的产量和产值均低于B方案,但仍与C方案相近,即仍能满足社会和生活需要;(2)A方案水稻、大豆、药材的产量和产值均有较大幅度增长;(3)畜、禽饲养量大幅度增长,可增加肉蛋奶63.6万公斤,产值可提高46.8%。总之,在相同年代,资源和环境条件下,优化方案种植业净产值为4,085.0万元,比现状方案增长9.9%,饲养业净产值874.8万元,增长46.8%,农牧系统净产值将达到4,959.8万元,比现状方案的4,314.2万元增长了15.0%。

另外,从产值构成上看,大豆、水稻、药材确是该县的拳头产品,在其它产品基本满足要求前提下,它们应得到优先发展。

参 考 文 献

- (1)汪浩、从善本等,系统工程在浏阳县经济、社会、技术发展规划中的应用,《系统工程》,1984.
- 2.
- (2)马树庆,用线性规划方法分析吉林省作物布局,《气象》,1985. 7.
- (3)王书裕、马树庆等,吉林省作物合理布局的气候分析,《农业气象》1985. 1.
- (4)刘元根等,安图县综合农业区划,(油印本)1985. 8月.
- (5)贺维农,农业常用数据资料,农业出版社,1981. 9.

THE READJUSTMENT OF ECOLOGIAL CONSTRUCTION OF FARMING PASTURAGE SYSTEM BY SYSTEM ENGINEERING METHOD

Ma Shuqing

(The meteorological research institute of JiLin)

ABSTRACT

In this article, the construction of farmland-domestic animal ecological system in JiLin province An Tu county was analysed on the basis of the theory of system engineering. The best model of the general constructional readjustment about the

(下转第39页)

〔2〕潘铁夫等:《农作物低温冷害及其防御》,农业出版社,1983年。

〔3〕潘铁夫等:赴日考察作物冷害科研工作报告,《吉林农业科学》,1986年,第2期。

PRIMARY STUDY ON THE KEY TIME FOR SOYBEAN PLANTS TO BE INJURED BY THE LOWER TEMPERATURE

Zhang Derong et al.

(Cool injury Lab. of comprehend institute, Jilin
Acadamy Agricultural Sciences)

ABSTRACT

The effect of the low temperature on the growth and yield of Soybean was studied with CV. Jilin No. 3 plants of different development period which had been treatmented at 10°C and in light 14 h./day within ten days in a climatron. the result showed that the period of flower bud differenliation (from branching to flowering) was the most sensitive to the lower temperature. If Soybean plants were exposed to lower temperature in this time, the yield would be reduced by 60.1—60.8%.

(上接第6页)

field crops, domestic animals and medicinal plants in the system during the seventh five yearplan was devised with linear programming method. The model embodied the distribution and retio-nal utilization of the agroclimate, soil and plant resources and included the function of the ecological balance among the climate, soil, plants, animals and population. The model provited a general means to chang the system from worse circulate to fine: expanding the paddy, soyabeen and midicinal plants; reducing the like-warm crops, developing animal husbandry and readjusting the ecological regions of agricultur. The economical effect of the system would increase about 15.0 persent, and both the ecological and social effect will be very satisfactory.