

家庭农场农林牧业最优 结构的研究

李德明

(黑龙江省农垦科学院)

提 要

本文用分段线性规划的方法,在计算机上实现了对家庭农场农业结构的优化。文章以黑龙江省三江平原地区的土壤和气候条件为背景,给出了六种类型家庭农场农林牧业结构的最优方案,并对其如何进一步发展生产和提高经济效益,提出了若干具体建议。

一、引 言

随着我国农村经济体制改革的深入发展,各种形式的家庭农场雨后春笋般地在农村兴办起来。但家庭农场这一新生事物在它迅速建立和发展的时候,还缺少严密的规划,广大农场职工和农场主一时还找不到发展生产和勤劳致富的最优途径。因此,如何根据当地的土地、气候、劳力、资金和经济政策等条件,合理地安排农林牧业生产,以获得最大经济效益的问题,引起了各级领导、农场职工和农场主的关注。此类农业系统工程问题,通常用线性规划方法求解,但由于农业生产中某些数量关系的非线性特点,常使优化结果脱离实际。若用非线性规划来求解,又难以找到通用解法。

本文以位于黑龙江省三江平原的八五三农场为例,分析了大量的调查和统计资料,用分段线性规划的方法,对上述人们关心的问题进行了探讨,并得出了较符合实际的家庭农场优化模型。

二、一般线性规划的数学模型

在约束条件为

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j = b_i & (i = 1, 2, \dots, m) \\ X_j \geq 0 & (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (1)$$

情况下,求目标函数

$$S(\text{大}) = \sum_{j=1}^n A_j \cdot X_j = \text{MAX} \quad (2)$$

这是线性规划问题的通用数学模型(2)。其中, a_{ij} 、 b_j 和 A_j 均为常数。

但在农业生产中, a_{ij} 、 b_j 和 A_j 等基本参数是因地、因人、因时而变的。即 a_{ij} 、 b_j 和 A_j 仍然是函数, 可写成

$$a_{ij} = F_{ij}(Z_1, Z_2, \dots, Z_p, X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (3)$$

$$b_j = E_j(Z_1, Z_2, \dots, Z_p, X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (4)$$

$$A_j = G_j(Z_1, Z_2, \dots, Z_p, X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (5)$$

式中, X_1, X_2, \dots, X_n 是各作物种植面积和畜(禽)的饲养头(只)数, Z_1, Z_2, \dots, Z_p 是土壤、气候和经济政策等其他因素。

当(3)、(4)和(5)式中都没有 X_1, X_2, \dots 和 X_n 时, 就仍然是线性规划问题。可先用(3)、(4)和(5)式求出 a_{ij} 、 b_j 和 A_j , 之后解线性规划。

当(3)、(4)或(5)式中只要存在 X_1, X_2, \dots 或 X_n 之一时, 就变成了非线性规划问题。家庭农场农林牧业结构的优化即属此类问题。本文将变量 X_j 分成了几个区间, 使在每个区间上各种数量关系基本是线性的, 从而可采用分段线性规划的方法。首先在 X_j 的一组区间上进行优化, 当某些变量的解超出该组区间的范围时, 可对这些变量进行区间调整, 组成 X_j 的另一组区间, 重新进行优化, 直至所有变量的解不再超出允许范围为止。

三、由生态条件和社会因素确定亩经济效益 A_j 的方法

在农林牧业生产中, 第 j 种作物(或畜禽)的每亩(头、只)纯收入, 可由下式求出,

$$A_j = D_j \cdot B_j - C_j \quad (6)$$

式中, D_j ——单位销售价格(元/斤);

B_j ——单产(斤/亩、头或只);

C_j ——亩(或头、只)成本(元)。

D_j 和 C_j 主要受社会因素和技术水平影响, 可根据当地实际情况确定, 而 B_j 则主要由当地生态条件 and 生产水平所决定。

例如, 根据三江平原地区四十三个国营农场, 三十多年的生产、气候和土壤资料分析, 小麦、玉米和大豆的单位面积产量可由以下三式算出。

小麦:

$$\begin{aligned} B_1 = & -1960.03 + 10.417X(1) + 10.288X(2) + 11.237X(3) \\ & + 10.836X(4) + 274.695X(5) + 14.452X(6) + 8.794X(7) \\ & + 9.335X(8) + 9.078X(9) - 257.11X(10) + 53.324X(11) \\ & + 0.134X(12) \end{aligned} \quad (7)$$

玉米:

$$\begin{aligned} B_2 = & -8046.078 + 53.953X(1) + 51.155X(2) + 55.157X(3) \\ & + 54.510X(4) + 522.559X(5) + 61.163X(6) + 21.497X(7) \\ & + 22.089X(8) + 21.552X(9) - 451.864X(10) + 114.908X(11) \\ & + 0.759X(12) \end{aligned} \quad (8)$$

大豆:

$$\begin{aligned}
 B_3 = & -643.116 + 1.358X(1) + 1.093X(2) + 1.069X(3) + 1.397X(4) \\
 & + 172.115X(5) + 24.414X(6) + 4.685X(7) + 5.01X(8) \\
 & + 4.876X(9) - 167.433X(10) + 25.947X(11) \\
 & + 0.089X(12) \qquad \qquad \qquad (9)
 \end{aligned}$$

式中,

$X(1)$ 至 $X(5)$ ——分别为棕壤、白浆土、黑土、草甸土和沼泽土占耕地面积的百分数(%)，并有 $X(1) + X(2) + X(3) + X(4) + X(5) = 100$;

$X(6)$ ——土壤有机质平均含量(%)；

$X(7)$ 至 $X(10)$ ——分别为坡岗地、高平地、低平地和低洼地占耕地面积的百分数(%)，并有

$$X(7) + X(8) + X(9) + X(10) = 100$$

且 $X(5) = X(10)$;

$X(11)$ ——多年平均气温(°C)；

$X(12)$ ——多年平均年降水量(毫米)；

B_1 、 B_2 、 B_3 ——在当地生态条件下，小麦、玉米和大豆的单位面积产量的估测值(斤/亩)。

其他参数，如 A_1 、 A_2 、…… A_n ，也可通过建立如同(7)、(8)、(9)的关系式来求算，也可用历史资料推算。但最终都是通过(6)式来求出 A_1 值。

四、变量分段的原则与办法

对变量分段时要遵循一个基本原则：使每段中的变量 X_i 与目标函数 $S(\text{天})$ 之间呈线性关系或近似于线性关系。

参考《黑龙江垦区小麦、玉米和大豆三大作物合理布局的综合气候区划》中的有关章节⁽¹⁾，可将小麦、玉米和大豆的种植面积 X_1 、 X_2 和 X_3 进行如下分段：

小麦：

$$A_1 \cdot X_1 = \begin{cases} (D_1 \cdot B_1 - C_1) \cdot X_1 & X_1 \leq XH/2 \\ 0.1256D_1 \cdot B_1 \cdot XH + (0.7488D_1 \cdot B_1 - C_1) \cdot X_1 & XH/2 \leq X_1 \leq 2XH/3 \end{cases}$$

玉米：

$$A_2 \cdot X_2 = \begin{cases} (D_2 \cdot B_2 - C_2) \cdot X_2 & X_2 \leq XH/2 \\ 0.2476D_2 \cdot B_2 \cdot XH + (0.5048 \cdot D_2 \cdot B_2 - C_2) \cdot X_2 & XH/2 \leq X_2 \leq 2XH/3 \end{cases}$$

大豆：

$$A_3 \cdot X_3 = \begin{cases} (D_3 \cdot B_3 - C_3) \cdot X_3 & X_3 \leq XH/3 \\ 0.15D_3 \cdot B_3 \cdot XH + (0.55D_3 \cdot B_3 - C_3) \cdot X_3 & XH/3 \leq X_3 \leq XH/2 \end{cases}$$

式中, A_1X_1 、 A_2X_2 和 A_3X_3 都是目标函数中的项目, 分别代表小麦、玉米和大豆的纯收益(元); X_1 、 X_2 和 X_3 是小麦、玉米和大豆的种植面积(亩); XH 是参与轮作的旱田面积(亩); B_1 、 B_2 和 B_3 为小麦、玉米和大豆的亩产(斤/亩); D_1 、 D_2 和 D_3 为小麦、玉米和大豆的销售价格(元/斤); C_1 、 C_2 和 C_3 是这三种作物的亩成本(元/亩)。

目标函数中其它各项也可参照上述方法分段, 对非线性不明显的变量也可不分段。

五、约束条件及计算流程图

本文对十六个基本变量设置了十六个约束条件, 基本参数见表 1。

表1 约束条件基本参数表

约束项目	变量 a_{ij}																符 号	常数项
	小麦	玉米	大豆	水稻	葵花	白瓜子	亚麻	黄瓜	西红柿	豆角	平 贝	葡 萄	黑豆果	肉 鸡	奶 牛	肥 猪		
	a_{1j}	a_{2j}	a_{3j}	a_{4j}	a_{5j}	a_{6j}	a_{7j}	a_{8j}	a_{9j}	a_{10j}	a_{11j}	a_{12j}	a_{13j}	a_{14j}	a_{15j}	a_{16j}		
1.耕地	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	=	耕地面积(亩)
2.劳力	0.004	0.02	0.006	0.035	0.025	0.1125	0.125	0.125	0.125	0.1125	0.125	0.2	0.2	0.0014	0.3	0.05	=	劳力数(人)
3.资金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3277	1140	300	3.37	1500	50	=	每年投资(元)
4.小麦轮作	1.5(2)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	=	耕地面积(亩)
5.玉米轮作	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	=	•
6.大豆轮作	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	=	•
7.葵花轮作	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	=	•
8.白瓜子轮作	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	=	•
9.亚麻轮作	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	=	•
10.黄瓜轮作	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0	=	•
11.西红柿轮作	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	1	1	1	0	0	0	=	•
12.豆角轮作	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1	1	1	0	0	0	=	•
13.水田	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	可灌面积(亩)
14.饲料地	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.018	7	1	=	0
15.林业药材	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	=	岗坡地面积(亩)
16.粮食	B_1	B_2	B_3	B_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	产粮任务(斤)

表中 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 分别是小麦、玉米、大豆和水稻的单产(斤/亩), 其值由当地生态条件和生产水平而定。

分段线性规划可在计算机上实现, 其流程见图 1。

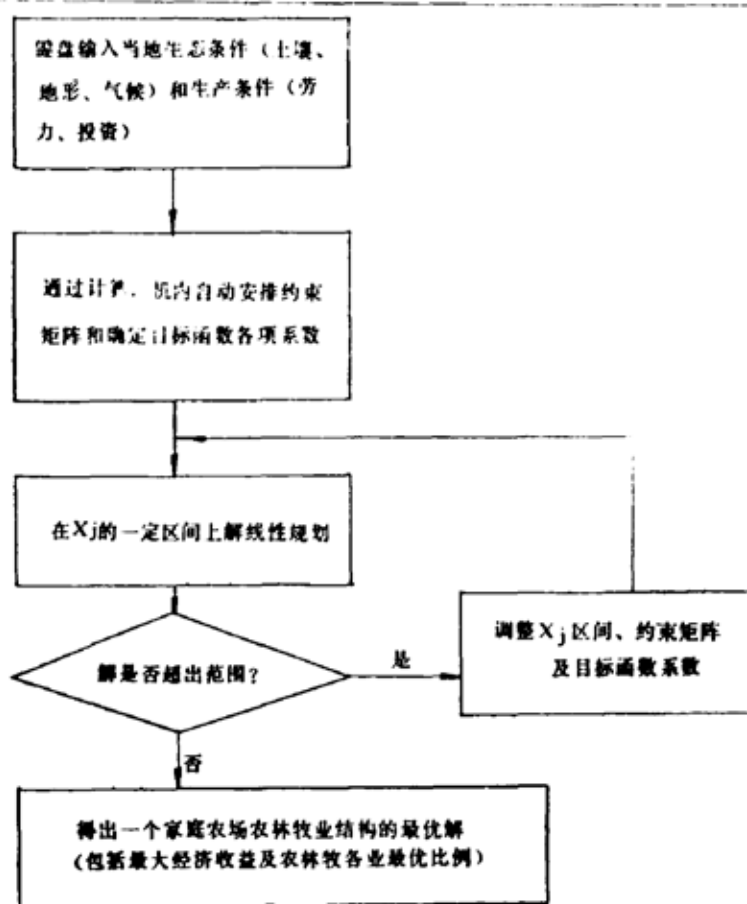


图1 计算流程图

六、几种类型家庭农场的优化结果

利用上述方法, 我们对七百二十多个不同条件的家庭农场进行了优化。现归纳为以下六种类型。

(一) 山前坡岗地林牧菜结合式高投资小型家庭农场

1. 基本条件

职工1人, 劳力(包括职工, 下同)2人, 山前坡地或坡岗地20亩, 棕壤或白浆土, 有机质含量4.2%, 当年可投入资金10000元, 年平均气温2.8℃, 年降水量560毫米。

2. 优化结果(见表2)

3. 轮作制

(1) 玉米—西红柿—玉米—黄瓜

(2) 葵花—西红柿—玉米—黄瓜

4. 提高总经济效益的途径是, 调整饲料来源, 提高农业技术水平, 扩大耕地面积和增加劳力。

(二) 高(低)平地农牧结合式中投资大、中型家庭农场(以大型为例)。

1. 基本条件

职工5人, 劳力10人, 高平地或低平地2000亩, 草甸土(包括有机质较高的白浆土, 以

表2 山前坡岗地林牧业结合小型家庭农场优化结果

经营项目	数 量	粮豆产量(斤)	纯收入(元)
种玉米(包括饲料)	7.9亩	3280	-0.87
种葵花	0.7亩		37.87
种黄瓜	4.3亩		533.85
种西红柿	4.3亩		535.09
种平贝(或葡萄)	2.9亩		14682.70
养肥猪	8头		1200.00
一年总收入			16988.64
平均一个劳力收入			8494.32

表3 高(低)平地农牧结合大中型家庭农场优化结果

经营项目	数 量	粮豆产量(斤)	纯收入(元)
种小麦	1312.7亩	331719	18739.72
种玉米	20.0亩	11760	270.80
种大豆	666.7亩	149874	10593.88
种葵花	0.6亩		26.42
养猪肥	20头		3000.00
一年总收入			32630.60
平均一个劳力收入			3263.06

下同), 有机质含量6.0%, 当年可投入资金1000元, 年平均气温2.8℃, 年降水量560毫米。

2. 优化结果(见表3)

3. 轮作制

(1) 小麦—小麦—大豆,

(2) 小麦—杂(玉米、葵花)—大豆。

4. 进一步增加总收入的途径是, 提高农业技术水平, 增加投资, 扩大耕地面积和增加劳力。

(三) 高(低)平地农牧结合式高投资大、中型家庭农场(以中型为例)

1. 基本条件

职工1人, 劳力2人, 高平地或低平地200亩, 草甸土, 有机质含量为6.0%, 当年投入资金10000元, 年平均气温2.8℃, 年降水量560毫米。

2. 优化结果(见表4)

3. 轮作制

(1) 小麦—小麦—大豆,

(2) 小麦—玉米—大豆。

表4 高投资大中型家庭农场优化结果

经营项目	数 量	粮豆产量(斤)	纯收入(元)
种小麦	114.1亩	28833	1867.45
种玉米	19.3亩	11348	261.32
种大豆	66.7亩	14994	1059.86
养奶牛	3头		3600.00
一年总收入			6788.63
平均一个标力收入			3394.32

(四) 高(低)平地禽菜结合式高投资小型家庭农场

1. 基本条件

职工1人, 劳力2人, 高平地或低平地20亩, 草甸土, 有机质含量9.0%, 当年投入资金10000元, 年平均气温2.5℃, 年降水量500毫米。

2. 优化结果(见表5)

表5 禽菜结合高投资小型家庭农场优化结果

经营项目	数 量	粮豆产量(斤)	纯收入(元)
种玉米	10.0亩	6280	287.40
种大豆	1.9亩	503	74.77
种黄瓜	3.1亩		384.87
种西红柿	5.0亩		622.20
养肉鸡	556只		2385.24
一年总收入			3754.48
平均一个劳力收入			1877.24

注: 肉鸡一年可养三批, 此表中实际上一年养肉鸡556×3只。

4. 进一步增加总收入的途径是, 提高农业技术水平, 扩大耕地面积和增加劳力。

3. 轮作制

(1) 玉米—西红柿—玉米—大豆,

(2) 玉米—西红柿—玉米—黄瓜。

4. 进一步提高总收入的途径是, 提高农业技术和增加劳力。

(五) 低平地单一农业式低投资大型家庭农场

1. 基本条件

职工5人, 劳力10人, 低平地2000亩, 草甸土, 有机质含量9.0%, 当年投资少量, 年平均气温2.5℃, 年降水量500毫米。

2. 优化结果(见表6)

3. 轮作制

(1) 小麦—小麦—大豆,

(2) 小麦—玉米—大豆。

表6 低平地单一农业低投资大型家庭农场优化结果

经营项目	数 量	粮 豆 产 量 (斤)	纯 收 入 (元)
种小麦	1250.0亩	310375	17428.39
种玉米	83.3亩	52312	1561.04
种大豆	666.7亩	176342	19567.65
一年总收入			38557.08
平均一个劳力收入			3855.71

4. 进一步提高总收入的途径是, 提高农业技术, 增加投资, 扩大耕地面积, 增加劳力和改变单一经营的生产方式。

(六) 高平地水旱结合式低投资中型家庭农场

1. 基本条件

职工 1—2 人, 劳力 5 人, 有可灌水条件的高平地 200 亩, 白浆土, 有机质含量 6.0%, 当年投资少量; 年平均气温 2.8℃, 年降水量 560 毫米。

2. 优化结果 (见表 7)

表7 高平地水旱结合低投资中型家庭农场优化结果

经营项目	数 量	粮 豆 产 量 (斤)	纯 收 入 (元)
种小麦	95.0亩	27284	806.55
种大豆	38.4亩	7699	293.76
种水稻	10.1亩	5850	365.52
种葵花	30.0亩		1321.20
种西红柿(或菜类)	26.6亩		3044.10
一年总收入			5831.13
平均一个劳力收入			1166.23

3. 轮作制

(1) 小麦—向日葵—小麦—西红柿 (菜类);

(2) 小麦—大豆—小麦—西红柿 (菜类);

(3) 小麦—向日葵—小麦—大豆。

4. 进一步提高总收入的途径是, 提高栽培技术, 扩大耕地面积, 增加劳力和投资。

参 考 文 献

- [1] 黑龙江省国营农场总局农业处:《黑龙江垦区小麦、玉米和大豆三大作物合理布局的综合气候区划》, 24—27页, 1983年5月。
- [8] 严以绥:《微型计算机在农业上的应用》, 新疆石河子农学院, 137页, 1984年。

THE STUDY OF OPTIMIZED—STRUCTURE OF
AGRECUltURE, FORESTRY
AND ANIMAL HUSBANDRY ON HOUSEHOLD FARM

Li De-ming

(The Land Reclamation Institute of Science of HEI LONG JIANG Province)

ABSTRACT

In this paper, the optimal industrial structure on household farm has been made by using the method of segmented linear programming with computer. Based on soil and climate condition of SAN-JIANG Plain-Area in HEI LONG JIANG Province, six types of optimal designs of agriculture, forestry and animal husbandry structure on household farm are given. On the other hand, the paper puts forward some concrete suggestions for promotng the production and raising the economic benefits.