



用线性规划方法分析 旱田作物的合理布局

马树庆*

(吉林省气象科学研究所)

线性规划是运筹学的一个重要分支，它所处理的基本问题是，把各项“资源”分配到各项“活动”的规划中，如何安排（计划、设计）才能达到最优的结果。它能帮助我们在复杂的数学关系中寻求有效的方案。

农业生产系统是个复杂的综合系统。各种作物的合理布局是这个系统的重要内容之一。作物搭配的比例是否合理，直接影响农业生产量的高低。

作物布局涉及面很广。它涉及到如何有效地利用气候资源、土壤资源、作物资源以及劳、畜力资源等方面的问题。本文仅从合理利用农业气候资源的角度出发，运用线性规划方法，探讨调整我省主要旱田作物种植比例，实现作物布局“合理化”，为我省农业生产大幅度增产提供依据。

一、线性规划模型

线性规划的一般模型由约束条件方程组和目标函数组成：

约束条件

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{1j}x_j \leq S_1 \\ \sum_{j=1}^n a_{2j}x_j \leq S_2 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq S_i \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ \sum_{j=1}^n a_{mj}x_j \leq S_m \end{array} \right. \quad (1)$$

目标函数：

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n C_j x_j \Rightarrow \text{MAX(MIN)} \quad (2)$$

其中 a_{ij} 、 S_i 、 C_j 是由目前的“活动”状态决定的系数； \leq 表示 “ \geq ”、“ $=$ ”、“ \leq ” 的数学关系之一， j 是因子序号 ($j = 1, 2, 3, 4$)。

我们把农业气候资源利用率，作物农业气候生态适应性，高产、稳产值作为闭合系统来考虑，建立规划模型。

1. 我们只在玉米、大豆、高粱、谷子等四种主要旱田作物（总面积定为100%）内部调整。现把调整后上述四种作物各自的播种面积占总面积的百分数依次设为 x_1, x_2, x_3, x_4 ，则

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1 \quad (3)$$

2. 用作物气候产量变异系数 C_{yj} 反映每种作物的稳产程度。我们希望作物调整后，玉米等四种作物产量变异系数的总和小于调整前，即

$$C_{y1}x_1 + C_{y2}x_2 + C_{y3}x_3 + C_{y4}x_4 \leq \sum_{j=1}^4 C_{yj}x'_j \quad (4)$$

其中 x'_j 为调整前某作物面积占旱田作物总面积的百分数。

3. 调整后，要求玉米等四种作物总的光、温、水农业气候资源利用率不低于调整前。我们定义作物农业气候资源利用率为 $p_j = k_j / y_j$ ， k_j 是某一作物建国以来的历史最高亩产， y_j 是该作物的气候可能亩产。 p_j 可以反映某地区某作物实际产量与理论产量的接近程度。于是：

* 王书格同志对本文提出修改意见，付文菊同志参加了部分工作。

$$p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4 \geq \sum_{i=1}^4 p_i x_i' \quad (5)$$

4. 调整后，要求玉米等四种作物的总产不能低于调整前的总产。由于实际产量既表现了气候条件的影响，又包含了复杂的社会因素的作用，因此，为了更客观地揭示气候条件对作物产量的影响，我们用每种作物的气候可能产量 y_i' 代替实际产量。则：

$$y_1x_1 + y_2x_2 + y_3x_3 + y_4x_4 \geq \sum_{i=1}^4 y_i x_i' \quad (6)$$

5. 尽管谷子产量较低，价格也不高，但我们考虑到，谷子是生畜的主要饲料，人民生活也需要。因此，我们在调整中仍给谷子一定比例，但不超过调整前的比例。即：

$$x_4 = x_4' - \alpha \quad (7)$$

α 是经验确定的常数（它随地区有变化， $x_4' > \alpha \geq 0$ ）。

6. 调整的目标是在上述若干条件约束下，使四种作物的总产值达到极大值，即：

$$\sum_{i=1}^4 (y_i M_i x_i) \Rightarrow \text{MAX} \quad (8)$$

M_i 为目前作物标准收购价格，玉米、大豆、高粱、谷子的标准价格分别为 0.100、0.230、0.101、0.106（元/斤）。

综合上述，建立了我省玉米、大豆、高粱、谷子四种主要旱田作物播种面积合理搭配的规划模型：

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1 \\ x_4 = x_4' - \alpha \\ C_{y_1}x_1 + C_{y_2}x_2 + C_{y_3}x_3 + C_{y_4}x_4 \leq \sum_{i=1}^4 C_{y_i}x_i' \\ p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4 \geq \sum_{i=1}^4 p_i x_i' \\ y_1x_1 + y_2x_2 + y_3x_3 + y_4x_4 \geq \sum_{i=1}^4 y_i x_i' \end{cases} \quad (9)$$

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \sum_{i=1}^4 (y_i M_i x_i) \Rightarrow \text{MAX} \quad (10)$$

二、规划的结果

我们采用单纯形解法，在PC-1500袖珍机上对全省各（市）县的模型求解，其结果列入表1。由表1可以看出：（1）经过调整，

表1 吉林省各地四种作物面积调整前后的比例

地 点	调 整 前			调 整 后			产值增 长(%)		
	玉米	大豆	高粱	谷子	玉米	大豆			
长春	51.0	18.8	15.7	14.6	61.3	28.7	1.0	9.1	8.81
双阳	57.2	19.3	12.8	10.7	65.0	26.1	0.6	8.2	5.95
九台	55.2	21.4	8.3	15.1	62.9	23.1	1.2	12.4	2.52
农安	62.0	10.9	9.7	17.4	68.9	17.1	1.0	13.1	5.89
舒兰	47.2	31.2	8.1	13.5	53.2	36.8	0.8	9.2	4.79
桦甸	58.9	30.5	3.2	7.5	60.5	32.5	0.6	7.0	1.54
通化	44.1	38.2	3.2	14.5	46.4	44.0	0.0	10.0	4.22
抚松	55.3	35.6	0.0	9.1	55.4	36.6	0.0	8.0	0.72
柳河	61.2	26.8	7.6	4.4	60.0	30.0	0.0	10.0	3.18
延吉	15.0	37.0	29.1	18.9	33.0	52.0	1.8	13.0	12.72
汪清	16.6	57.1	2.0	24.3	18.7	61.3	0.4	19.6	3.13
和龙	16.1	60.4	0.7	22.8	17.4	62.6	0.4	19.6	1.65
敦化	36.5	46.6	0.0	16.9	39.0	46.0	0.0	15.0	0.05
四平	52.3	19.8	16.2	11.7	62.0	27.4	1.0	9.0	6.84
伊通	63.1	20.2	7.1	9.5	69.3	20.7	1.2	8.8	1.27
辽源	62.0	15.4	12.0	10.6	68.1	21.9	0.0	10.0	5.41
双辽	58.9	30.5	3.2	7.5	75.2	14.8	1.0	9.0	1.54
白城	22.9	14.7	19.5	43.0	40.0	16.0	13.1	30.9	6.61
长白	55.2	41.6	0.0	3.2	55.4	41.6	0.1	2.9	0.05
珲春	36.5	52.3	0.0	11.2	36.8	53.2	0.1	9.9	0.65
怀德	73.9	15.9	9.0	1.3	80.0	16.0	1.0	3.1	0.77

各地产量和产值都可提高，并以产值增长幅度为大。（2）调整后，绝大多数地区压缩了高粱和谷子的比例，相应地提高了大豆、玉米的比例。（3）调整后，各地增收幅度差别较大。有的县产值可提高12.7%，仅少数县未增收。增收不明显的地区说明目前的旱田作物结构比较合理，不需要大的调整，增收幅度较大的地区说明目前的作物结构不合理。（4）在全省范围内，玉米、大豆、高粱、谷子等四种作物的结构有较明确的地域性特征。

三、播种面积结构分区

为了满足农业生产区域化的要求，我们用相似聚类方法，在调整后的旱田作物结构的基础上，将我省划分为5个旱田作物结构相似区（附图）。

I 区 光热资源比较丰富，但雨水少，春旱严重。和其它区相比较，此区适宜种谷子、高粱等耐旱作物。II 区 光热资源丰富，

无霜期长，降水偏少，春旱较严重（比Ⅰ区轻）。该区适宜种玉米，适当地增加晚熟品种。Ⅲ区 光热水资源丰富，气候适宜，土质肥沃，对作物生育有利，可发展成我省的玉米、大豆主要种植区。Ⅳ区 气候湿润，雨水充沛，但光热不足，特别是敦化、长白等高寒山区，作物低温冷害严重。此区播种大

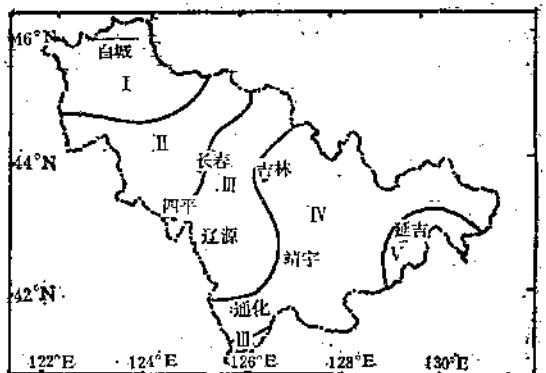
豆较适宜，其中永吉、舒兰、蛟河、靖宇等县是我省大豆主产区之一，但高寒山区各县应配置早熟品种，防御低温危害。Ⅴ区 位于山区盆地之中，气候较湿润，降水少，但能满足作物要求，光热适中，此区大豆单产较高，且稳产，播种面积比例最大。播种面积结构分区后，各区的效益见表2。

表2 规划后各区作物种植结构及收益

比 区 例 别	品 种	玉 米	大 豆	高 粱	谷 子	产量增长(%)	产值增长(%)
I	区 间	40.0—58.2	11.8—21.2	1.3—13.1	14.4—30.9	0.50—60.0	2.34—8.40
	平 均	59.7	16.5	5.7	20.1	3.0	5.60
II	区 间	68.1—80.0	11.5—17.0	0.3—1.3	3.1—20.0	0.23—1.31	0.10—2.65
	平 均	73.7	15.3	1.0	10.0	1.03	2.20
III	区 间	60.0—69.3	20.7—30.0	0—1.4	5.9—12.4	0.05—1.34	1.27—6.84
	平 均	65.0	26.0	0.4	8.6	0.60	4.19
IV	区 间	39.0—60.5	30.4—46.8	0—0.7	5.0—12.4	0—0.81	0—10.9
	平 均	51.5	38.9	0.2	9.1	0.22	2.60
V	区 间	17.4—36.8	52.1—62.6	0.1—1.9	9.9—19.6	0.02—16.7	0.06—12.72
	平 均	26.5	57.3	0.7	15.5	0.7	4.30

四、结束语

本文仅考虑影响作物布局的几个方面。而没有涉及到的因素，如土壤养分的收支、耕作制度、产品的流通与消费等，对作物布局也有影响。由于农业经济政策的重大变革，农业生产逐渐向商品生产转化，农产品价格的经济杠杆作用会更为有效。因此，作物布局还必须以合理的商品价格为基础。在影响作物布局的多因子中，只要其中一个有变化，就可能使整个布局的系统起变化。因此，作物布局也是需要逐步改进和完善的。有关部门还可分析更多的因素，对本文的结果作进一步改进，使其更合理，更完善。



附图 主要旱田作物播种面积结构分区