

## 海伦县作物抗御气象灾害合理 种植比例的决策分析\*

梁荣欣 沈能展

(东北农学院)

### 提 要

本文采用农业系统工程方法<sup>[1]</sup>与农业气候分析方法相结合的途径,对黑龙江省海伦县的农业气象灾害类型及主要作物的受害减产率进行了定量研究,并建立了寻求作物抗灾稳产合理种植比例的数学模型及用计算机进行了优化处理。在此基础上,提出了针对不同情况所应采用的各种决策方案。

本文的研究结果。经过用历史资料的效果检验后,已提供给当地生产领导部门参考使用。

### 一、引 言

黑龙江省海伦县位于东北松嫩平原北部(北纬 $46^{\circ}58'$ — $47^{\circ}52'$ ,东经 $126^{\circ}14'$ — $127^{\circ}45'$ ),总面积 660 万亩左右,全县二山一水七分田,耕地约 400 余万亩,农业生产技术水平和水平较粗放,农作物产量主要受气候条件支配。产量波动幅度较大。造成产量不稳的根本原因是气象灾害频繁,据调查统计,1953—1982 年的 30 年中,程度不同的受灾年份有 26 年,占 87%。特别是灾情比较严重的 1960,1969,1972,1976,1982 年,曾造成大幅度减产,至今人们记忆犹新。

但是,在发生某种气象灾害时,不同作物的受害程度是不同的,造成减产的程度也不相同。因此,在同样的面积上,按不同的比例种植各种作物,所造成的总减产幅度是有差异的。这样,用科学的方法,寻求合理的作物种植比例,使之在发生气象灾害时,把损失减少到最小程度,也是抗御气象灾害的有效手段之一。

本文以上述指导思想为原则,运用定性分析和定量分析相结合的方法,让人的思维判断和计算机的优化处理相协调一致,并在数学模型化的基础上进行决策分析,通过反馈回路进行调整及检验实际效果。

### 二、研 究 过 程

#### 1. 资料来源

\* 本文于 1983 年 7 月 5 日收到,1984 年 5 月 17 日收到修改稿。

1) 各种作物历年产量资料取自省统计局,包括玉米,大豆,小麦,谷子,高粱,马铃薯,甜菜,亚麻等八种主要作物的播种面积,单产,总产数据,并剔除个别由非气象原因造成大面积减产的产量数据。

2) 历年气象资料取自省气象台资料室,包括旬降水量, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温及初霜日期等。

3) 关于历年气象灾害资料来源如下:(1)华北东北近 500 年旱涝史料。(2)有关当地气象灾害的研究成果<sup>[2-4]</sup>。(3)当地干部和群众提供的定性资料。

## 2. 求算各种作物的受灾减产率

### 1) 计算作物的气象产量

为了排除非气象因素对年际间产量波动的干扰,需要对产量资料进行处理,目的是去掉产量时间趋势项的影响,以便突出气象因素对产量的制约作用,即:

$$\text{气象产量} = \text{实际产量} - \text{趋势产量}$$

可以根据不同作物历年产量的变化情况,采取不同的技术处理方法<sup>[5]</sup>,以能够基本上反映实际情况为标准。

### 2) 作物减产率的表示方法

作物受灾减产多少以和历史上年产量比较为准,即 作物受灾减产率 =

$$\frac{\text{丰年单产} - \text{灾年单产}}{\text{丰年单产}} \times 100\% \quad \text{这样规定的作物受灾减产率,其优点是差别明显,便于比}$$

较,而且易于和人们的感性认识统一起来。

### 3) 划分生物季节时段

海伦县的早春作物小麦和亚麻,一般 4 月上中旬播种,4 月底出苗;甜菜和马铃薯 4 月下旬播种,5 月中旬出苗。大田作物玉米和大豆等,都是 5 月上中旬播种,5 月下旬或 6 月初出苗。因此,主要作物的播种至苗期过程都包括在 4 月中旬至 6 月上旬时段内。

6 月中旬至 8 月上旬期间,是大田作物由营养生长向生殖生长过渡的转折时期。此时,大豆开花结荚,玉米抽雄吐丝,谷子和高粱孕穗抽穗,甜菜和马铃薯地下部分形成,小麦和亚麻成熟收获。因此,对外界气象条件十分敏感,是作物迅速生长,形成生物产量的时期。

8 月中旬以后,大田作物都进入了生殖生长累积经济产量的阶段,9 月中下旬陆续进入了成熟期,开始收获了。

根据上述主要作物的生长发育特性,在全面兼顾八种作物的基础上,划分出当地的生物季节时段为:春季,4 月中旬—6 月上旬;夏季,6 月中旬—8 月上旬;秋季,8 月中旬—9 月下旬。

### 4) 划分灾害年型及求算作物减产率<sup>[6]</sup>

为了能够用历年气象资料和历年产量资料,在统一标准的情况下,既能划分出灾害的年型,又能计算出各种作物在不同灾害年型下的减产率,我们以模糊数学为工具,提出以下概念和计算公式:

(1) 产量隶属度公式:

$$\mu_{m_i} = \frac{m_i}{\max_j(m_j)} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

其中,  $m_i$ ——第  $i$  年的气象产量。 $\mu_{m_i}$ ——第  $i$  年的产量隶属度。 $n$ ——年数。

(2) 气象因子稳定均值计算公式:

$$\bar{r}_j = \frac{\sum_{i=1}^{l-2} r_{ij}}{l-2} \quad (i=1, 2, \dots, l-2; j=1, 2, \dots, k)$$

其中,  $l$ ——丰产年的年数。 $k$ ——生物季节时段数。 $r_{ij}$ ——第  $i$  年第  $j$  时段某气象因子数值。 $\bar{r}_j$ ——第  $j$  时段某气象因子稳定均值。

(3) 气象因子隶属度公式:

$$\mu_{r_{ij}} = \frac{\min(\bar{r}_j, r_{ij})}{\max(\bar{r}_j, r_{ij})} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, k)$$

其中,  $\mu_{r_{ij}}$ ——第  $i$  年第  $j$  时段某气象因子的隶属度。

(4) 作物受灾减产率计算公式:

$$Q_i = \frac{\bar{m}_k - \bar{m}_{ij}}{\bar{m}_k} \times 100\% \quad (i=1, 2, \dots, P; j=1, 2, \dots, S; k=1, 2, \dots, L)$$

其中,  $Q_i$ ——某种作物在发生第  $i$  类灾害时的减产率。 $\bar{m}_k$ ——丰产年的产量平均值。 $\bar{m}_{ij}$ ——第  $i$  类灾害共有  $j$  年的产量平均值。 $P$ ——灾害年型的类型数。 $S$ ——某类型灾害的年数。 $L$ ——丰产年的年数。利用上述公式, 可以分别计算出每种作物在不同灾害年型下的减产率, 然后列出减产率的矩阵表(表 1)。

表 1 海伦县作物受灾减产率矩阵表

作物	灾害类型	A		B	C	D	E	F
		春	旱	夏秋旱	夏秋涝	春旱 夏秋涝	旱涝 低温早霜	低温早霜
$K_1$	玉米	13.0		37.2	47.5	16.7	37.1	22.5
$K_2$	大豆	20.4		26.9	33.5	0	34.5	0
$K_3$	小麦	52.3		52.5	47.0	39.8	0	0
$K_4$	谷子	27.7		36.5	45.1	11.9	47.4	0
$K_5$	马铃薯	17.1		16.0	18.1	0	53.9	0
$K_6$	高粱	34.0		53.2	23.9	39.4	48.9	30.9
$K_7$	甜菜	15.0		25.8	42.7	0	32.0	0
$K_8$	亚麻	49.1		39.5	39.1	0	35.9	0

### 3. 建立数学模型

为求出当发生某类气象灾害时, 单位面积上八种作物按不同比例种植时的减产率, 需建立以下数学模型:

$$Y_i = \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot K_j \quad (i=1, 2, \dots, 8; j=A, B, C, D, E, F)$$

其中,  $Y_j$ ——发生第  $j$  类灾害时的单位面积减产率。  $C_{ij}$ ——第  $i$  种作物在发生第  $j$  类灾害时单位面积减产率。  $K_i$ ——第  $i$  种作物占八种作物总播种面积的百分比。对上面的数学模型, 需加以约束条件:

$$\sum_{i=1}^n K_i = 100$$

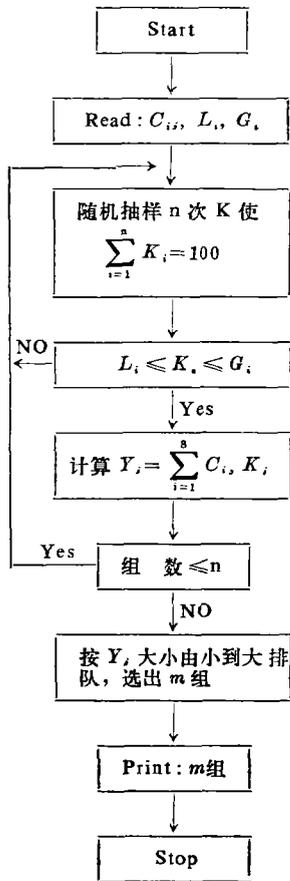
$$L_i \leq K_i \leq G_i$$

其中,  $L_i$  和  $G_i$  为第  $i$  种作物种植比例的下限和上限。那么, 整个问题就归结为在满足上述约束条件前提下, 使得  $Y_j \rightarrow \min$ 。

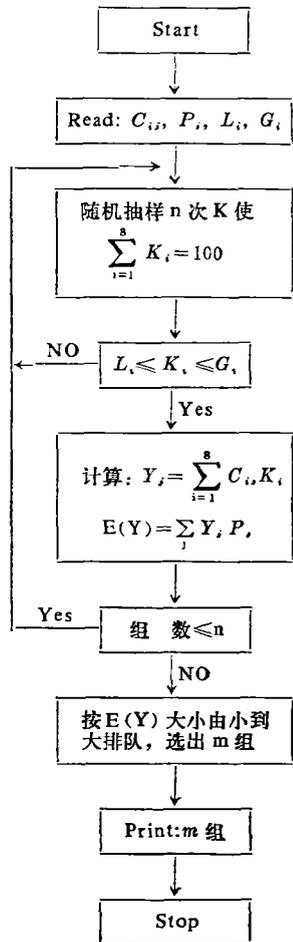
在分析海伦县历年作物种植比例的基础上, 结合用特而非法(Delphi)的预测结果<sup>[7]</sup>, 确定出  $L_i$  和  $G_i$  的数值, 使上述模型具体化为:

求一组  $K_i (i=1, 2, \dots, 8)$  满足  $\sum_{i=1}^8 K_i = 100; 10 \leq K_1, K_2, K_3 \leq 40; 5 \leq K_4 \leq 20; 1 \leq K_5 \leq 15; 0 \leq K_6, K_7, K_8 \leq 15$ ; 使得  $\min Y_j = \sum_{j=A, B, C, D, E, F} C_{ij} \cdot K_i$ 。

框图 1



框图 2



4. 计算机求解及建立益损值矩阵表<sup>[8]</sup>

针对上面数学模型,为了能解出既符合实际情况,又经过优化的若干个供选择的答案,可以用随机抽样法在计算机上优化排队。根据决策模型的需要,计算机程序设计分两部分(见框图)。

1) 确定灾害类型下的随机抽样优化程序:

见框图 1。计算时,先算出  $n$  组  $Y_j$ ,然后按从小到大顺序排队,从中选出  $m$  组打印,即得到确定型益损值矩阵表(表 2)。

表 2 确定型益损值矩阵表

$n$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	$K_8$	$Y_j (j=A,B,C,D,E,F)$
1	26.8	27.2	15.8	10.5	8.0	5.8	4.9	1.2	24.8
2	27.1	24.4	15.6	14.2	8.1	5.7	4.7	0.3	25.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$m$	28.6	22.3	16.1	11.7	7.9	6.3	3.9	3.0	25.9

2) 不确定灾害类型下的随机抽样优化程序:

见框图 2。首先根据海伦县历年资料划分灾害类型的结果,算出各类灾害的发生概率  $P_j (j=A,B,C,D,E,F)$  如下:  $A$  类: 春旱,  $P(A)=0.125$ ;  $B$  类: 夏、秋旱,  $P(B)=0.219$ ;  $C$  类: 夏、秋涝,  $P(C)=0.156$ ;  $D$  类: 春旱 + 夏、秋涝,  $P(D)=0.125$ ;  $E$  类: 旱或涝 + 低温早霜,  $P(E)=0.188$ ;  $F$  类: 低温早霜,  $P(F)=0.063$ 。然后计算出  $n$  组按不同比例种植作物时受灾减产率的数学期望值  $E(Y)$ ,把  $E(Y)$  由小到大排队,从中选出  $m$  组打印,即得到随机型益损值矩阵表(表 3)。

表 3 随机型益损值矩阵表

$n$	$K_1$	$K_2 \cdots \cdots K_8$	$Y_A$	$Y_B$	$Y_C$	$Y_D$	$Y_E$	$Y_F$	$Y_j$	$E(y)$
1	27.1	26.2 ⋯ ⋯ 2.4	24.8	35.5	39.4	14.3	33.3	7.8	25.9	25.6
2	28.6	27.7 ⋯ ⋯ 1.8	25.3	35.8	39.6	14.5	33.4	7.9	26.1	25.8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$m$	27.6	23.0 ⋯ ⋯ 1.5	25.3	36.2	40.0	15.1	33.8	8.2	26.4	26.1

三、研究结果

利用上面的益损值矩阵表,可以提出不同类型的决策方案<sup>[9]</sup>。

1. 确定型决策方案的优选结果

采用确定型决策的前提条件是能够准确知道未来年份发生气象灾害的类型,即完全相信长期天气预报的准确性。并根据预报,判断出将要发生的灾害类型,然后按确定型益

损值矩阵表优选决策方案。现把每种类型只取一个最优方案的结果列出(表 4)。

表 4 确定型决策方案优选结果

灾害类型	减产率 (%)	作物种植比例 (%)							
		玉米	大豆	小麦	谷子	马铃薯	高粱	甜菜	亚麻
A	22.4	36.1	31.2	11.1	10.0	4.0	3.5	3.0	0.8
B	34.2	34.0	31.3	11.2	10.7	8.5	3.3	0.7	0.0
C	38.6	31.4	31.0	10.7	9.3	8.1	7.6	1.3	0.3
D	12.5	38.0	33.5	11.0	6.0	4.4	2.7	2.4	1.7
E	27.5	32.4	27.4	27.0	5.5	2.3	2.1	1.8	1.2
F	6.0	23.0	22.7	21.9	16.2	8.8	2.7	2.2	2.1

## 2. 统计型决策方案的优选结果

采用统计型决策的前提条件是必须知道各类灾害发生的概率,然后按随机型损益值矩阵表优选决策方案。现把只选取一个最优方案的结果列出(表 5)。

表 5 统计型决策方案优选结果

减产率 %	作物种植比例 (%)							
	玉米	大豆	小麦	谷子	马铃薯	高粱	甜菜	亚麻
25.6	26.8	27.1	15.8	11.0	7.5	5.8	5.1	1.0

## 3. 不确定型方案的优选结果

在既不知道未来能否发生灾害,也不清楚灾害出现概率的条件下,可以采用不确定型决策方法,也是使用随机型损益值矩阵表。现将使用等可能性法优选的结果列出(表 6)。

表 6 不确定型决策(等可能性法)方案的优选结果

减产率 (%)	作物种植比例 (%)							
	玉米	大豆	小麦	谷子	马铃薯	高粱	甜菜	亚麻
23.3	16.9	38.4	10.0	8.6	8.5	1.6	12.4	3.2

## 四、效果检验

上面研究结果给出了在不同情况下安排作物种植比例的最优方案,但这只是计算机优化的结论,还需要和历史实况加以对比,以检验其可靠性。这里仅以该县历史上受灾严重的 1969,1972,1976,1982 年为例,用各年的作物实际播种面积计算出它们的减产情况(表 7)。

从表 7 可以看出,优选出的作物种植方案,其减产率都小于历史实况。1969 和 1972 年属于 E 类灾害,1976 年和 1982 年属于 B 类灾害,因此,当年即使按确定型优选方案安排作物比例,其单位面积减产率也将比实况少减产 4.9%,5.4%,2.8% 和 1.2%。若折

算成总产量,相当于全县八种作物少减产 4505 万斤,4674 万斤,2343 万斤和 990 万斤。

表 7 海伦县严重灾年作物减产实况与优选方案减产率比较

历史实况	年份	作物种植比例 (%)							受灾实况	减产率 (%)	
		玉米	大豆	小麦	谷子	马铃薯	高粱	甜菜			亚麻
	1969	22.8	20.3	21.2	18.7	5.8	8.2	1.6	1.3	秋涝,低温早霜	32.4
	1972	26.3	17.7	20.5	19.2	6.2	7.6	2.0	0.6	夏涝,低温早霜	32.9
	1976	31.3	16.9	17.3	18.0	7.2	4.7	2.2	2.3	夏、秋旱	37.0
	1982	22.2	32.7	15.6	12.3	7.8	3.3	4.9	1.1	夏旱	35.4
优选方案	按确定型优选方案安排作物比例								B 类	34.2	
									E 类	27.5	
	按统计型决策优选方案安排作物比例								25.6		
	按不确定型(等可能性法)优选方案安排作物比例								23.3		

而这些少减产的部分是在不需要增加投资和成本,仅仅靠恰当地安排作物比例所取得的收益效果。

## 五、生产建议

据历年统计资料,海伦县上述八种作物的平均播种面积占全县总播种面积的 90% 左右,因此,研究这八种作物的种植比例问题基本可以概括全县情况。同时,本研究所涉及的范围虽然是作物受灾情况下的种植比例问题,但由于该县各种作物程度不同的受灾年份占总年数的 87% 左右,所以,可以认为研究受灾条件下的作物合理布局问题,乃是当地争取稳产的有效途径之一。

因此,根据本研究的结果,提出以下生产建议:

1. 在有把握预知未来可能发生的气象灾害类型时,建议采用区分为 A, B, C, D, E, F 六种类型的确定型决策方案的优选结果。
2. 在不能完全预测未来年份可能发生的灾害类型时,建议采用统计型决策方案的优选结果。这是建立在概率统计基础上的较为稳妥的决策途径。
3. 当决策者难于下决心或若干决策人之间意见不一致时,可采用等可能性法选出的不确定型决策方案。由于此法是把未来出现灾害的可能性同等看待,所以,它可以做为上述两条建议的补充方案。

表 8 1984 年海伦县作物种植计划建议

方 案	作物种植面积 (万亩)								减产率 (%)
	玉米	大豆	小麦	谷子	马铃薯	高粱	甜菜	亚麻	
第一方案(B 类)	112.8	103.8	37.2	35.5	28.2	10.9	2.3	0	34.2
第二方案(统计型)	88.9	89.9	52.4	36.5	24.9	19.2	16.9	3.3	25.6

例如：根据当地气象部门的长期预报，海伦县 1984 年 6—7 月少雨。用本研究确定的灾害指标鉴定后，定为夏早年型(B类)。因此，建议县政府 1984 年的播种计划按 B 类灾害决策方案进行，考虑到长期预报的准确率不高，又把统计型决策方案作为第二方案提出，具体数值如表 8。

鉴于本研究所使用的资料截止 1981 年，因此，其结果适用的年限不宜超过 3—4 年。

致谢：本文曾得到华中工学院邓聚龙先生的指导及北京农业大学韩湘玲、魏淑秋先生的审阅，特此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 梁荣欣编著，农业系统工程引论(油印本)，1983 年 12 月。
- [2] 梁荣欣，沈能展，低温冷害气象型的初步研究，气象，1982 年第 2 期。
- [3] 海伦气象科，海伦农业气候条件和农业气候区划，1979 年 5 月。
- [4] 田兆祥，孙惠珍，黑龙江省旱涝的气候规律，黑龙江气象科技，1980 年 5 期。
- [5] 魏淑秋，相关分析原理及其在农业气候资源考察中的应用，农业气象统计讲义，1980.4。
- [6] 梁荣欣，农业气象灾害的 Fuzzy 分析，模糊数学，1984 年 1 期。
- [7] 黄孟潘等著，决策的科学方法，154—172 页，海洋出版社，1983.1。
- [8] 王树华，梁荣欣，用计算机优选作物抗灾稳产种植比例的方法探讨，东北农学院学报，1983 年 4 期。
- [9] 李德，钱颂迪等，运筹学，434—452 页，清华大学出版社，1982.2。

## STRATEGIC ANALYSIS OF CROP RATIONAL PLANTING RATIO IN FIGHTING CLIMATIC DISASTER IN HAILUN COUNTY

Liang Rongxin      Shen Nengzhan

(Northeast Agricultural College)

### Abstract

The combination of methods of agricultural system engineering and traditional agricultural climatic analysis is used for studying the types of agricultural climatic disaster and decreased rates of crop yields caused by the hit of natural adversity in Hailun county, Heilongjiang province. The mathematics model of rational planting ratio in order to fight disaster and get stable yields has been found. Optimization treatment was computerized. Basing on the results mentioned above, several strategic plans aiming at different conditions have been suggested.

After the examination of effectiveness with historical data, the results of the study have been recommended to the local production leadership departments.