

运用气象信息确定最优 农业种植决策

邹希云 许金荣 丁德保

(湖南省益阳地区气象局, 413000)

提 要

根据益阳县农科所耕地面积、种植方式等资料,在运用线性规划原理优化农业种植决策的基础上,考虑气候资料和天气预报信息,运用运筹学单点图形法确定最优农业种植决策,可获得明显的经济效益。

关键词: 气象信息 农业 决策

引 言

如何利用有限的土地、劳动力以及有关气象信息,优化农业生产决策,获得最佳经济效益,是人们十分关心的问题。本文根据益阳县农科所耕地面积、种植方式等资料,就上述问题进行了探索。从系统工程的观点出发,运用线性规划原理,优化种植制度,根据天气预报和气候资料信息,运用运筹学单点图形法确定最优生产决策,从而可获得明显的经济效益和社会效益。

1 最优农业种植决策方案

益阳县农科所共有可调度耕地面积 153 亩。调度种植方式有:稻-菜-菜(x_1)、西瓜-稻-菜(x_2)、花生-稻-菜(x_3)、稻-稻-绿肥(x_4) 4 种方式。全年可从事耕地劳动日 16300 个(本所劳动力)。指定性生产指标:稻谷 $\geq 60000\text{kg}$ 、油菜籽 $\geq 1750\text{kg}$ 、壳花生 $\geq 2500\text{kg}$ 。根据益阳地区气象台资料,年降雨量 $R < 1200\text{mm}$ 为少雨年, $1200\text{mm} \leq R \leq 1600\text{mm}$ 为正常年, $R > 1600\text{mm}$ 为多雨年。在不同年景下的主要经济参数如表 1 所示。

表 1 不同年景的主要经济参数

| 种植方式 | 少雨年 | | | 正常年 | | | 多雨年 | | |
|--------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|
| | 用工 | 收益 | 工值 | 用工 | 收益 | 工值 | 用工 | 收益 | 工值 |
| 稻-菜-菜 | 155 | 445 | 2.87 | 140 | 535 | 3.96 | 145 | 550 | 3.79 |
| 西瓜-稻-菜 | 140 | 450 | 3.21 | 125 | 460 | 3.68 | 130 | 390 | 3.00 |
| 花生-稻-菜 | 125 | 365 | 2.92 | 100 | 420 | 4.20 | 110 | 360 | 3.27 |
| 稻-稻-绿肥 | 50 | 115 | 2.30 | 45 | 130 | 2.89 | 50 | 100 | 2.00 |

注:用工(个) 收益(元/亩) 工值(元/个)

夏秋换茬(7月下旬前后)一般允许时间不超过 12 天,可供劳动日 732 个。每亩换茬需劳动日:西瓜-晚稻 5 个,花生-晚稻 10 个,

早稻-晚稻 8 个,由此可建立少雨年不等式方程组:

$$\begin{cases}
 \text{土地} & \left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 153 \quad (1) \\ 5x_2 + 10x_3 + 8x_4 \leq 732 + M \quad (2) \\ 200x_3 \geq 2500 \quad (3) \\ 155x_1 + 140x_2 + 125x_3 + 50x_4 \leq 16300 + N \quad (4) \\ 375x_1 + 325(x_2 + x_3) + 700x_4 > 60000 \quad (5) \end{array} \right.
 \end{cases}$$

式中 M 为夏秋换茬时雇请的劳动力日数, N 为夏秋换茬时间以外的雇请劳动力日数。解不等式方程组可得 $x_1=0, x_2=112, x_3=13, x_4=28$ 。同理可得正常年, 多雨年景时各类种植方式的种植面积(表 2)。

表 2 各类年景、各种植方式的种植面积/亩

| | 少雨年 | 正常年 | 多雨年 |
|--------|-----|-----|-----|
| 稻-菜-菜 | 0 | 62 | 111 |
| 西瓜-稻-菜 | 112 | 0 | 0 |
| 花生-稻-菜 | 13 | 66 | 13 |
| 稻-稻-绿肥 | 28 | 25 | 29 |

不同年景下的经济效益(u_i)为

$$\begin{cases} u_1 = 445x_1 + 450x_2 + 365x_3 + 115x_4 - u_1' & (6) \\ u_2 = 555x_1 + 460x_2 + 420x_3 + 130x_4 - u_2' & (7) \\ u_3 = 550x_1 + 390x_2 + 360x_3 + 100x_4 - u_3' & (8) \end{cases}$$

式中 $u_i'(i=1, 2, 3)$ 为雇请劳动力的工资。这样可求得不同年景时相应的经济效益(表 3)。

表 3 各种植决策的年经济效益/元

| 实况 | 少雨年(d_1) | 正常年(d_2) | 多雨年(d_3) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 少雨年(F_1) | 48891.25 | 43697.50 | 43752.50 |
| 正常年(F_2) | 59190.00 | 64635.20 | 64008.75 |
| 多雨年(F_3) | 46617.50 | 55540.00 | 58691.25 |

注: d_1, d_2, d_3 分别代表不同年景决策

2 最优气象种植决策

根据上述分析, 效益矩阵为

$$u_{ij} = \begin{bmatrix} 48891.25 & 43697.50 & 43752.50 \\ 59190.00 & 64635.20 & 64008.75 \\ 46617.50 & 55540.00 & 58691.25 \end{bmatrix}$$

因为 3 种天气年景的气候概率恒有

$$\sum_{i=1}^3 P_i(F_i) = 1 \quad P_i(F_i) \geq 0 \quad (i=1, 2, 3)$$

$$\begin{cases} (u_{11} - u_{12})P_1 + (u_{21} - u_{22})P_2 + (u_{31} - u_{32})P_3 = 0 & (15) \\ (u_{11} - u_{13})P_1 + (u_{21} - u_{23})P_2 + (u_{31} - u_{33})P_3 = 0 & (16) \\ (u_{12} - u_{13})P_1 + (u_{22} - u_{23})P_2 + (u_{32} - u_{33})P_3 = 0 & (17) \end{cases}$$

即

$$\begin{cases} 5133.75P_1 - 5445.2P_2 - 8522.5P_3 = 0 & (18) \\ -5135.75P_1 + 4818.75P_2 - 12073.75P_3 = 0 & (19) \\ -5195.00P_1 - 626P_2 + 3151P_3 = 0 & (20) \end{cases}$$

它们相交于一点, 其交点坐标为 $N(0.5, 0.42, 0.08)$, 从而可确定不同气候决策

满足这种要求的各点的几何图形是一个由单

位向量 $P_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 确定的等边三角形。

据效益矩阵, 3 种年景时的气候决策 $S_{气候1}, S_{气候2}, S_{气候3}$ 的效益分别为

$$u_{气候1} = \sum_{j=1}^3 u_{1j}P_j = 48891.25P_1 + 43697.50P_2 + 43752.50P_3 \quad (9)$$

$$u_{气候2} = 43697.50P_1 + 64635.20P_2 + 55540.00P_3 \quad (10)$$

$$u_{气候3} = 43752.50P_1 + 64008.75P_2 + 58691.25P_3 \quad (11)$$

显然, $S_{气候1}$ 和 $S_{气候2}$ 最优区域的分界线是由平面

$$\begin{cases} P_1 + P_2 + P_3 = 1 \\ u_{气候1} - u_{气候2} = 0 \end{cases}$$

确定的交线, 该交线与平面 $P_3=0$ 的交点坐标可由方程组

$$\begin{cases} P_1 + P_2 + P_3 = 1 & (12) \\ 5133.75P_1 - 5445.2P_2 - 8522.5P_3 = 0 & (13) \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_3 = 0 & (14) \end{cases}$$

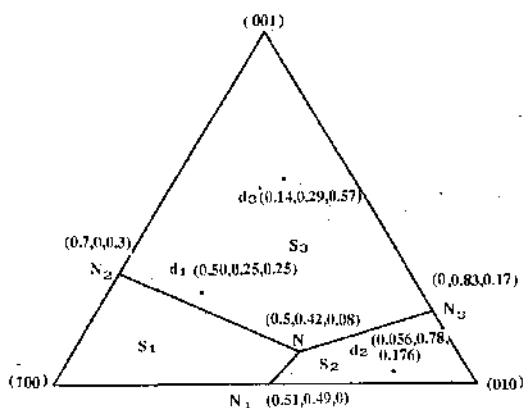
求得, 即 $N_1(0.51, 0.49, 0)$ 。

同理可求得 $S_{气候1}$ 与 $S_{气候3}, S_{气候2}$ 与 $S_{气候3}$ 的最优分界线与 $P_2=0, P_1=0$ 的交点坐标为 $N_2(0.7, 0, 0.3), N_3(0, 0.83, 0.17)$ 。

同时 S_1 与 S_2, S_1 与 S_3, S_2 与 S_3 的 3 条分界线的方程组为

的最优区 S_1, S_2, S_3 (附图)。

根据益阳地区气象台降水年景预报(表



附图 根据降水年景预报采取种植决策的最优区域图

表4 益阳地区年景降水预报概率

| 实况 | 少雨年(d_1) | 正常年(d_2) | 多雨年(d_3) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 少雨年(F_1) | 0.069 | 0.035 | 0.035 |
| 正常年(F_2) | 0.035 | 0.483 | 0.103 |
| 多雨年(F_3) | 0.035 | 0.069 | 0.138 |

4), 对应不同年景的条件概率为

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.5 & 0.25 & 0.25 \\ 0.056 & 0.78 & 0.176 \\ 0.14 & 0.29 & 0.57 \end{bmatrix}$$

从附图可以看出, d_1 、 d_3 落在 S_3 区, d_2 落在 S_2 区。即就目前的预报水平, 最优的种植决策是: 预报少雨年或多雨年应采取按多雨年的种植方案决策; 预报正常年应采取按正常年的种植方案决策。采取这种决策可获得的最大经济效益为

$$\begin{aligned} u_{\text{预报}} &= \sum_{j=1}^3 (P_{1j} \cdot u_{3j} + P_{2j} \cdot u_{2j} + P_{3j} \cdot u_{1j}) \\ &= (0.069 + 0.035) \times 43752.50 + (0.035 + 0.103) \times 64008.75 + (0.035 + 0.138) \\ &\quad \times 58697.25 + 0.035 \times 43697.50 + 0.483 \\ &\quad \times 64635.20 + 0.069 \times 55540.00 \\ &= 60198.43(\text{元}) \end{aligned}$$

即采取预报决策, 每年的平均效益为 60198.43 元。

又各类年景出现的气候概率为

$$P_j = (0.14, 0.62, 0.24)$$

以 P_j 分别代入式(9)、(10)、(11), 求得采取气候决策的效益为

$$u_{\text{气候1}} = \sum_{j=1}^3 u_{1j} \cdot P_j = 54730.775(\text{元})$$

$$u_{\text{气候2}} = \sum_{j=1}^3 u_{2j} \cdot P_j = 59521.074(\text{元})$$

$$u_{\text{气候3}} = \sum_{j=1}^3 u_{3j} \cdot P_j = 59896.68(\text{元})$$

最优的气候决策为

$$u_{\text{气候}} = \max\{u_i\} = u_{\text{气候3}} = 59896.68(\text{元})$$

即最优的气候决策是按照多雨年的年景安排种植决策, 可获得最大的经济效益。

采取预报决策比最优的气候决策平均每年可增加效益:

$$E = u_{\text{预报}} - u_{\text{气候}} = 301.75(\text{元})$$

(参考文献略)

Optimum Agriculture with Meteorological Information

Zou Xiyun Xu Jinrong Ding Debao

(Yiyang Meteorological Bureau, Hunan Province, 413000)

Abstract

According to the information from Yiyang County Agrotechnical Station, the strategy of excellent plants is made on the principles of linear programme, and the simple point picture of operational research is used to determine the tactics of the optimum production according to the climatic data and the information of weather forecast, and therefore obvious economic benefits could be obtained.

Key Words: Weather information agriculture strategy