

晋南半干旱地区农作物生产布局 调控方法研究

姚建民 姚明亭

(山西省农业科学院农业资源综合考察研究所, 太原)

摘 要

本文提出了双向平衡原理的系统调控方法, 同时对半干旱区的山西省临猗县的作物布局结构调整进行了实例研究, 取得了较好效果, 对建立良好的农作物生产生态体系、增强商品粮棉生产基地县内部活力、加快商品粮棉生产和农村经济发展速度都可起到一定的促进作用。

关键词: 平衡原理, 作物布局, 半干旱区。

前 言

临猗县是晋南盆地中一个大县, 年降水量为500mm左右, 其中5—10月的降雨量为450mm左右, 同期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温在 4500°C 以上, 属半干旱地区。该地全年日照时数为2331小时, 年均日辐射量为 $548.47\text{kJ}/\text{cm}^2$, 无霜期217—246天, 复种指数120%。该县农村经济结构单一, 农业收入占总收入78%, 其中种植业收入占总收入的67.5%。为使该县种植业生态系统达到协调、高效的目的, 重新组建了一个良好的种植业生态系统模型, 提出了能使总体利益与局部利益相协调的作物布局调控方法——双向平衡原理, 这一方法把布局调控看作是一个逐步优化的动态过程, 符合协同论和耗散结构论的系统原理^[1]。

一、双向平衡原理及其意义

该原理认为: 由两种不同条件所决定的某一层次的系统结构都可以用数学的双带边矩阵模型表示。

设双带边矩阵为:

$$S = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \cdots & X_j & \cdots & X_n \\ \begin{matrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_i \\ \vdots \\ Y_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1j} & \cdots & C_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \cdots & C_{ij} & \cdots & C_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{m1} & C_{m2} & \cdots & C_{mj} & \cdots & C_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

设: $\sum_{i=1}^m Y_i = \sum_{j=1}^n X_j$ (C_{ij}) 为已知

则: S 依据下列定理 1 进行转换, 可在给定 $[Y_i]$ 和 $[X_j]$ 的条件下求出一个能够满足:

$$\sum_{j=1}^n C'_{ij} = Y_i, \sum_{i=1}^m C'_{ij} = X_j \text{ 的协调矩阵 } (C'_{ij})_{m \times n}。$$

若元素 C_{ij} 是由系统 S 的优势特征值表示时, 则 $(C'_{ij})_{m \times n}$ 为系统 S 的一组优化解。

定理 1: 如果有一数据阵 $(C_{ij})_{m \times n}$ ($C_{ij} \geq 0$ 且在同一行或同一列中 $C_{ij} = 0$ 的个数应分别 $\leq n-2$ 和 $\leq m-2$), 若赋予该数据阵行边为 Y_i ($Y_i = \sum_{j=1}^n C_{ij}$ 且 $Y_i > 0$), 列边为 X_j ($X_j = \sum_{i=1}^m C_{ij}$ 且 $X_j > 0$), 且 $\sum_{i=1}^m Y_i = \sum_{j=1}^n X_j$, 那么按照行转换 $\frac{C_{ij}}{\sum_{j=1}^n C_{ij}} \cdot Y_i$, 然后

列转换:

$$\left[\frac{C_{ij}}{\sum_{j=1}^n C_{ij}} \cdot Y_i / \sum_{i=1}^m \left(\frac{C_{ij}}{\sum_{j=1}^n C_{ij}} \cdot Y_i \right) \right] \cdot X_j, \dots$$

依次行列转换下去, 当转换次数 k 达足够大时, 有唯一的平衡数据阵 $(C^{k*})_{m \times n}$ 存在, 满足

$$\sum_{j=1}^n C^{k*}_{ij} = Y_i; \sum_{i=1}^m C^{k*}_{ij} = X_j。$$

定理 2: 对于带 Y_i 、 X_j 边的数据阵 $(C_{ij})_{m \times n}$, 进行行列转换时, 先进行行转换或先进行行列转换所求出的平衡数据阵是同一的。

定理 3: 如果数据阵 $(C_{ij})_{m \times n}$ 为优势系数阵, 那么按定理 1 所得的新阵 $(C^{k*})_{m \times n}$ 为一个优化阵。如果数据阵 $(C_{ij})_{m \times n}$ 及 Y_i 、 X_j 均为劣势系数阵, 那么按定理 1 所得的新阵 $(C^{k*})_{m \times n}$ 为一个劣势阵。

推论 1: 如果 $(C_{ij})_{m \times n}$ 中某一元素为零, 则所得新阵中的对应项也必定为零。

推论 2: 若数据阵 $(C_{ij})_{m \times n}$ 是时间 t 的函数, 则经过转换后所得新阵 $(C^{k*})_{m \times n}$ 也是时间的函数。

上述定理的证明过程从略。

双向平衡原理可以把系统单元特性、系统条件(行列)目标、系统空间结构和系统总体功能四者统一起来, 能够大大地缩短系统由非平衡态到达新平衡态的自然演变过程, 极大程度地减少了漫长的自然动荡变换对社会经济活动产生的不良影响^[3]。

二、双向平行原理在作物布局中的实际应用

1. 1990年临猗县级系统种植业总目标规划

根据国家和当地群众生活及经济发展的需要提出对各种作物的需求量, 再根据众多条件因素分析与灰色理论预测方法及专家咨询等方法相结合, 预算出各种作物在1990年的亩产量(表1)。采用线性规划方法求出临猗县1990年各作物播种面积的优化结构。

线性规划约束条件:

复种指数约束方程: (约束单位: 万亩)

表 1 临猗县农作物产量需求及亩产量预测(1990年)

Table 1 The demands for crops production and prediction of per mu yield in Lin'yi county

作物名称	小麦(x_1)	玉米(x_2)	谷子(x_3)	高粱(x_4)	薯类(x_5)	大豆(x_6)	杂粮(x_7)
需求量(万公斤)	24415	2900	400	28	2520	980	880
亩产量(公斤)	257	290	250	200	360	190	110
作物名称	棉花(x_8)	油料(x_9)	蔬菜(x_{10})*	瓜类(x_{11})*	经作(x_{12})*	青饲料(x_{13})	果类(x_{14})
需求量(万公斤)	1900	1500	360	900	560	17000	2000
亩产量(公斤)	70	125	200	200	200	1000	200

注: 标*项单位为万元、元/亩。

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + 0.8x_7 + 0.7x_9 + 0.5x_{10} + 0.2x_{13} \geq 44$$

总耕地约束方程:

$$x_1 + 0.2x_7 + x_8 + 0.3x_9 + 0.5x_{10} + x_{11} + x_{12} + 0.8x_{13} + x_{14} \leq 148.54$$

粮食作物用地约束:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \leq 129.4$$

养地作物用地约束:

$$x_8 + x_7 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} \geq 38.06$$

主要作物面积约束:

$$x_1 \leq 95 \quad x_2 \leq 10 \quad x_3 \leq 20 \quad x_{13} \leq 13 \quad x_{14} \leq 10$$

目标函数方程(以1980年不变价计算)

$$J_{max} = 115.65x_1 + 86.42x_2 + 51.25x_3 + 57.6x_4 + 110.16x_5 + 121.24x_6 \\ + 41.8x_7 + 255.08x_8 + 120.5x_9 + 200x_{10} + 200x_{11} + 200x_{12} \\ + 100x_{13} + 132x_{14} = 24442.814 \text{ (万元)}$$

各种农作物播种面积的优化结构(万亩):

小麦95、玉米10、谷子1.6、高粱0.14、薯类7、大豆7、杂粮8、棉花20、油料12、蔬菜1.8、瓜类4.5、青饲料12、果树10、其它1.60总播种面积190.64万亩,复种指数128.34%,粮食与经济作物播种面积之比为67.53:33.47。

2. 临猗县农作物空间布局规划

由于临猗县境内土壤肥力与灌溉条件的不均衡性使各种农作物产生出较大的地域差异。为能够客观地反映这个半干旱区的土地生产力,就应尽可能地消除年度间气候条件差异造成的影响。该文将近3年各作物在各乡镇单位面积上亩产值作为布局计算的优势系数(C_{ij}),以春播作物总目标作为双带边矩阵的列目标(X),以各乡镇在1990年预测的耕地面积作为行目标(Y),进行双向平衡的空间布局计算,规划出了分乡镇分作物的播种面积(C'_{ij})(万亩)

$$\begin{aligned} [X] &= [x_1 x_7 x_8 x_9 x_{10} x_{11} x_{12} x_{13} x_{14}] \\ &= [95 \quad 1.6 \quad 20 \quad 3.6 \quad 0.9 \quad 4.5 \quad 1.6 \quad 9.6 \quad 10] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [Y] &= [y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 y_7 y_8 y_9 y_{10} y_{11} y_{12} y_{13} y_{14} \\ &\quad y_{15} y_{16} y_{17} y_{18} y_{19} y_{20}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= [8.79 \quad 9.66 \quad 2.74 \quad 5.82 \quad 8.03 \quad 9.58 \quad 10.41 \quad 8.8 \\ &\quad 9.51 \quad 7.24 \quad 4.12 \quad 11.15 \quad 0.97 \quad 10.16 \quad 7.63 \quad 5.26 \\ &\quad 7.31 \quad 7.60 \quad 6.99 \quad 6.77] \end{aligned}$$

$$[C'_{ij}]_{20 \times 9} = \begin{bmatrix} 5.85 & 0.06 & 1.33 & 0.20 & 0.05 & 0.22 & 0.08 & 0.67 & 0.22 \\ 6.45 & 0.15 & 1.52 & 0.22 & 0.09 & 0.23 & 0.12 & 0.58 & 0.19 \\ 1.83 & 0.03 & 0.42 & 0.06 & 0.02 & 0.04 & 0.03 & 0.20 & 0.07 \\ 3.86 & 0.07 & 0.84 & 0.11 & 0.02 & 0.19 & 0.07 & 0.46 & 0.12 \\ 5.22 & 0.06 & 1.25 & 0.20 & 0.05 & 0.28 & 0.10 & 0.55 & 0.23 \\ 6.53 & 0.13 & 1.50 & 0.24 & 0.08 & 0.22 & 0.10 & 0.57 & 0.10 \\ 6.65 & 0.11 & 1.44 & 0.30 & 0.06 & 0.27 & 0.12 & 0.75 & 0.60 \\ 5.78 & 0.09 & 1.12 & 0.30 & 0.04 & 0.28 & 0.06 & 0.79 & 0.24 \\ 6.02 & 0.15 & 1.43 & 0.32 & 0.04 & 0.29 & 0.11 & 0.67 & 0.35 \\ 5.06 & 0.07 & 0.99 & 0.13 & 0.04 & 0.23 & 0.05 & 0.42 & 0.15 \\ 2.56 & 0.05 & 0.57 & 0.09 & 0.03 & 0.20 & 0.08 & 0.23 & 0.27 \\ 7.67 & 0.15 & 1.31 & 0.23 & 0.04 & 0.30 & 0.12 & 0.90 & 0.28 \\ 0.60 & 0.01 & 0.12 & 0.02 & 0.01 & 0.03 & 0.01 & 0.05 & 0.06 \\ 4.84 & 0.09 & 0.92 & 0.16 & 0.09 & 0.28 & 0.07 & 0.34 & 3.28 \\ 4.96 & 0.04 & 0.91 & 0.16 & 0.04 & 0.24 & 0.08 & 0.53 & 9.58 \\ 3.30 & 0.05 & 0.45 & 0.15 & 0.02 & 0.15 & 0.07 & 0.35 & 0.67 \\ 4.34 & 0.07 & 0.96 & 0.14 & 0.03 & 0.27 & 0.12 & 0.43 & 0.86 \\ 4.56 & 0.07 & 0.92 & 0.19 & 0.05 & 0.24 & 0.07 & 0.28 & 1.14 \\ 4.69 & 0.07 & 0.98 & 0.15 & 0.04 & 0.26 & 0.05 & 0.41 & 0.26 \\ 4.25 & 0.08 & 1.04 & 0.22 & 0.04 & 0.28 & 0.10 & 0.42 & 0.32 \end{bmatrix} 20 \times 9$$

同样, 复播作物的布局计算时把复播作物播种面积作为列目标 $[X]$, 各乡镇复播面积作为行目标 $[Y]$, 规划出分乡镇复播作物的面积 (C'_{ij}) 万亩。

$$\begin{aligned} [X] &= [x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7 x_8 x_{10} x_{13}] \\ &= [10 \quad 1.6 \quad 0.14 \quad 7 \quad 7 \quad 6.4 \quad 8.4 \quad 0.9 \quad 2.4] \end{aligned}$$

$$[Y] = [y_1 y_2 y_3 \cdots y_{20}]$$

$$\begin{aligned} &= [3.27 \quad 4.63 \quad 1.39 \quad 2.41 \quad 3.51 \quad 4.58 \quad 4.44 \quad 4.05 \\ &\quad 3.97 \quad 2.06 \quad 1.91 \quad 1.72 \quad 0.30 \quad 0.78 \quad 0.62 \quad 0.63 \\ &\quad 0.91 \quad 0.67 \quad 0.70 \quad 0.62] \end{aligned}$$

$$[C_{ij}]_{20 \times 9} = \begin{pmatrix} 0.91 & 0.12 & 0.01 & 0.52 & 0.56 & 0.32 & 0.61 & 0.09 & 0.22 \\ 1.17 & 0.19 & 0.02 & 0.65 & 0.62 & 0.94 & 0.78 & 0.14 & 0.22 \\ 0.35 & 0.06 & 0.01 & 0.20 & 0.22 & 0.22 & 0.23 & 0.03 & 0.08 \\ 0.64 & 0.08 & 0.005 & 0.41 & 0.38 & 0.38 & 0.37 & 0.03 & 0.16 \\ 0.74 & 0.19 & 0.03 & 0.82 & 0.42 & 0.35 & 0.74 & 0.08 & 0.21 \\ 1.04 & 0.21 & 0.02 & 0.64 & 0.83 & 0.77 & 0.84 & 0.12 & 0.30 \\ 1.04 & 0.17 & 0.02 & 0.58 & 0.95 & 0.58 & 0.95 & 0.09 & 0.25 \\ 0.67 & 0.11 & 0.01 & 0.52 & 0.69 & 0.59 & 1.14 & 0.07 & 0.32 \\ 0.79 & 0.13 & 0.01 & 0.52 & 0.72 & 0.72 & 0.90 & 0.05 & 0.20 \\ 0.50 & 0.07 & 0.002 & 0.35 & 0.41 & 0.31 & 0.32 & 0.04 & 0.11 \\ 0.52 & 0.05 & 0.004 & 0.33 & 0.35 & 0.28 & 0.29 & 0.04 & 0.08 \\ 0.42 & 0.06 & 0.01 & 0.33 & 0.22 & 0.29 & 0.28 & 0.02 & 0.11 \\ 0.08 & 0.02 & 0.001 & 0.05 & 0.04 & 0.04 & 0.04 & 0.01 & 0.01 \\ 0.13 & 0.02 & 0.001 & 0.19 & 0.15 & 0.12 & 0.18 & 0.03 & 0.03 \\ 0.15 & 0.02 & 0.001 & 0.13 & 0.08 & 0.07 & 0.13 & 0.01 & 0.04 \\ 0.13 & 0.02 & 0.001 & 0.13 & 0.10 & 0.08 & 0.14 & 0.01 & 0.03 \\ 0.26 & 0.03 & 0.001 & 0.21 & 0.10 & 0.12 & 0.14 & 0.01 & 0.04 \\ 0.18 & 0.07 & 0.001 & 0.13 & 0.08 & 0.09 & 0.14 & 0.02 & 0.02 \\ 0.14 & 0.02 & 0.001 & 0.16 & 0.07 & 0.08 & 0.11 & 0.01 & 0.03 \\ 0.14 & 0.02 & 0.001 & 0.13 & 0.10 & 0.10 & 0.12 & 0.01 & 0.02 \end{pmatrix} 20 \times 9$$

通过上述空间布局计算,使农作物的空间种植结构得到了优化。1984—1986年农作物平均总产值为19623万元,调整结构后为24500万元,增长24.85%。为了进一步对布局优化程度做出验证,在此选用小麦、棉花进行比较。首先求出加权平均亩产值为98.86元/亩、191.31元/亩,1984—1986年平均亩产值分别为98.66元/亩、190.76元/亩。可见,仅此两种作物调整后可增加30万元产值(以规划的95万亩和20万亩计算)。布局效益不仅反映在作物品种上,更明显地反映在区域上。例如牛杜乡在布局规划后,每亩耕地的作物亩产达157.87元,增长幅度18.65%,年总产值增加221.12万元。

各种作物在其最适宜的区域内安排了较大的比例,同时各区域内又安排了较多的适宜该区种植的各种作物。这样使总体与局部、大系统与子系统的规划得到了协调。

我们采用此方法对临猗县农作物生产布局进行了三个年度的规划(1990年、1995年、2000年)。从1990年上半年的实施效果看,临猗县小麦实际生产总量达2.5亿公斤以上,实现并超额完成了2.44亿公斤的规划目标,充分显示出优化种植结构规划的实际效果。从生态学的观点来看,农业生产过程就是人为调控生态因子或调控作物本身使二者相互协调,从而获得高的农产品产量的过程。运用经济生态学的观点和先进的数控管理技术,使农业生产过程既能顺应生态规律,又能发挥人的调控作用提高土地产出水平,将是今后农业持久发展的根本出路。因此,系统的双向平衡原理和方法不仅适用于地处半干旱地区的临猗县,而且在其它县级范围内也可试行推广使用,利于实现农业生产管理决策的科学化。

参 考 文 献

- [1] 郭俊义, 1986, 试论系统论的创新问题, 系统工程理论与实践 9(2):13—17.
[2] 张沁文等, 1989, 《农村经济灰色系统分析》, 第80—84页, 学术期刊出版社.
[3] Nicolis G., 1977, I. Prigogine, Self-Organization in Nonequilibrium Systems, John Wiley and Sons, pp 1—5.

STUDY ON THE METHOD FOR REGULATION AND CONTROL OF CROP PRODUCTION ARRANGEMENTS IN SEMIARID REGION IN THE SOUTHERN PART OF SHANXI

Yao Jian-Min Yao Ming-Ting

(*Institute of Agricultural Resources Comprehensive Survey, Shanxi
Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan*)

Some new balance theorems about the transforming double-sides matrices were presented in this paper. These theorems can be used for adjusting crop production arrangements, and the optimum arrangements of fourteen kinds of crops in twenty communes of Linyi county had been given in semiarid region in the southern part of Shanxi province. Results were realizable after primary proof by the local departments concerned and the actual production, and reasonability of the method based on the new balance theorem was also proved. These principles and methods have important value on the system theories and practices, such as, setting up new system space structure theories and developing the system space functions.

Key words: the balance principles, crop arrangements, semiarid region.