

# 蔬菜合理布局的决策分析

尹光显

(湖北郧阳地区气象局)

蔬菜对气候条件的要求比一般农作物更敏感，在郧阳市突出的表现有两个方面：一是自然灾害造成单产低，年变化大；二是出现明显的淡季，直接影响到人们的生活。因此从气候角度来讨论蔬菜合理布局的最优决策，以便合理利用气候资源，使蔬菜生产的损失最小而收益最大，有着重要的社会、生态、经济意义。本文以市农业区划办、蔬菜研究所提供的1972—1984年蔬菜单产和有关试验资料，分析了秋播蔬菜与气候条件之间的定量关系，应用得失矩阵数学模型，求出了各种气候年景的产量效应，对不同决策方法的产量差异进行了积分，得出了相应经验方程，说明了在相同的气候条件下，各种秋播蔬菜的抗灾能力和增产作用是不同的，为因地种植蔬菜的气候生态适宜性提供依据。

## 一、影响蔬菜增产的限制性气候因素

郧阳市蔬菜生产长期处于多灾低产的一个重要原因，就是秋播蔬菜生长前期(8—9月)旱涝灾害频繁，妨碍适时播种，土壤易于板结，难以保证苗齐苗壮，造成临时改种、毁种，播种面积大实收面积小。中后期(10—11月)秋汛明显，低温阴雨突出，正当大白菜、大萝卜、元白菜进入结球期和块根膨大期，由于遭受湿害而减产。苗期最怕“暴雨型”的灾害，结球膨大期遇“阴雨型”的天气危害最大。以正常年景的产量作比较，上面三种秋播蔬菜，在旱涝年份平均减产17—19%，其中干旱对大白菜、元白菜的影响最大，减产27—38%，雨涝使大萝卜的损失最重，单产降低19%。生长前期可采取育苗移栽、地膜覆盖等方式以减轻损失，中后期生长在大田，旱涝灾害就成为决定秋播蔬菜单

产的限制性因素。

本文所讨论的三种蔬菜，生长期十分接近，现以大白菜为例，对气候条件作一些分析。计算表明，大白菜结球期的生物学最低温度为11℃，以13—18℃最宜，历年集中在10月上旬到11月上旬的40天时间，新叶增长快，包心紧实，生长量占单株总重的75%以上，所以结球期的气候条件好坏，成为决定大白菜单产的基础。经过逐步回归的因子筛选，从中发现10月中旬到11月上旬的气温高低与大白菜单产成显著正相关，凡秋季日平均气温稳定通过15℃到10℃之间的间隔日数大于31天的，历年大白菜全部增产，反之则减产；同时10月中旬至11月上旬的降水日数与大白菜冬季(12—2月)上市量成显著的负相关，此时如阴雨寡照，光热水配合不协调，土壤过湿，蔬菜烂根掉帮，外叶脱落，病害蔓延，造成严重的减产。经过综合分析，大白菜单产的气候指标为：

$$\hat{Y} = \frac{\bar{T}_{\text{日}}}{R_{\text{日}}} \times \sqrt{S}$$

当 $\hat{Y} \geq 32.0$ 时增产，反之 $\hat{Y} \leq 31.9$ 减产。 $\bar{T}_{\text{日}}$ 为秋季稳定通过15℃与10℃之间的日数； $R_{\text{日}}$ 是10月中旬到11月上旬的雨日； $S$ 为同一时间的日照时数，历史拟合率为92.3%(12/13)。将这一气候模式与逐年的单产，建立一元二次曲线方程为：

$$\hat{Y} = 1381.7190 + 128.1373x - 0.7932x^2$$

上式不仅可以进行产量的气候分析和预报，而且也为秋播蔬菜的决策分析提供了依据。

## 二、蔬菜产量的决策分析

由于气候年景与蔬菜产量之间的关系，是一种不确定条件下的自然事件，带有一定

风险性的得失决策，常用模型为一矩阵形式：

$$[a_{ij}] = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \cdots a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} \cdots a_{2m} \\ \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \cdots a_{nm} \end{pmatrix}$$

### 1. 以最坏最好原则作出决策

人们希望在最坏的条件下，能够取得最好的结果。我们分别用四种气候类型，来反映不同年景的蔬菜收成好坏，参阅表 1，使蔬菜生产保持一个稳定的、最优的合理布局结构。

表 1 四种气候年型的蔬菜单产水平（公斤/亩）

年 型	正常年	干旱年	雨涝年	秋寒年	多年平均
大白菜 $a_1$	2873.5	2109.1	2337.0	2806.6	2482.3
大萝卜 $a_2$	1249.3	1169.4	1010.7	1168.0	1123.1
元白菜 $a_3$	1378.0	860.9	1341.5	1320.9	1247.9

为了便于分析三种蔬菜在不同年型的单产差异，以多年平均单产作标准，将四种年型的实产化作增减率，试作秋播蔬菜的统计决策（表 2）。

表 2 各气候年型的蔬菜单产增减率（%）

年 型	正常年	干旱年	雨涝年	秋寒年	min
大白菜 $a_1$	15.8	-15.0	-5.9	11.6	-15.0
大萝卜 $a_2$	11.2	4.1	-10.0	-4.0	-10.0
元白菜 $a_3$	10.4	-31.0	7.5	5.8	-31.0

从表 2 的最小值中选出最大值为：

$$\max \{-15.0, -10.0, -31.0\} = -10.0$$

再由表 2 中每一列里选出最大值，写成：

$$\begin{aligned} \text{正常年: } & \max \{15.8, 11.2, 10.4\} \\ & = 15.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{干旱年: } & \max \{-15.0, 4.1, -31.0\} \\ & = 4.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{雨涝年: } & \max \{-5.9, -10.0, 7.5\} \\ & = 7.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{秋寒年: } & \max \{11.6, -4.0, 5.8\} \\ & = 11.6 \end{aligned}$$

上述四种年型最大值中的最小值为：  
 $\min \{15.8, 4.1, 7.5, 11.6\} = 4.1$ ，由于

$\max \cdot \min = \min \cdot \max$ , (在决策论中叫做鞍点), 得本题的解, 表明在气候条件最差的干旱情况下, 大萝卜的单产可达到 4.1% 的水平, 相当于单产 1167.7 公斤/亩, 是其最优决策。

### 2. 以气候概率作出决策

根据 1961—1984 年气候资料, 24 年中正常年 6 次, 干旱年 5 次, 雨涝年 10 次, 秋寒年 3 次。由表 1 的多年平均栏可见, 以气候概率为依据的产量决策, 以大白菜的稳产性最差, 单产 2482.3 公斤, 仅为正常年景单产的 86.4%; 其次是大萝卜, 为正常年景单产的 89.9%; 以元白菜的稳产性最好, 可达正常年景的 90.6%。但这种决策方法受气候的波动大, 不便于直接用于指导蔬菜生产实践。

### 3. 以蔬菜的产量预报作出决策

根据蔬菜淡季的气候分析和产量预报趋势进行决策, 按照条件概率的大小, 以单产最高的作为优化决策。为了可靠起见, 同时考虑以 75% 的预报准确性和 25% 的不准确性, 来计算各种蔬菜的理论产量。

#### ①、正常年景蔬菜产量的期望值

$$a_1 = 2873.5 \times 0.75 + (2109.1 + 2337.0 + 2806.6) \div 3 \times 0.25 = 2759.5 \text{ 公斤},$$

它告诉我们在正常年景, 这种决策方法大白菜单产可达 2759.5 公斤, 比历年平均增产 11.2%。同样可以求出其他两种蔬菜的产量最大期望值:

$$\begin{aligned} a_2 &= 1249.4 \times 0.75 + (1169.4 + 1010.7 + 1168.0) \div 3 \times 0.25 = 1216.0 \text{ 公斤}, \\ &\quad \text{增产 } 8.3\%; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3 &= 1378.0 \times 0.75 + (860.9 + 1341.5 + 1320.9) \div 3 \times 0.25 = 1327.1 \text{ 公斤}, \\ &\quad \text{增产 } 6.3\%. \end{aligned}$$

这说明在正常气候条件下, 对三种蔬菜的栽培具有多益性, 又以大白菜的期望值最大。所以充分利用郾阳市正常年景的气候优势, 是夺取秋播蔬菜丰产的重要环节之一。

#### ②、干旱年景的蔬菜产量期望值

应用上述方法分别算出:  $a_1 = 2249.9$  公斤, 比历年平均减产 9.4%;  $a_2 = 1167.7$  公斤

斤，较历年平均增产3.5%； $a_3 = 982.4$ 公斤，减产21.3%。表明在干旱年份，大萝卜的抗旱能力最强，为其最优决策，可适当种植较大的比例；而元白菜最怕干旱，应尽量少种为好。

### ③雨涝年景的蔬菜产量期望值

$a_1 = 2401.8$ 公斤，减产3.2%； $a_2 = 1057.0$ 公斤，减产5.9%；

$a_3 = 1302.8$ 公斤，增产4.4%。与干旱年份正相反，对元白菜的栽培比较有利，可望获得较高的增产效果。

### ④秋寒年景蔬菜产量的期望值

$a_1 = 2714.9$ 公斤，增产9.4%； $a_2 = 1161.8$ 公斤，增产3.5%；

$a_3 = 1289.1$ 公斤，增产3.2%。说明秋寒对三大蔬菜的生长没有多大影响。

综合上述四种气候类型可知，在郧阳生产条件下，不同的气候年型有着不同的产量效应。正常年份对三种蔬菜的生长均有利，以大白菜的增产潜力最大。在干旱年份以多种大萝卜为宜，不能发展元白菜生产。在雨涝年份则相反，元白菜耐涝怕旱，萝卜较为抗旱而不耐涝。秋寒对三种蔬菜栽培均有利，又以大白菜的增产效果最好，与多年的秋播蔬菜实际情况相一致。

### 4. 对上述决策方法的分析比较

上面三种决策分析中，第一种是以最坏的年景作出的，产量具有一定的保守性，主要只适用于抗灾的年份。第二种是以气候概率作出的种植决策，如果气候异常，必然引起产量波动，造成决策失误。第三种是以产量预报的准确性为基础，同时考虑预报不准确的因素，经过综合判断作出决策。下面来进一步比较这三种决策方法中，那一种更符合客观实际，成为真正的最优决策。根据表1的资料，三种蔬菜在不同气候年型的产量变化，表现为一明显的一元二次曲线模型，为了正确反映出各种决策方法的产量差异，现对四种气候类型的产量  $f(y)$  求积分，以便比较。

正常年景的产量决策方程为：

$$① \text{大白菜: } -161.2y^2 + 502.2y$$

+ 5070.1，计算的理论产量与实产误差仅占2.0%，积分得：

$$\int_1^4 (-161.2y^2 + 502.2y + 5070.1) dy \\ = 15591.6。$$

$$② \text{大萝卜: } -103.9y^2 + 517.6y$$

+ 1705.8，计算的理论产量与实产误差只有3.1%，积分得：

$$\int_1^4 (-103.9y^2 + 517.6y + 1705.8) dy \\ = 6826.5。$$

$$③ \text{元白菜: } -121.9y^2 + 918.5y$$

+ 1207.8，计算的理论产量与实产误差为3.2%，积分得：

$$\int_1^4 (-121.9y^2 + 918.5y + 1207.8) dy \\ = 7952.2。$$

上述三个方程说明，积分数值越大，则多年的平均产量越高。即在正常年景，三种蔬菜的积分面积之比为  $15591.6 : 7952.2 : 6826.5$ ，也就是说以种植大白菜为最优决策，比其他两种蔬菜增产潜力大。我们同样计算了旱年、涝年、秋寒年的三种蔬菜产量积分方程，理论产量的误差在1.0—5.4%之间，具有较好的规律性，都是以第三种决策方法最好，因为它把气候规律、未来的天气特点与蔬菜产量之间的关系紧密的联系起来了，所以用产量的气候预报进行决策，具有较好的合理性。

### 三、搞好蔬菜合理布局，缓和冬淡吃菜矛盾

郧阳市冬淡机率高，持续时间长，历年平均占80%，长达107天，人均蔬菜日上市量0.64斤，1983年1月最少人均0.25斤。根据全市多年的需菜特点，要求大白菜、大萝卜、元白菜的冬季总产量占同期上市量的80%，成为缓和冬淡的三大支柱。由于自然灾害的影响，每年冬季很难做到均衡供应。我们应用伯纳利提出的“最大期待效益”决策方法，计算出不同气候年型的效益值，取郧阳历年的秋旱概率为21%，雨涝占42%，最大的期待效益定律表达式为：

$$E(a_i) = \sum_{i=1}^n P(E_i) + U(X_i)$$

式中  $E(a_i)$  为采取第  $i$  种决策时所获得的最大效益； $P(E_i)$  是出现某一种自然事件的概率值； $U(X_i)$  是不同情况下的结果效益值。按照表 3 给出的数据，计算结果如下：

表 3 冬淡人均蔬菜上市量 (斤/人·日)

年型	大白菜 $a_1$	大萝卜 $a_2$	元白菜 $a_3$
旱年	0.43	0.25	0.19
涝年	0.40	0.17	0.15

大白菜的最大效益：

$$E(a_1) = 0.21(0.43) + 0.42(0.40) \\ = 0.26;$$

大萝卜的最大效益值  $E(a_2) = 0.21$

$$(0.25) + 0.42(0.17) = 0.12;$$

$$\text{元白菜的最大效益值 } E(a_3) = 0.21 \\ (0.19) + 0.42(0.15) = 0.10.$$

计算表明，概率风险决策的定量评价是，不管出现旱涝灾害与否，以大白菜的期待效益最好 (0.26)，其次是大萝卜，元白菜的效益最差，为秋播蔬菜的合理布局提供了依据。应用伯纳利原理，两利相衡取其重，两害相权取其轻的决策方法，全市冬淡期的上市量，大白菜为 650 万公斤 (占冬菜总上市量的 56%)，大萝卜 350 万公斤 (占 30%)，元白菜 150 万公斤 (占 13%)，冬淡人均日上市量 1.1 斤，才能基本满足全市正常生活的需要，相当于秋播大白菜不少于 2620 亩，大萝卜 2800 亩，元白菜 1250 亩，比较适宜。