

内蒙古东部农牧交错带抵御气象灾害种植决策模式

赵慧颖

(内蒙古呼伦贝尔市气象局, 海拉尔 021008)

摘要: 利用贝叶斯准则, 结合气候年型及作物减产率定量统计方法, 就内蒙古东部农牧交错带种植决策进行了分析, 得到初步结论: 如果气象部门预报有干旱发生, 即扩大玉米种植面积, 没有干旱灾害, 即扩大大豆种植面积; 如果气象部门预报有洪涝发生, 即适当扩大大豆种植面积, 没有洪涝灾害, 即扩大大豆种植面积; 如果气象部门预报有低温冷害发生, 即适当扩大大豆种植面积, 没有低温冷害灾害, 即扩大大豆种植面积。经方法验证, 1998、2000、2002 年, 若按调整最优方案 I 种植比例调整产值可分别增加 0.539 亿元、0.67 亿元和 0.356 亿元; 若按调整最优方案 II 种植比例调整产值可分别增加 0.724 亿元、0.664 亿元和 0.549 亿元。贝叶斯准则方法不要求所选因子样本总体分布为正态分布, 选择的因子状态可以用等级描述, 因而可以较好地概括非线性或非数量的一些因子。实践表明, 利用贝叶斯准则作内蒙古东部农牧交错带种植决策是可行的。

关键词: 贝叶斯准则; 农牧交错带; 种植决策

中图分类号: S42; F326.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)11-0030-05

赵慧颖. 内蒙古东部农牧交错带抵御气象灾害种植决策模式[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 30-34.

Zhao Huiying. Model of planting decision-making against weather accidents on cross bedding of farming and animal husbandry in the east of Inner Mongolia[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 30-34. (in Chinese with English abstract)

0 引言

农牧交错带生态环境组成结构相对不稳定, 对于干扰因素反应敏感且易发生不利于人类利用的变化, 所以又被称为“生态环境脆弱带”^[1,2]。作物的整个生命过程都是在环境中进行的, 其生长发育和产量形成受到了众多因子的影响, 尤其是对干旱、洪涝、低温冷害更为敏感, 因此, 在农牧交错地区, 探讨抵御气象灾害, 调整最佳作物结构比例是确保稳产高产的有效途径之一。由于作物对环境的适应能力是各种因子综合作用的结果, 其最佳的种植结构比例研究方法很复杂, 国内的研究方法多是模糊数学和线性规划方法, 大多都选择作物种植面积因子, 考虑众多环境因子的共同效应的研究较少, 实际应用中有很大的局限性。例如: 刘明春等运用模糊数学方法计算了甘肃武威市主要种植作物种植结构方案^[3](单因子方法), 杨小利等运用线性规划的方法作平凉市农作物种植结构最优化方案研究^[4](单因子方法), 陈玉香, 周道玮和张玉芬运用线性规划的方法作东北农牧交错带农业生态系统结构优化生产模式研究(多因子方法)等^[1,5]。但没有发现用贝叶斯(Bayes)准则为抵御气象灾害作种植结构调整比例的成果和文献, 为此, 在前人工作的基础上, 本文尝试探索作物结构调整的新方法, 利用贝叶斯(Bayes)准则来完成。以期种植业结构调整寻找新的参考点, 可为种植业三元结构既饲、粮、经结构调整, 为牧而农, 为养而种, 促进农牧结合提供良好

依据^[6,7]。

1 研究地区自然概况

研究地区在内蒙古东部的呼伦贝尔市, 位于北纬 47°05'~53°20', 东经 115°31'~126°04'之间, 属亚洲中部蒙古高原的组成部分, 大兴安岭山脉呈东北—西南走向纵贯其中, 山脉东麓为低山丘陵与河谷平原, 是森林、草原向松嫩平原过渡地带, 形成以种养业为主的农牧结合区, 将这一区域称为草原—森林—农田交错带^[8], 包括扎兰屯市、阿荣旗、莫旗东部农区和鄂伦春旗东南部部分地区, 总面积约 $400 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占呼伦贝尔市总面积的 15.8%。主要作物组合为小麦、玉米和大豆。该区属温暖半湿润气候, 年平均气温 1~2℃, 年降水量 400~560 mm 以上, 无霜期 110~125 d, 光照充足, 雨热同季, 适宜农、牧、林业生产和发展, 但易受干旱、洪涝、低温冷害等气象灾害的侵袭。该区土壤肥沃, 腐殖质含量高, 土壤类型多为暗棕壤、黑土和暗色草甸土, 土层深厚, 土壤有机质丰富, 生产潜力较大。

2 研究方法

2.1 决策对策的目的

实现该区的发展目标: 该区的发展方向为农、牧、林业综合发展, 必须坚持以林护农、以农促牧、以牧养农的农牧林综合发展道路, 实现品种调新、质量调优、产品调特、效益调高的发展目标。

解决该区的主要问题: 该区气候资源利用率极低, 农业生产结构不合理, 粮—经—饲三元种植结构尚没有形成, 科技进步在农业生产过程中的份额相当低, 抵御自然灾害的能力不强。

收稿日期: 2006-04-22 修订日期: 2006-09-04

基金项目: 呼伦贝尔市科技攻关项目(20050105)

作者简介: 赵慧颖(1964-), 男, 黑龙江省讷河县人, 高级工程师, 主要从事应用气象、气候与生态研究。海拉尔 内蒙古呼伦贝尔市气象局, 021008。Email: zhaohy2008@yahoo.com.cn

2.2 基础数据采集

1) 研究区 1958~2004 年的大豆、玉米和小麦的产量资料来自呼伦贝尔市统计局。

2) 研究区 1958~2004 年的生长季(4~9 月)降水量、4~8 月平均气温等气象资料来自呼伦贝尔市气象局档案馆。

3) 1994~2004 年各种作物平均售价为调查数据,在研究区对 49 个粮库进行调查访问获取。

3 结果与分析

3.1 干旱指数、洪涝指数、低温冷害指数和气候年型

3.1.1 干旱指数和洪涝指数计算

为研究方便,把干旱指数、洪涝指数统称为旱涝指数^[9-11]。利用研究区 1958~2004 年的生长季(4~9 月)降水量,采用公式^[12,13]

$$I = (R - P) / P \times 100\% \quad (1)$$

式中 R ——4~9 月降水量; P ——1958~2004 年 47 年生长季(4~9 月)降水量的平均值; I ——旱涝指数,标准和等级评定见表 1。

表 1 作物生长季旱涝指数标准与等级评定

Table 1 Index standards and grade estimations of drought and flood in the crop growing seasons

项目	I 标准	等级评定
特旱	$I < -80\%$	1
重旱	$-80\% \leq I < -70\%$	2
中旱	$-70\% \leq I < -50\%$	3
轻旱	$-50\% \leq I < -25\%$	4
正常	$-25\% \leq I \leq 25\%$	5
轻涝	$25\% < I \leq 50\%$	6
中涝	$50\% < I \leq 80\%$	7
重涝	$80\% < I \leq 110\%$	8
特涝	$110\% < I$	9

按照式(1)对照表 1,统计了交错区 1958~2004 年 47 年的旱涝指数和等级评定。结果为干旱年 14a,洪涝年 5a,正常年 28a。

3.1.2 低温冷害指数计算

利用研究区 1958~2004 年各年 6~8 月平均气温,采用公式^[14,15]

$$S = \sum \Delta T / \sqrt{\sum \alpha / N} \quad (2)$$

式中 ΔT ——每年 6~8 月平均气温与 47 年平均气温差值; $\alpha = \sum \Delta T_{6-8}^2$, N ——样本容量,本文中为 47; S ——低温冷害指数,标准和等级评定见表 2。

表 2 作物生长季低温冷害指数标准与等级评定

Table 2 Index standards and grade estimations of low temperature hazard in the crop growing seasons

项目	S 标准	S 等级评定
正常	$-0.8 \leq S \leq 0.8$	1
一般低温	$-1.6 \leq S < -0.8$	2
中度低温	$-2.4 \leq S < -1.6$	3
严重低温	$S < -2.4$	4

按照式(2)对照表 2,统计了交错区 1958~2004 年 47 年的低温冷害指数和等级评定。结果为低温冷害年 3a,正常年 43a。

3.1.3 气候年型计算

统计 1958~2004 年的干旱、洪涝、低温冷害的气候概率^[15,16],设发生三种灾害为 (b_1) ,不发生三种灾害 (b_2) 。则干旱 (b_1) 气候概率为 $P_1(b_1) = 14/47 = 0.3$,涝年 (b_1) 的气候概率为 $P_1(b_1) = 5/47 = 0.1$,低温冷害 (b_1) 年的气候概率为 $P_1(b_1) = 3/47 = 0.06$ 。计算结果列于表 3。

表 3 灾害年的气候概率

Table 3 Climate probability of disastrous year

气候年型	旱年 (b_1)	涝年 (b_1)	低温年 (b_1)
状态概率 P	0.3	0.1	0.06

3.2 作物平均减产率计算

研究交错区的小麦、玉米和大豆 3 种农作物产量与干旱指数等级、洪涝指数等级、低温冷害指数等级的关系,分别做定性和定量分析,得到小麦、玉米和大豆在不同气象灾害下的平均减产率^[8,17]。计算公式为

$$K_i = [\sum (Y_j - Y_P) / Y_P \times 100\%] / n \quad (3)$$

式中 Y_j ——作物实际产量; Y_P ——多年作物产量的平均值; n ——样本容量; K_i ——作物平均减产率。在本文中 Y 是指 3 种作物在不同气候灾害年的产量, Y_P 为交错区 1958~2004 年 47 年作物产量的平均值, n 为 3 种灾害的实际年数,按前统计干旱为 14 a,洪涝为 5a,低温冷害为 3a。计算结果见表 4。

表 4 三种作物多年平均产量和在不同灾害下的平均减产率

Table 4 Average yield of the three crops and the average yield-reducing rate under different disasters

项目	平均产量 (Y_P) /kg · hm ⁻²	干旱年 /%	洪涝年 /%	低温冷害年 /%
小麦	1440	16.5	21.5	4.0
玉米	2160	11.0	17.0	34.5
大豆	1290	21.0	22.0	22.5

3.3 作物售价指数调查数据

作物售价指数 $G(a_i)$ (i 为作物种类,本文小麦为 1,玉米为 2,大豆为 3) 为 1994~2004 年各种作物平均售价的调查数据,在研究区对 49 个粮库进行调查访问获取。近 10 年各种作物平均售价:小麦售价 $G(a_1) = 0.87$ 元/kg、玉米售价 $G(a_2) = 0.93$ 元/kg、大豆售价 $G(a_3) = 1.66$ 元/kg。

3.4 贝叶斯决策准则及应用

3.4.1 贝叶斯决策准则^[18-20]

1) 贝叶斯公式

$$P(A_i/B) = P(A_i) \cdot P(B/A_i) / \sum_{i=1}^n P(A_i) P(B/A_i) \quad (4)$$

式中,考虑当地的长期气候趋势预报,公式中的 $P(A_i)$ 称为先验概率; $P(B/A_i)$ 称为条件概率; $P(A_i) \cdot P(B/A_i)$ 称为联合概率; $\sum_{i=1}^n P(A_i) P(B/A_i)$ 称为边际

概率; $P(A_i/B)$ 称为后验概率。

2) 期望值准则

$$E_i(k) = Y_p[P_i + (1 - k_i)(1 - P_i)] \quad (5)$$

式中 $E_i(k)$ —— 每个行动方案的期望值, kg/hm^2 ;
 P_i —— 不同状态时的概率(本文取有灾害和无灾害两个状态); k_i —— 在不同状态下各种作物的平均减产率。

3) 决策准则

$$j_i = \max E_i(k) \cdot G(a_i) \quad (6)$$

式中 j_i —— 在不同状态下最大经济效益值;
 $G(a_i)$ —— 作物单价。

3.4.2 利用贝叶斯准则计算

设发生干旱年、洪涝年、低温冷害年的自然状态为 b_1 , 不发生干旱年、洪涝年、低温冷害年的自然状态为 b_2 , 种植小麦的决策方案为 a_1 , 种植玉米的决策方案为 a_2 , 种植大豆的决策方案为 a_3 。计算结果如下:

1) 先验概率是根据以往经验和分析得到的概率, 由 3.1.3 节对三种气象灾害的研究得表 5。

表 5 先验概率

Table 5 Prior probability

项目	干旱年	洪涝年	低温冷害年
$P(b_1)$	0.3	0.1	0.06
$P(b_2)$	0.7	0.9	0.94

2) 条件概率为: 若气象部门预报有干旱、洪涝、低温冷害(记作 E_1) 的条件概率为 0.75; 而气象部门预报没有干旱、洪涝、低温冷害(记作 E_2) 的条件概率为 0.25。同理, 如果没有干旱、洪涝、低温冷害发生, 气象部门预报也没有干旱、洪涝、低温冷害的条件概率为 0.75, 则气象部门预报有干旱的条件概率为 0.25。则得到表 6。

表 6 条件概率

Table 6 Conditional probability

项目	干旱年	洪涝年	低温冷害年
$P(E_1/b_1)$	0.75	0.75	0.75
$P(E_1/b_2)$	0.25	0.25	0.25
$P(E_2/b_1)$	0.25	0.25	0.25
$P(E_2/b_2)$	0.75	0.75	0.75

3) 联合概率是指气象灾害和预报气象灾害两个相互独立的、离散型的变量的联合概率密度, 在种植决策中的意义是: 两个变量在联合概率的条件下种植业获得的最大的收益值。按(4)式的要求, 利用表 5、表 6 的数据计算的联合概率见表 7。

表 7 联合概率

Table 7 Joint probability

项目	干旱年	洪涝年	低温冷害年
$P(b_1) \cdot P(E_1/b_1)$	0.225	0.075	0.045
$P(b_1) \cdot P(E_2/b_1)$	0.075	0.025	0.015
$P(b_2) \cdot P(E_2/b_2)$	0.525	0.675	0.705
$P(b_2) \cdot P(E_1/b_2)$	0.175	0.225	0.235

4) 边际概率: 按(4)式的要求, 利用表 7 的数据计算的边际概率见表 8。

表 8 边际概率

Table 8 Marginal probability

项目	干旱年	洪涝年	低温冷害年
$P(E_1)$	0.40	0.30	0.28
$P(E_2)$	0.60	0.70	0.72

5) 后验概率与先验概率是相对的, 是指在得到“结果”的信息后重新修正的概率, 以获得更接近实际情况的概率估计。按(4)式的要求, 利用表 7、表 8 的数据计算的后验概率见表 9。

表 9 后验概率

Table 9 Posterior probability

项目	干旱年	洪涝年	低温冷害年
$P(b_1/E_1)$	0.563	0.250	0.161
$P(b_2/E_1)$	0.438	0.750	0.839
$P(b_1/E_2)$	0.125	0.036	0.979
$P(b_2/E_2)$	0.875	0.964	0.021

6) 期望值: 按照(5)式的要求, 利用表 4、表 9 的数据, 计算的有灾害(E_1)、无灾害(E_2) 的期望值见表 10。

表 10 有灾害(E_1)、无灾害(E_2) 的期望值

Table 10 Expected values of calamity (E_1)

项目	干旱年	洪涝年	低温冷害年
小麦 $E_1(a_1)$	1665	1740	1815
玉米 $E_1(a_2)$	2490	2580	2505
大豆 $E_1(a_3)$	1365	1470	1500
小麦 $E_2(a_1)$	1800	1815	1830
玉米 $E_2(a_2)$	2625	2640	2640
大豆 $E_2(a_3)$	1515	1545	1560

7) 经济效益值: 按照(6)式的要求, 利用本文 3.3 节的数据和表 10 的数据, 计算的有灾害(E_1)、无灾害(E_2) 的经济效益值见表 11。

表 11 有灾害(E_1)、无灾害(E_2) 的经济效益值

Table 11 Economic benefit values of calamity (E_1)

项目	干旱年	洪涝年	低温冷害年
小麦 $G_1E_1(a_1)$	1455	1515	1575
玉米 $G_2E_1(a_2)$	2310	2400	2325
大豆 $G_3E_1(a_3)$	2265	2445	2490
小麦 $G_1E_2(a_1)$	1560	1575	1590
玉米 $G_2E_2(a_2)$	2445	2460	2460
大豆 $G_3E_2(a_3)$	2520	2565	2595

3.4.3 确定决策方案

以表 11 经济效益最大为确定决策原则, 如果气象部门预报有干旱发生^[21], 则采用决策方案 a_2 , 即扩大玉米种植面积, 期望的经济效益为 2310 元/ hm^2 。如果气象部门预报没有干旱灾害, 则采用决策方案 a_3 , 即扩大大豆种植面积, 期望的经济效益为 2520 元/ hm^2 。

如果气象部门预报有洪涝发生, 则采用决策方案 a_3 , 即适当扩大大豆种植面积, 期望的经济效益为 2445 元/hm²。如果气象部门预报没有洪涝灾害, 则采用决策方案 a_3 , 即扩大大豆种植面积, 期望的经济效益为 2565 元/hm²。

如果气象部门预报有低温冷害发生, 则采用决策方案 a_3 , 即适当扩大大豆种植面积, 期望的经济效益为 2490 元/hm²。如果气象部门预报没有低温冷害灾害, 则采用决策方案 a_3 , 即扩大大豆种植面积, 期望的经济效益为 2595 元/hm²。

3.4.4 反演历史典型灾害年验证

1998 年 ($I = 138\%$, 典型的洪涝年)、2000 年 ($S = -3.1^\circ\text{C}$, 典型的低温年)、2002 年 ($I = -84\%$, 典型的干旱年), 气象部门预报当年分别为夏季洪涝、春末夏初低温、春季干旱, 如果按上述的方法调整小麦、玉米和大豆种植比例, 在投入的人力、物力和财力相同的情况下, 就可以增加产值。本例该地 1998 年、2000 年、2002 年三种作物种植总面积分别为 $54.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $45.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $87.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 用线性规划方法计算, 每种作

物种植比例(%) 分别为小麦: 玉米: 大豆 = 13.5: 17: 69.5、12.8: 21: 66.2、24.4: 13: 62.6(表 12)。若按调整最优方案 I 种植比例(%) 分别调整为小麦: 玉米: 大豆 = 3.5: 17: 79.5(也就是种植面积小麦缩减了 10%, 玉米不变, 大豆增加了 10%)、2.8: 23: 74.2(也就是种植面积小麦缩减了 10%, 玉米增加了 2%, 大豆增加了 8%)、9.4: 23: 67.6(也就是种植面积小麦缩减了 15%, 玉米增加了 10%, 大豆增加了 5%), 产值分别增加了 0.539 亿元、0.67 亿元、0.356 亿元; 若按调整最优方案 II 种植比例(%) 分别调整为小麦: 玉米: 大豆 = 1.4: 18: 80.5(也就是种植面积小麦缩减了 12%, 玉米增加了 1%, 大豆增加了 11%)、0.8: 22: 77.2(也就是种植面积小麦缩减了 12%, 玉米增加了 1%, 大豆增加了 11%)、4.4: 28: 67.6(也就是种植面积小麦缩减了 20%, 玉米增加了 15%, 大豆增加了 5%), 产值分别增加了 0.724 亿元、0.664 亿元、0.549 亿元(见表 12)。可见, 利用贝叶斯准则作内蒙古东部农牧交错带种植决策是可行的, 值得推广。

表 12 历史实际与调整最优方案
Table 12 Historical facts and optimum projects

项 目	历史实际			调整最优方案 I		调整最优方案 II	
	面积/hm ²	比例/%	单产/kg · hm ⁻²	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
1998 年洪涝							
小麦	7.3×10^4	13.5	855	1.9×10^4	3.5	0.8×10^4	1.4
玉米	9.2×10^4	17.0	3450	9.2×10^4	17.0	9.7×10^4	18.0
大豆	37.6×10^4	69.5	1050	43.0×10^4	79.5	43.6×10^4	80.5
产值/亿元	10.047			10.586		10.771	
2000 年低温							
小麦	5.8×10^4	12.8	1080	1.3×10^4	2.8	0.4×10^4	0.8
玉米	9.5×10^4	21.0	4380	10.4×10^4	23.0	9.9×10^4	22.0
大豆	29.9×10^4	66.2	1215	33.5×10^4	74.2	34.9×10^4	77.2
产值/亿元	10.445			11.115		11.109	
2002 年干旱							
小麦	21.2×10^4	24.4	1500	8.2×10^4	9.4	3.8×10^4	4.4
玉米	11.3×10^4	13.0	1875	20.0×10^4	23.0	24.4×10^4	28.0
大豆	54.5×10^4	62.6	750	58.8×10^4	67.6	58.8×10^4	67.6
产值/亿元	11.522			11.878		12.071	

4 结论与讨论

本研究以呼伦贝尔市农牧交错带为例, 从防灾减灾的角度出发, 对该地区的农业生态系统结构进行了优化, 期望使该地区的农业生态系统内部的种植业结构趋于合理, 整体效益明显提高, 取得较高的经济效益、良好生态效益及社会效益^[22, 23]。如果气象部门预报有干旱发生, 即扩大玉米种植面积, 没有干旱灾害, 即扩大大豆种植面积; 如果气象部门预报有洪涝发生, 即适当扩大大豆种植面积, 没有洪涝灾害, 即扩大大豆种植面积; 如果气象部门预报有低温冷害发生, 即适当扩大大豆种植面积, 没有低温冷害灾害, 即扩大大豆种植面积。方法验证: 2002 年是典型的干旱年, 气象部门预报当年春、夏季大旱, 若按调整最优方案 I 种植比例调整为小麦缩减

15%, 玉米增加 10%, 大豆增加 5%, 则产值增加 0.356 亿元; 若按调整最优方案 II 种植比例调整为小麦缩减 20%, 玉米增加 15%, 大豆增加 5%, 则产值增加 0.549 亿元。足见, 利用贝叶斯准则作内蒙古东部农牧交错带种植决策是可行的, 值得推广。

用贝叶斯准则对农牧交错带种植业决策, 选择参评因子和正确的区分水平, 成为决策效果的好坏^[23]; 同时能反映种植结构调整受自然因素和人为因素的影响作用。种植业结构优化调整是在一定的自然因素下作物产量一定的情况下进行的, 因此, 贝叶斯准则又具有很好的灵活性。由于受选取因子的样本数目的多少、以及因子的代表性如何, 直接影响种植业结构调整决策的正确性, 在实际工作中值得特别注意。另外, 本文研究的是作物整个生长季中发生的自然灾害的种类中的主要灾害,

受研究方法的限制, 自然灾害对作物的综合影响没有考虑, 待逐步研究。贝叶斯准则方法不要求所选因子样本总体分布为正态分布, 选择的因子状态可以用等级描述, 因而可以较好地概括非线性或非数量的一些因子^[24]。这给实际工作带来了很大的方便, 值得推广使用。

[参 考 文 献]

- [1] 陈玉香, 周道玮, 张玉芬. 东北农牧交错带农业生态系统结构优化生产模式[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 250–254.
- [2] 蔡博峰, 张力小, 宋豫秦. 我国北方农牧交错带人地系统脆弱性刍议[J]. 环境保护, 2002, (11): 21–26.
- [3] 刘春明, 马兴祥, 张惠玲. 甘肃武威市作物气候—经济优势分析及种植结构调整方案[J]. 南京气象学院学报, 2001, (3): 423–428.
- [4] 杨小利, 尹 东, 李晓娟, 等. 平凉市农作物种植结构最优优化方案[J]. 干旱地区农业研究, 2003, (3): 78–82.
- [5] 康相武, 吴绍洪, 尹云鹤. 华北农牧交错带土地沙漠化成因与土地利用调整对策[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 45–51.
- [6] 陈 桔. 粮、经、饲三元种植结构及其途径探讨[J]. 天津农林科技, 1997, (1): 38–40.
- [7] 李增建, 刘东维, 文 奇. 农牧交错带生态系统恢复科技发展规划[J]. 中国科技论坛, 2002, (2): 55–57.
- [8] 王希平, 赵慧颖. 呼伦贝尔市农牧林业气候资源与区划[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 89–96.
- [9] 汪宏宇, 龚 强. 东北地区作物生长季降水异常特征分析[J]. 气象科技, 2005, (4): 27–31.
- [10] 邓振镛, 董安祥, 郝志毅. 干旱与可持续发展及抗旱减灾技术研究[J]. 气象科技, 2004, (03): 35–37.
- [11] 石宇虹, 朴 瀛. 近 50 年沈阳市气候特征及主要气象灾害[J]. 气象科技, 2001, (1): 18–22.
- [12] 张 强, 鞠笑生, 李淑华. 三种干旱指标的比较和新指标的确定[J]. 气象科技, 1998, (3): 35–38.
- [13] 刘庚山, 安顺清, 郭安红. 农业干旱综合应变防御技术研究取得重大进展[J]. 气象科技, 2001, (1): 33–36.
- [14] 王 冀, 江志红, 张艳梅. 东北地区春季气温异常环流背景分析[J]. 气象科技, 2005, (2): 34–37.
- [15] 李 辑, 王锦贵. 东北夏季低温与旱涝预测综合业务系统[J]. 气象科技, 2002, (4): 27–30.
- [16] 马培迎. 应用贝叶斯原理修正降水概率预报[J]. 气象科技, 1999, (1): 33–36.
- [17] 姚凤梅, 张佳华. 中国北方农牧交错带农作物产量时空格局与情景预测研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 173–176.
- [18] 魏淑秋. 农业气象统计[M]. 福州: 福建科学出版社, 1985: 231–238.
- [19] 周概容. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984: 42–59.
- [20] 魏凤英, 曹鸿兴. 长期预测的数学模型及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 1990: 26–133.
- [21] 金志凤, 尚华勤. GIS 技术在常山县胡柚种植气候区划中的应用[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 153–155.
- [22] 樊 军, 郝明德, 邵明安. 黄土旱塬农业生态系统土壤深层水分消耗与水分生态环境效应[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 61–64.
- [23] 陈 良. 贝叶斯准则在土地资源评价中的应用[A]. 国土与自然资源, 2000, (2): 43–45.
- [24] 周兆德, 周建南. Bayes 准则在热带作物生态适应性研究中的应用[J]. 热带作物学报, 1995, 16(1): 104–110.

Model of planting decision-making against weather accidents on cross bedding of farming and animal husbandary in the east of Inner Mongolia

Zhao Huiying

(Weather Bureau of Hulunbeier of Inner Mongolia Autonomons Region, Hailar 021008, China)

Abstract: According to the Bayes Rule, climate types in various years and statistics methods, the planting decision-making on cross bedding of farming and animal husbandary in the east of Inner Mongolia Autonomons Region was analyzed, the preliminary results show: the planting decision-making should depend on the forecast of meteorology department, maize planting area should be increased when drought occurs; soybean planting area should be increased slightly when flood occurs; soybean planting area should be increased when no flood happens; soybean planting area should be increased when the hazard of low temperature happens, and be increased when there is no hazard of low temperature. On test of the method: in 1998, 2000, and 2002, according to the planting propotion of the optimum adjustment-project I, the production value would be increased separately by 53.9 million yuan, 67.0 million yuan and 35.6 million yuan. According to optimum adjustment-project II, the production value would be increased separately by 72.4 million yuan, 66.4 million yuan and 54.9 million yuan. Because the Bayes Rule does not require normal distribution of chosen factor samples and the chosen factors can be described in different scales, the factors of non-linearity and non-magnitude can be well expressed. The practice indicate that the Planting Decision-making on Cross Bedding of Farming and Animal Husbandary in the East of Inner Mongolia by the Bayes Rule is feasible.

Key words: Bayes Rule; Cross bedding of farming and animal husbandary; planting decision-making