

宁夏固原县农业气候资源的评价和利用

陈国良 刘笃慧 周仲显

(中国科学院西北水土保持研究所) (宁夏固原县气象台) (宁夏气象科学研究所)

固原县位于宁夏回族自治区南部的六盘山东侧。全县总土地面积6,413平方公里,主要由石质中山、黄土丘陵、黄土残塬和河谷冲积平原等组成,其中丘陵、山地占总面积90%以上。按中国气候区划,为暖温带半湿润至半干旱过渡类型。但由于六盘山的抬升作用,具有大陆性季风气候和山地气候的共同特点;热量状况已不具暖温带特点,应划入中温带类型;干湿状况更具有很大差异,以致形成了水热组合不同的多种气候类型(水份由湿润至干旱,热量由高寒至温暖),这就给农、林、牧业布局结构产生了深刻的影响。因此,研究分析该县的气候特征及其与农林牧业的关系,并寻求其合理利用途径,对该地区确定生产方针、恢复生态平衡和改变贫穷面貌有着十分重要的意义。

一、固原县农业气候资源的评价

(一) 有利条件

1、日照充足,光能资源丰富,光合生产潜力大。固原县作物生长季节的4—9月,日照时数为1,326小时,总辐射量为815千卡/平方厘米(生理辐射量为42.3千卡/平方厘米),占年总辐射量的64%。按黄秉维先生的计算方法,其 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 时期的光合生产潜力分别为3,300和2,800斤/亩,这是相当高的。

2、雨热基本同季,对秋作生长较为有利。6—9月是作物进入旺盛生长的季节,此期正是热量和水分最丰富的时期,平均降雨量350毫米,占年降水量的70%,旬平均温度为16—19 $^{\circ}\text{C}$,水热组合较其它时期为好,对秋作物和林草的生长发育有利。

3、气候温凉(年平均温度6 $^{\circ}\text{C}$ 左右),气温日较差大(年平均日较差为12 $^{\circ}\text{C}$ 左右),有利于植物干物质积累,且无热害。

4、水热组合多样,计有高寒湿润、寒温湿润、温凉半干旱、温和半干旱、温暖半干旱等六种农业气候类型,因而有利于大农业合理布局,分区发展,相互补益,发挥优势。特别是适于牧业和油料生产的气候区域大,有利于改变单一粮食经营的被动局面,为全县农林牧业有机结合和开辟多种商品性生产(如牧业、林果、油料等)提供了多种类型的气候资源条件。

(二) 不利条件

1、雨量不匀,干旱频繁,对农、林、牧业均为不利。该县年降水量多年平均由南至北为350—650毫米,中部县城附近为478毫米,其四季分配为:春季(3—5月)81.0毫米,占年总量的17%;夏季(6—8月)264.7毫米,占55%;秋季(9—11月)124.8

毫米，占26%，冬季（12—2月）7.6毫米，占1.5%；四季降水变异系数分别为：63%，57%、70%、120%。由于降水变率大，容易发生干旱。据统计，固原县干旱特征为：十年中有6—8年出现干旱，夏旱多于春旱，夏旱（6—7月）频率为73%，春旱频率为68%；生长季内早期长在70天以下的占42%，70天以上的占58%，100天以上的占45%，平均每年有旱日数为67天，最长连旱日数达140天（1973年）。由于干旱频繁、早期长，也就成为影响农林牧业的最不利气候因素，特别对农业更是如此，固原县粮食产量低而不稳，雨水不调、干旱频繁是一个重要原因。

2、热量低欠（ $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温小于3,000 $^{\circ}\text{C}$ ），无霜期短（120天左右）只能一年一熟，大大降低了光能潜力，且易发生霜冻，对农业生产影响很大。经气候生产潜力估算，固原县热量低欠，使年光合潜力下降75%，使生长期内的光合潜力下降50%，而水份不足不调，又使生长期内的光温潜力下降45—50%，以致各旱作物产量潜力仅为430—720斤。加之霜冻频繁（在作物的主要生长季节5—9月，发生霜冻的概率为60%），农作物产量就更受影响了。

3、冰雹频繁面宽，对各业危害严重。该县冰雹路径多，可以从几个方向侵袭到大部分土地，且全县每年平均达11次，是仅次于干旱的主要气候灾害。据统计，从1964—1970年，全县受灾面积达244万亩，平均每年为34.8万亩，占全县总播种面积的8%，严重年份还伤害人畜，毁坏林木。

4、降水集中，易形成暴雨涝灾，造成严重水土流失。秋涝出现时间主要在8—10月，尤其8—9月，平均降水量为189毫米，占年总降水量的39%。此时正是秋作物旺盛生长和形成果实的季节，秋涝出现有时降低光合效率，有时使粮食霉烂，造成不同程度的减产。

二、农业气候资源合理利用的几个途径

根据固原县农业气候条件利弊因素的分析和目前农业生产存在的单一农业经营，农林牧比例失调，水土流失严重，三料俱缺等主要问题，本文着重从各业气候生态适应性、农林牧草的最佳结构、作物合理布局等几个方面来探讨农业气候资源合理利用的总体途径，以期对当地农业生产的发展有所裨益。

（一）大力发展适宜当地气候条件的林牧业

植物产量的高低，是其自身特性和自然环境共同作用的结果，其中气候生态条件起着非常重要的作用。如果某种植物在特定的气候生态环境下，能获得高额而稳定的收成，说明它们与环境相互比较协调，各自的潜力得到了充分的发挥；如果低而不稳，则说明矛盾突出，此时在无力改变（包括无有效的技术方案或无足够的劳力、物力、资金等）不良环境条件，使其符合人们和植物生长需要的情况下，采取软抗策略，多种植对环境适应良好的植物，无论对资源潜力的发挥、人们的经济收益，还是保持生态平衡都是有益的，这就是古人说的“顺天时，量地利，用力少而成功多。任情反道，劳而无获”（《齐民要术》）的哲理，也是现今人们常说的“扬长避短，趋利避害”的原则。固原县农、林、牧草在气候环境的影响下所表现的生产潜力、稳定性、保持水土的效应

进行了测量和统计估算，结果列如表 1。

表 1 固原县农林草生产潜力、稳定性、水土保持效应表

植 物	最 高 潜 力 (斤/亩·干重)	稳 定 系 数 (%)	水 土 流 失 量 (吨/亩·年)
作 物	500(经济产量)	65	3.0
灌 木	750	92	0.25
人 工 牧 草	800—1,000	82	0.34

表中：作物生产潜力是按光、热、水综合气候生产力公式估算的几种主要作物（春麦、糜子、谷子、玉米）产量的平均值；灌木和牧草是当地生长最好的样段上的实测值。

稳定系数为 1 与相对变率之差，如相对变率为 45%，则稳定系数为 55%。

水土流失量是用实测泥沙量推算的。

由表 1 数据分析可见，林草的生产潜力、稳定性及保持水土的效益均较农作物为好，同时投资不多，管理省力，提高其种植比例，不仅能有效保持水土，而且有利于发挥气候资源潜力和较易获得高产而稳定的收益。

(二) 建立高效率利用气候资源的最佳农林牧结构

上面从三个方面分析了农、林、草的适宜性，并得出应扩大林、草种植比重的结论，这虽是利用气候资源的一个方面，但仍是一个单一的、缺乏数量化的概念，而且未能反映各业的相互作用和总体收益，具体实施时也容易因人而异，难于实现。

据此，我们以生态平衡理论为依据，采用系统工程的分析方法，以保持水土、减少水土流失量和农牧业能量转换平衡为控制条件（即每平方公里水土流失量不超过 1,200 吨，每亩农地需肥量一半以上应由牧业供给），并以各业生产潜力总体达到最大为目标函数，对占固原县总土地面积 40%、农林牧矛盾突出、生态严重失调的东部丘陵山区的最佳农林牧结构进行了设计和优化计算，其最佳结构模型为：农地占 18%，林地占 26%，草地占 56%，平均每亩土地可获得干物质产量为 677 斤。按现有有人口（每平方公里 48 人）和 2,000 年可能达到的人口（以 3% 的增长率计，可达 84 人/每平方公里）计算，每人平均各业用地和占有各业量如表 2。

表 2 固原县东部黄土丘陵区最佳农林牧结构模型

估算年代	每人平均各业用地 (亩)			每人平均占有各业量			
	农 地	林 地	草 地	粮 食	柴 薪	羊 (只)	
	(占 18%)	(占 26%)	(占 56%)	(斤)	(斤)	大 小 羊	单 养 大 羊
1980	4.7	6.8	14.7	1,175	5,100	8.3	6.4
2000	2.7	3.9	8.4	671	2,914	4.7	3.7

由上述分析数据可见：

1、合理调整结构比例后（现有农林草比例分别为 51%、2.4%、47%），每亩生物

产量可由目前的100余斤提高到670斤。说明从生态平衡出发，从系统整体上合理安排农林牧业，才是充分利用气候资源和其它农业自然资源，提高整个农业系统功能的有效途径。

2、有计划退耕还林还牧，不仅不会削弱农业，而且可以使农业大幅度增长，三料俱缺完全可以变成三料充足。

3、牧业的潜力，所占土地面积和商品性经济收益均较农、林业为大，说明该县具有建立牧业基地的客观条件。

4、更重要的是，通过调整，建立最佳农林牧结构，不仅可以满足人们多方面的需要，而且可以改变生态失调、恶性循环的局面，使水土流失量由每平方公里3,500—5,000吨下降为1,200吨（年），使农地肥力水平保持在250斤（经济产量）以上。

5、每人平均物质占有量与人口增长成反比，如不控制人口，即令按最佳结构，到2,000千年也难富裕。

（三）调整作物布局，扩种适应性好的作物

在对固原的作物气候分析中，已经查明，当地气候对不同作物的影响有其相同（如降水）和不同的（如低温、日照）主导因子。而且由于作物对环境的忍耐与适应程度各不一样，因而产量的高低与稳定性亦不相同。显然，选择适应当地气候特点的作物是充分利用气候资源的前提，但作物种植比例不仅仅决定于作物对环境的适应性，还要考虑作物的丰产性能、倒茬轮作、培肥地力、人民生活习惯需要和国家计划等自然和社会因素的影响。怎样选择作物种植比例才能既发挥资源潜力，获得最佳产量，又能照顾各方面的条件和需要，这的确是个复杂的问题。

从系统工程的原理来看，上述问题可以归结为：选择最佳方案（作物布局），满足约束条件（各种自然和社会因素），达到最优结果（高产稳产），即提高整个作物生产系统的总生产力。为此，我们采用系统工程的分析方法之一——线性规划，对作物布局进行优化处理。线性规划的设计如下：根据因地制宜的原则按不同气候类型区选代表点（公社）分别设计，考虑到作物对气候的适应性，以当地主要作物的多年平均产量和变异系数为控制指标，根据实际调查情况确定轮作倒茬、粗细粮比例、国家对粮油的要求等作为约束条件。目标函数为各种作物的总经济产量（单产），求其最大值。采用单纯形法求最优解。

兹以该县半干旱台塬地区的西郊公社为例，说明上述步骤和方法：

1、统计作物产量资料，如表3。

表3 固原县西郊公社1964—1979年作物产量资料

作物 (x_i)	冬麦 (x_1)	春麦 (x_2)	豌豆 (x_3)	糜子 (x_4)	谷子 (x_5)	油料 (x_6)	16年平均
单产 (斤/亩)	72	96	104	139	113	75	99(其中粮食为90)
变异系数 C%	34	32	39	38	38	23	34

2、进行模型设计。约束条件：

(1) 设播种面积不超过现有种植总面积, 即不扩大耕地面积, 并设各种作物的种植面积比例为 x_i (%), $i=1, 2, \dots, 6$ (如表 3 所示), 则有

$$\sum_{i=1}^6 x_i \leq 100 \quad (1)$$

(2) 参考细粮现有生产水平和群众生活习惯, 细粮比例不小于 50%, 则有

$$72x_1 + 96x_2 \geq 90 \times 0.5 \times 100$$

$$\text{即 } 72x_1 + 96x_2 \geq 4500 \quad (2)$$

(3) 考虑轮作培肥地力的需要, 豌豆 (主要倒茬作物) 面积不小于 10%, 则有

$$x_3 \geq 10 \quad (3)$$

(4) 考虑到油料对气候的适应性好, 油料种植面积应大于现有的比例 (9.5%), 则有

$$x_6 \geq 10 \quad (4)$$

(5) 重新安排种植比例后, 其产量的平均波动不超过现有的变异系数, 则有:

$$34x_1 + 32x_2 + 39x_3 + 38x_4 + 38x_5 + 23x_6 \leq 3400 \quad (5)$$

(6) 考虑到满足口粮需要, 粮食产量既要略高于现有的产量水平, 又不挤掉油料的种植面积, 故粮食亩产 95 斤设计, 则有

$$72x_1 + 96x_2 + 104x_3 + 139x_4 + 113x_5 \leq 9500 \quad (6)$$

于是, 得出约束条件方程组为

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 100$$

$$72x_1 + 96x_2 \geq 4500$$

$$x_3 \geq 10, x_6 \geq 10$$

$$34x_1 + 32x_2 + 39x_3 + 38x_4 + 38x_5 + 23x_6 \leq 3400$$

$$72x_1 + 96x_2 + 104x_3 + 139x_4 + 113x_5 \leq 9500$$

目标函数: 用各作物多年平均亩产为参数, 组成目标函数 S ——即调整后的各作物平均亩产:

$$S = 72x_1 + 96x_2 + 104x_3 + 139x_4 + 113x_5 + 75x_6$$

然后用单纯形法, 求 S 达到最大的解即为最佳种植比例模型, 计算结果是:

$$S = 96x_2 + 104x_3 + 139x_4 + 75x_6$$

式中的 $x_2 = 0.47$, $x_3 = 0.10$, $x_4 = 0.28$, $x_6 = 0.15$, $\max(S) = 106$ 斤/亩。

按照上述方法, 根据各地不同条件, 分别对不同气候类型区的典型公社进行设计和计算, 得出了不同的作物布局模式, 结果如表 4。由表 4 可见:

(1) 适应性好的糜子、黑麦、蚕豆在不同区域多被选入目标函数的方程中, 应予扩大种植, 扩大的幅度数为 8—27%, 因地而异。其中该县东南部红茹河流域应积极扩种玉米, 这一问题正在引起当地的重视。

(2) 冬麦和春麦在不同地区表现不一, 县北部及阴湿区适宜春麦, 应扩大春麦, 压缩冬麦比例; 县东部和南部适宜冬麦种植, 应扩种冬麦, 压缩春麦。

(3) 按最佳布局方案, 各区均能在不增加投资的情况下获得一定的增产效果, 平

均增长率为9—10%，且变异系数均有降低，稳产性提高。

(4) 由于各地生产水平很低，各种作物实现平均亩产都相差不大，故仅从单产来看，即使采取最优化方法寻求新的布局方案，其结果也不尽满意。但是，从全县的总体来看，调整作物布局后的总产增加仍然是相当可观的，如以每个公社增加30万斤粮食计，则全县37个公社可增产1,100万斤。如果土壤肥力条件得到一定改善，通过调整作物布局，还可更有效地开发气候资源和作物自身的生产潜力，从而获得更高的产量。

表4 固原县各类型区典型公社作物布局方案

项 目	西郊公社 (半干旱台壕)			黑城公社 (干旱川地)			王洼公社 (半干旱丘陵)			彭阳公社 (半干旱宽谷丘陵)			张易公社 (阴湿山区)		
	作物	现状	调整后	作物	现状	调整后	作物	现状	调整后	作物	现状	调整后	作物	现状	调整后
作物种植比例 (%)	冬麦	11.9	0	春麦	39.7	35	冬麦	25.6	38.5	冬麦	56	56	春麦	46	40
	春麦	43.0	47	豌豆	8.4	10	春麦	18.2		莜麦	15.1	0	豌豆	14	10
	豌豆	14.0	10	大麦	11.0	24	糜子	19.2	46.0	豌豆	0.8	10	蚕豆	1	9
	糜子	16.9	28	糜子	21.9	20	莜麦	20.8	5.0	糜子	9.9	18	莜麦	12	0
	谷子	1.4	0	谷子	12.1	0	洋芋	16.3	10	谷子	3.7	0	黑麦	1	23
	油料	12.6	15	油料	6.9	11				玉米	7.9	16	油料	14	7
										扁豆	6.2	0	洋芋	12	11
各作物平均亩产 (斤)		99	106		101	107		59	65		95	114		82	87
粮食平均亩产 (斤)		90	95		94	96		59	65		95	114		70	81
平均变异系数 (%)		34	27		39	35		45	37		43	29		39	32
粮食总增产量 (万斤)	30.5			19.5			46.8			94.7			85.2		
油料总增 (减) 量	+5.4万斤			+19.3万斤			—			—			-23.5万斤		