

# 黄土高原地区粮田主要作物生产力 及提高途径的初步分析

黄占斌 张锡梅

## 提 要

本文在对黄土高原不同类型区的7个代表县5种主要粮田作物生产力进行统计分析的基础上,采用FAO推荐的农业生态地区法计算了各作物的最大生产潜力(Ymp)。通过调查与比较分析,初步提出了Ymp的主要限制因素和解决的基本途径,为作物生产力的提高和进一步研究提供科学依据。

## 前 言

黄土高原地区地处我国西北黄河中游区,总土地面积62.71万km<sup>2</sup>,约占全国1/15,人口8127万,占全国1/13;耕地18601.6万亩(水浇地占27.2%),占全国约1/8。长期以来,由于自然和社会历史的多种原因,这里水土流失、风沙危害,旱灾严重和土壤贫瘠,特别是中部丘陵残塬区,沟壑纵横,耕地破碎,生产经营粗放,粮食生产广种薄收,不能自给。全国近一半贫困县集于此地区。据统计,全区1985年287县(市),每人平均粮食占有量298kg(全国为364kg)。

众多研究和事实证明,提高黄土高原地区粮食生产量是解决贫困和进行综合治理的基础。粮食产量的提高,一般有耕地扩大和增加单产两种途径。在目前本区耕地资源不断下降(如厂矿、住宅对川平地侵占等)和农荒地资源有限情况下,粮食生产主要依赖提高单产。

以单产代表粮食生产力,黄土高原地区粮食生产力突出特点是低而不稳。据1983—1985年三年平均统计,全区287县(市)亩产35.5—370kg不等,其中200—370kg的县份占31.3%,集中于银川、河套平原和汾渭谷地及太原盆地等的川水地;100—195.5kg的县份占44.6%,35.5—99.5kg的县份占24.1%;35.5—199.5kg的中低产县份共占68.7%,集中在中部丘陵残塬区。

粮食作物生产力是集气候、土壤、作物及其栽培管理因素的综合结果。分析各因素对作物生产力的影响,结合实际,寻求制约因素和提高途径,是研究作物生产力提高的基本程序。在诸因素中,作物品种和栽培管理等可经过人们努力而满足作物需要,气候、土壤等自然因素对作物生产的影响,预示着作物生产力的大小。研究表明<sup>[1][2][3]</sup>,自然因素中,对作物生产力影响最大的是气候。竺可桢指出(1965),气候影响作物生产力最基本因素有太阳辐射总量、温度和雨量,即光、热、水。黄土高原地区地域辽阔,气候类型多样,作物生产力在作物、地区间也不尽相同。根据“75—04—15”专题研究安排,我们选点分析不同地域和作物的生产潜力,结合实际生产力和对资源的利用,对提高生产潜力的途径和措施进行探讨。

试点选取黄土高原地区的定西、固原、米脂、安塞、乾县、离石和河曲七个县代表残塬区、风沙区和丘陵区, 作物选取当地优势作物小麦(冬小麦、春小麦)、玉米、谷子、糜子和洋芋等。

### 一、试点县概况及作物生产状况

1. 概况。试点各县位于黄土高原中部, 水土流失较为严重, 流失面积占总土地55.8—100%不等。每人平均耕地2.52—12.98亩, 其中除乾县以台塬地为主(占耕地

表 1 各县主要作物单产统计分析(1949—1985) (单位: kg/亩)

作物	县名	平均 (X)	标准差 (Sx)	变异系数 (C·V%)	极大值及年份 (kg, 年)	极小值及年份 (kg, 年)	极差	1985年 实际	1949年 实际	1985 1949
粮食	米脂	56.2	40.4	71.9	139.6, 1982	19.0, 1955	120.7	128	21.5	5.9
	安塞	58.4	23.8	40.8	109.3, 1984	27.5, 1949	81.8	99	27.5	3.6
	乾县	105.7	47.1	44.5	210.3, 1984	56.0, 1964	154.3	198	62.1	3.2
	离石	86.3	41.9	48.5	272.0, 1985	43.5, 1960	228.5	135	61.5	2.2
	河曲	50.2	24.6	49.02	115.5, 1984	21.0, 1949	94.5	53	21	2.5
	定西	51.6	20.5	39.8	93.0, 1985	30.0, 1981	63.0	93	41	1.6
	固原	43.05	24.2	56.2	128.0, 1983	13.5, 1973	114.5	67	35	1.9
小麦	米脂	20.5	24.2	56.7	64.0, 1984	7.3, 1952	56.7	109	11.5	9.5
	安塞	32.3	9.1	43.7	63.3, 1984	14.5, 1950	48.7	36	15	2.4
	乾县	112.1	46.2	41.2	204.5, 1984	65.8, 1960	138.7	210	67.9	3.1
	离石	46.4	14.0	30.3	82.0, 1979	35.0, 1985	47	35	43	0.8
	河曲	69.0*	87.7	127.3	233.0, 1985	14.5, 1955	219.5	234	24.5	9.6
	定西	56.8*	27.7	48.9	109.0, 1985	25.0, 1962	84	109	97	1.1
	固原	39.4*	12.3	31.4	65.0, 1954	12.5, 1973	52.5	75	35.5	2.1
玉米	米脂	65.6	124.7	190.2	365.0, 1982	15, 1950	350.4	289	32.5	9.2
	安塞	100.4	65.5	65.3	271, 1984	30, 1949	240.9	266	30	8.9
	乾县	121.1	65.7	54.3	274.3, 1983	41.1, 1950	233.2	201	55	3.7
	离石	170.1	83.3	49.0	248, 1979	35, 1985	213.0	248	108	2.3
	河曲	175.5	90.0	51.3	210, 1985	6.5, 1955	207.5	214	52.5	4.1
	定西	175.9	30.1	39.7	115.5, 1978	36, 1981	79.5	106	50*	2.1
	固原	175.9	30.1	39.7	115.5, 1978	36, 1981	79.5	106	50*	2.1
谷子	米脂	46.3	30.5	62.8	113.9, 1982	16.3, 1962	97.6	64	25	2.6
	安塞	60.1	25.7	42.8	113.6, 1983	25, 1949	88.5	95	25	3.8
	乾县	58.7	23.8	40.6	110.4, 1983	8.5, 1970	101.9	54	53.5	1.0
	离石	86.9	38.2	44.1	274, 1985	48, 1960	226	137	71.5	1.9
	固原	35.8	12.6	35.3	55, 1952	8.5 1960	46.5	58	42.5*	1.4
	定西	69.8	18.0	25.8	92, 1970	46, 1981	46.0	74	17.5*	4.2
	固原	69.8	18.0	25.8	92, 1970	46, 1981	46.0	74	17.5*	4.2
洋芋	米脂	54.2	50.4	93.0	114.8, 1983	26.7, 1965	88.05	133	52.5*	2.5
	安塞	68.4	20.7	30.3	94.5, 1976	38.5, 1981	56.0	77	95**	0.8
	固原	83.4	46.3	55.6	194, 1951	22.5, 1973	171.5	78.5	34	2.3
	定西	80.4	15.9	19.8	104, 1985	51.5, 1981	52.5	104	144	0.7

\* 春小麦

\*\* 为1961年数据(低产年), 安塞县为1966年(始种)

78.4%)外,其它各县以坡耕地为主(占耕地65.8—97.1%)。坡地中以 $10^{\circ}$ — $25^{\circ}$ 和大于 $25^{\circ}$ 为主(如米脂、安塞两县分别占耕地72.0%, 85.9%)。各县年降水量(Pr) 447.5—537.8mm,年蒸发量(Er) 1645.5—1913.7mm,蒸降比(Er/Pr)为3.3—4.3,为半干旱旱作农业地区。年平均气温 $6.2^{\circ}\text{C}$ — $12.7^{\circ}\text{C}$ ,年太阳辐射能为127.6—142.3千卡/ $\text{cm}^2$ ,较华北平原丰富;年日照时数2488.9—2933.8小时,日照百分率50—66%。

## 2. 生产状况

(1) 历年生产的统计分析。以1949—1985年粮食年平均亩产为例:粮食平均亩产丘陵区50.2—86.3kg,塬区(乾县)为105.7kg,变异系数均在40.8—71.9%,极大值(115.5—272kg/亩)与极小值(18.9—56kg/亩)相差5—6倍,年极差81.5—228.5kg/亩,粮食生产低而不稳。作物生产力表现为,玉米最高(平均65.6—175.5kg,最高亩产214—365.5kg);其次为小麦(平均20.5—112.1kg,最高亩产63.3—234kg);再者为洋芋、谷子(54.2—68.5kg, 48.6—86.9kg)。以变异系数(C·V%)衡量生产力稳定程度,小麦和谷子较高(40%左右);其次为洋芋和玉米(50%以上)。见表1,各地间不尽一致。

(2) 现状。由于现代化水平装备的提高和生产环境的改善,相对解放初,生产水平各地均有提高。1985年粮食亩产53—198kg,比1949年提高了0.6—4.9倍,其中:小麦36—234kg,比1949年提高0.1—3.5倍(离石县亩产35kg,比1949年减产,特例外);玉米106—299kg,比1949年提高1.1—8.2倍;谷子54—137kg,比1949年提高了0.1—2.8倍;洋芋78.5—133kg,比1949年提高了0.1—1.5倍。由此可以看出,玉米和小麦的增产幅度较大(表1),谷子和洋芋增产较小。

在作物组合上,目前乾县、定西和固原以夏粮为主,主要种植冬小麦和春小麦(占粮作42.4—68.6%),其次有玉米和谷子和薯类;米脂、安塞、河曲、离石等县以秋粮为主,主要种植谷子、洋芋、糜子和玉米等作物,小麦较少仅占粮作1.0—21.4%(表2)。据统计,黄土高原地区287个县份,夏秋比重几乎各半(全地区夏粮面积7447.3万亩,占粮作49.1%,秋粮7726.2万亩,占粮作50.9%)。

表2 1985年各县作物结构 (单位:万亩,%)

县 名	粮作面积 (万亩)	其 中		作 物 类 别						备 注
		夏粮%	秋粮%	小麦%	玉米%	谷子%	糜子%	洋芋%		
固 原 定 西 乾 县	127.12	64.0	36.0	50.0	0.1	3.9	9.4	7.4	以夏 为主	
	137.52	67.3	32.7	42.4	0.1	6.8	3.2	11.3		
	91.50	73.4	26.6	68.6	22.8	1.6	0.3	0.1		
米 脂 安 塞 河 曲 离 石	43.00	1.9	98.1	1.0	7.3	31.2	3.3	31.2	以秋 为主	
	41.60	22.2	77.8	21.4	10.3	31.0	9.4	6.7		
	31.76	8.2	91.8	2.1	3.2	9.4	30.0	18.6		
	22.67	10.3	89.7	8.8	9.9	22.8	—	21.5		

## 二、作物生产潜力的估算

(一) 气候因素的作物最大生产潜力 ( $Y_{mp}$ )。气候因素的生产力计算有光合生产潜力、光热潜力和光热水潜力 (气候潜力) 等不同层次<sup>[4]</sup>。按照太阳辐射估算的光合生产潜力预示着农业的广阔前景, 有较深远的理论意义。现阶段在光合作用的量子效应和有效辐射较为固定, 作物呼吸消耗较大而吸收能力较小情况下, 如作物配置适宜群体, 并使水肥等条件相适宜, 所展示出来的作物最大生产潜力——“热潜力”, 却具有一定的现实生产价值<sup>[5]</sup>。在此, 我们选用来华讲学的范·费尔图依森 (H·T·Van Velthuis) 介绍的FAO粮农组织采用的作物最大生产力测算法<sup>[6][7]</sup>, 对各试点县主要作物进行估算。

$Y_{mp}$ 的计算最早由德威特 (De·Wit 1965) 提出。该法是指作物在某一地区具体气候条件下, 假定作物的水肥和盐渍化、病虫害等不影响作物生长和产量潜势建立的。它是以作物生育期的平均气温、光照时间及热辐射为基础, 参考作物生长特点 (如收获指数、叶面积系数、干物质生产速率等), 因而又称为作物生产的“热潜势”。

1.  $Y_{mp}$ 的计算法。当  $Y_m \geq 20 \text{ kg/ha} \cdot \text{h}$ ,

$$Y_{mp} = CL \cdot CN \cdot CH \cdot G [F (0.8 + 0.01 Y_m) Y_o + (1 - F) (0.5 + 0.025 Y_m) Y_c] (\text{kg/ha}),$$

当  $Y_m < 20 \text{ kg/ha} \cdot \text{h}$ ,

$$Y_{mp} = CL \cdot CN \cdot CH \cdot G [F (0.5 + 0.025 Y_m) Y_o + (1 - F) (0.05 Y_m) Y_c] (\text{kg/ha}).$$

式中:  $Y_m$ ——作物干物质生产速率 ( $\text{kg/ha} \cdot \text{h}$ ), 由实验测得 (可查表);

$CL$ ——叶面积修正系数 (由叶面积系数查表换算);

$CN$ ——净干物质生产量的校正系数 (查表);

$CH$ ——收获指数对干物质的校正系数;

$G$ ——作物生育期的生长天数 (天);

$F$ ——云量覆盖度 (%) [ $F = (R_{se} - 0.5 R_g) / 0.8 R_{se}$ ]

$Y_o$ ——一定地点, 作物全阴天时总干物质生产量 ( $\text{kg/ha} \cdot \text{天}$ ), 查表;

$Y_c$ ——一定地点, 作物全晴天时总干物质生产量 ( $\text{kg/ha} \cdot \text{天}$ ), 查表;

$R_{se}$ ——晴天最大有效射入短波辐射 ( $\text{卡}/\text{cm}^2 \cdot \text{天}$ ), 查表;

$R_g$ ——全生育期平均射入短波辐射 ( $\text{卡}/\text{cm}^2 \cdot \text{天}$ ), 计算  $R_g = (a + b_n/N) R_a \times 59$ ;

其中  $a, b$ ——大气透明度相关系数, 一般用 0.25, 0.45,  $n/N$ ——日照百分率。  $N$ ——可能日照时数 (小时/天, 查表),  $n$ ——实际日照时数 (小时/天)。

$R_a$ ——碧空时的太阳辐射, 用水的  $\text{mm}$  数表示 ( $\text{mm/天}$ ,  $1 \text{ mm}$  蒸发量  $\approx 59 \text{ 卡/cm}$ ), 查表。

2. 计算实例。以定西县为例, 气象资料取 1958—1980 年平均值, 估算春小麦的最大生产潜力  $Y_{mp}$ 。

已知该县处北纬度  $35^\circ 38'$  (区划资料, 县站), 春小麦总生长期  $G = 120$  天 (4 月上旬到 9 月上旬), 叶面积系数 ( $LAI$ ) 为 6, 收获指数 ( $CH$ ) 为 0.40, 生育期平均

气温  $T = 14.7^{\circ}\text{C}$ 。查表计算知：

$$Y_m = 20\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{h}。$$

$$R_{se} = (4 - 8 \text{ 月的 } R_{se} \text{ 之和}) \div 5 = 395 \text{ 卡}/\text{cm}^2 \cdot \text{天}$$

$$Y_o = (4 - 8 \text{ 月的 } Y_o \text{ 之和}) \div 5 = 249\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{天}$$

$$Y_c = (4 - 8 \text{ 月的 } Y_c \text{ 之和}) \div 5 = 467.2\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{天}$$

$$R_g = (0.25 + 0.45n/N) R_a \cdot 59 = 467.9 \text{ 卡}/\text{cm}^2 \cdot \text{天}$$

$$F = (R_{se} - 0.5R_g) / 0.8 \times R_{se} = 0.43$$

又知：LAI = 6 查表知：CL = 0.5

$$T = 14.7^{\circ}\text{C} \text{ 查表知：} CN = 0.6$$

因为： $Y_m = 20\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{h}$

所以： $Y_{mp} = CL \cdot CN \cdot CH \cdot G [F (0.8 + 0.01Y_m) Y_o + (1 - F)$

$$(0.5 + 0.025Y_m) Y_c]$$

$$= 0.5 \times 0.6 \times 0.4 \times 120 [0.43 (0.8 + 0.01 \times 20)$$

$$\times 249 + (1 - 0.43) (0.5 + 0.025 \times 20) \times 467.2]$$

$$= 5376.6 \text{ (kg}/\text{ha}) = 358.5\text{kg}/\text{亩}$$

对越冬类作物如冬小麦的估算，须分冬前（播种—停止生长）和冬后（返青—成熟）两个阶段进行，然后将两阶段结果相加，可得全生育期的总最大生产潜力（略）。

**3. 各试点县作物  $Y_{mp}$  的计算结果。** 7 县的 5 种主要作物计算结果如表 3。须说明的是，各县的参数值只是根据县气象站的多年平均值，参考一般年份进行的，较为粗略。个别地域和年份的实际计算可能接近这一结果。由  $Y_{mp}$  可推算出各作物的 E%（光能利用率）及耗水系数（kg/mm）。

从表 3 可知，春小麦的  $Y_{mp}$  为 333—384 kg，E% 为 1.18—1.73%，耗水系数为 0.75—0.85 kg/mm；冬小麦的  $Y_{mp}$  为 324—406 kg，E% 为 1.29—1.66%，耗水系数为 0.66—0.76 kg/mm；玉米的  $Y_{mp}$  为 489—772 kg/亩，E% 为 2.1—3.69，耗水系数 0.91—1.58 kg/mm；谷子的  $Y_{mp}$  为 515—664 kg/亩，E% 为 2.41—3.34，耗水系数 1.13—1.48 kg/mm；洋芋  $Y_{mp}$  为 457—615 kg/亩，E% 为 1.34—1.67%，耗水系数 1.08—1.26 kg/mm。从  $Y_{mp}$  比较分析，玉米最高，其次为谷子、糜子、洋芋，小麦较低，E% 和耗水系数也有同样现象。这是由作物的生物特性所决定的。玉米和谷糜属喜温性  $C_4$  植物， $Y_m$  较高，洋芋为块茎类植物，经济系数 CH 较大（0.65 左右），而小麦属耐寒性  $C_3$  植物， $Y_m$  较小。据资料， $C_4$  栽培植物水分利用比  $C_3$  常高 2 倍多，且具有较高的生长率。

**4. 实际作物生产力与  $Y_{mp}$  关系。** 据 1949—1985 年各县作物平均产量 ( $\bar{X}$ ) 和最高产量 (max) 与  $Y_{mp}$  的关系 (表 4) 看，小麦  $\bar{X}$  为 19.9—112 kg/亩，为  $Y_{mp}$  的 6.0—31.3%，max 为 41—234 kg/亩，为  $Y_{mp}$  的 12.8—84.0%；玉米  $\bar{X}$  为 100—168 kg/亩，max 为 115—365 斤/亩，分别为  $Y_{mp}$  的 14.0—24.7%，23.5—57.4%；谷子  $\bar{X}$  为 36—82 kg/亩，max 为 57—137 kg/亩，分别为  $Y_{mp}$  的 6.7—14.3%，10.2—23.8%。这说明，现实生产力距  $Y_{mp}$  还相差较远，生产潜力开发还很大。

## (二) 限制 $Y_{mp}$ 的因素分析

表 3 各县主要作物的 Ymp 与 E%，耗水系数  
(单位: Ymp—kg/亩; 耗水系数—kg/mm降水)

县名	年降水量 (mm)	年均气温 (℃)	小 麦			玉 米			谷 子			洋 芋			糜 子		
			Ymp	E%	耗水 系数	Ymp	E%	耗水 系数	Ymp	E%	耗水 系数	Ymp	E%	耗水 系数	Ymp	E%	耗水 系数
固原	418.2	6.2	384*	1.18	0.80	489	2.1	1.02	538	2.41	1.12	576	1.34	1.20	590	3.01	1.23
定西	425.1	6.3	358*	1.73	0.84	490	2.54	1.15	515	2.38	1.21	457	1.51	1.07	—	—	—
离石	490.6	8.8	324	1.33	0.66	772	3.52	1.57	575	3.09	1.17	615	1.67	1.25	—	—	—
河曲	447.5	8.8	333*	1.39	0.74	683	3.52	1.52	646	2.87	1.45	490	1.39	1.09	657	3.01	1.47
米脂	450.6	8.8	325	1.29	0.72	636	2.56	1.41	664	3.34	1.47	485	1.46	1.08	—	—	—
安塞	492.5	8.8	350	1.66	0.71	717	3.26	1.45	614	3.34	1.25	—	—	—	—	—	—
乾县	537.9	12.7	406	1.54	0.75	488	3.69	0.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注:  $E\% = \frac{WQ}{\Sigma Q} = \frac{500 \times 4.25 Ymp \times 100}{\Sigma Q \times 666.7 \times 10^4 \times CH}$  ( $\Sigma Q$  为生育期的生理辐射); 洋芋为 5 kg 鲜重折 1 kg 粮;

\* 为春小麦; 作物系数 CH 为统一值(洋芋 0.65, 其它 0.4)

表 4 各县主要作物实际产量( $\bar{X}$ 、max)与 Ymp 利用率

县 名	类 别	小 麦		玉 米		谷 子		洋 芋	
		产 量 (kg/亩)	Ymp (%)	产 量 (kg/亩)	Ymp (%)	产 量 (kg/亩)	Ymp (%)	产 量 (kg/亩)	Ymp (%)
固 原	平均 产量 ( $\bar{X}$ )	39.4	10.3	—	—	35.8	6.65	83.4	14.5
定 西		56.8	15.8	75.9	15.5	69.9	13.50	80.4	17.6
离 石		45	13.9	161	20.8	82	14.30	—	—
河 曲		62.5	22.4	168.5	24.7	—	—	—	—
米 脂		19.7	6.0	144	22.6	47	7.10	54.5	11.5
安 塞		31.8	10.2	100.3	14.0	59	9.60	68.5	—
乾 县		112.1	27.6	121	24.8	58.7	—	—	—
固 原	最高 产量 max	65	16.9	—	—	55.0	10.2	194	33.7
定 西		109	30.4	115.5	23.5	92	17.8	104	22.8
离 石		82	25.3	298	38.6	137	23.8	—	—
河 曲		234	70.2	319	41.7	—	—	—	—
米 脂		41.5	12.8	365.5	57.4	114	17.2	114.5	24.2
安 塞		63.5	20.4	271	37.8	113.5	18.5	94.5	—
乾 县		204.5	50.3	274.5	56.3	110.5	—	—	—

1. 作物光合生产潜力 (Y光合) 与 Ym 关系。作物光合生产潜力研究较早, 资料甚多<sup>[1]</sup>。黄秉维采用 Y 光合 0.5kg/亩 = 0.124 × 太阳辐射 (卡/cm<sup>2</sup>); 侯光良等采用 Y 光合 0.5kg/亩 = 0.252  $\Sigma Q \times 0.83 Li / Lo$  ( $\Sigma Q$  为太阳辐射总量, Li、Lo 为实际叶面积系数与最大叶面积系数), 计算全国各地粮食生产潜力, 并进行分区, 效果较好。一般县级区划多采用公式 Y 光合 0.5kg/亩 = 666.7 × 10<sup>4</sup> / 4.25 × 500 × C · E · Qb。式中: C—经济系数; E—光能利用率; Qb—作物生育期的太阳生理辐射 (即绿色植物的光合吸收光带 380—710mm 的部分)。

按上式计算各县作物的光合生产潜力,取E%值分别为1%、5%(表5)。E%的上限是生产上追求的重要参数。据资料<sup>[2]</sup>,黄秉维认为是6.13%,牛文元认为是5.0—5.2%,卢米斯(Loomis)认为5.3%,李明启提出达8.3%。由此以5%的Y光合与Ymp相比较,Ymp比Y光合要小得多,说明光资源不是作物Ymp的限制因素。

表5 各县作物不同E%的Y光合 (单位: kg/亩)

县 名 \ E %	1 %					
	粮 食 (8—11月)	小 麦	玉 米	谷 子	糜 子	洋 芋
固 原 县	425	162	—	226	196	429
定 西 县	368	207	—	216	—	302
离 石 县	346	243	219	186	—	368
河 曲 县	378	176	194	230	218	354
米 脂 县	365	252	249	199	—	323
安 塞 县	359	210	220	194	—	—

  

5 %						
固 原 县	2126	811	—	1129	983	2148
定 西 县	1839	1035	—	1083	—	1511
离 石 县	1729	1217	1098	969	—	1840
河 曲 县	1890	879	970	1151	1090	1769
米 脂 县	1826	1261	1244	995	—	1617
安 塞 县	1797	1049	1100	971	—	—

2. 作物的水分生产潜力(Yw)与Ymp关系。黄土高原水资源贫乏,农田水分来源主要来自自然降水。故降水生产潜力可视为水分的生产潜力,其大小和Ymp相比较,可说明水分对Ym的影响程度。

降水生产潜力计算尚无成熟经验,范·费尔图依森介绍的德威特(De Wit, 1965)公式考虑较为周全,虽属经验却有一定实用价值,为大多学者采用<sup>[8]</sup>。此式以英国学者彭曼(H·L·Penman)的潜在蒸散量计算公式为基础,按照作物生育期阶段需水量和降水季节分布吻合程度,确定作物各阶段需水满足率,计算出因水分亏缺限制实现作物产量的水平。据资料<sup>[6]</sup>,小麦的Yw仅为Ymp的30—60%,最高仅80%左右;玉米的Yw为Ymp的30—65%;谷子Yw为Ymp的35—60%,洋芋的Yw为Ymp的45—85%(表6)。这说明,水分使Ymp降低了一定程度,水分是限制Ymp实现的重要因素之一。

3. 生产典型与Ymp的关系。据我们野外考察和资料说明,黄土高原的作物高产典型很多。总的分析,粮食作物生产力表现为水地大于旱地,川地大于塬地,塬地大于坡地。如米脂县历年川水地粮食亩产350kg,川旱地250kg,旱梯田100kg,旱坡地仅40kg<sup>[9]</sup>。

各作物的高产典型选例如下:

**小麦。**一是春小麦。1978年固原县川水地200亩“墨卡,”亩产300kg,其中5.89亩达430kg,1.9亩达468kg,1980年该县西郊乡水地小麦最高为600kg(E%=2.8),

定西县大坪乡1980年春小麦亩产176.4kg, 对 $Y_{mp}$ 利用达89.7%。二是冬小麦。安塞县附近的延安市枣园乡1974年水地1.63亩, 亩产525.5kg ( $E\% = 3.08\%$ ); 清涧县1982年9亩坡地, 亩产161kg; 乾县1979年薛禄乡亩产324kg, 该县南部川水地小麦“7852”大面积丰产田, 亩产400kg。

表 6

黄土高原主要作物“降水生产潜力”(Yw)

(单位: kg/亩)

县 名	小 麦			玉 米			谷 子			洋 芋		
	Yw	Ymp %	耗水系数	Yw	Ymp %	耗水系数	Yw	Ymp %	耗水系数	Yw	Ymp %	耗水系数
固原	129*	28.8	0.92	288	58.9	0.41	162	34.5	0.73	406	61.4	0.29
定西	159*	32.0	0.69	215	41.0	0.51	220	51.0	0.80	324	45.0	0.34
府谷	170	29.1	0.67	249	40.7	0.43	275	42.1	0.54	471	71.5	0.25
绥德	283	51.2	0.45	305	47.3	0.44	300	55.2	0.42	541	84.0	0.25
延安	311	58.6	0.45	408	66.5	0.34	345	60.4	0.40	448	67.5	0.31
淳化	445	80.8	0.34	436	65.6	0.35	—	—	—	—	—	—
澄城	307	58.0	0.46	202	30.2	0.70	—	—	—	—	—	—

\* 为春小麦, 其余为冬小麦。

**玉米。**延安市临镇乡1977年川水地春玉米2.9亩, 亩产822kg ( $E\% = 5.41\%$ ); 固原县赵磨1978年120亩, 亩产435kg; 安塞县1988年茶坊试验, 最高亩产550kg; 乾县南部川水地“中单2号”夏玉米大面积高产, 可达400kg, 1979年薛禄乡平均亩产314kg。近年推广的地膜玉米技术, 高产典型更多; 山西广灵县覆膜玉米0.67万亩, 亩产622kg, 比对照高44.5%。

**谷子。**1988年安塞茶坊试验川地亩产250kg, 米脂泉家沟试验为308kg; 延安市李渠乡1980年春谷子40亩, 亩产400kg ( $E\% = 2.6\%$ ); 米脂县李家峙15亩梯田“汾引1号”谷子, 亩产382kg, 1983年该县镇子湾水地“银谷2号”237亩, 亩产325kg, 其中100.4亩为393kg。1977—1980年; 离石县袁家岭村旱地谷子1209亩, 亩产294kg ( $E\% = 2.02\%$ )。

**洋芋。**1988年河曲县沙萍试验, “东北白”, 亩产400kg; 离石县王家沟梯田试验亩产223kg; 米脂县1981年“东北白”和“沙杂15号”13.52万亩, 亩产159kg, 印斗乡有3亩亩产450kg; 定西县大坪村1980年亩产198kg, 达 $Y_{mp}$ 的55%; 固原县1980年调查鸦儿沟亩产165kg。

**糜子。**固原县鸦儿沟1983年山地糜子亩产200kg; 河曲县1988年沙萍试验田亩产245kg。

大量典型说明, 高产田块可以达到 $Y_{mp}$ 的水平。个别年份和田块, 已超出一般年份的估算值, 说明 $Y_{mp}$ 在生产中具有一定实用性。

### 三、提高作物生产力基本途径的初步分析

事实证明, 黄土高原地区粮田作物生产力的限制因素关键是水<sup>[6][8]</sup>。水浇地作物生



产力明显高于旱地。提高作物生产力,应在扩大灌溉面积、节水灌溉的同时,重点抓旱地农业,这是一条战略途径。

降水是旱地农业的主要水源,水分利用率(WUE)与作物生产力紧密相关。提高WUE,应当是旱地作物生产的中心。根据生态学的系统原则,土壤—植物—大气循环(SPAC)中各因素对水分的转换效率都有关系。因此,生产上应当从降水充分入渗土壤、土壤保持水分、作物利用土壤水分等各个环节入手,根据生产实践,WUE和作物生产力的提高,应从以下方面努力:

**1. 建设高标准的基本农田。**特别是丘陵缓坡和残塬区的水平梯田、坝地、淤地、条田的建设。绥德韭园沟1954年7月5日特大暴雨测定,梯田比坡地减少水土冲刷量:水平梯田98.5%,隔坡梯田50%,坡式梯田24.6%。米脂、离石和定西等等大抓基本农田建设,取得粮食生产连年丰收。梯田修筑一般有人修和机修,离石近年推广机修梯田效益很好。

**2. 狠抓以储水保墒为中心的耕作措施。**在旱坡地和风沙耕地上,可推广少耕法、免耕法和深松耕等水土保持耕作法,配合秋耕纳雨和春季播种碾打耙耱,使自然降水能充分存入“土壤水库”。据研究<sup>[8]</sup>,1米厚的黄土层可蓄水200—300mm,2米土层可全部蓄300—600mm降水。通过耕作等措施配合,可协调降水分配季节与作物生长发育季节不吻合的问题,同时改善土壤的物理特性,使之有利于作物生长。

**3. 增加肥料、地膜、农药等物资投入。**培肥地力,以肥调水。米脂、固原等多个旱农试点证明,肥是旱地作物生产力提高的关键。据米脂、定西、河曲和离石等县粮食产量与化肥投入相关分析(1971—1980年),相关系数0.6277—0.7936,达到显著和极显著水平。固原点试验,旱平地亩施纯化肥量6kg,小麦增产195kg(比对照高52.1%),相当1kg尿素或3kg磷肥增产4kg小麦。定西农科所调查,500kg土粪(有机质2.67%)当年可增产3.6kg粮食;化肥亩施量8.5kg,1kg有效养分可增产粮食7.7kg。根据试验,氮肥(N)、磷肥(P)和土肥配合增产效果更佳。N10P10土粪(2500kg)比对照增产141.5%;N10P10增产138.6%;N20和P20分别比对照增产86.0%和29.8%。

**4. 选育和推广高产、稳产和优质作物品种。**这对提高作物干物质生产率( $Y_m$ )、叶面积系数(CL)、收获指数(CH)等与 $Y_{mp}$ 相关因素有重要意义,是提高作物生产力的传统方法之一。如定西县1949—1984年连续4次小麦品种更新(每次8年左右周期),每次增产小麦占总产10—20%,目前抗旱的优良品种“定西24\*”种植达30万亩以上;固原地区春小麦1949年仅有老芒麦和红芒麦,五十到七十年代水地扩大,推广“碧玛1\*”和“墨卡”、“劲麦1\*”等品种,水地亩产达150—200kg,旱地50—100kg,目前推广的“宁春2\*”和引进“定西24\*”、“晋2454”等,使水地达到200—250kg,旱地100多kg;1985年固原县良种51.3万亩,良种化84.2%。目前一些地区品种混杂,盲目引种和感病扩散严重。如固原地区1万亩以上品种126个,每县达50—60个;个别地块种植5—6个品种。

**5. 合理作物布局,使不同耕地上优势作物得以发挥。**这是一项投资少,省工的增产措施。近年各级政府进行种植业区划和结构调整,各地已取得初步效果。据固原三年

试验,川台地作物亩产为糜子大于谷子,谷子大于小麦;山坡地小麦大于谷子,谷子大于糜子。山仑等提出该县农田种植制度改革方案,夏秋比为6:4,豆类占粮田 $1/5-1/4$ 。川水地以小麦为主,旱平地以粮豆作物为主;旱坡地以种草为主,其次粮食。近年实践效果很好。陕北杏子河流域调查(表7),川台地、梯田、山坡地作物生产水平相差较大,据此提出增加“水平沟一炮轰”种植小麦面积,坡地增加豆类、谷子面积,稳定川地玉米的增产方案,取得较好效果。

6. 建立作物栽培的最佳农艺措施体系,如作物种植方式、作物播期、播量播深等水肥和植保等方面的管理。单项因子研究已积累了一些资料,如何将各种措施综合起来,达到作物各时期最佳需求,还须进行深入分析。以延安为起源的“两法”(坡地水平

表7 杏子河流域各种作物生产水平(1982测产量) (单位: kg/亩)

耕 地 \ 作 物	玉 米	谷 子	糜 子	洋 芋	大 豆	小 麦
川 台 地	253.2	214.9	141.6	205.9	117.9	—
梯 田	132.8	138.9	78.5	143.0	103.9	—
山 坡 地	54.5	49.4	37.6	105.1	31.4	28.5

沟、平地垄沟)种植方式,近年在宁甘晋陕等地推广效果良好。据杏子河调查,沟垄玉米亩产243.25—312.3kg,比一般种植高34.6—83.6%;沟垄谷子亩产92.5—151.8kg,比一般种植高35.3—59.5%。又如渭北塬区冬小麦试验,播期对小麦产量影响表现在穗数增加上,适播期(14/9)比迟播(30/9, 10/10)的春季分蘖分别高出30.4%和57.4%,亩穗数达29.8万,比迟播期多成株5.8—9.8万株。

作物生产力提高,是一个包括技术与社会经济在内的综合性问题。各地各作物应采取何种主要措施,提高作物生产力采取什么新技术方法等问题,还待继续研究。

### 参 考 文 献

- [1] 中国农林科学院情报所:“农业现代化研究”(初稿),1978。
- [2] 邓云根等:“我国光温资源与气候生产潜力”,《自然资源》1980(4)第11—16页。
- [3] 侯光良等:“我国气候生产潜力及其分区”,《自然资源》1985(8)第52—59页。
- [4] 胡恒觉等:“提高我省旱地农业水资源利用效率的探讨”,《甘肃农业科技》1983(7)第2—7页。
- [5] 王立祥:“西北黄土高原农田降水生产潜势及开发的研究”,《西北农学院学报》1982(2)第37—50页。
- [6] 联合国粮农组织(FAO):《土地资源利用讲义》,陕西省农林科学院印,1981。
- [7] 韩思明:“如何估算作物最大生产潜力及不同供水条件下的作物产量”,《中国耕作制度研究通讯》1981(8)第7—32页。
- [8] 侯中田:《旱地农业》,黑龙江科学技术出版社,1984年,第49—66页和第233—238页。
- [9] 朱象山:“黄土丘陵区土地利用模式及其效益”,《陕西农业科学》1984(1)第1—7页。

## Preliminary Analysis to Productivity and Realization Approaches of Main Grain Crops on Loess Plateau

Huang Zhanbin    Zhang Ximei

### Abstract

The paper statistically analysed the productivity of five species main grain crops at seven counties in the different type regions, the loess plateau. Varied corn's maximum potential productivity (Ymp) was calculated by agriculture ecology way, which is recommend by FAO. Based on the investigation and compared analysis, the main factor of limiting Ymp and the approach of realizing Ymp were given out. These are the scientific reasons for increasing crop productivity.

### 新 刊 信 息

中国科学技术期刊编辑学会主办的《编辑学报》已经正式出版。

《编辑学报》是有关编辑学的综合性学术期刊,报道国内外有关编辑学,主要是科技期刊编辑理论研究成果,交流编辑实践经验,为培养编辑人才,提高期刊质量,促进科技交流服务。本刊设有理论研究、专题报告、编辑工程、期刊管理、出版知识、科技文章写作、海外信息、书刊评价等。

读者对象,主要是科技编辑人员,撰写各类科技文章的科技人员,大专院校编辑专业师生等。

《编辑学报》为季刊,国内定价每本2.00元,全年4期,共计8.00元,本会团体和个人会员9折优惠。订阅者请邮局汇款至“100081,北京海淀区学院南路36号716室中国科学技术期刊编辑学会发行组”。