

绥米地区降水资源评价

Ⅱ——绥米地区主要农作物利用降水资源状况评价

蒋定生 黄国俊 帅启富 田虎旗 刘梅梅

(中国科学院西北水土保持研究所)

目前, 绥米地区种植的粮食作物不下20种。在播种面积的结构上, 增加那些对光、温、水农业气候资源利用率较高的作物比重, 对于夺取农业稳产高产有着十分重要的战略意义。当前, 在评价农作物时, 普遍采用的方法是根据产量指标、单位面积上出产的饲料单位、可消化蛋白、纯收入或者是每毫米水所生产的粮食多少等。然而这种评价方法, 没有完全清晰地反映作物的生产力, 因为这里没有考虑作物生育期的长短, 以及作物在形成产量过程中对降水资源的消耗。考虑到本区光照充足, 热量资源比较丰富, 但是90%左右的农田分布在山地上, 没有灌溉条件, 水分全靠天然降水补充。因此, 形成产量有十分重要作用的因子乃是作物对降水资源的利用水平。

苏联П.И.卡拉斯柯夫根据作物生育期的长短, 将农作物分为下列几种类型: 85天以内者属超早熟(或叫短日月)型作物; 85—115天者属早熟作物; 115—145天者为中熟作物; 145—175天者为晚熟作物; 超过175天者为特晚熟作物。

根据这一标准, 绥德、米脂地区当前所栽培的主要农作物中, 糜子属超早熟作物, 马铃薯(洋芋)、谷子、玉米、高粱、大豆属中熟和晚熟作物; 小麦和苜蓿属特晚熟作物(表1)。

表1 绥米地区主要农作物生育期及其对降水资源的利用状况(多年平均统计)

作物	多年平均降水量 (毫米)	全生育期水分补充				生育期内作物很少或未能利用的水量 (毫米)				作物利用降水资源指数 (%)
		生育期天数 (日)	生育期内可利用水量(毫米)			≤5毫米无 效水量	径流及深 层渗漏	收割后 0-50厘米土 层内储水量	累 计	
			天然降 水	0-50厘米土 层前底墒	累 计					
小麦	448.4	294	215.0	30.9	245.9	77.4	7.0	26.6	111.0	30
玉米		141	318.3	25.3	343.6	44.0	44.5	30.9	119.4	50
高粱		153	356.9	25.3	382.2	45.3	48.5	32.5	126.3	57
谷子		133	350.3	24.1	374.4	42.9	49.1	32.5	124.5	56
糜子		85	276.0	26.6	302.6	31.1	42.6	32.5	106.2	44
马铃薯		123	335.0	24.6	359.6	40.4	47.1	28.8	116.3	54
大豆		169	378.2	22.2	400.4	49.9	50.0	32.5	132.4	60
苜蓿		204	422.3	27.7	450.0	57.4	50.0	28.8	136.2	70

表中作物利用降水资源指数, 系

$$K = \frac{m_4 - m_5}{m} \times 100\% \quad (1)$$

式中: m —多年平均降水量(毫米);
 m_4 —作物全生育期内可利用的水量(毫米);
 m_5 —生育期内作物很少或者未能利用的水量(毫米)。

根据水量平衡原理, 作物实际耗水量 $m_4 - m_5$ 可依下式计算

$$m_4 - m_5 = R + W_1 - d - h - W_2 \quad (2)$$

式中: R —作物全生育期内降水量(毫米);
 W_1 —播种前0—50厘米土层内水分储量(毫米);
 d —生育期内 ≤ 5 毫米无效降水总量(毫米);
 h —生育期内径流总量(毫米);
 W_2 —收获后0—50厘米土层内水分储量(毫米)。

上述各值均采用多年平均值。鉴于本区黄土土层深厚, 地面切割严重, 地下水埋藏深度大, 因而在水量平衡方程中没有考虑地下水的补给。

从表1可以看出, 本区主要农作物对降水资源的利用指数, 数苜蓿和大豆最高, 超过60%; 次为高粱、谷子、马铃薯、玉米, 在50—57%之间; 糜子虽然生育期和雨季同期, 但生长期特短, 因而对降水资源的利用指数不高, 为44%; 小麦生长期虽长, 但恰处旱季, 降水稀少, 因而对降水资源的利用指数很低, 仅及30%。

苜蓿系多年生植物, 返青早, 适生期长, 不仅对降水资源利用充分, 对光、温资源利用效率也高。这也表明, 本区如能调整土地利用结构, 合理利用土地, 扩大种草面积, 发展畜牧业, 这不仅有利于促使本区生态环境向良性循环方面转化, 也能提高光、温、水等农业气候资源的利用潜力。

为了比较各种作物的生产力, 我们将它们的产量折算成饲料单位和可消化粗蛋白质。饲料单位和可消化粗蛋白质参照苏联И.С.波波夫所著的《饲料标准和饲料表》和甘肃农大畜牧系主编的《简明畜牧辞典》中有关资料确定。表中饲料蛋白质单位的出产量依下式计算

$$y_e = 0.5 (p + 10D) y \quad (3)$$

式中: y_e —标准饲料蛋白质单位的出产量(公斤/亩);
 y —作物产量(斤/亩);
 p —在1公斤产品中饲料单位含量数;
 D —在1公斤产品中可消化粗蛋白质含量(公斤)。

计算结果列于表2。表中作物生产力指数, 系指全生育期内每1毫米降水量(包括0—50厘米土层内底墒)在单位面积上所能形成的饲料蛋白质单位的数量, 可依下式计算

$$k_y = \frac{y_e}{m_4} \quad (4)$$

由表2可以看出, 本区几种主要农作物中, 形成1公斤饲料蛋白质单位所消耗的水量以小麦最高, 达12.2毫米, 比关中地区(亩产500斤, 平均耗水400毫米左右)约高8.5倍; 苜蓿经济效益最好, 仅及1.36毫米; 其后依次为玉米、高粱、马铃薯、糜子、大豆和谷子, 介于2.37—5.61毫米之间。从作物生产力指数来看, 排在前列的亦数苜蓿、玉米、高粱、马铃薯和大豆, 小麦最低。不过, 玉米、高粱生育期较长, 需水量较多, 在生长关键期(拔节期)正值5—6月, 天然降水量少, 易受干旱威胁, 应将它们配置在水分条件有保障的川水地上种植, 方能获得较高的产量。

分析资料表明, 单位面积上的饲料蛋白质单位的产量与作物利用降水资源指数之间有比较密

表2 米脂县降水资源利用及主要农作物生产力 (多年平均资料)

作物	平均产量 (斤/亩)	每亩生产量 (公斤)			形成1公斤 饲料蛋白质 单位所消耗 的水量 (毫米)	作物生产 力指数 (公斤/亩) (毫米)
		饲料 单位	可 消化 粗 蛋 白 质	饲料 蛋 白 质 单 位		
小麦	36.3	21.6	1.87	20.15	12.20	0.08
玉米	475.0	325.4	16.63	245.81	2.37	0.42
高粱	283.0	179.7	11.04	145.04	2.64	0.38
谷子	126.5	78.0	5.87	66.73	5.61	0.18
糜子	122.3	58.7	4.46	51.67	4.91	0.17
马铃薯	702.5	126.1	5.27	87.60	4.11	0.24
大豆	72.0	52.6	10.73	79.92	5.01	0.20
苜蓿(鲜草)	2,500	212.5	45.0	331.25	1.36	0.74

* 考虑种植在水地, 灌水240毫米。

切的关系。其关系式可写为

$$y_e = 604.35k^{2.8}, r = 0.8 \quad (5)$$

这就表明, 利用降水资源指数最高的作物, 其饲料蛋白质单位的产量也高, 经济效益也好。

应特别指出, 单位面积上的饲料蛋白质的单位产量与土壤的肥力水平、耕作栽培技术有密切关系。近几年, 由于农村实行生产责任制, 承包到户, 施肥多, 耕作精细, 作物产量大幅度提高, 因而作物生产力指数显著高于往年(表3)。大豆与马铃薯约提高1倍; 玉米、高粱、谷子和小麦均增加20—60%。这也表明, 在其它农业技术措施的配合下, 提高本区降水资源的利用率尚有很大的潜力。

综上所述, 可以得出下列几点结论:

1、从作物利用降水资源指数的大小来看, 适宜在本区山地上种植的作物其先后次序是: 苜

表3. 1977—1982年米脂县降水资源利用及主要农作物的生产力

作物	平均产量 (斤/亩)	生育期内可利 用水资源量 (毫米)	每亩出产量 (公斤)			形成1公斤饲 料蛋白质单位 所消耗的水量 (毫米)	作物生产 力指数 (公斤/亩) (毫米)
			饲料单位	可消化粗 蛋 白 质	饲料蛋白 质 单 位		
小麦	52.9	230.0	31.5	2.72	29.36	7.83	0.13
玉米	661.7	662.4	453.3	23.16	342.43	1.93	0.52
高粱	393.0	435.5	249.6	15.33	201.41	2.16	0.46
谷子	191.0	422.7	117.5	8.40	100.75	4.20	0.24
糜子	146.6	334.6	70.4	5.35	61.94	5.40	0.19
马铃薯	1,422.0	429.2	248.9	10.65	177.75	2.41	0.42
大豆	143.7	452.8	104.9	21.41	159.51	2.84	0.35
苜蓿(鲜草)	2,500.0	465.9	212.5	45.00	331.25	1.41	0.71

苜蓿、大豆、高粱、谷子、马铃薯、玉米、糜子和小麦。

苜蓿利用降水资源指数高达70%，其生产力指数为0.74公斤/亩/毫米。它不但 是 很 好 的 饲料，而且对改良土壤结构，提高土壤肥力也有很大的作用。最近，胡耀邦总书记号召黄土高原要大力种草种树，兴牧促农，各地在配置农作物时，应优先计划苜蓿或其它牧草的种植。

2、本区多年平均径流量在50毫米左右，约占多年平均降水量的10%。假若在坡面上做好水土保持工程，譬如修梯田、整地、造林种草、采用沟垄种植等，就地拦蓄径流，蓄水于土壤水库之中，可以适当提高利用降水资源指数的比重。

3、根据作物生育期的长短及其对降水资源的利用状况来合理配置农作物，便有可能显著提高土地利用的强度。譬如，在川水地上采取冬小麦—糜子，夏洋芋—白菜等轮作制度，或者玉米与谷子，高粱与大豆等间套措施，均可提高作物利用降水资源和光、温资源的潜力。

Ⅲ——参考作物蒸腾蒸发量与降水量的综合分析

一、基本方法

作物需水量是降水资源潜力分析中的一项重要内容。而作物需水量在田间难于精确测定，故多通过计算方法来解决。标准蒸腾蒸发量（或称参考作物蒸腾蒸发量）就是反映气候因素对作物需水量影响的一个主要指标。

根据联合国粮农组织（FAO）作物需水量小组推荐的公式，我们选用改进的彭曼法（Penman, H.L.）来计算ET₀值。虽然这个方法计算比较繁杂，但它综合了能量平衡和空气动力学的基本原理，有物理学的根据，目前普遍认为是计算结果最好的一种。

计算绥米地区标准蒸腾蒸发量ET₀所用的气象值，是绥德气象站历年记录的地面气候资料。计算公式的形式是

$$ET_0 = C [WR_n + (1 - W) f(u)(e_a - e_d)] \quad (1)$$

式中： R_n ——净幅射量（换算为蒸发量毫米/日），由温度、日照、相对湿度、风速等资料计算得到；

$f(u)$ ——离地面2米高处24小时平均风速（公里/日）的风函数；

$(e_a - e_d)$ ——在平均气温条件下饱和水汽压与实际平均水汽压之差（毫巴）；

C ——考虑白天与夜间天气影响的修正系数。根据绥米地区具体情况，可近似取 $C \approx 1$ 。

参照彭曼公式的具体计算方法，我们编制了一套计算机程序，利用 TRS—80 微型机进行了计算（结果附表从略）。然后，我们对ET₀的计算结果，进行了频率、相关和综合分析，为初步弄清本地区蒸腾蒸发量的基本规律提供了可靠的依据。

二、蒸腾蒸发量的频率分析

从ET₀的计算结果可知，该地区最大年蒸腾蒸发量（1974年）为1,479.4毫米，最小（1964年）为1,109.6毫米，相差369.8毫米。而该地区最大年降水量（1964）为747.5毫米，最小（1965年）仅255毫米，相差492.5毫米。显然绥米地区气候因素的年际变化是较大的。因此，要分析气候因素对农作物影响的基本规律，有必要将ET₀值和降水量R一起，进行旬、月、年的频率分

析。

我们按照频率分析的传统方法，同样编制了一套程序，借助于电子计算机进行了分析计算。计算结果见表1、表2和图1所示。

三、成果与讨论

绥米地区降水量和其它气候因素的变化，具有明显的一致性。由于蒸腾蒸发量ET。正是反映各气候因素对作物需水量的影响，所以我们分析了ET。与降水量R之间的关系。从多年

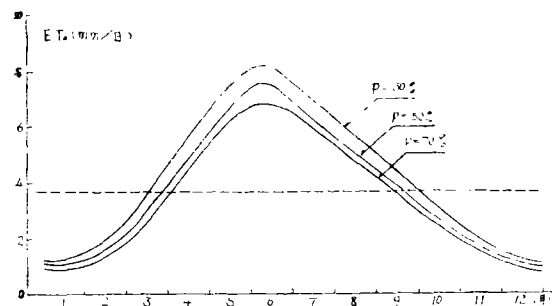


图1 绥德站ET。频率分析结果

平均情况看，ET。与R之比 $\bar{k}_y = 0.353$ ；对于旬值来说，有这样的规律：1—6月各旬的比值 \bar{k}_i 小于年比值 \bar{k}_y ，即 $\bar{k}_i < \bar{k}_y$ ；7—10月上旬 $\bar{k}_i > \bar{k}_y$ ；10月中旬—12月 $\bar{k}_i < \bar{k}_y$ 。（参见图2所示）。

表1 蒸腾蒸发量ET。及降水量R频率分析成果表

项目	频率	p = 30%	p = 50%	p = 70%	多年平均	Cv
R (毫米)		552.2	455.2	425.7	485.6	0.228
ET。(毫米)		1,428.2	1,384.7	1,353.3	1,376.4	0.059
比值K		0.387	0.329	0.315	0.353	3.86

表2 标准蒸腾蒸发量及降水量旬月频率分析成果表

		月份												
项目	内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
变差系数	上	R	1.98	1.64	1.24	1.58	1.38	1.26	0.93	0.98	0.83	1.50	1.31	1.83
		ET.	0.23	0.20	0.23	0.23	0.16	0.17	0.18	0.21	0.19	0.21	0.81	0.26
	中	R	1.66	2.63	1.33	1.22	1.13	1.07	0.93	1.01	1.20	1.02	1.72	1.96
		ET.	0.25	0.22	0.18	0.18	0.16	0.13	0.17	0.20	0.21	0.20	0.18	0.30
	下	R	1.48	1.48	1.08	1.03	1.09	0.70	0.76	0.78	1.26	1.26	1.93	2.30
		ET.	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.15	0.16	0.19	0.19	0.21	0.22	0.24
	月合计	R	1.03	1.23	0.67	0.76	0.76	0.64	0.45	0.58	0.54	0.88	0.84	1.25
		ET.	0.19	0.15	0.14	0.13	0.11	0.11	0.09	0.15	0.13	0.17	0.14	0.20
多年平均值	上	R	0.5	2.1	4.1	5.6	10.0	11.9	38.8	36.5	33.7	17.5	5.5	1.6
		ET.	1.18	1.38	2.63	4.72	6.47	7.63	5.74	5.37	3.83	3.07	2.01	1.08
	中	R	1.2	1.8	3.6	8.4	10.2	19.5	30.6	40.4	17.0	7.3	3.5	0.8
		ET.	1.08	1.84	3.30	4.99	6.78	7.35	5.75	4.75	3.82	2.70	1.65	0.98
	下	R	1.3	1.9	5.6	10.0	16.2	20.8	39.9	39.2	27.0	7.6	3.1	1.0
		ET.	1.24	2.26	4.00	5.64	7.17	6.99	5.37	4.54	3.42	2.32	1.31	0.98
	月合计	R	3.0	5.8	13.3	24.0	36.4	52.2	109.3	116.1	77.7	32.4	12.1	3.4
		ET.	36.2	52.0	103.3	153.5	211.4	219.8	174.0	151.1	110.7	83.2	49.7	31.3

同时,从我们的分析可知,年降水量 R_y 同年蒸腾蒸发量 ET_{oy} 的比值 k_y 与 R_y 之间,存在着明显的线性关系(见图3)。其相关系数 $r=0.976$,函数表达式为

$$k_y = -0.0782 + 8.97 \times 10^{-4} R_y \tag{2}$$

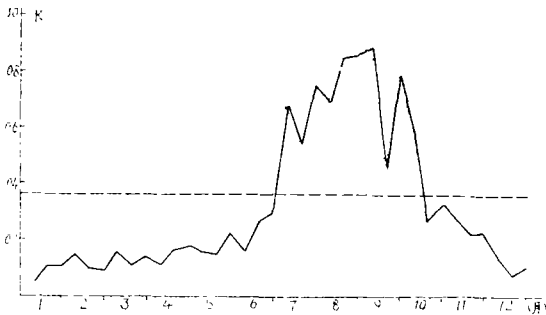


图2 绥德站各旬降水量与蒸腾蒸发量的比值 k_y 分布图

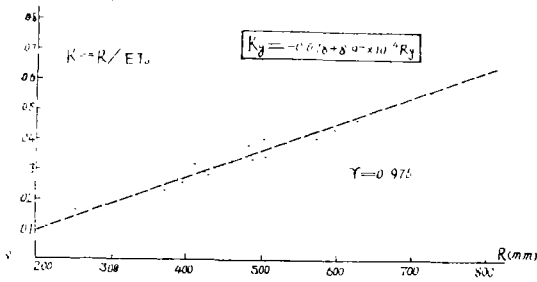


图3 绥德站年降水量与年蒸腾蒸发量的关系

$$\text{或 } ET_{oy} = \frac{R_y}{-0.078 + 8.97 \times 10^{-4} R_y} \tag{3}$$

这里 k_y 为年降水量与年蒸腾蒸发量之比,即 $k_y = R_y/ET_{oy}$ 。 R_y 及 ET_{oy} 的单位均为毫米。

此外,我们还将季节蒸腾蒸发量同季节气候因素进行了对照分析(季节的划分仍按气象部门普遍采用的大致天文因素法),其分析结果见表3。

绥米地区的降水量年际年内分布不均。少雨年的冬季三个月几乎为零,这对越冬作物的生长极为不利;而夏季却是该地区降水相对稳定的阶段,这期间作物蒸腾蒸发量较大、光热资源丰富(参见表2和表3),正是秋收作物生长的黄金季节,应当充分利用。

表3 标准蒸腾蒸发量同气候值的季节分析表

项 目	季 节	春	夏	秋	冬	全 年
	内 容	(3—5)	(6—8)	(9—11)	(12—2)	
季 值	降水量(毫米)	73.6	277.6	122.1	12.1	485.6
	总幅射量(卡/cm ²)	38.51	45.07	27.62	21.29	132.49
	实际日照(小时)	689.2	744.8	598.9	582.3	2,615.2
	蒸腾蒸发量 ET_o (毫米)	468.2	544.9	243.6	119.5	1,376.4
占 全 年 (%)	降水量	15.2	57.2	25.1	2.5	100
	总幅射量	29.1	34.0	20.8	16.1	100
	实际日照	26.4	28.5	22.9	22.3	100
	蒸腾蒸发量 ET_o	34.0	39.6	17.7	8.7	100
比值	$K_s = R_s/ET_{os}$	0.157	0.510	0.501	0.106	0.353

四、结 语

通过对 ET_o 的计算和分析,我们初步认识了绥米地区标准蒸腾蒸发量的年际年内分布规律,并且得出了年降水量与年蒸腾蒸发量之间的函数相关关系(式2或式3)。

绥米地区的降水强度和降水变率都不算很大,降水资源的利用价值是较高的。但是,本地位

黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究

Ⅲ——关于侵蚀性降雨的标准问题

王 万 忠

(中国科学院西北水土保持研究所)

提 要

本文应用频率分析的方法,通过对这一地区坡面土壤侵蚀资料的统计计算,求得了黄土地区侵蚀性降雨的基本标准、一般雨量标准、瞬时雨率标准和暴雨标准,给出了这些标准的有关值和计算方法。

侵蚀性降雨是指能够引起土壤侵蚀的降雨。关于侵蚀性降雨的标准问题,它不仅是降雨特性与土壤流失关系研究中的一个基本的内容,而且它对于降雨侵蚀形成条件的分析、水土保持有关效益的定量评价、水土保持工作的规范化和标准化工作以及人工降雨侵蚀模拟试验等方面都是十分有用的。本文就黄土地区侵蚀性降雨的基本雨量标准、一般雨量标准、瞬时雨率标准和暴雨标准四方面的问题进行初步的分析和讨论,并给出这一地区侵蚀性降雨的有关标准量值。

一、侵蚀性降雨的基本雨量标准

在自然界,并非所有的降雨都能引起土壤侵蚀。也就是说,侵蚀总是由位于某一个临界点以上的雨量所引起。我们把这个临界点的雨量值称为侵蚀性降雨的基本雨量标准或临界雨量标准。关于土壤侵蚀的临界雨量标准,一般可通过人工降雨试验直接测定。但是,这种测定结果往往受降雨下垫面具体条件的限制很大,不便于普遍应用;加上由于试验条件和观测精度的影响,使其所得结果有时带有一定的偶然性。这里我们试图通过对大量天然降雨侵蚀观测资料的统计分析,求得一个适宜的而又便于实际应用的标准量值。

具体方法是,先把侵蚀性降雨的每次降雨量按从大到小的顺序依次递减排列,然后用公式

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$
 求出经验频率值 P (式中 m 表示某一雨量的序列号, n 表示整个序列的总样本数)。求出 P 值后,再把各雨量及与其相应的 P 值点在频率格纸上绘出频率曲线。从曲线上查得 $P=80\%$ 时的雨量值即为侵蚀性降雨的基本雨量标准。

于黄土丘陵沟壑区,沟深坡陡,在这种地形地貌条件下,即使降水强度不大,也易造成水土流失,从而影响了降水资源的有效利用。也就是说,自然因素限制了蒸腾系数较大的作物的发展,限制了农作物产量的提高。

从我们对参考作物蒸腾蒸发量的计算分析看,本地区农作物发展方向,乃是作物系数 k_e 值较小、抗逆性强的作物种类为宜。