

渭北旱原的辐射资源

李治武 韦省民

(西北大学地理系, 西安)

关键词 辐射状况 光能资源 生产潜力

渭北旱原位于陕西省渭河以北半湿润易旱区, 地处关中平原区与陕北丘陵沟壑区的过渡地带, 地形大势为西北高东南低, 海拔400—1676m, 其中, 500—1200m 的占总面积65.78%, 主要地貌类型有黄土塬、台塬和破碎塬、土石山地、山前洪积扇以及沟壑等, 以塬和台塬为主, 地形平坦开阔; 这里气候温和, 年平均气温9—13℃, 7月平均气温21.8—25.4℃, 1月平均气温-5.0—-2.4℃, 年平均降水量525.9—641.1mm, 土层深厚, 上部黄土覆盖层数十米至百余米, 最厚达200m, 其上发育着过渡性地带性土壤, 由东南部褐土地带过渡为西北部黑垆土地带, 自然条件较优越。近年来, 随着旱作农业的再度肯定, 渭北旱原农业生产地位日显重要, 成为陕西省农业重点开发地区之一。太阳辐射是许多自然过程的能量基础, 是用之不竭的资源, 阐明渭北旱原辐射状况并分析其辐射资源, 对这里水热平衡研究、气候生产潜力估算及作物合理布局有重要参考意义。

一、辐射气候特征

总辐射 目前, 渭北旱原没有实测太阳辐射的台站, 本文应用下列两式分别计算渭北旱原干湿两个半年的月总辐射量¹⁾

$$(S+D) = (S+D)_0(0.237 + 0.760s) \quad (1)$$

$$(S+D) = (S+D)_0(0.194 + 0.833s) \quad (2)$$

式中, $(S+D)$ 是总辐射月总量, $(S+D)_0$ 是可能总辐射月总量, s 是月平均日照百分率, 式(1)是干半年(1—4月和11, 12月)的计算公式, 式(2)是湿半年(5—10月)的计算公式。利用西安、太原、侯马和银川等站实测资料对式(1)、(2)进行的检验, 其相对误差在10%以内。

渭北旱原全年总辐射量为468500—541290J/cm²(表1), 其分布总趋势是东大于西。东部海拔较低, 一般在450—1000m, 地貌以台塬为主, 塬面平坦开阔, 晴日多, 云量少, 日照强, 全年2500小时, 大气透明性好, 全年太阳总辐射均在500000J/cm²以上, 最大值出现在合阳、澄城一带, 向西随海拔增高, 一般为650—1500m, 地貌类型相对复杂, 云量增加, 降水增多, 日照减少, 全年2200小时, 大气透明性变差, 总辐射明显减小, 最小值出现在西部低山丘陵的陇县、千阳一带。渭北旱原总辐射年变化6月最大, 因6月份太阳高度最大缘故, 大部地区在59000J/cm²以上。相反, 12月太阳总辐射在一年中最小, 一般在27000J/cm²左右。初春总辐射增加较快, 3月一般比2月大8000—

1) 韦省民: 陕西省渭北旱原的辐射状况, 青年地理学家, 2(4), 1986。

表 1 渭北旱原代表站的辐射状况($\times 10^3 \text{J}/\text{cm}^2$)

Table 1 The radiation condition of the representative stations of the arid plateau in north of the Weihe River

地 点	项 目	月 份												全年
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
合 阳	总 辐 射	29.34	31.35	43.70	51.19	61.87	65.26	61.16	60.49	42.36	38.55	29.01	27.00	541.29
	散射辐射	15.20	16.45	22.31	23.73	22.31	18.33	21.52	32.78	21.98	19.34	15.28	14.19	243.42
	直接辐射	14.15	14.90	21.39	27.46	39.56	46.93	39.64	27.71	20.39	19.21	13.73	12.81	297.88
	有效辐射	19.09	16.53	18.80	18.54	20.55	21.10	16.45	17.71	15.61	17.71	17.71	18.92	218.72
	辐射平衡	2.93	7.58	15.28	21.39	24.11	31.10	32.48	30.68	17.87	12.77	4.94	1.88	207.21
白 水	总 辐 射	29.10	30.26	42.19	48.89	59.02	62.29	58.90	59.11	40.23	37.76	28.51	26.87	523.12
	散射辐射	15.28	16.87	22.86	24.91	24.07	20.41	22.60	21.26	22.40	19.55	15.20	14.36	239.82
	直接辐射	13.81	13.40	19.34	23.99	34.95	41.82	36.29	37.84	17.83	18.21	13.31	12.52	283.31
	有效辐射	19.00	16.49	18.29	18.17	20.43	20.43	15.74	17.58	14.90	16.58	17.50	19.09	214.11
	辐射平衡	2.85	6.82	14.61	19.97	26.33	29.43	31.40	29.72	16.91	13.27	4.77	1.59	197.66
铜 川	总 辐 射	29.55	31.48	42.28	49.86	58.65	60.91	58.14	54.96	40.60	36.08	27.50	27.08	517.10
	散射辐射	15.11	16.33	21.93	25.83	25.28	19.55	22.77	22.81	23.27	20.68	16.20	14.48	244.25
	直接辐射	14.44	15.15	20.34	24.03	33.36	41.36	35.37	32.15	17.33	15.40	11.30	12.60	272.84
	有效辐射	19.59	16.91	18.54	18.25	19.26	18.59	15.61	16.24	15.24	17.25	17.54	19.51	212.52
	辐射平衡	2.60	7.33	14.44	20.64	27.08	30.14	30.89	27.71	16.87	11.30	3.93	1.34	194.27
长 武	总 辐 射	28.67	30.06	41.36	49.73	57.72	60.45	56.05	53.71	38.09	33.95	26.79	26.33	502.91
	散射辐射	15.53	17.04	22.77	25.37	25.37	22.23	23.73	24.03	23.02	20.30	15.99	14.90	250.28
	直接辐射	13.14	13.02	18.59	24.36	32.36	38.22	32.32	29.68	15.07	13.65	10.80	11.43	252.63
	有效辐射	19.80	17.12	18.29	18.17	19.51	20.09	16.70	16.49	15.03	16.58	17.33	19.17	214.28
	辐射平衡	1.72	6.23	13.98	20.60	26.12	28.26	28.17	26.46	15.07	10.26	3.56	1.13	181.34
旬 邑	总 辐 射	29.55	30.35	42.28	52.37	59.48	60.91	57.43	54.96	40.65	37.59	29.13	27.38	522.08
	散射辐射	15.32	16.91	22.60	23.82	23.73	20.97	23.44	22.86	23.02	19.80	15.32	14.40	242.20
	直接辐射	14.23	13.44	19.67	28.55	35.75	39.93	33.99	32.11	17.62	17.79	13.81	12.98	279.88
	有效辐射	18.46	16.16	18.00	19.21	20.26	19.97	17.25	17.33	15.20	17.54	17.58	18.84	215.79
	辐射平衡	3.73	7.20	14.99	21.64	26.75	28.76	28.72	26.62	16.91	12.14	5.15	2.26	194.86
麟 游	总 辐 射	28.51	29.72	40.23	48.14	56.47	58.44	54.21	53.50	37.88	33.40	27.13	26.58	494.20
	散射辐射	15.70	17.00	23.40	25.28	25.24	22.86	24.70	23.48	23.23	20.18	15.78	14.61	251.45
	直接辐射	12.81	12.73	16.83	22.86	31.23	35.58	29.51	30.01	14.65	13.23	11.34	11.97	242.75
	有效辐射	19.93	16.66	17.41	17.29	19.46	19.88	16.37	17.33	14.57	16.37	17.46	20.01	212.73
	辐射平衡	1.42	6.24	13.94	20.26	25.16	26.12	26.96	25.45	15.36	10.00	3.73	0.46	175.85
陇 县	总 辐 射	27.33	29.60	38.51	46.46	54.42	56.09	51.24	47.13	34.99	32.02	25.41	25.28	468.50
	散射辐射	15.70	17.62	23.32	25.16	25.58	23.32	25.33	24.78	22.86	20.18	15.74	14.69	254.26
	直接辐射	11.64	11.97	15.20	21.31	28.84	32.78	25.91	22.35	12.14	11.85	9.67	10.59	214.24
	有效辐射	19.59	16.83	17.96	18.25	19.00	19.05	15.66	15.78	14.44	16.12	17.20	19.46	209.34
	辐射平衡	0.88	5.94	12.10	17.96	24.03	25.83	25.33	21.93	13.23	9.21	2.64	0.00	159.07

13000J/cm², 初秋下降迅速, 9 月比 8 月小 12000—18000J/cm²。

散射辐射与直接辐射 计算散射辐射理论公式一般只能是近似。目前多使用气候经验公式计算。据西安 1961—1977 年历年实测资料, 作出 $D/(S+D)$ 与 T_m 间的经验关系¹⁾:

$$D = (S + D)(1 - 0.079T_m) \quad (3)$$

式中, D 为各月平均散射辐射日总量, $(S+D)$ 为各月平均总辐射日总量, T_m 是各月平均日照时数日值。本文以此近似计算渭北旱原的各月平均散射辐射日总量, 然后得到月总量。知道了总辐射和散射辐射, 即可获得直接辐射。

本区全年散射辐射量为 230770—254260J/cm² (表 1), 其分布特点是从东向西渐增, 这与云量, 特别是低云量从东向西增多一致, 本区总云量从东部 5.6 成增加到西部 6.4 成, 陇县、千阳、麟遊等地散射辐射年总量都超过 251000J/cm²。散射辐射相对量也是西部大于东部, 一般占总辐射 50% 以上。散射辐射年变化幅度不大, 但较复杂, 一年中除 12 月形成最小值外, 6 月还出现一个相对低值, 与此相应, 大多数地方除 4、5 月出现最大值外, 还在 7、8 月出现一相对高值, 这主要与该地季风气候有关。

本区全年直接辐射量从东部的 309760J/cm² 向西逐渐减小到 214240J/cm² (表 1), 其年变化比散射辐射明显得多, 变化趋势与总辐射大体一致。由于 6 月份太阳高度最大, 日照时间最长, 故最大值出现于该月; 而最小值出现的月份不同, 东部除韩城外, 都出现在太阳高度最小的 12 月, 西部则出现于 11 月, 这主要由于西部 11 月云量多, 日照少, 11 月日照时数小于 12 月的差值比东部大, 使得大气透明状况对直接辐射影响的权重相对增加, 太阳高度对直接辐射影响的权重相对减弱。

有效辐射 有效辐射的观测是相当困难的, 本文采用文献〔1〕中的有效辐射公式计算渭北旱原的有效辐射, 结果列于表 1。由于有效辐射主要受海拔高度和云量的影响, 它随海拔增高而增加, 随云量增多而减小, 渭北旱原的海拔与云量的配置特征是西部海拔较高, 水汽含量及云量较多, 东部海拔较低, 水汽含量及云量较少, 因而决定了有效辐射区内东西差异不大的分布特征, 其值为 199550—220430J/cm²。它的年变化虽较复杂, 但较差不大, 一般为 6280J/cm²·月左右。

辐射平衡 计算地表辐射平衡, 反射率是非常复杂的因子, 随许多因子而变化。本文所取各月反射率范围 0.20—0.25¹⁾。经计算, 渭北旱原全年辐射平衡量 159070—207670J/cm² (表 1), 东部大于西部, 最大值出现富平, 最小值出现陇县, 辐射平衡年变化各地趋势基本一致。全区各月辐射平衡均为正值, 12 月是辐射平衡最小月, 其值为 0.00—2260J/cm², 6 月或 7 月是辐射平衡最大月, 其值为 25830—32860J/cm²。春季辐射平衡稳定增加, 增加速率较均匀, 秋季减小较迅速, 8 月到 9 月减小最为剧烈。

二、有效光合能量

有效光合能量的计算 太阳辐射做为一种农业资源, 主要表现在它的光能方面。绿色植物在光合作用过程中, 只同化太阳光谱 380—710nm 区间的能量。通常把这一部分能量称为有效光合能量或生理辐射。有效光合能量一般是间接计算的, 它大约是总辐射的一半^[2], Jamal T. Manassah 和 Ernest J. Briskey 的资料^[3]表明, 植物可利用的

1) 韦省民, 陕西省渭北旱原的辐射状况, 青年地理学家, 2(4), 1986

400—700nm光谱范围的能量与太阳辐射总能量的比率为0.43。Mолдау X. 等人^[4]的研究表明在有效光合能量中, 散射辐射部分和直接辐射部分的比例是不同的:

$$Q = 0.43S + 0.57D \quad (4)$$

式中, Q 是有效光合能量, S 是直接辐射, D 是散射辐射。牛文元^[6] 根据我国华北地区的实际太阳辐射状况, 把式(4)中的系数分别确定为0.415和0.560, 即

$$Q = 0.415S + 0.560D \quad (5)$$

由于本区在自然区划中属华北区, 故按式(5)计算其有效光合能量。

有效光合能量的分布特征 渭北旱原的有效光合能量年总量为231360—259990 J/cm², 分布规律是从东向西逐渐减少, 最大值出现在合阳, 最小值出现在陇县(图1)。全年有效光合能量占总辐射量的47.7—49.4%。有效光合能量的年变化以6月最大(合阳例外), 其值为26660—29760 J/cm²·月, 12月最小, 其值为12640—13520 J/cm² (表2)。

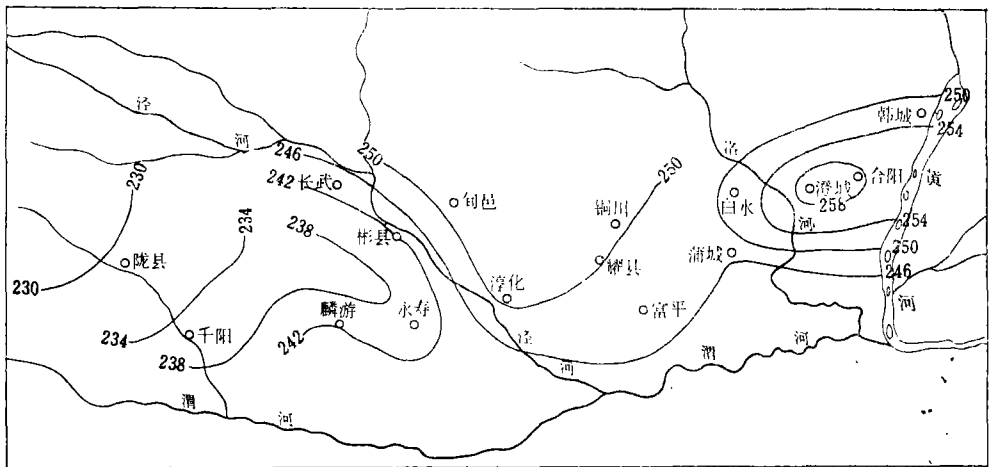


图1 渭北旱原年有效光合能量的分布 ($\times 10^3$ J/cm²)

Fig.1 The distribution of annual PAR of the drid plateau in north of the Weihe River

不同界限温度时期内的有效光合能量 植物光合作用在一定温度下进行。一般情况下, 日均温持续在0℃以上时期为农耕期, 渭北旱原农耕期平均在260—300天, 这时期的有效光合能量为192350—222820 J/cm², 东部光能资源丰富, 在209300 J/cm²以上。该期有效光合能量占年总量79.6—88.4%。日均温高于5℃的持续期一般为生长期, 本区这一时期平均214—254天, 有效光合能量为166100—200260 J/cm², 占年总量68.8—79.1%, 东部在188370 J/cm²以上。10℃以上的持续期为活跃生长期, 本区该期长165—210天, 有效光合能量为135670—171290 J/cm², 分布趋势如图2所示。该期有效光合能量占年总量的55.5—68.1%。日均温 $\geq 15^\circ\text{C}$ 的持续期一般视为栽培喜温作物的适宜生长期, 本区该期长106—161天, 有效光合能量为93720—136920 J/cm², 占年总量的37.6—54.4% (表3)。

主要作物生长期有效光合能量 渭北旱原冬小麦多在9月中旬到10月上旬播种, 翌年6月上旬到中甸收获, 全生长期内有有效光合能量102820—132420 J/cm², 占年总量

表 2 渭北旱原代表站有效光合能量的年变化 ($\times 10^3 \text{J}/\text{cm}^2$)
Table 2 The annual variation of PAR of the representative stations of the arid plateau in north of the Weihe River

地 点		月 份						
		1	2	3	4	5	6	7
合 阳		14.40	15.40	21.39	24.70	28.93	29.76	28.51
澄 城		14.53	15.53	21.56	24.40	28.63	29.51	28.76
耀 县		14.44	15.15	21.56	23.06	27.00	29.64	27.33
长 武		14.15	14.94	20.47	24.32	27.63	28.30	26.71
淳 化		14.65	15.20	20.89	24.28	27.88	28.34	27.38
陇 县		13.60	14.86	19.38	22.94	26.29	26.66	24.95
麟 游		14.11	14.78	20.09	23.65	27.08	27.59	26.08
地 点		8	9	10	11	12	全年	占全年总辐射 (%)
合 阳		29.85	20.76	18.80	14.23	13.27	259.99	48.0
澄 城		27.84	20.55	19.00	14.19	13.27	261.96	47.7
耀 县		27.75	18.96	17.92	13.65	13.31	249.78	48.2
长 武		25.79	19.17	17.04	13.44	13.10	245.05	48.7
淳 化		26.83	20.22	17.75	14.02	13.52	250.95	48.3
陇 县		23.15	17.83	16.20	12.85	12.64	231.36	49.4
麟 游		25.62	19.09	16.79	13.56	13.14	241.57	48.9

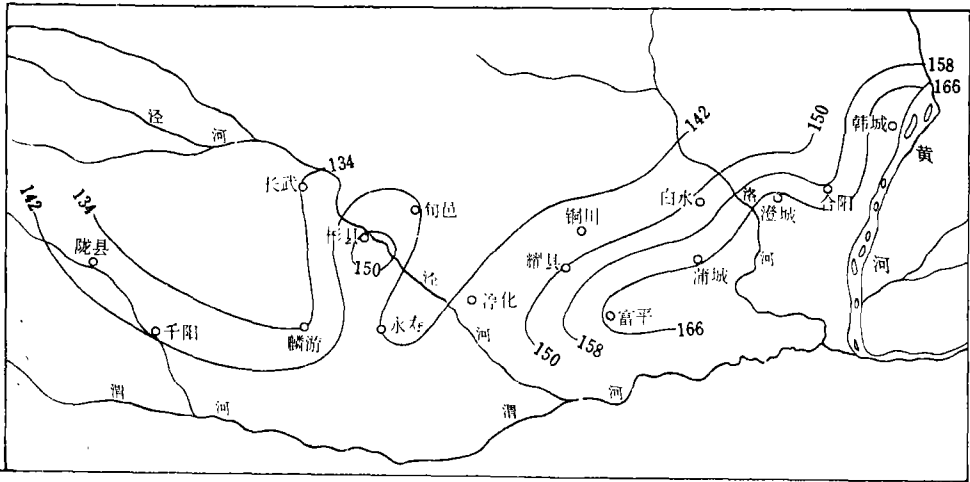


图 2 渭北旱原 $\geq 10^\circ\text{C}$ 期间有效光合能量分布 ($\times 10^3 \text{J}/\text{cm}^2$)
Fig. 2 The distribution of PAR during the period($\Sigma T \geq 10^\circ\text{C}$) of the arid plateau in north of the Weihe River

43.5—52.6%，冬前24030—40940J/cm²，返青后 76140—94230J/cm²，小麦越冬期有 32650—56720J/cm² 的光能不能利用。因干旱本区主要种春玉米，生长期一般 4 月中、下旬到 9 月中、下旬，有效光合能量99450—136610J/cm²，占年总量43.0—56.5%(表4)。

三、充分利用光能资源

光能利用的现状 本文用作物的光能利用系数来反映渭北旱原的光能利用现状。所谓光能利用系数是指生长期内单位面积上作物有机体蓄积的潜能与投射到该面积上的有效光合能量总量之比。它大约是太阳能利用率的两倍。从表 4 可以看出，旬邑、铜

表 3 渭北旱原代表站各界限温度时期内的有效光合能量 ($\times 10^3 \text{J/cm}^2$)

Table 3 PAR during the period of the different temperature limits of the representative stations of the arid plateau in north of the Weihe River

地点	初日	终日	$\geq 0^\circ\text{C}$			$\geq 5^\circ\text{C}$			有效光合能量	占全年 (%)
			初终日 间数	有效光 合能量	占全年 (%)	初日	终日	初终日 间数		
韩城	12/2	8/12	299.8	222.07	88.3	12/3	19/11	253.4	197.45	78.5
澄城	22/2	1/12	283.1	218.84	84.9	15/3	13/11	243.4	197.91	76.8
铜川	26/2	28/11	275.9	208.30	83.3	26/3	7/11	227.7	180.08	72.0
彬县	22/2	27/11	282.1	192.35	79.6	18/3	6/11	233.8	179.75	74.4
陇县	23/2	1/12	281.8	194.02	83.9	21/3	11/11	235.2	170.24	73.6
麟游	5/3	25/11	265.6	195.36	80.9	31/3	30/10	214.3	166.10	68.8

地点	初日	终日	$\geq 10^\circ\text{C}$			$\geq 15^\circ\text{C}$			有效光合能量	占全年 (%)
			初终日 间数	有效光 合能量	占全年 (%)	初日	终日	初终日 间数		
韩城	2/4	28/10	210.3	171.29	68.1	30/4	7/10	160.8	136.92	54.4
澄城	10/4	25/10	198.7	167.98	65.1	3/5	26/9	145.7	132.07	51.2
铜川	23/4	15/10	176.3	146.13	58.4	16/5	16/9	123.7	108.17	43.3
彬县	15/4	17/10	185.4	149.52	61.9	8/5	22/9	138.5	116.91	48.4
陇县	20/4	18/10	181.6	137.64	59.5	17/5	17/9	123.8	98.79	42.7
麟游	24/4	7/10	167.0	135.67	56.2	23/5	9/9	110.1	93.98	38.9

川、长武、淳化等地冬小麦全生长期内获得的有效光合能量比较多, 均在 121760J/cm^2 以上, 但它们的产量不高, 光能吸收利用有限, 按多年平均亩产¹⁾计, 其光能利用系数在 0.37% 以下, 而韩城、蒲城等地冬小麦全生长期内获得的有效光合能量并不很高, 一般为 113000J/cm^2 , 但其产量相对较高, 光能吸收利用比较有效, 光能利用系数在 0.51% 以上。就春玉米来看, 白水、耀县、淳化等地有效光合能量多, 其值在 123800J/cm^2 以上, 但光能利用系数却在 0.66% 以下, 而陇县、千阳等地有效光合能量不多, 约 100000J/cm^2 , 但光能利用系数则在 0.82% 以上。若按历史最高亩产计算本区的光能利用系数, 冬小麦为 0.48—1.22%, 春玉米也不过为 1.02—1.87% (表 5), 而光能利用系数的理论最大值为 13.3%, 可见本区的光能利用程度很低。

据调查, 本区有灌溉条件的地方, 小麦亩产最高可达 500 多公斤, 全生长期接受的有效光合能量大约为 $125.6 \times 10^3 \text{J/cm}^2$, 假定经济系数为 0.35, 能量转化系数取 $17660 \text{J/g}^{2[3]}$, 折合光能利用系数为 3.0%。澄城、永寿^[6]、千阳等地许多旱地小麦亩产超过 200kg, 折合光能利用系数为 1.2%。白水、彬县许多地方的旱地春播中单二号玉米亩产可高达 750kg 左右, 其光能利用系数达 5.0%。这说明在渭北旱原有灌溉条件的地方将光能利用系数提高到 3.0%, 在旱地提高到 1.2% 是有可能的, 是有潜力可挖的。

光合生产潜力 根据光能利用系数理论最大值 13.3% 估算的渭北旱原光合生产潜力的年总量为 4054—4556kg/亩, 东部澄合一带最大, 西部千阳一带最小。本区水浇地的光能产量年总量可达 917—1030kg/亩, 旱地也可达到 366—412kg/亩。若能进一步将光能利用系数提高到 5.0%, 则全年光能产量可达 1528—1717kg/亩。由于日均温小于 0°C 时期, 作物停止生长, 此间光能不能为植物利用, 这些潜力年总量只是概略数字, 表 6 列出了渭北旱原各界限温度时期内的光合生产潜力及光能产量。

1) 多年平均亩产系各县 1949、1952、1957、1965、1970、1975、1980 年的年均值。

表 4 渭北旱原主要作物生长期内的有效光合能量 ($\times 10^3 \text{J/cm}^2$)
Table 4 PAR during the growing periods of the main crops of the arid plateau in north of the Weihe River

地点	冬 小 麦							全生长期	占年总量 (%)
	出苗 分蘖	分蘖 越冬	越冬 返青	返青 拔节	拔节 抽穗	抽穗 灌浆	灌浆 成熟		
韩城	13.40	18.01	39.93	30.39	17.73	8.82	25.28	113.63	45.2
合阳	13.19	20.68	41.87	22.89	22.15	20.03	24.25	123.23	47.4
蒲城	8.43	20.30	32.65	29.16	20.21	12.16	22.40	112.65	45.6
澄城	7.86	29.73	42.16	22.32	15.08	22.75	25.77	123.52	47.9
白水	9.79	22.43	47.62	25.88	25.79	8.91	25.33	118.14	46.9
耀县	12.71	21.33	51.15	27.18	20.90	13.23	24.97	120.32	48.2
铜川	14.75	26.22	56.71	28.13	18.63	14.48	22.91	125.12	50.0
永寿	7.13	22.88	55.89	15.30	25.09	12.84	26.78	110.01	45.8
长武	8.53	27.06	52.24	22.45	26.16	13.33	24.86	122.39	50.0
彬县	6.84	23.85	51.30	15.48	27.04	13.78	28.97	115.94	48.0
旬邑	7.77	30.44	53.82	22.96	27.07	14.48	29.70	132.42	52.6
淳化	12.50	24.58	51.81	13.34	27.70	14.09	26.92	121.76	48.5
陇县	10.37	14.83	49.01	28.64	18.90	13.55	21.03	107.32	46.4
千阳	10.26	13.78	48.08	25.27	16.21	12.64	24.04	102.82	43.5
麟游	12.83	16.12	49.61	20.72	30.01	13.06	23.53	116.28	48.2

地点	春 玉 米					全年生长期	占年总量 (%)
	出苗 拔节	拔节 抽雄	抽雄 灌浆	灌浆 成熟			
韩城	—	—	—	—	—	—	—
合阳	38.28	35.38	19.83	34.10	127.59	49.1	
蒲城	—	—	—	—	—	—	—
澄城	27.80	41.31	25.86	27.84	122.81	47.6	
白水	41.61	28.76	18.15	35.27	123.80	49.1	
耀县	33.01	35.15	31.40	30.48	130.04	52.1	
铜川	52.84	36.38	18.09	20.33	127.64	51.0	
永寿	31.15	32.41	31.11	28.35	123.03	51.2	
长武	45.64	42.09	17.88	28.06	133.67	54.8	
彬县	30.85	43.24	19.46	43.06	136.61	56.6	
旬邑	35.02	32.87	31.93	32.87	132.68	52.7	
淳化	28.80	32.89	30.52	33.89	126.09	50.3	
陇县	31.91	27.01	17.15	23.38	99.45	43.0	
千阳	26.55	37.90	18.76	18.81	102.03	43.2	
麟游	30.27	32.50	7.63	45.07	115.47	47.8	

对于具体的作物来说，其干物质生产主要由农田作物层光合有效辐射特点和作物辐射特征决定。由于不同作物及作物的不同生长阶段的光能利用系数不可能始终维持在理论最大值或某一定值，而是随着作物生长而变化，作物各阶段的光能利用系数主要取决于反射率和透射率的大小。本文根据董振国等人的研究^{[7],[8]}，计算出冬小麦各生育阶段的反射率和透射率；参考王珠等人的研究成果¹⁾和文献[9]，并结合本区情况确定出玉米各生育阶段的反射率和透射率。据此估算出的本区冬小麦和春玉米光合生产潜力会更接近实际。冬小麦的光合生产潜力为 1646—2101kg/亩，不仅取决于光能的多少，

1) 王珠等：玉米大豆间作田植被层能量平衡和小气候，1964年 北京市气象学会论文。

表 5 渭北旱原主要作物的光能利用现状

Table 5 The present utilization of the light-energy of the main crops of the arid plateau in north of the Weihe River

地 点	生长期有效光合能量 ($\times 10^3 \text{J/cm}^2$)	冬 小 麦					生长期有效光合能量 ($\times 10^3 \text{J/cm}^2$)	春 玉 米				
		多年平期		历 史 最 高				多年平均		历 史 最 高		
		亩	光能利用系数	亩	光能利用系数	出现年份		亩	光能利用系数	亩	光能利用系数	出现年份
		产(kg)	(%)	产(kg)	(%)			产(kg)	(%)	产(kg)	(%)	
韩 城	113.63	85	0.51	172	1.04	1983	—	—	—	—	—	—
合 阳	123.23	87	0.52	176	1.06	1983	127.59	109	0.73	194	1.30	1978
蒲 城	112.65	90	0.55	166	1.00	1983	—	—	—	—	—	—
澄 城	123.52	66	0.40	151	0.91	1983	122.81	106	0.71	198	1.33	1983
白 水	118.14	58	0.35	132	0.81	1983	123.80	99	0.66	262	1.75	1983
耀 县	120.32	54	0.33	136	0.82	1983	130.04	92	0.61	153	1.02	1978
铜 川	125.12	55	0.33	139	0.84	1983	127.64	119	0.80	214	1.43	1983
永 寿	110.01	60	0.36	154	0.93	1983	123.03	105	0.70	180	1.21	1983
长 武	122.39	62	0.37	190	1.14	1983	133.67	171	1.15	280	1.87	1983
彬 县	115.94	62	0.39	147	0.89	1983	136.61	122	0.81	175	1.17	1983
旬 邑	132.42	58	0.35	138	0.83	1983	132.68	130	0.87	204	1.36	1980
淳 化	121.76	50	0.30	122	0.74	1983	126.09	99	0.66	176	1.18	1983
陇 县	107.32	64	0.38	108	0.96	1983	99.45	122	0.82	189	1.27	1983
千 阳	102.82	72	0.44	147	0.89	1982	102.03	130	0.87	230	1.54	1979
麟 游	116.28	37	0.22	180	0.48	1983	115.47	115	0.77	210	1.41	1971

还取决于生长期的长短。由于 C_3 植物有比较明显的光饱和现象,当考虑该因素后,小麦的生产潜力将小于此值。春玉米的光合生产潜力为1523—2242kg/亩(图3)。足见本区作物的光合生产潜力是很大的,应当尽可能地提高本区作物的光能利用系数。

提高光能利用系数的途径 光能利用系数的提高取决于环境因素和作物因素两方面,应充分发挥和创造这两方面优越条件,使其处于最佳组合状态,使作物产量水平趋近光合生产潜力。对比图3与表5可看出,冬小麦和春玉米光合生产潜力均以中部旬邑、彬县、长武一带最高,产量现状则情况不一,说明本区光能利用程度差异性较大,各地提高光能利用系数途径也应有所不同。

首先,全区均应大搞农田基本建设,改善农田环境条件,这是一项基础工作。不同的是各地应有所侧重,在局部有水源灌溉的地方,建立高水肥稳产高产田;在多数无灌溉的地方,应当着眼于旱作农业,蓄水保墒,培肥地力;在西部低山丘陵、破碎塬区则应平整土地,建立良好的农田小环境。

其次,在中西部降水较多的地方,合理密植,提高作物群体的光能利用系数,充分利用光能资源及空气中的二氧化碳,培植高光能群体结构品种,通过试验确定合理的株型和密度。在东部较早旱地区,由于水分条件的限制,群体不宜过大。

第三,在水热资源丰富的地方,发展间作套种,以求各作物的复合群体在时空上的合理配置。在缺水地区实行“全年以夏粮为主,夏粮以小麦为主,小麦以歇茬麦(包括豌豆茬和小麦茬)为主”的原则,合理利用光能资源。

第四,培育和引进矮秆抗倒伏品种,减少营养生长期,延长生殖生长期,提高作物经

表 6 渭北旱原各界限温度时期内的光合生产潜力及有效光合能量产量 (kg/亩)
Table 6 The photosynthetic potential productivity and the PAR yield during the periods of different temperature limits of the arid plateau in north of the Weihe River

地 点	界 限				地 点	界 限				地 点	界 限				
	光能 利用 系数 (%)	≥0℃	≥5℃	≥10℃		光能 利用 系数 (%)	≥0℃	≥5℃	≥10℃		光能 利用 系数 (%)	≥0℃	≥5℃	≥10℃	
韩 城	13.3 5.0 3.0 1.2	3892 1467 880 352	3461 1305 783 313	3001 1132 679 272	富 平	13.3 5.0 3.0 1.2	3905 1472 883 353	3510 1322 794 318	2971 1120 672 269	旬 邑	13.3 5.0 3.0 1.2	3551 1339 803 322	3090 1165 699 280	2478 934 561 224	1643 619 372 149
合 阳	13.3 5.0 3.0 1.2	3823 1441 865 346	3440 1297 778 311	2801 1056 634 254	铜 川	13.3 5.0 3.0 1.2	3650 1376 826 330	3155 1180 714 286	2561 965 579 232	淳 化	13.3 5.0 3.0 1.2	3576 1349 809 324	3082 1162 697 279	2545 960 576 230	1853 699 419 168
蒲 城	13.3 5.0 3.0 1.2	3829 1443 866 347	3396 1280 768 307	2915 1099 660 264	永 寿	13.3 5.0 3.0 1.2	3497 1318 791 317	3049 1149 680 276	2533 945 567 227	陵 县	13.3 5.0 3.0 1.2	3400 1282 769 308	2983 1125 675 270	2412 909 546 218	1731 653 392 157
澄 城	13.3 5.0 3.0 1.2	3835 1446 868 347	3469 1308 785 314	2944 1110 666 267	长 武	13.3 5.0 3.0 1.2	3465 1306 784 318	2993 1128 677 271	2381 898 539 216	千 阳	13.3 5.0 3.0 1.2	3457 1303 782 313	3027 1141 685 274	2491 939 564 226	1820 686 412 165
白 水	13.3 5.0 3.0 1.2	3676 1386 832 333	3298 1243 746 299	2731 1030 618 247	彬 县	13.3 5.0 3.0 1.2	3371 1271 763 305	3150 1188 713 285	2621 988 593 237	麟 游	13.3 5.0 3.0 1.2	3424 1291 775 310	2910 1097 658 264	2378 896 538 215	1647 621 373 149

济系数。西部热量不足地方，育苗移栽，延长生育期，减少农耕期，利于作物产量提高。

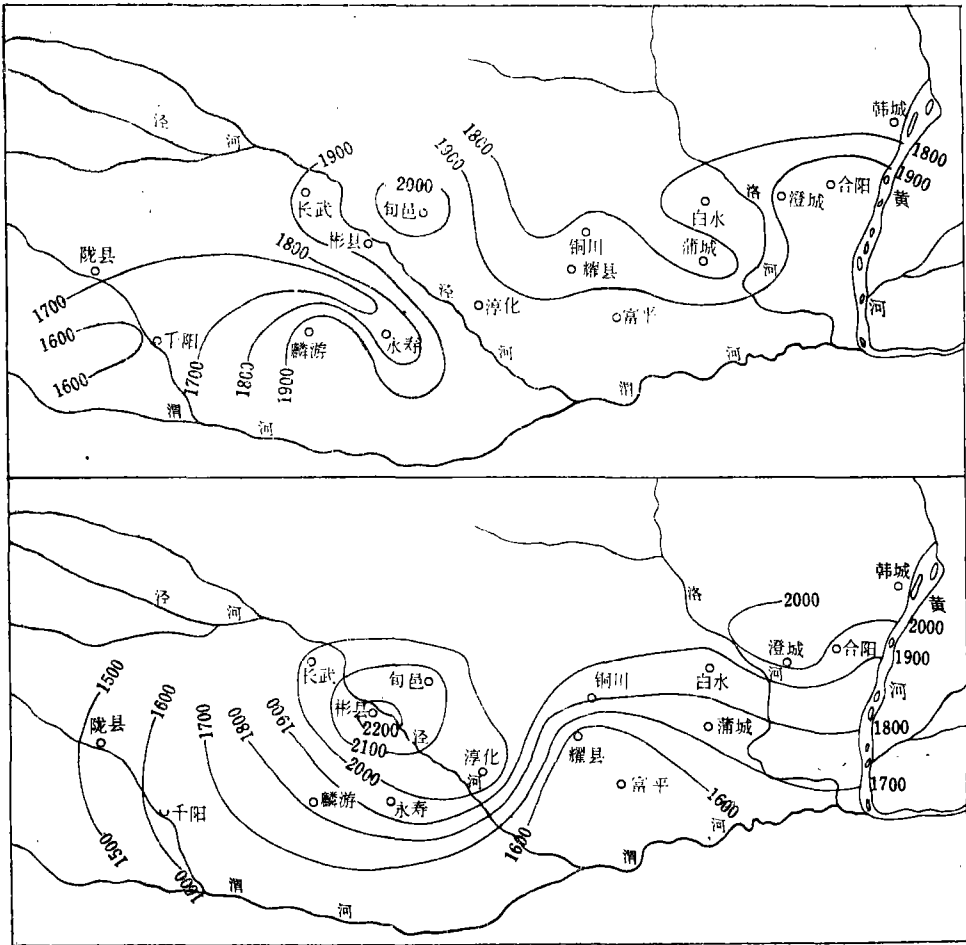


图 3 渭北旱原冬小麦(上图)和春玉米(下图)光合生产潜力的分布 (kg/亩)
Fig. 3 The distribution of the photosynthetic potential productivity of winter wheat and spring corn of the arid plateau in north of the Weihe River

参 考 文 献

- [1] 陈明荣：青藏高原夏季地面有效辐射随高度的变化，《地理研究》1985年，第4期。
- [2] 李克煌：河南作物生产潜力的估算和分析，《农业气象》，1981年，第3期。
- [3] Jamal T. Manassah, Ernest J. Briskey, *Advances in Food-Producing Systems for Arid and Semiarid Lands, Part A*, New York, Academic Press 1981, pp.95—97
- [4] Молдау Х., Росс Ю., Тооминг Х., Унлаа И.сб. Вопросы Продуктивности Растении, Изд. АН СССР, 1963.
- [5] 牛文元：作物最大生产力—以华北地区冬小麦为例，《自然资源》，1930年，第3期。
- [6] 杨明：渭北旱原小麦增产技术综合研究进展情况的调查，《陕西科技消息（农业）》，1982年，第6期。
- [7] 董振国，于沛宁：冬小麦田作物层光合有效辐射特征及干物质生产，《农业气象》，1984年，第4期。
- [8] 董振国：冬小麦生长率及麦田能量收支分析，《生态学杂志》，1984年，第4期。
- [9] Evans L.T. *Crop Physiology*, Cam. Univ. Press, 1975.

THE SOLAR RADIATION RESOURCE OF THE ARID PLATEAU IN NORTH OF THE WEIHE RIVER

Li Zhiwu Wei Shengmin

(Department of Geography, Northwest University, Xi'an)

Key words: Radiation; Light-energy resource; Potential productivity

ABSTRACT

In this paper, the climatic features of radiation of the arid plateau in north of the Weihe River are described; the light-energy resources in the area for different periods are estimated; the present condition and potentials of light-energy utilization are analysed; and finally the ways to raise the coefficient of light-energy utilization are pointed out.

我国沼泽研究的回顾与展望

黄锡畴 马学慧

(中国科学院长春地理研究所)

地理科学 8(1), P1, 参72, 1988

本文回顾了中国科学院长春地理研究所成立三十年来在沼泽和泥炭研究领域,包括沼泽和泥炭资源考察,沼泽概念、性质、成因、类型、形成过程、形成时期、发育规律;沼泽的水文、气候、植被、土壤、化学、动物、制图、恢复古环境等方面的研究,以及实验技术和新技术应用,国际学术交流方面所取得的进展和成就,并提出今后的展望。

* * *

基塘系统的特征及其实践意义

钟功甫

(广州地理研究所)

地理科学 8(1), P12, 表1, 参3, 1988

本文阐述了基塘系统概念、意义,分析了基塘系统的结构、功能及效益。基塘系统的结构合理,具有种优越性,是形成稳产高产的重要原因。在系统运行过程中,资源获得充分利用,是人为建立的水陆立体种养体系。它的经济效益高,生态效益和社会效益显著,无论在理论研究生产应用上都具有重要意义。基塘系统的开发,是改造低洼湿地的一个范例。

* * *

东北大豆产量与气候条件的关系

孙玉亭 白雅梅

(黑龙江省气象科学研究所, 哈尔滨)

地理科学 8(1), P18, 图4, 表4, 参5, 1988

本文应用车贝雪夫多项式对东北三省大豆历年平均产量进行空间场分解,滤掉部分非气候因子的影响,取二项式的拟合值作为气候产量,分析与气候因子的关系,建立大豆各地平均产量与生长季 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、张宝璜干燥指数($K=0.16 \sum T/R$)及生长季7—8月平均温度关系的气候产量模式。在此基础上分析气候产量的空间分布特点,从而为大豆的合理布局提供气候依据。

渭北旱原的辐射资源

李治武 韦省民

(西北大学地理系, 西安)

地理科学 8(1), P27, 图3, 表6, 参9, 1988

本文系统阐述了陕西省渭北旱原的辐射气候特征,详细估算了该区不同时期的光能资源,深入分析了光能利用现状及其潜力,指出了提高光能利用系数的途径,对渭北旱原农业发展研究有重要的指导意义。

* * *

内蒙古锡林河流域草甸草原的特点及其对黑钙土形成过程的影响

陈佐忠 黄德华

(中国科学院植物研究所, 北京)

地理科学 8(1), P38, 表2, 参6, 1988

本文采用地理调查与定位研究相结合的方法,对锡林河流域黑钙土的分布及其有关植被类型、植物群落特征、生物量等进行了调查,探讨了植物化学元素组成、凋落物分解与土壤之间的物质流,揭示了黑钙土形成的植被条件与黑钙土形成过程的关系。

* * *

江苏湖泊水量资源分析

王洪道 史复祥

(中国科学院南京地理研究所)

地理科学 8(1), P47, 图1, 表3, 参2, 1988

江苏是一个多湖泊的省份,湖泊面积达6385 km^2 ,贮水量为104亿 m^3 。本文在分析江苏湖泊水系、水位及流量、湖泊水资源的利用与保护的基础上,提出应制止盲目围湖垦殖和防止湖泊污染等问题。