

略论延安市降水资源的潜力与高效利用模式

蒋定生, 范兴科, 徐学选, 高 鹏
(中国科学院 水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)
水利部

摘 要: 根据在甘肃子午岭, 安塞墩滩和延安燕儿沟的试验观测资料, 研究了梢林区植被对降水的拦蓄和消耗情况; 分析了农区基本农田上和退耕还林(草)坡地上作物和植物对降水的拦蓄和土壤水分季节动态; 计算了本区主要农作物和几种有代表性的乔、灌、草植物的全生育期内需水量和降水资源补给的盈亏状况; 并提出了几种利用降水资源和河川径流的模式。

关键词: 延安市; 降水资源; 潜力; 利用模式

中图分类号: S 273.2 文献标识码: A 文章编号 1005- 3409(2000) 02- 0058- 12

The Preliminary Discussion on the Potentiality
of Rainfall Resource in Yan'an City and Its Efficiency Use Models

JIANG Ding-sheng, FAN Xing-ke, XU Xue-xuan, GAO Peng
(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100, PRC)

Abstract: Based on the observation data from Zi wuling mountain in Gansu province part, Duntan in Ansai county and Yan'er catchment in Yan'an city, authors have studied the status of rainfall catchment and the use of rainwater by woodland's vegetation. they have also analyzed status of soil moisture and that of rainwater harvesting of crops and other vegetation in either basical farmland or slope land; they have calculated the necessary amount of rainfall for growing crops and several typical trees shrubs and grasses along with their balancing of rainwater to evaporate during their whole living period. At the end ,they put forward three kinds of exploitation models for efficiency using rainfall resources and runoff of local rivers.

Key words: Yan'an city; rainfall resources; potentiality; exploitation model

延安市辖延长县、吴旗县、志丹县、安塞县、子长县、延川县、宜川县、甘泉县、富县、洛川县、黄陵县、黄龙县和宝塔区等 13 县(区), 面积 37 028. 66 km², 多年平均降水量 483. 4 ~ 630. 8 mm, 多年平均径流深 23 ~ 75 mm。境内呈马蹄形分布着子午岭, 崂山和黄龙山林区, 植被完密。农田以坡耕地为主, 水利化程度不足 5%, 为典型的雨养农业区。为了制止水土流失, 减轻黄河下游洪涝灾害, 区内正在掀起“退耕还林(草), 封山绿化, 个体承包, 以粮代赈”的建设生态热潮。本文根据笔者在子午岭、安塞和宝塔区等

地的试验观察资料写成, 以期能对目前的生态环境建设有所裨益。

1 梢林区天然植被对雨水的拦蓄与消耗

黄土高原丘陵区水土流失的根除, 秀美山川的实现, 植被的恢复和建造是至关重要的主体工程。该区年降水 400 ~ 600 mm 之间, 在这样的降水条件下应造什么林, 如何造? 已有不少的研究成果。

1. 1 林草植被对降水的拦蓄

1962 年 6 月至 1965 年 5 月, 中国科学院、水利部水土保持研究所在朱显谟院士主持下, 曾在甘肃省合水县连家砭林场建立土壤侵蚀实验站, 组织多学科研究人员, 协同攻关, 研究梢林区土地在不同利用方式下土壤侵蚀的发生发展规律。连家砭林场属于子午岭林区, 梢林已有 100 余年的历史, 生长完密, 郁闭度在 0.8 以上, 森林呈乔、灌、草梯层结构组配, 乔木以山杨、白桦、辽东栎为主, 灌木有胡枝子、虎榛子、胡颓子、木栓子木, 沙棘、黄刺玫等, 林下草被有野棉花、四季青、薯芋、秦艽、黄菅草等, 峁坡时有成片的密丛马牙草(半阴坡) 和白草(阳坡) 草地分

布。林下枯枝落叶层深厚, 约 7 ~ 8 cm, 多腐烂成海绵状, 疏松多孔。本区多年平均降水量 587.6 mm, 多年平均水面蒸发量 1 460.2 mm, 1962 ~ 1965 年期间的降水量分别为 588.9、653.5、796.9 和 437.8 mm。研究区土壤为黑壮土和黄绵土, < 0.01 mm 的物理性黏粒含量在 33.5% 左右, 土壤凋萎湿度 5% ~ 7%, 田间持水量 24% ~ 26%。试区内土壤结构优良, 表层土壤容重小, 水稳性团粒含量丰富, 土壤入渗速率快, 径流少(见表 1 和表 2), 林地、天然草地、撂荒地可拦蓄 91.5% ~ 99.0% 的降水量, 林地基本无径流发生, 支沟中终年清水长流, 山绿水清。

表 1 连家砭林场土壤物理特性(表层 0 ~ 10 cm 深度)

土地利用类型	土壤容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	> 0.25 mm 水稳性团粒含量/%	土壤入渗性能		
			首 30 min 内渗水总量	首 30 min 平均入渗速率/ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	土壤稳渗速率/ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
10 ~ 15 龄山杨林地	0.87	67.6	582.5	19.4	12.6
20 ~ 30 龄山杨林地	0.79	72.9	945	31.5	20.4
40 ~ 50 龄山杨林地	0.63	76.2	1525	50.9	27.0
40 ~ 50 龄辽东栎林地	0.68	75.3	1262	42.1	29.8
40 ~ 50 龄白桦林地	0.74	79.9	1893	63.1	40.3
沙棘密林	0.83	62.3	414	13.8	7.0
密丛马牙草地	0.95	69.0	163.6	5.5	3.0
密丛白草地	1.03	75.6	91.5	3.1	1.1
农地(开垦第 4 年)	0.98	44.8	285	9.5	4.7
山杨林(开垦第 2 年)	0.94	55.4	825	27.5	18.5
撂荒农地(第 2 年)	0.97	64.5	556	18.6	10.6

表 2 土地在不同利用形式下拦蓄降水效能之比较(1964 年 7 月 16 日观测)

土地利用类型	40 ~ 50 龄山杨林地	密丛马牙草地	农耕地(种麻子)	草地新垦农地(麻子)	林地新垦农地(麻子)	撂荒地(狗尾草)
地面坡度/ $^{\circ}$	18.5	18.5	17.0	14.0	16.0	16.0
降雨量/ mm	56.7	53.0	82.4	53.0	56.7	82.4
最大降雨强度/ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$		2.0		2.0		
径流量/ mm	0.57	4.5	4.7	4.3	6.5	5.4
拦蓄降水量/ %	99.0	91.5	94.3	91.9	88.5	93.4
冲沙量/ $\text{t} \cdot \text{km}^{-2}$	0	0.67	1080	30.9	30.3	15.3

1. 2 林草植被对水分的消耗

根据江益良对林、草地土壤水分的监测结果表明, 本区林草植被对水分的消耗可分为两种类型: 亏缺型和可补偿型。

亏缺型: 以 20 ~ 30 龄山杨林地; 40 ~ 50 龄山杨林地和 40 ~ 50 龄辽东栎林地为代表。在丰水年中(1964 年降水 796.9 mm, 正距平 209.3 mm), 雨季

期末, 这三种林地的土壤水分恢复深度为 4 ~ 6 m。由于林木生长, 在平水年或枯水平, 植被根系需从深层土壤中吸取水分, 以补充林木的蒸腾消耗, 因而大体在 5.2 m 土层以下, 三种林地的土壤水分含量已接近凋萎湿度, 形成土壤干层, 出现水分亏缺。据观察, 本区 40 ~ 50 龄山杨林地, 枯梢现象严重, 表明在本区降水条件下, 水分已不能满足其正常生长的需

求。

可补偿型: 是指经过雨季降水补充后, 土壤中的水分储量将超过旱季期末的储量, 植被生长不会超支深层土壤水分, 土层中没有出现干层。10~15 龄山杨林地、坡耕地、密丛马牙草地土壤水分消长规律属于这一类型。

表 3 列举了子午岭连家砭地区不同植被对降水(蒸发蒸腾和径流)和土壤深层水分的消耗情况。可以看出, 密丛沙棘林、20~30 龄山杨林、40~50 龄山杨林和 40~50 龄辽东栎, 在丰水年对水分的消耗为 839.2~1 066.4 mm, 除降水补充外, 还需从 5 m 以

表 3 子午岭梢林对降水和土壤水分的消耗 (江益良 1964 年观测)

植被类型	20~30 龄 山杨林地	40~50 龄 山杨林地	40~50 龄辽 东栎林地*	沙棘密林	10~15 龄 山杨林地	密丛马 牙草地	坡耕地 (种麻子)
降水量/mm	796.9	796.9	796.9	796.9	796.9	796.9	796.9
旱季末 7 m 土层储水量/mm	2085.1	2055.4	1268.2	2400.6	2071.2	2217.1	2060.8
雨季末 7 m 土层储水量/mm	1938.6	1919.8	1255.9	2131.1	2276.5	2320.5	2435.0
植被对水分的消耗/mm	943.4	932.5	839.2	1066.4	591.6	693.5	422.7
对深层土壤储水的消耗/mm	146.5	135.6	42.3	269.5	- 205.3	- 103.4	- 374.2

* 依 5 m 土层计算。

2 农区生态环境建设不同水土保持措施对降水的拦蓄作用

2.1 坡面水土保持措施对降水的拦蓄与消耗

延安市属资源性缺水地区, 农耕地和植树、种草的阵地绝大部分分布在山坡上, 为了提高植物的成活率和增加生物产量, 必需配置不同的水土保持措施, 强化对雨水的拦蓄利用。

坡面上的水土保持措施, 可从径流的产生和消除角度划分为两种类型: 即消除径流型和利用径流型。前者, 如坡改梯, 修筑水平梯田, 变坡地为平地, 使降水就地入渗拦蓄, 地面不发生径流; 后者, 则是创造一种平坡相间的微地形, 坡段有意产生径流, 平段则加以拦蓄利用, 使雨水在微地域内富集叠加, 一块地对两块或三块天, 以弥补降水的不足, 这类水土保持措施有隔坡梯田、隔坡水平阶造林种草、隔坡竹节形水平沟造林种草、鱼鳞坑等。上述两种类型水土保持措施对降水的拦蓄利用模型是不同的。

对消除径流型, 土壤在雨季中所得到的水量 W_s , 计算式为:

$$W_s = P + P_c$$

(1)

式中: P ——降水强度弱至中等, 在坡地上不会产生

下土层中吸取土壤储水 42.3~269.5 mm 以供植株消耗。而象 10~15 龄山杨林, 密丛马牙草和农地麻子这类植被, 在丰水年, 其对水分的消耗(蒸发蒸腾和径流), 大体为 423~694 mm, 小于当年降水量, 土壤中可以补充存储 103~374 mm 的降水。由此可见, 对子午岭这类林区, 为要维持植被的正常生长, 仍需严格控制乔木的密度, 保持土壤水分的收支平衡, 永续利用。这也说明, 子午岭林区植被的主要功能是保持水土, 涵养水源, 获取生态效益, 而不是为了生产木材。

再分配的降水; P_c ——强度大, 在岗峦起伏的地方能形成径流的降水。

对利用径流型, 在水平田面部分, 土壤从雨季降水中所获得的水量 W_l 计算式为:

$$W_l = P + P_c + P_c \alpha_0 \cos \alpha \sin \beta$$

(2)

式中: α ——径流发生地段地面坡度; β ——雨点着地倾角; α_0 ——径流系数。

自式(1)与式(2)可以看出, 与水平梯田相比, 隔坡梯田的水平田面部分在整个雨季之中要多收入 $P_c \alpha_0 \cos \alpha \sin \beta$ 数量的水量, 可见隔坡梯田(水平段)内的土壤水分要优于水平梯田。

表 4 列举了蒋定生等在安塞墩滩的部分试验结果。由表 4 可以看出:^① 水平梯田小区由于降雨就地入渗, 没有形成径流, 因而无论哪个坡段的田块, 亦不论是雨季或旱季, 3 m 土层内的土壤贮水量变化比较均匀。^④隔坡梯田小区的水平田块 3 m 土层内的土壤贮水量, 一般优于相同部位的水平梯田贮水量。土体内水分沿坡再分配规律也不甚明晰。^④对照小区为绝对休闲地, 土壤水分耗散少, 3 m 土层内的水分贮量在旱季或雨季与各坡段的水平梯田小区相差不大。

长发育旺盛期,根系向深层延伸,土壤中大量贮水被消耗,这时 3 m 土层内的贮水量变化与植株生物量的生长关系较为密切。在坡顶,植株生长较差,土壤贮水量较多;在坡脚,植株生长发育充分利用原有土

壤中的养分和深层贮水,致使 3 m 土层中的贮水量急剧下降。在沙打旺草地小区,无论在哪个坡位,土壤贮水量仅相当于田间持水量的 45% 左右(1994 年 10 月),已严重亏缺(1994 年雨季末)。

表 7 隔坡水平阶沙棘林和沙打旺草地对 3 m 土层贮水量的消耗情况

项 目	坡 位	观测项目				
		1993- 06- 01	1993- 10- 26	1994- 04- 14	1994- 10- 22	1995- 08- 14
隔坡水平阶沙棘土层 贮水量/ mm	坡 顶	370. 8	444. 5	398. 2	447. 2	
	坡 中	378. 0	468. 6	415. 5	359. 7	
	坡 脚	399. 0	480. 5	413. 9	257. 5	
隔坡水平阶沙打旺 土层贮水量/ mm	坡 顶	362. 2	513. 2	381. 3	212. 3	
	坡 中	371. 1	434. 0	436. 8	203. 1	
	坡 脚	388. 4	457. 5	407. 0	200. 4	
株高(沙棘/沙打旺)/ cm	坡 顶	30/ 50	65/ 50	65/ 10	115/ 125	164/ 115
	坡 中	30/ 5	72/ 55	72/ 12	126/ 130	175/ 121
	坡 脚	30/ 6	80/ 67	80/ 13	145/ 140	199/ 135

当今,在延安市的生态环境建设中,坡地退耕还林(草),是极其重要的内容。林地,如果冠层枝叶茂密,林下灌木、草类生长旺盛,有深厚的枯枝落叶积累,降水再分配现象会大为减弱,甚或不发生这种再分配过程。

营造在山顶或山坡上的人工乔木林地,由于水分的制约,密度小,长势差,覆盖率在 50% 左右;林下灌丛草被稀少,枯枝落叶层积聚分解缓慢,因而降水在人工林地中的再分配现象依然存在,表 8 是笔者在安塞墩滩的观测结果。观测小区为西南向坡面,凹凸形坡,地面平均坡度 17°。刺槐系 1958 年营造,每 hm² 1 140 株,覆盖率 49.5%。林下无灌木,草类有长芒草、铁杆蒿和达乌里胡枝子,植被覆盖率

70% 左右。枯枝落叶层积聚很少,厚度约 2 mm。除了地面径流外,由于受降水再分配的影响,3 m 深度土层中的土壤贮水量沿坡各部位也概不相等(表 9)。在旱季,坡中部位土壤贮水量最多,为 287.9 mm,相当于田间持水量的 63.6%;雨季末,土壤贮水量呈现出自坡顶至坡脚依次递增的规律。坡脚土壤贮水量大,达 270.3 mm(1994 年),相当于田间持水量的 59.7%;而坡顶,无论是旱季或雨季末,土壤贮水量仅相当于田间持水量的 47% 左右。说明,在山顶,及沟缘线以上的山坡营造乔木林,因乔木蒸腾旺盛,1.5 m 以下的土层水分时常处于亏缺状态,乔木难以成材,水土保持和生态效益较差。

表 8 人工刺槐林地对降水再分配的影响

观测日期	降 雨		坡顶段		坡中段		全坡长	
	降水量/ mm	最大雨强/ mm · min ⁻¹	径流量/ mm	泥沙量/ t · km ⁻²	径流量/ mm	泥沙量/ t · km ⁻²	径流量/ mm	泥沙量/ t · km ⁻²
1995- 07- 13	27. 9	1. 2	1. 60	5. 6	1. 34	5. 0	0. 85	4. 0
1995- 08- 05	37. 5		0. 03	0. 0	0. 08	0. 0	0. 15	0. 0

表 9 槐林地旱季和雨季土壤贮水量沿坡变化规律

观测日期	坡顶 3 m 土层 贮水/ mm	相当于田间持 水量/ %	坡中 3m 土层贮 水/ mm	相当于田间持 水量/ %	坡脚 3 m 土层贮 水/ mm	相当于田间持 水量/ %
雨季末 1993- 10- 26	216. 7	47. 8	241. 0	53. 2	269. 9	59. 6
旱季末 1994- 04- 14	213. 7	47. 2	287. 9	63. 6	272. 6	60. 2
雨季末 1994- 10- 22	216. 6	47. 8	252. 4	55. 7	270. 3	59. 7

从上述水平梯田、隔坡梯田、隔坡水平阶沙打旺草地、隔坡水平阶沙棘林和人工刺槐林等水土保持措施对降水再分配的影响来看, 水平梯田, 由于切断了径流流线, 全部降水就地(或就近) 拦蓄入渗, 消除了降水再分配的形成条件, 降水和壤中流已不再沿坡运移, 杜绝了再分配过程; 隔坡梯田, 由于坡段来

水向水平田块部位汇集, 仍存在微域降水再分配现象, 其内侧最为明显。后三种水土保持措施, 由于枝叶对降水的拦截和地表糙率的增大, 降水在坡面上再分配过程已大为缓和, 且能有效地防止土壤冲刷(表 10)。

表 10 不同水土保持措施减少土壤侵蚀情况

观测日期	降雨量/mm	土壤侵蚀量/t·km ⁻²					
		水平梯田	隔坡梯田	隔坡水平阶沙棘林	隔坡水平阶沙打旺草地	刺槐林地	对 照 (休闲地)
1993- 07- 01~09- 30	183.6	0.0	0.0	3192.9	336.9	-	10249.1
1995- 07- 13	27.9	0.0	0.0	56.2	8.8	0.5	968.0

消除或缓和降水在坡面上的再分配过程之后, 雨水入渗土中, 参与 “土壤—植物—大气” 系统中的水分循环。这时, 土壤水分的收支随深度变化可划分为三个地带。第一地带, 深度从 0~30 cm, 是土壤和大气的边界, 土壤水分受大气降水和蒸发作用最为敏感, 水分交换剧烈。第二地带, 深度 30~100 cm, 植物根系分布较密, 特别是浅根系的一年生农作物, 主要从这一区域内吸取水分和养分, 因而该层土壤贮水较低。第三地带, 深度在 100 cm 以下, 农地者, 作物根系难以深达此区, 土壤贮水量较多。如隔坡梯田, 由于承纳了坡段部分径流, 因而在 1.2~3.0 m 深度内, 土壤含水量接近田间持量 70%。水平梯田在 1.4~3.0 cm 范围内的土壤水分含量约及田间持水量的 55% 左右。而隔坡水平阶草地和沙棘林地, 由于枝叶生长旺盛, 2 年后, 上层水分已不能满足需求, 根系向下扩展, 开始大量消耗这一地带及深层土壤贮水量, 3 m 左右的土壤水分含量仅及田间持水量的 33%, 或者达到凋萎湿度(沙打旺草地)。在刺槐林地, 由于长期的水分亏缺, 雨季也难以得到补偿恢复, 这一深度的土壤水分含量为 6% 左右, 约及田间持水量的 30%(表 7), 因此, 在年降水 500 mm 左右地区, 从充分利用降水资源角度来看, 隔坡梯田和水平梯田是最佳的首选措施, 灌木和牧草居次, 营造乔灌木必须选择好适生树种, 控制乔木密度, 并搞好乔灌木梯层结构配置, 且忌纯林营造。沙打旺由于生长旺盛, 过耗土壤深层储水, 应适当缩短其利用年限, 如 3~4 年, 以使土壤深层水分得以恢复。

2.2 农艺措施对降水的拦蓄

为了提高作物产量, 近年, 各地争相推广作物覆膜种植技术。覆膜种植, 不仅可增加积温, 而且可减少土壤水分无效蒸发和养分的挥发, 提高水分和养分的利用效率。

不覆膜时, 农田存在地坎和田面两个蒸发面, 4 m 土层内土壤水分蒸发要比覆膜农田(减少一个蒸发面) 约多 27 mm(表 11)。因此, 推广覆膜种植, 是充分利用降水资源的一项重要农艺措施。

表 11 农艺措施对降水的拦蓄作用
(4m 土层厚度, 1999 年 10 月)

农艺措施	作 物	梯田不同部位水分储量/mm	
		外 侧	田块中央
山顶覆膜梯田	玉 米	622.0	646.2
山顶不覆膜梯田	玉 米	595.1	646.3

2.3 降水在坡面上的再分配规律与基本农田的配置模式

有关的研究表明, 当雨水撒落在倾斜的坡面上后, 在重力作用下, 将遁两个通道向坡下运动。一个通道为地表径流, 另股通道为土壤中的壤中流。其结果将是山顶至坡脚, 土壤相同深度内的储水量渐次增大(表 12)。

表 12 安塞县纸坊沟老林场东向坡面上 3m 土层内土壤水分储量之比较

观测日期	观测项目	沿坡部位			
		山 顶	坡上部	坡中部	坡 脚
1988- 04- 29	贮水量/mm	368.0	372.0	347.2	539.7
	与山顶相比/%	100.0	101.1	94.0	146.7
1988- 11- 03	贮水量/mm	433.0	506.1	588.3	567.2
	与山顶相比/%	100.0	116.9	136.0	131.0

表 13 为在燕儿沟康家圪塔全坡面上的观测结果, 从表可以看出, 从山顶到沟底, 土壤水分同样存在渐次增多的规律, 因此, 今后在兴修基本农田时, 应将其配置在靠近村庄的沟坝地、沟台地、塌地和坡脚缓坡地上, 这类土地上土壤水分储量丰富, 水肥条件好, 离村近, 管理方便, 能获得高产稳产。而那种把水平梯田配置在山顶的作法是不可取的。

表 13 4 m 土层中土壤水分贮量沿坡之变化(燕儿沟中康家圪土旁支沟坡面)							mm
沿坡不同部位及农田类型	山顶疏林地	陡卯坡		坡中部坡式梯田	坡脚缓坡水平梯田	坡脚塌地	沟内坝地
		鱼鳞坑	水平沟				
贮水量/mm	586.6	583.3	557.5	721.7	752.0	882	1420.9
与山顶疏林地比较/%	100.0	99.4	95.0	123.0	128.2	150.4	242.2

3 水资源开发潜力与利用模式

3.1 水资源开发潜力

3.1.1 延安市水资源基本状况 延安市多年平均地表水资源 15.3 亿 m³, 地下水可采量 0.71 亿 m³, 全市平均产水模数为 4.32 万 m³/km², 为全省平均值的 20.1%。人均水资源量 905.2 m³, 为全国的 39.4%, 世界的 9.7%, 比陕西省人均数还少 384.8 m³。公顷均水资源 4 957.5 m³(以上报耕地计), 为全省的 38.9%, 为全国平均数的 17.9%, 为世界平均值的 14%。国际上将水资源丰富程度划分为丰富、脆弱、紧缺和贫乏四个级别(表 14)来进行评价, 延安市在人均水量方面属于紧缺级别, 而其开发利用率却又很低, 国际上认为实现现代化最低限度人均

水量需达到 1 000 m³, 这也说明, 延安市是属于资源性缺水地区, 但由于经济不发达, 其开发利用率还有待提高。

表 14 水资源丰富程度评价指标				
水资源丰富程度评价指标	丰富	脆弱	紧缺	贫乏
人均水量/m ³ ·人 ⁻¹	> 2000	1000~2000	500~1000	< 500
水资源利用率/%	< 15	15~25	25~50	> 50

3.1.2 水资源开发利用潜力较小 采用水资源负载指数来评价延安市水资源潜力, 该指数反映一个地区降雨、人口、灌溉面积决定水资源的需求量, 利用这三个因子与水资源量之间的关系, 来构造一个评价水资源利用程度和开发利用前景的数学模型。

表 15 延安市水资源利用及负载指数(根据 1990 年资料计算)						
地 区	人均水资源/ m ³ ·人 ⁻¹	公顷均资源量/m ³ ·hm ⁻²		人均用水量/ m ³ ·人 ⁻¹	水资源利用率/%	水资源负载指数
		上报耕地	区划耕地			
延安市	宝塔区	354.5	3195.0	877.5		9.2
	吴 旗	924.1	3129.0	927.0		5.14.9
	志 丹	1331.1	5971.5	1341.0		2.6
	安 塞	1084.6	5356.5	1431.0		3.4
	子 长	597.6	4822.5	1132.5		5.9
	延 川	613.8	2845.5	1129.5		
	延 长	461.6	2385.0	777.0		6.8
	宜 川	1665.7	8106.0	3882.0		1.8
	甘 泉	974.1	6478.5	2182.5		5.3
	富 县	875.3	5700.0	2799.0		6.0
	洛 川	483.0	2406.0	1650.0		11.3
	黄 龙	2899.9	14016.0	5362.5		1.0
	黄 陵	1142.3	7678.5	4882.5		4.7
	平 均	905.2	4957.5	1716.0	98.0*	5.8*
世 界	9360	2353		744	7.9	
中 国	2300	1851		453	20.2	2.6
陕 西	1290	850		240	18.6	4.8

* 邢大伟根据 1995 年资料计算。

其表达式为:

$$C=k \frac{PF}{W} \quad (4)$$

式中: C——水资源负载指数; P——人口(万人); F——灌溉面积(万 hm²); W——水资源量(亿 m³); k——与降雨有关的参数。

当降雨量 R 介于 400 和 800 mm 之间时,

$$k=0.9-0.2\cdot(R-400)/400 \quad (5)$$

延安市水资源负载指数计算结果列于表 15 中,

根据水资源负载指数分级标准(表 16)来看, 延安市水资源潜力不大, 要提高水资源开发利用率, 要修建骨干工程, 开发条件较困难。在延安市的 13 个县(区)中, 水资源负载指数>5 的有 7 个, 开发利用难度大。而在吴旗、志丹、安塞、宜川、黄龙和黄陵等地, 水资源负载指数为 1.0~4.9, 水资源开发条件较好, 尚有较大潜力。

表 16 水资源负载指数分级

级 别	C 值	水资源利用程度	水资源开发条件评价
	> 10	很高, 潜力不大	艰巨, 很困难, 有条件应从外流域调水
	5 ~ 10	高, 潜力不大	需修建骨干工程, 开发条件较困难
	2 ~ 5	中等, 潜力较大	需修建骨干工程, 开发条件中等
	1 ~ 2	较低, 潜力大	根据需要修建骨干工程, 开发条件较容易
	< 1	低, 潜力很大	兴建中小型工程, 开发条件好

表 17 延安市降水特点

地 区	多年平均降水量/ mm	4 ~ 10 月多年平均降水量/ mm	7 ~ 8 月多年平均降水量/ mm	多年平均< 5 mm 降水量/ mm	降水总量/ mm 占年总降水比例/ %
宝塔区	557. 5	508. 7	330. 8	81. 8	14. 6
延长县	565. 7	518. 1	345. 7		
延川县	492. 9	451. 2	302. 8		
子长县	517. 9	479. 6	329. 2	79. 9	15. 4
安塞县	505. 3	468. 0	320. 5		
志丹县	524. 7	487. 0	325. 0	86. 9	16. 6
吴旗县	497. 2	460. 6	310. 9	94. 6	19. 0
甘泉县	561. 4	511. 4	338. 6		
富 县	569. 9	515. 4	355. 5		
洛川县	615. 2	544. 8	336. 7	102. 3	16. 6
宜川县	577. 6	527. 2	345. 8	98. 0	17. 0
黄龙县	602. 4	550. 2	356. 8		
黄陵县	630. 8	566. 5	371. 9		

3. 2 降水资源潜力

3. 2. 1 降水的特点 延安市多年平均降水量492. 9 ~ 630. 8 mm。因受季风影响, 本区旱季、雨季分明, 4 ~ 10 月的降水量占全年降水总量的 88. 6% ~ 92. 6%, 7 ~ 9 月降水量占全年降水总量的 54. 7% ~ 63. 6%, 雨热同期, 有利作物生长发育。统计表明, 本区< 5 mm 的无效降水占年降水总量的 14. 6% ~ 19. 0%, 占有较大比例。

3. 2. 2 几种主要作物的需水量 作物需水量的获得, 一般有两种途径, 即通过灌溉实验站实测和利用气象站资料进行计算。后者以彭曼(penman)法为代表。用彭曼公式计算作物需水量值的表达式为:

$$ET_c=K_cET_0 \tag{6}$$

式中: ET_c ——作物某阶段或全生育期的需水量, (mm/d) 或 (mm); K_c ——某种作物某阶段或全生育期的作物系数值; ET_0 ——依彭曼公式计算的参考作物某阶段或全生育期的需水量, (mm/d) 或 (mm)。

延安市各县(区)的 ET_0 值计算结果如表 18。
作物系数 K_c 值是指在最适宜的土壤水分和肥力条件下, 在大田里生长的无病虫害作物的蒸发蒸腾量, 并在这一生长条件下能充分发挥生产潜力。影响作物系数的因素主要是作物种类、作物生长发展速度、生育期的长短以及生育期间的气候条件等。

通过计算, 已得到延安市宝塔区几种主要作物和一些牧草、灌木的需水量, 其结果列于表 19 之中。

表 18 延安市多年平均参考作物需水量值 mm/d (康绍忠资料)

县(区)	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8	9 月	10 月	11 月	12 月
宝塔区	0. 32	0. 75	1. 57	2. 56	3. 45	3. 95	3. 58	3. 04	1. 90	1. 09	0. 49	0. 19
子长县	0. 22	0. 63	1. 50	2. 59	3. 64	4. 14	3. 74	3. 04	1. 96	1. 13	0. 40	0. 11
延川县	0. 30	0. 70	1. 65	2. 70	3. 90	4. 30	3. 78	3. 30	2. 05	1. 05	0. 48	0. 13
延长县	0. 35	0. 74	1. 62	2. 66	3. 58	4. 06	3. 68	3. 25	1. 98	1. 12	0. 47	0. 15
安塞县	0. 30	0. 71	1. 54	2. 67	3. 42	4. 10	3. 71	3. 10	1. 91	1. 15	0. 51	0. 17
志丹县	0. 23	0. 64	1. 61	2. 70	3. 62	4. 11	3. 70	3. 09	1. 93	1. 09	0. 45	0. 13
吴旗县	0. 20	0. 60	1. 48	2. 46	3. 34	3. 70	3. 42	2. 87	1. 73	0. 95	0. 36	0. 10
甘泉县	0. 35	0. 76	1. 51	2. 55	3. 38	3. 89	3. 50	3. 00	1. 89	1. 05	0. 51	0. 19
洛川县	0. 41	0. 81	1. 63	2. 59	3. 45	3. 84	3. 63	3. 20	1. 94	1. 18	0. 55	0. 28
富 县	0. 26	0. 68	1. 57	2. 45	3. 27	3. 77	3. 55	3. 09	1. 82	1. 01	0. 42	0. 21
黄 陵	0. 51	0. 91	1. 80	2. 77	3. 59	4. 01	3. 54	3. 18	2. 02	1. 30	0. 70	0. 40
黄 龙	0. 42	0. 85	1. 67	2. 59	3. 34	3. 84	3. 53	3. 22	1. 98	1. 26	0. 62	0. 37
宜 川	0. 31	0. 77	1. 66	2. 69	3. 62	3. 97	3. 62	3. 17	1. 99	1. 19	0. 54	0. 23

表 19 延安市宝塔区几种主要作物和草灌的需水量

mm

作物名称	冬小麦	玉米	谷子	马铃薯	糜子	苹果	沙棘	沙打旺	山杨	刺槐
全生育期内需水量 ET_c/mm	451.7	522.8	439.5	416.3	381.9	512.0	562.7	568.8	598.8	579.5

3.2.3 旱作物生长期亏缺水量计算 延安市 70% 以上的农田分布在丘陵山坡上, 没有灌溉条件, 作物生长需水全靠降水补充。根据农田水量平衡方程可求得各县(区)主要作物生长期内的亏缺水量。对于旱作物:

$$W_n = \Delta W + ET_c - P_e - G - B - J \quad (7)$$

式中: W_n ——作物生长期内的亏缺水量, (mm); ET_c ——作物全生育期内的总需水量, (mm); ΔW ——生育期期末土壤储水量的变化值, (mm); P_e ——作物全生育期内的有效降雨量, (mm); G ——作物全生育期内的地下水补给量, (mm);

B ——水土保持措施(或农艺措施)所拦蓄的降水和径流量, (mm); J ——地表径流量, (mm)。

由于本区包气带厚度超过 50 m, 坡耕地农作物不能利用地下水, 所以(7)式中的 G 可视为零, 即:

$$W_n = \Delta W + ET_c - P_e - J - B \quad (8)$$

确定本区旱作物生长期亏缺水量的关键是(8)式中的有效降雨量 P_e 、土壤水分变化量 ΔW 、径流量 J 和水土保持措施对降水的拦蓄 B 等参数的确定。

(8)式中的有效降雨量 P_e , 是指 5 mm 的多年平均降水量。延安市宝塔区多年平均有效降雨量月分配如表 20。

表 20 宝塔区多年平均有效降水量月分配

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月降水量/mm	3.9	5.7	16.0	32.6	46.5	57.7	121.4	123.1	86.3	41.1	19.7	3.3
5mm 降水量/mm	1.6	1.0	10.3	25.5	38.1	48.2	110.4	113.9	77.4	34.2	14.5	1.1

根据对延安水土保持试验站、黄龙水土保持试验站和中国科学院安塞水土保持综合试验站径流小

区的观测资料统计分析, 不同水土保持措施对降水的拦蓄情况如表 21。

表 21 实施不同水土保持措施后坡地的径流量

观测地点	水土保持措施类型	坡面坡度/°	坡长/m	被覆度/%	年降水量/mm	多年平均径流量/mm	资料统计年限
中国科学院安塞水土保持综合试验站	水平梯田	20~30	60		388~586	0	1993~1995
	隔坡梯田	20~30	60		388~586	0	1993~1995
	水平阶密丛沙打旺草地	20~30	60	> 80	388~586	1.9	1993~1995
	30~35 龄刺槐林	25	45	70	388~586	0.75	1993~1995
	水平阶沙棘林	20~30	60	70	388~586	4.5	1993~1995
黄龙水土保持试验站	油松林地	32	22.1	70	480.8~748.1	0.93	1960~1967
	梢林区山杨林地	32	21	70~85	480.8~748.1	0.65	1960~1967
	密丛灌木林地	32	24	70~85	480.8~748.1	0.35	1960~1967
	天然密丛草坡	35	23.2~150	70~90	480.8~748.1	0.59	1960~1967
延安水土保持试验站	水平沟造林	27.5	31.7	50	381.7~861.1	6.30	1960~1963
	鱼鳞坑造林	29~30.5	26~33.7	50~85	381.7~861.1	8.36	1960~1967
	撂荒地	21~22	22.1~22.5		381.7~861.1	44.52	1960~1967
	坡耕地	20~20.5	20~22.8		381.7~861.1	45.8	1960~1967

90 年代中叶, 蒋定生等曾在安塞县墩滩中国科学院水土保持综合试验站, 开展了不同水土保持措施对降水在坡面上再分配的影响试验, 每年都观测了作物和植物生长期始末的土壤水分动态, 现从中挑选枯水(1995 年)、平水(1993 年)和丰水(1996 年)三种水文年型的土壤水分资料进行分析研究, 以确定不同作物和植物生育期始末的土壤储水量变化值。沙打旺牧草小区, 1992 年播种, 1994 年生殖生长旺盛期, 尽管这年降水为 453.1 mm, 属偏枯水年,

在分析时, 也将其收录参加平均。分析中, 农地(隔坡梯田、水平梯田、坡耕地)土壤水分储量计算深度为 3 m, 而植物(沙打旺牧草、沙棘、刺槐)土壤水分储量计算深度为 6 m, 苹果园水分计算深度为 2 m。每年土壤水分最早开始测定时间为 4 月上旬至 4 月下旬, 最晚测定时间为 10 月中旬或下旬。资料分析结果列于表 22 之中。从表 22 资料可以看出, 隔坡梯田和水平梯田作物生育期始末土壤储水量变化为正值, 水分增加, 其它均为负值, 土壤储水量逐年减少。

表 22 不同作物和植物生育期始末土壤储水量变化

年 份	1993		1994		1995		1996		三种年型平均		土壤储水
年降水量/m m	568. 0		453. 1		388. 0		624. 3		526. 8		变化值
生育期	始	末	始	末	始	末	始	末	始	末	
隔坡梯田	421. 4	466. 5			353. 5	367. 9	339. 7	419. 1	371. 5	417. 8	46. 3
(坡段种草)											
水平梯田	378. 8	446. 3			318. 6	355. 5	332. 5	399. 9	343. 3	400. 6	57. 3
坡耕地	393. 5	434. 4			364. 2	302. 9	294. 5	302. 1	350. 7	346. 5	－ 4. 2
水平阶沙棘林	839. 5	935. 1			604. 5	367. 9	345. 9	351. 1	599. 6	551. 4	－ 48. 2
水平阶密丛沙打旺	879. 4	878. 4	722	306. 1	369. 5	370. 5	271. 1	508. 7	560. 5	515. 9	－ 44. 6
35 龄刺槐林苹果园		427. 9			547. 1	504. 8	391. 7	461. 5		441. 5	－ 202. 2
								234. 5		252. 2	171. 1

根据表 20、表 21 及表 22 中的资料,可算出延安市宝塔区几种主要作物和植物生长期内降水补给的盈亏值。在表 23 中, Q 值表示 ET_c 与 W_n 的比值,用百分数表示。该值为正,表示降水有盈余;该值为负,表示降水不足作物生长需求,要亏缺。

表 23 延安市宝塔区在不同水土保持措施下几种作物生育期内降水补给的盈亏值

								mm
水土保持措施	项目	作 物						
		冬小麦	玉 米	谷 子	马铃薯	糜 子	苹 果	
坡耕地	ΔW			- 4. 2	- 4. 2	- 4. 2		
	ET_c			439. 5	416. 3	381. 9		
	P_e			351. 6	360. 7	330. 7		
	B			0	0	0		
	J			45. 8	45. 8	45. 8		
	W_n			- 137. 9	- 105. 6	- 101. 2		
	$Q/\%$			- 31. 3	- 25. 4	- 26. 5		
水平梯田	ΔW		57. 3	57. 3	57. 3	57. 3	17. 7	
	ET_c	451. 7	522. 8	439. 5	416. 3	381. 9	512. 9	
	P_e		367. 1	351. 6	360. 7	330. 7	405. 8	
	B		37. 9	36. 4	37. 3	34. 2	41. 9	
	J		0	0	0	0	0	
	W_n	- 251. 9*	- 60. 5	5. 8	39. 0	40. 3	- 46. 6	
	$Q/\%$	- 55. 8	- 11. 5	1. 3	9. 4	10. 6	- 9. 1	
隔坡梯田	ΔW		46. 3	46. 3	46. 3	46. 3		
	ET_c		522. 8	439. 5	416. 3	381. 9		
	P_e		367. 1	351. 6	360. 7	330. 7		
	B		66. 1	64. 8	65. 5	62. 4		
	J		0	0	0	0		
	W_n		43. 3	23. 2	56. 3	57. 5		
	$Q/\%$		8. 3	5. 3	13. 5	15. 1		

* 康绍忠资料。

表 23 列举了几种作物生育期内在不同水土保持措施下降水补给的盈亏数值。可以看出,在坡地种植谷子、糜子和马铃薯等作物,由于水土流失原因,上述作物在生育期内将缺水 101. 2 ~ 137. 9 mm,降水不足数量占作物生育期需水量的 25. 4% ~ 31. 3%,水分是作物生长的主要限制因素,不能获得稳产和高产。而在水平梯田上种植,由于消除了水土流失,加之坡地变成平地,承纳的雨量也将增多 10% 左右,除玉米而外,其它三种作物在整个生长期将盈余降水 5. 8 ~ 40. 3 mm,占作物生育期内需水量的 1. 3% ~ 10. 6%,为水平梯田稳产高产创造了条件。对玉米而言,可通过覆盖地膜等农艺措施,藉以减少棵间无效蒸发,来弥补降水资源的不足。设若采用隔坡梯田(平坡比 1 : 1),坡段种草牧

草)工程措施,由于坡段径流向水平田面汇集,实现雨水富集叠加利用,这时,种植玉米、谷子、糜子和马铃薯,在作物生育期内,将出现 23.2~57.5 mm 的降水量盈余,其值为作物生育期需水量的5.3%~15.1%。栽植在水平梯田上的山地苹果园,年平均缺水 46.6 mm,占苹果树需水量的 9.1%,如果采用隔坡梯田种植,则降水大体上能满足苹果树的生长需求。由此可见,在黄土丘陵沟壑区,修筑梯田,强化降水就地拦蓄入渗,应是水土保持的主导措施。

3.2.4 林、草生长期亏缺水量计算

表 24 在不同水土保持措施下宝塔区几种植物生长期降水补给的亏缺值 m m

水土保持措施	项 目	植 物			
		30~40 龄梢林区山杨林	35~38 龄人工栽植刺槐林	沙棘密林	沙打旺牧草
天然峁坡	ΔW	- 35.3	- 20.2		
	ET_c	598.8	579.5		
	P_e	410.3	410.3		
	B	0	0		
	J	0.65	0.75		
	W_n	224.5	190.2		
	$QI\%$	- 37.5	- 32.8		
水平阶整地造林 种草	ΔW			- 48.2	- 44.6
	ET_c			568.8	562.7
	P_e			410.3	401.2
	B			42.4	41.5
	J			4.5	1.9
	W_n			168.8	166.5
	$QI\%$			- 29.7	- 29.6
宽深竹节形水平 沟整地造林种草	ΔW			- 48.2	- 44.6
	ET_c			568.8	562.7
	P_e			410.3	401.2
	B			70.6	69.7
	J			0	0
	W_n			136.1	136.4
	$QI\%$			- 23.9	- 24.2

在天然峁坡上,开挖水平阶或宽深竹节形水平沟整地栽种沙棘和沙打旺豆科牧草时,年亏缺水量 136.1~168.8 mm,占这些植物在生育期中总需水量的 23.9%~29.7%。

3.3 水资源利用模式

本区属资源性缺水地区,水利化程度也很低。为了加快生态环境建设的速度和增加农民的收入,必须强化对雨水资源和河川径流的利用率。除了继续目前的坡改梯工程,就地拦蓄入渗雨水资源模式而外,还可推广下列几种利用雨水和河川径流模式。

3.3.1 开挖水窖,拦蓄荒坡、道路、庭院等地径流易利用雨水资源

水窖的配置模式可采用山顶光

沙打旺、沙棘、山杨、刺槐等植物生长期降水补给的亏缺情况计算结果列于表 24 中。由表可以看出,在天然峁坡上不整地栽植山杨和刺槐,当生长到 30~40 龄后,年亏缺降水 190.2~224.5 mm,占其生长期需水量的 32.8%~30.5%,这时由于水分亏缺,树木生长需从土壤深层吸取水分补充致使土壤在 5 m 以下形成土壤干层;同时,林木生长处于缓慢生长或停止生长阶段,杨树树梢开始枯萎死亡。因此,在峁坡上造林,要合理控制林木密度,并实行乔灌木梯层结构配置,以减少林木对土壤水分的消耗。

头式;单点式和葡萄串式等种。

山顶光头式,是指在山顶开挖埋藏式水窖,山顶地面处理为集流场。集流场可采用三合土夯实,素土夯实或素混凝土铺面等。集流场的大小可根据峁坡用水量而定,窖的容积可选用 200~800 m³。

单点式,是指在庭院、打谷场或荒坡上开挖单个水窖,收集硬地面雨水,供人畜饮水,浇灌果园和造林种草之用。

葡萄串式,是指沿梯田道路、乡村公路、国道公路两侧开挖连串水窖,收集道路径流,浇灌农田。

3.3.2 支沟修建截潜流工程,拦蓄河道潜流,提水浇灌沟台地和山坡果园

黄土丘陵区,沟道密布,沟

道中洪水径流和枯水径流比值大, 多为间歇性溪流。枯水时, 沟中溪流潜入沙卵石层中。这时, 若在沟道中垂直水流溪线, 兴建截潜流工程, 拦蓄渗水, 进行提水灌溉, 是开发沟道水资源一种较好模式。“九五”期间, 我们在宝塔区燕儿沟的赵庄和庙后, 兴建两处截潜流工程, 提水浇灌沟台地上的大棚菜和山坡苹果园, 效果很好。

3.3.3 川道干流上, 发展小型提水灌溉工程. 推广小畦灌和喷灌等节水灌溉技术, 扩大川地灌溉面积
延安市现有川地面积 9.828 7 万 hm^2 , 而水浇地仅 2.472 9 万 hm^2 , 水利化程度为 25.16%, 还有较大潜力。鉴于目前陕西省的经济发展水平和坝址条件限制, 要在延河、洛河及其主要支流上兴建大型蓄水灌溉兴利工程, 一时还难以实现。因此在延河、洛河及其主要支流上兴建小型提水灌溉工程和推广移动式喷灌和小畦灌溉, 应是扩大延安市川地灌溉面积的首选技术措施。

4 结 论

(1) 延安市梢林区, 由于植被完密, 地面枯落物深厚, 土壤入渗速率极快, 植被可将 91.5% ~ 99.0% 的降水就地拦蓄入渗。随着植物的生长发育, 枝叶蒸腾旺盛, 降水已不能满足其生长发育的需求, 需从深层土壤中吸取水分, 每年需从 5 m 以下土层中吸取土壤储水 42.3 ~ 146.5 mm, 以供生长消耗, 5 m 以下土层含水量接近土壤凋萎湿度, 形成土壤干层。

(2) 在农区, 在坡地上修筑水平梯田, 隔坡梯田, 或者退耕还林(乔木和灌木)还草(种植沙打旺豆牧草), 均能收到拦蓄降水, 减少冲刷的效果, 而以隔坡梯田和水平梯田效果最佳。在坡地上栽植刺槐、沙棘和沙打旺, 深层土壤储水量将很快被消耗。观测表明, 沙打旺生长第 3 年, 1 ~ 3 m 土层内的土壤水分已接近凋萎湿度。刺槐林地这一深度的土壤水分含量约及 6%, 相当于田间持水量的 30%, 建设植被导致深层土层水分干燥化的现象, 应引起我们在生态环境建设中高度重视。

(3) 根据从山顶至沟底的全坡面土壤水分观测结果表明, 4 m 土层深度土壤储水量呈现出自山顶至沟底渐次增多的变化规律。因此, 本区今后在基本农田建设中应充分利用这一规律, 将基本农田配置在离村较近的沟坝地、沟台地、塌地和坡脚缓坡地上, 且忌将基本农田修到远离村庄的山顶上。

(4) 延安市水资源储量在人均水量方面属于紧缺级别, 而其开发利用率却又很低。计算表明, 宝塔区、子长县、延川县、延长县、洛川和甘泉县、富县等县(区), 水资源负载指数已大于 5.0, 开发潜力不大; 吴旗、志丹、安塞、宜川、黄龙和黄陵等县的水资源负载指数尚小于 5.0, 水资源开发条件较好, 还有较大潜力。

(5) 分析表明, 在水平梯田上种植玉米和冬小麦, 将缺水 60.5 ~ 251.9 mm, 相当于作物全生育期内需水量的 11.5% ~ 55.8%; 在水平梯田上种植谷子、马铃薯、糜子, 将富余降水 5.8 ~ 40.3 mm, 相当于上述作物全生育期内需水量的 1.3% ~ 10.6%。玉米采取覆膜种植技术, 减少棵间无效蒸发, 大体可以满足其水分需要。在水平梯田上栽植苹果, 其全生育期内亏缺水量为 46.6 mm, 相当于苹果树全生育期内需水量的 9.1%。若在隔坡梯田上种植玉米、谷子、马铃薯和糜子, 全生育期内将富余降水 23.2 ~ 57.5 mm, 相当于上述作物全生育期内需水量的 5.3% ~ 15.1%。

(6) 在天然砭坡上无水土保持措施情况下栽植山杨和刺槐, 当其达到 30 ~ 40 龄时, 由于蒸腾强烈, 植物将缺水 190.2 ~ 224.5 mm, 相当于全生育期内生长发育需水量的 32.8% ~ 37.5%。采取水平阶或开挖宽深竹节形水平沟营造沙棘林或种植沙打旺牧草, 水分亏缺量为 136.4 ~ 168.8 mm, 相当于这两种植物全生育期内需水量的 32.9% ~ 29.7%。因此, 在本区丘陵砭坡建造植被, 除需进行工程整地外, 还应选择适生树种和草种, 控制栽植密度, 减少植物对深层土壤水分的过量消耗, 永续利用降水资源。

参考文献

1 蒋定生, 等编著. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997
2 陕西省水利水土保持厅, 西北农业大学. 陕西省作物需水量及分区灌溉模式[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992