

# 杏子河流域的土壤水分资源与利用评价<sup>\*</sup>

杨文治 韩仕峰

(中国科学院西北水土保持研究所)

侯宝华

(陕西省志丹县农业科学研究所)

黄土丘陵区的土壤水分资源及其存储特征,较之黄土塬区和冲积平原地区有着许多不同的特点。现以陕北延河支流杏子河流域为例,对黄土丘陵区的土壤水分资源加以评价,以期对这一地区农、林、牧生产有所裨益。

杏子河流域的地貌形态属梁峁状黄土丘陵区。区内地形主要为古地形所控制。古地形基础为第三纪形成的丘陵,广泛为第四纪黄土所覆盖。黄土总厚度为150—180米,地层内含有古土壤条带。杏子河两侧普遍发育三级阶地,其相对高差为100—300米,自下游至上游逐渐增大。下游有较宽阔的阶地分布,为该流域较好的农田。

流域内的梁峁地貌类型可以以侵蚀形成的谷缘线为界,分为两大单元,即沟间地与沟谷地。全流域沟间地与沟谷地的面积比例,约各占一半,下游沟谷地面积约占流域面积的60%左右,上游正好相反。下游地面切割密度大于上游。沟间地按形态可分为梁、峁、屹塔等;沟谷地由谷坡地、阶地、河床、沟槽,以及局部的崩塌滑坡体组成。

流域内多年平均降水量452.3—560.2毫米,自上游至下游逐渐增加,上下游相差100毫米左右。区内干燥度1.48—1.58,属半干旱气候。

## 一、杏子河流域的土壤性征

杏子河流域的地带性土壤为黑垆土,但由于长期土壤侵蚀的结果,黑垆土现仅残存于梁、峁顶部分水鞍及沟掌处,分布范围广,但面积不大。区内主要耕种土壤为黄绵土、硬黄土和红胶土,其中以黄绵土所占面积最大,约占流域总面积的76.5%。

从上述四种土壤的颗粒组成分析结果得知,粉粒级是流域内分布面积最大的几类土壤颗粒组成的主体粒级。在粉粒级中,又以粗粉粒(0.05—0.01毫米)的含量最高,其值变动于38.84—57.10%之间;中粉粒(0.01—0.005毫米)和细粉粒(0.005—0.001毫米)的含量为9.94—18.00%。上述三种粉粒级颗粒的总和要占颗粒总量的51.60—73.34%。其次为细砂粒(0.25—0.05毫米),其含量变动于12.16—40.76%之间。

黄绵土的粉粒含量,自上游至下游逐渐增加,由51.60%增至71.34%,而细沙粒级渐次减少,由40.76%降至18.71%;其物理粘粒(<0.01毫米),自上游至下游亦逐渐增加,由17.44%增至24.08%。按土壤质地分类,黄绵土在流域的上游为沙壤土,志丹县张渠公社以南的中、下游地段为轻壤土。

• 冯秉琦同志参加部分分析工作。

黑垆土比黄绵土的物理粘粒含量高出7—11%，流域的中、上游为轻壤土，下游为中壤土。

硬黄土的物理粘粒含量，上、下游变幅较小，为31.40—34.84%，粘粒含量上、下游分别为15.00%和17.12%，但其细砂粒含量，上游却较下游高出一倍左右。按土壤质地分类，整个流域的硬黄土均为中壤土，但就土壤颗粒组成的组配情况来看，流域内几类主要土壤质地具有由西北向东南渐次变细的趋势。

杏子河流域的不同土壤剖面特征，总的说来，仍保持着显明的黄土母质所固有的特点，全剖面质地均一，疏松多孔；但从几个测定指标看，不同土壤之间由于成土过程不同，仍表现出一定的差异。表1所列资料表明，黑垆土的结构状况较好，疏松、容重小，总孔隙度稍高，土体构造较好。黄绵土的毛管孔隙稍高，而硬黄土的非毛管孔隙稍高。红胶土由于粘粒含量高达75.10%，土体坚实，总孔隙度低于其他几类土壤，其生产性能较差。

表 1 四种土壤的结构与孔隙特征

土 壤	结构状况	比 重	干 容 重 克/立方厘米	总孔隙度(%)	*毛管孔隙	非毛管孔隙	毛管孔隙
					(%)	(%)	非毛管孔隙
黄绵土	团 块	2.79	1.23	55.91	53.30	3.61	14.49
硬黄土	团 块	2.78	1.25	55.00	49.86	5.14	9.70
黑垆土	小团块一块	2.74	1.18	56.93	51.50	5.43	9.48
红胶土	块状	2.77	1.35	51.26	—	—	—

\* 根据贾恒义资料

土壤的颗粒组成与剖面特征对土壤水分性质及其持蓄特征有着深刻影响。因此，通过上述土壤颗粒组成和剖面特征的分析，对了解不同土壤的水分物理特征，以确定不同利用途径有着重要意义。

## 二、土壤的持水能力

土壤含有大量大小不同的孔隙和粒级组配各异的无数颗粒。土壤的持水能力正是受着这些大小不同的孔隙和颗粒组成的制约，而表现出某些差异性。杏子河流域几种主要土壤的持水能力的差异，表现在两个方面：一是同一土壤类型的持水能力，在流域上、中、下游有规律的变化；二是同一地段不同土壤类型持水能力的差异性。

就同一土壤类型的持水能力来看，土壤的田间持水量具有由上游向下游逐渐增加的趋势。这一有规律的变化趋势是与土壤质地的粗、细和剖面特征密切关联着的。黄绵土的田间持水量，上游为17.2%，到下游增至18.4%，硬黄土由19.0%增至21.9%，黑垆土由18.5%增至22.2%；其增加幅度分别为1.2%、2.9%和3.7%，以黑垆土的变幅最大。在田间持水量条件下，上下游2米土层的储水量可相差92毫米；就是说，下游较上游每亩可多储水61立方米。若将2米土层的储水量与年平均降水量加以对比，流域下游硬黄土与黑垆土的2米土层储水量略高于年平均降水量，其值分别为547.5和523.9毫米；而在流域的中、上游这二种土壤的田间持水量均小于年平均降水量。在整个流域内，黄绵土的2米储水量均小于年平均降水量。

再就同一地段不同土壤类型的持水能力来说，黄绵土的田间持水量最低，在中游河段，其值为17.7%；而硬黄土的测值为19.0%，黑垆土和红胶土的测值分别为19.7%和22.1%。

综上所述，杏子河流域土壤的持水能力，无论从整个流域看，或是从同一地段不同土壤类型看，黄绵土的持水能力最低，而此种土壤在整个流域内所占面积却高达76.5%。这是在评价杏子

河流域土壤供水条件和规划林草建设时应该注意的一个问题。

这里需要指出的是，土壤的持水能力的高低只能反映土体内可能存储水分的最大数量，但直接关系农作物、林木和草类生长的，是在最大可能水分储量中能够提供对植物有效水分的多寡。我们把田间持水量与凋萎湿度之差作为“有效水范围”。由表2看出，杏子河流域不同土壤的“有效水范围”依然表现出自上游至下游有规律的变化。这种规律性表现为：1、黄绵土、硬黄土和黑垆土的有效水储量均在300毫米以上，而以黄绵土的有效水储量最低；2、同一土壤类型的有效水储量在流域上、下游，黄绵土测值变幅为29.5毫米，硬黄土测值的变幅为72.5毫米，黑垆土为87.3毫米。硬黄土和黑垆土的测值变幅，下游明显大于上游，黄绵土的变幅相对较小；3、在同一地段不同土壤的有效水储量，在下游硬黄土和黑垆土与黄绵土的测值之差，分别为60.8和51.7，即相当于每亩多储存40.5立方米和34.4立方米有效水；而沿河上溯，其间的差值明显减小，有效水储量大体处于同一含量水平；4、红胶土由于凋萎湿度较高，因而使其有效水储量显著低于其它三类土壤。

表2 杏子河流域几种土壤的持水性能比较 (以200厘米土层深度计算)

土 壤	平均容重 克/立方厘米	田间持水量		凋萎湿度		有效水		备 注	
		干土重%	毫 米	干土重%	毫 米	干土重%	毫 米		
黄绵土	1.23	上游	17.2	423.1			13.2	324.7	
		中游	17.7	435.4	4.0	98.4	13.7	337.0	
		下游	18.4	452.6			14.4	354.2	
硬黄土	1.25	河以源上	19.4	485.0			14.1	352.5	河源以上系 距杏子河河 源区50公里 的席麻湾
		中游	19.0	475.0			13.7	342.5	
		下游	20.7	517.5	5.3	132.5	15.4	385.0	
		下游	21.9	547.5			16.6	415.0	
黑垆土	1.18	上游	18.5	436.6			13.5	318.6	
		上游	19.8	467.3			14.8	349.3	
		中游	19.7	464.9	5.0	118.0	14.7	346.9	
		下游	22.2	523.9			17.2	405.9	
红胶土	1.35	22.1	596.7	16.6	448.2	5.5	148.5		

这里所指的土壤有效水储量，系反映土壤可能提供的对植物有效的最大可能的水量。但是，实际上由于区内土壤水分上行蒸发活跃，经过降水，土层被补偿的水分又很快丢失，而达到稳定湿度（接近毛管联系破裂湿度）状态，其测值仅相当于田间持水量的50—60%。在这种情况下，土体内常年所能含蓄的有效水量大大小于上述有效水最大可能储量，而使植物生长经常处于水分供应亏缺状态。此种情况愈向上游，反映得愈益明显。红胶土虽具有较高的持水能力，但由于有效水的可能最大储量仅为148.5毫米，因此就供水条件来说，红胶土对农林牧生产的限制性更大。

### 三、流域断面的土壤水分分布特征

在黄土丘陵区，当评价一个流域的土壤水分资源特征时，既应考虑不同坡向能量收入的多寡

所引起的土壤失水强度的大小，亦应考虑由于侵蚀强度不同所引起的沉积时期各异的黄土母质的出露情况。

杏子河由西北向东南延伸100多公里，上下游的土壤侵蚀强度明显不同，致使不同地形部位的土壤类型也表现出某种差异。例如，在上游，梁峁顶部残留有面积较广的侵蚀程度不同的黑垆土，而在下游，黑垆土只有零星分布，梁峁顶部多为黄绵土所覆盖，在一些低位梁峁顶部则为硬黄土。不同土壤类型的这种分布特征反映在土层自然含水量上。图1分别列出自上游至下游四个大断面土壤剖面的等湿度线。可从图1看出，在流域纵向上土壤湿度变化的某些规律性。从杏子河流域土壤湿度的纵向分布看，自中游杏河大断面至下游茶坊大断面，从上而下土壤湿度有明显增大的趋势（如图1—A、B、C）。而上游的大路沟断面，由于残存的黑垆土分布较广，在测定断面上分布有此种类型土壤的部位，其土壤湿度明显高于中下游部分（图1—D）。再从土壤湿度在流域横断面上的分布看，如图2所示，自上游至下游，一、二、三级阶2米土层土壤

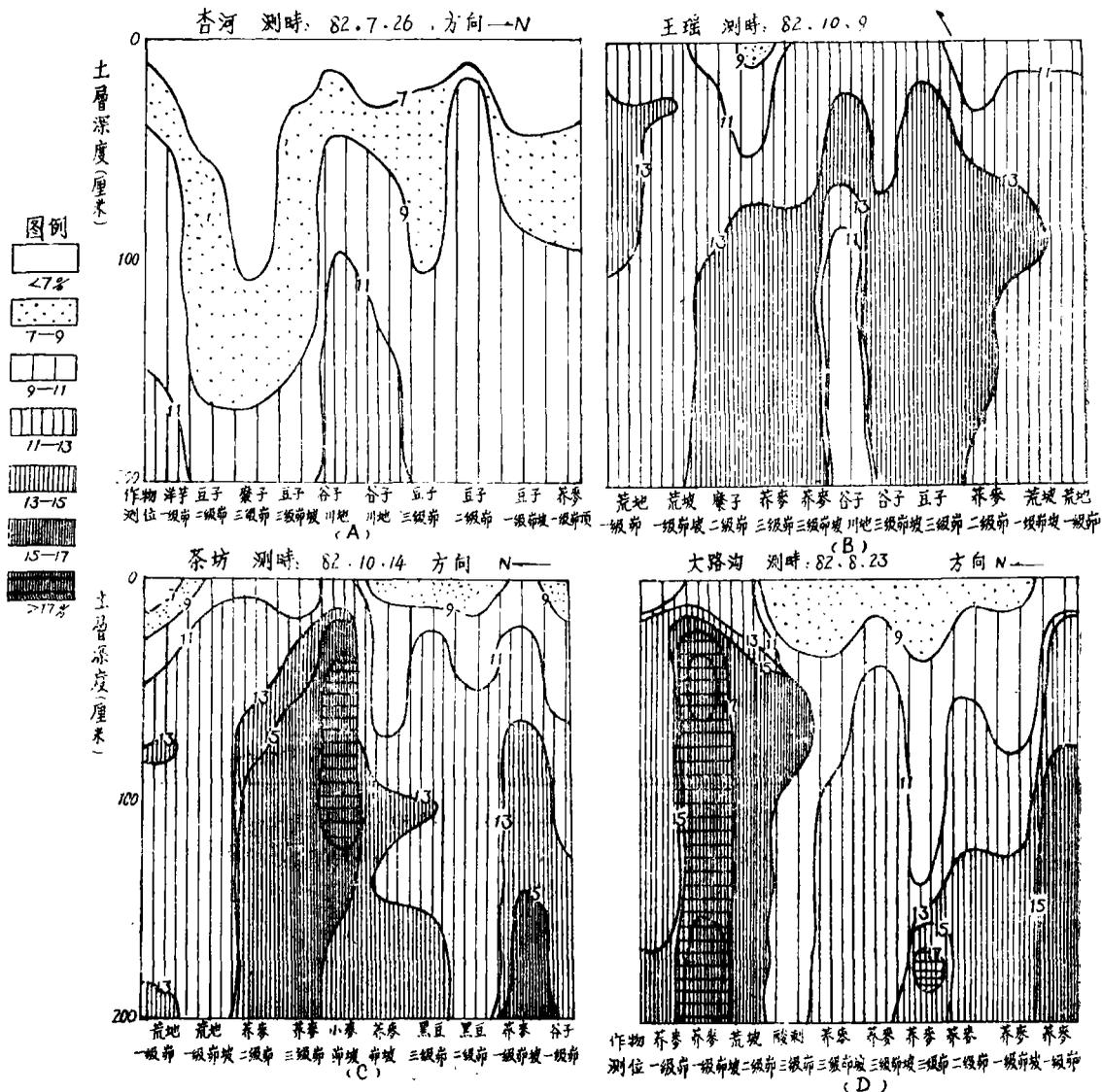
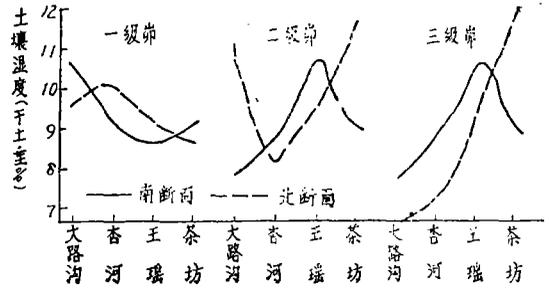


图1 大断面土壤水分等值线图

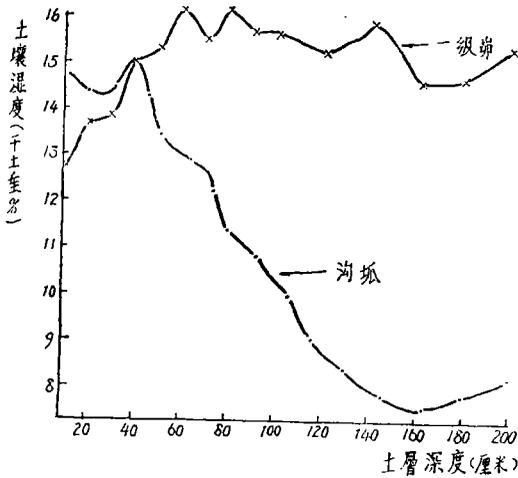
湿度的平均值的变化的甚是明显的。

由图2可见，不同坡向各级梁阶的土壤湿度，阳坡与阴坡的测值，高低交错，并不像一般概念认为阴坡的土壤湿度都要高于阳坡，但实际上往往会出现相反的情况。这种现象，在杏子河这一特定的情况下，主要取决于不同沉积时期黄土母质出露的情况。在黑垆土和硬黄土出露的部位，因其持水能力较高，而明显地反映在各级梁阶的自然含水量上。

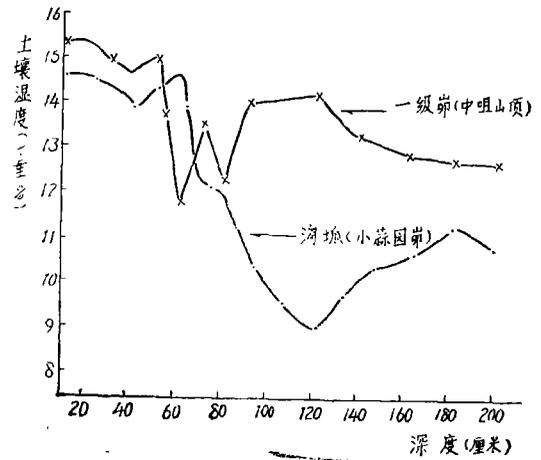
再是支沟横断面的土壤水分分布情况。杏子河流域的支沟走向大致为南—北方向，断面坡向多属半阴半阳，沟谷狭窄，上缓下陡，在相同的降水条件下，上部缓坡较下部陡坡更利于接纳降水，入渗补给土层储水。在这种情况下，上部较缓的地形部位的土壤湿度高于下部较陡的地形部位的测值，一级阶的2米土层不同层次的自然含水量明显高于沟壑相应层次的测值（图3）。在其他各级地形部位，二种坡向的2米土层的平均自然含水量的测值均十分相近（图4）。但是在下游塌地分布面积较大的地段，支沟断面土壤湿度则出现独特的情况，如图5。在塌地上，下湿地分布部位的土壤湿度可超过田间持水量，处于饱和持水量状态。



(2米土层经降水量校正后的平均值)  
图2 杏子河流域横断面土壤温度变化

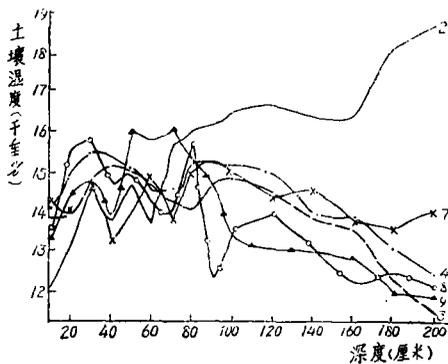


坡向S—E50°



坡向N—E50°

图3 杨渠断面土壤温度曲线



- 2—一级阶坡 } 坡向S—E50°
- 3—二级阶坡 }
- 4—三级阶坡 }
- 7—三级阶坡 } 坡向N—E50°
- 8—二级阶坡 }
- 9—一级阶坡 }

图4 杨渠断面不同地形部位的土壤温度

#### 四、不同土地类型土壤水分的分布特征

杏子河流域属典型的黄土丘陵区，由于丘陵地形起伏多变，从而造成区内复杂多样的土地类型。土地是农、林、牧业生产的基础，而土壤的供水条件又是土地生产力的关键性限制因素。因此，了解不同土地类型的土壤水分分布特征，对合理利用土地，采取与土地类型的土壤水分生态条件相适应的措施，有着十分重要的意义。

下面将区内几种主要土地类型的土壤

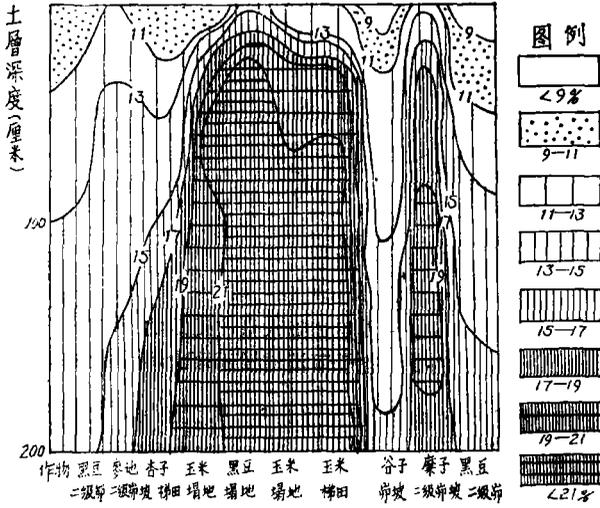


图5 沿河湾公社寺峡峁土壤温度等值线

水分条件的特点作简要讨论。

1、**峁顶与峁坡**。如表3所示，峁顶土壤湿度，一般都低于峁坡不同层次的土壤湿度；有的测点虽有相反的情况，但其差异不甚明显。此种情况，主要是由于峁顶处于最高的地形部位，风力较强，土壤蒸发强烈，再是受水来源的差异，峁顶只承受降水就地入渗，而峁坡除降水就地入渗外，还有峁顶径流的补给入渗，因而提高了土层的水分含量。因此，从土壤水分条件来看，峁坡要优于峁顶，在林草措施布局上，峁顶适于发展人工永久草地或灌木薪炭林，而不宜于栽植乔木和辟为农田。

表 3

峁顶与峁坡的土壤水分条件对比

(干土重%)

深度(厘米)	茶坊后山峁		寺峡峁杜梨圪塔		王瑶陈家山脑畔		招安周屯沙头峁		大路沟上山脑畔	
	峁顶	峁坡	峁顶	峁坡	峁顶	峁坡	峁顶	峁坡	峁顶	峁坡
0—10	8.1	10.5	8.6	13.1	10.5	10.6	10.9	9.6	10.7	13.0
10—20	9.0	10.5	9.6	16.4	12.1	12.5	11.2	10.8	17.3	15.7
20—30	9.7	11.5	10.4	18.1	11.7	12.5	11.8	11.6	14.2	18.1
30—40	8.7	11.1	10.9	18.3	12.3	13.1	11.6	11.9	13.1	20.3
40—50	9.7	12.6	12.1	19.5	12.3	12.3	12.6	13.3	13.5	19.7
50—60	10.2	12.7	12.2	18.7	12.7	11.8	12.1	13.5	14.0	19.8
60—70	12.3	13.9	12.9	19.7	12.5	13.3	11.5	13.8	14.4	18.5
70—80	13.4	14.4	13.2	19.9	11.8	13.7	11.0	15.0	13.6	18.3
80—90	11.7	14.1	13.5	19.0	12.3	13.5	13.1	14.7	13.7	17.0
90—100	12.3	14.7	14.1	18.8	12.8	13.1	13.1	14.7	14.5	17.0
100—120	12.8	14.7	14.4	18.5	11.8	11.5	12.2	16.1	13.2	17.8
120—140	14.1	15.0	15.5	19.9	11.8	12.9	13.6	14.1	13.7	18.5
140—160	14.2	16.5	15.7	20.1	11.5	12.6	13.5	16.0	12.7	21.0
160—180	14.3	17.7	16.1	19.1	11.2	12.9	14.1	16.8	16.3	20.1
180—200	14.7	18.1	16.7	18.4	11.0	12.6	14.1	16.9	15.5	20.1

2、**塌地**。塌地在杏子河流域的上游和下游分布面积较广（塌地分活动性塌地和较稳定的塌地两种）。由于塌地所处位置、下伏土层条件以及地面形状的差异，其土壤水分条件也明显不同，如表4所示。

表4资料说明，在下游的寺岷岷大队，基岩部位较高，岩面滞水作用强，因此塌地的土壤湿度很高。在凸形塌地上，其测值与田间持水量相近；而在凹形塌地上，其测值超过田间持水量，达到毛管饱和水状态。在上游的李雄塌沟内，由于土层较厚，其土壤的自然含水量与崩坡近似。由于塌地所处部位一般较低，地面坡度较缓，土壤水分条件一般要优于其它地块，因此塌地是一种宜于建设基本农田的土地类型。

3、**沟掌地**。沟掌地是沟道沟头的径流集中部位，在没有沟头防护设施情况下，此种土地类型深受沟头溯源侵蚀危害。因此，这种土地类型是沟道溯源侵蚀防治的关键部位。一般来说，凹形沟掌地的土壤湿度稍高于凸形沟掌地的测值，同时这二种土地类型的土壤水分条件较之海拔高度相近的二级梁地和无灌溉条件的沟台地的土壤水分条件要优越一些（如表5）。因此，在这种土地类型上采取沟头生物治理措施，因土壤水分条件较为优越，易获成功。

表4 塌地土壤水分条件  
(干土重%)

深度(厘米)	寺岷岷大队			李雄塌沟	
	凸形地面	凹形地面	小塌子	一级塌地	二级塌地
0—10	12.1	16.7	9.1	4.8	6.1
10—20	15.8	20.4	13.7	6.7	8.5
20—30	19.6	25.3	20.4	7.7	9.9
30—40	20.4	23.7	17.8	8.4	7.8
40—50	20.4	24.8	20.7	9.0	9.5
50—60	20.4	23.1	22.8	9.8	11.7
60—70	21.5	23.6	23.0	10.5	12.1
70—80	22.5	23.8	22.3	10.6	12.9
80—90	21.7	24.9	19.4	11.4	12.3
90—100	22.2	26.1	19.7	10.9	13.4
100—120	20.7	25.7	20.5	11.0	11.0
120—140	24.5	25.8	20.8	10.3	12.0
140—160	24.7	26.1	20.4	11.0	10.8
160—180	25.0	29.3	19.6	12.0	10.8
180—200	24.0	29.3	19.9	11.2	10.9

表5 沟掌地的土壤水分条件 (干土重%)  
(地点: 中庄)

深度	凸形坡	凹形坡	二级梁
0—10	11.5	13.4	12.0
10—20	13.4	14.3	12.7
20—30	13.4	13.6	12.5
30—40	13.8	13.0	13.5
40—50	13.8	15.5	14.2
50—60	13.9	15.4	14.0
60—70	12.9	13.7	13.2
70—80	12.9	14.0	12.0
80—90	13.1	11.7	7.7
90—100	11.2	8.0	5.1
100—120	10.7	—	5.8
120—140	9.7	8.0	6.2
140—160	9.2	9.4	7.0
160—180	9.0	9.3	7.0
180—200	8.2	7.5	7.6

海拔高度：凸形坡和凹形坡——1,450米，  
一级梁——1,470米

4、**水平梯田**。水平梯田是防治水土流失的有效措施，也是山旱地的基本农田。据调查，上下游水平梯田的土壤水分条件均优于未修水平梯田的崩坡和崩顶，尤其修筑于塌地凹形部位上的水平梯田，其土壤湿度几乎常年都维持在较高的湿度水平上（如表6）。

所以，水平梯田，特别是上游水平梯田的单产很低，有的产量甚致低于坡耕地，其关键在于土地严重缺肥，而水分则是第二位的限制因素。因此，只要在现有基础上增施、深施有机肥和适量化肥，发挥“以肥调水”作用，作物产量当会明显提高。

5、**坝地**。坝地是黄土丘陵区一种抵御干旱威胁能力最强的旱作高产基本农田，也是用洪用

念、进行沟整治理的有效的水土保持工程措施。坝地在土壤水分条件方面是最优越的一种土地类型。但坝地自临坝部位上溯，在坝地纵向同一土层的土壤湿度并不是均一的，而是临坝部位、坝地中部与尾部有着非常明显的差异（表7）。

由表7资料可见，坝地尾部的土壤湿度已处于土壤饱和持水量状态，甚至高于这一湿度水平。因此，坝地的这种部位常常是坝地发生盐渍化现象的部位，因而降低了坝地的可利用面积。

**表6 水平梯田与崩顶、崩坡  
土壤湿度比较(干土重%)**

深 度 (厘米)	下游寺峡峁大队			上游李雄塌沟	
	梯田	崩坡	崩顶	梯田	崩坡
0—10	9.1	12.0	9.7	9.2	3.7
10—20	10.3	12.7	10.7	7.8	6.7
20—30	11.2	12.8	10.9	10.8	7.5
30—40	11.2	13.7	11.2	12.1	8.3
40—50	12.6	14.9	11.8	12.6	8.9
50—60	13.4	14.5	12.3	12.6	9.4
60—70	14.6	14.7	12.4	12.3	9.9
70—80	14.8	14.5	12.1	12.9	10.3
80—90	14.8	14.5	13.0	13.7	12.9
90—100	15.4	15.3	13.3	13.4	12.0
100—120	16.0	15.4	13.6	13.4	10.6
120—140	17.3	15.0	13.2	13.3	11.6
140—160	17.5	15.3	13.1	14.0	10.9
160—180	18.4	16.1	13.4	17.1	9.9
280—200	18.9	16.4	13.7	17.8	9.9

**表7 坝地土壤湿度  
(王瑶公社寺沟, 干土重%)**

深 度 (厘米)	临坝部位	坝中部位	坝地尾部
0—10	10.5	12.3	19.7
10—20	13.5	12.8	25.0
20—30	13.8	10.8	20.1
30—40	17.6	15.6	18.9
40—50	15.1	15.5	27.6
50—60	16.7	13.4	26.1
60—70	18.9	11.9	28.3
70—80	16.7	12.0	27.2
80—90	14.3	13.5	29.1
90—100	18.3	14.3	28.3
100—120	17.6	20.9	29.8
120—140	16.8	15.1	29.6
140—160	18.0	14.6	19.2
160—180	17.5	18.9	22.5
180—200	18.9	18.7	19.0

## 五、土壤深层储水及其利用

### (一) 土壤深层储水的特征

土壤深层储水，反映着区域土壤水分状况和水分循环与补偿特征。它取决于各年降水的丰歉、土壤持水能力的强弱和植物对土壤水分的吸取与消耗。

据调查，杏子河流域上、中、下游土壤深层储水特征与不同沉积时期的黄土母质及其埋藏深度有着密切关系。10米深土层的水分割面，在土壤母质相同、物理性状近似、质地均一的情况下，除4—6米有一低湿层外，其上下土层大体处于同一湿度水平，不存在骤升骤降的现象（图6）。但在杏河和王瑶调查的二处水分割面，发现4米以下土层的湿度水平均高于上部土层，如图7、8所示。但这种情况，并非由于降水入渗补给深层水分储量的结果，这可在下游茶坊大队测得的深层储水剖面骤升骤降的变化中得到佐证（图9）。我们知道，流域内降水量自上而下逐渐增加，在降水较多的下游，6米以下尚且得不到补偿，更何况处于中游地段的测点呢？因此，杏河和王瑶两地6米以下湿度高于上部土层，系因上部发育在新黄土上，而质地较粗的黄绵土下伏老黄土所致。据测定，老黄土 $<0.001$ 毫米的粘粒含量一般要比新黄土高出5.68—7.5%，影响到田间持水量一般也比新黄土高出1.3—3.5%。

但是，无论深层土体构型是否均一，从调查结果来看，在陕北这一特定的土壤—气候条件下，土壤深层储水均处于水分亏缺状态。

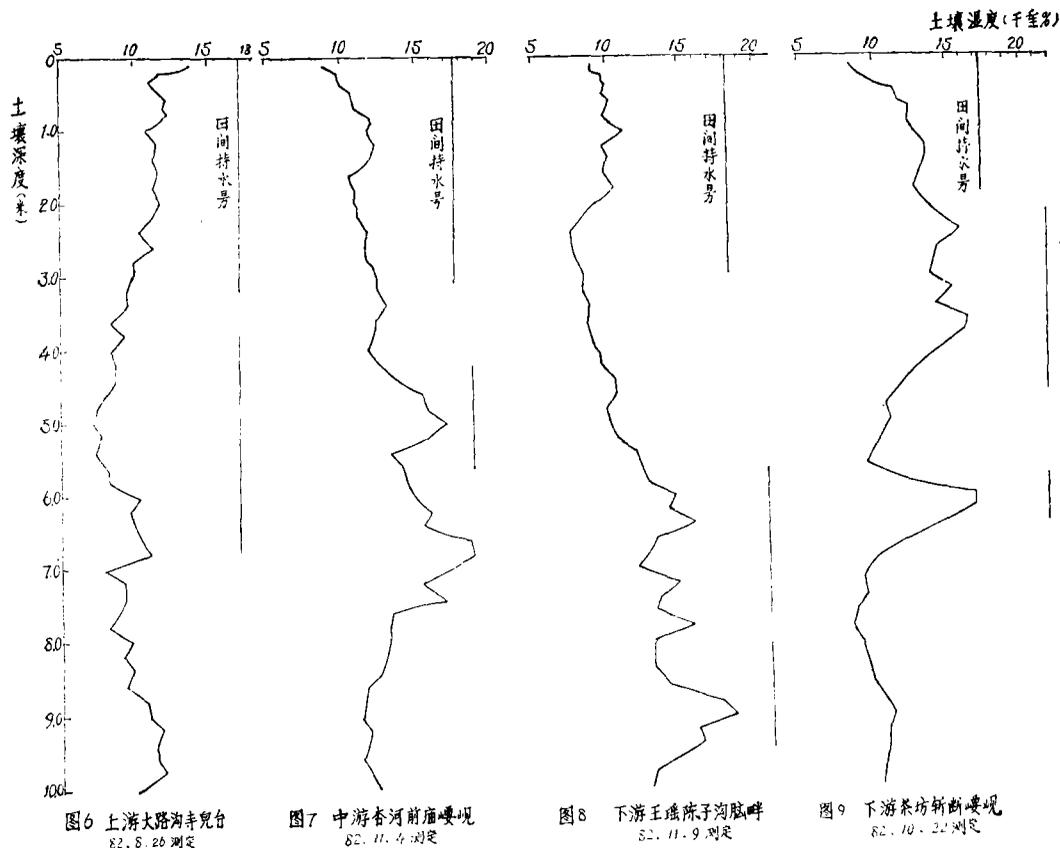


图 6—9 杏子河流域不同部位土壤深层储水图

俄国土壤水文学家Г. Н. 维索斯基，曾提出所谓“死层”的概念。按照他的意见，所谓“死层”系指在非淋溶型土壤水分状况下，各年降水浸润深度只能达到某一深度；在此浸润层以下即为“死层”，其土壤湿度基本处于稳衡状态，它与干湿年份的多年系列和植被变化有关。至于地下水位的春季变幅对其影响则不甚明显。若将Г. Н. 维索斯基提出的“死层”与杏子河10米深层储水状况对比分析，可以看到，在陕北丘陵区这一特定的条件下，若以小于田间稳定湿度（与毛管联系破裂湿度相近）为低湿的话，那么杏子河流域10米土层的土壤湿度则均低于此值；加之区内土壤上行蒸发性能活跃，降水浸润层持续短暂时间即行消失。所以，从这个意义上来说，杏子河流域土层干燥的情况，与维氏的“死层”似有些差别。因此，区内这种类型的干燥土层，是由于水分负补偿形成的持久低湿层。在这种低湿层条件下，由于植物对土壤水分的吸收、消耗，更进一步向干燥化发展。此层可称为“复合干层”。这种“复合干层”是不同于维氏“死层”的重要之点。

## （二）土壤深层储水的利用

杏子河流域土壤深层存在的持久低湿层，对农、林、牧生产是极为不利的。现分别就不同土地利用条件下的土壤水分状况概述如下：

1、人工林地下的土壤水分状况。杏子河流域在水分负补偿引起的低湿层上，营造乔、灌木

之后，林下土壤水分状况将会进一步恶化。据调查，在中游地带，杏河公社前庙峽峴的14年生刺槐林地和在下流地段茶坊蟠龙山8—9年生刺槐林地，与无林荒坡相比，100—400厘米土层的土壤湿度可降低到凋萎湿度左近；其中14年生刺槐林地土层干燥更为强烈，从而在持久低湿层上形成复合干层（表8）。

表8 人工林地下不同土层的平均土壤湿度（干土重%）

深度 (厘米)	刺槐林				酸刺		柠条			
	杏河前庙峽峴		茶坊蟠龙山		五里湾枕大梁		杏河边咀崩梁		延河湾茶坊	
	林地	草地	林地	草地	林地	草地	林地	草地	林地	草地
0—50	13.8	11.1	13.2	11.9	14.8	12.9	13.2	12.7	10.2	11.9
50—100	9.4	11.2	13.8	14.5	13.1	12.8	9.5	13.7	10.5	14.5
100—150	4.0	6.6	12.0	16.7	6.3	9.6	4.0	13.2	10.4	16.7
150—200	4.5	6.6	8.0	17.6	4.9	8.9	4.6	12.6	8.1	17.6
200—250	3.5	6.3	6.6	16.7	5.1	7.7	4.1	12.6	9.6	16.7
250—300	3.8	8.3	6.5	16.4	5.2	8.0	5.2	11.6	10.4	16.4
300—350	3.7	8.9	6.4	16.8	6.5	7.1	5.7	11.3	11.2	16.8
350—400	3.9	10.0	6.5	15.0	6.7	8.3	6.8	11.7	13.3	15.0

在人工酸刺、柠条等灌木林地上，无论在上游地段或下游地段，也可观察到复合干层的存在，但其深度一般处于100—350厘米深度范围内，干燥强度稍弱于人工乔林地（表8）。

在人工林下，在持久低湿层上形成的这种复合干层，其上限位置常因各年降水丰歉、土壤浸润深度而异。但在一般情况下，在杏子河这一特定条件下，复合干层的这种低湿状态既已形成，其湿度是难以得到恢复的。在这种情况下，林木的生长所需的水分供应就只能仰赖于天然降水，而深层储水的补给能力就异常微弱了。

2、天然次生林下的土壤水分状况。据我们在招安公社康岔沟高山尧子和神林山对天然梢林（以杜梨、水楸子、侧柏、柽子、丁香为主）和100年以上侧柏林地的调查。如表9所示，它与天然荒坡的土壤湿度相比，400厘米土层的土壤湿度均被强烈干燥。从表9资料也可得到杏子河流域人工林下复合干层难以恢复的佐证。这也是林地呈现出林相衰败的生态原因。

致于在次生灌木林下，如招安高山尧子的次生狼牙刺林地，林下土壤在400厘米土层范围内，土壤湿度明显低于草地的土壤湿度的测值，如图10所示；但其干燥强度却较100年以上的侧柏林为弱。

上述人工林地和天然次生林地的土壤水分状况的特征，可作为乔、灌木树种配置的水分生态依据。一般说来，灌木林对半干旱气候具有更强的生态适应性。所以灌木应列为上游灌丛草原地带主导的种植树种。

3、人工草地与天然草地的土壤水分状况。据在杏河公社调查，在新集马家梁两块坡度相近的地块，人工草地（苜蓿）的强烈用水深度，可达250厘米左右，而天然草地的强烈用水深度却只有150厘米左右。此二种草地的土壤剖面湿度情况见表10。

若将400厘米的耗水量作对比分析，可见人工苜蓿虽只较天然草地多用水不足20毫米，但产草量大不相同，人工草地年产风干草为天然草地的6.5倍。这还只反映已栽种12—13年的已趋衰败的老苜蓿地的产草情况，如果正值苜蓿生长旺期，其产量当会更高。因此，从土壤水分利用率

# 杏子河流域耕作轮作制度的探讨

任玉岐

(中国科学院西北水土保持研究所)

耕作轮作制度的选择要与当地的风土气候相适应，绝不能生搬硬套与当地生产不相符的经验方式和方式。本文探讨的目的，是研究如何在增进作物的稳产和高产的同时，把当地的耕作轮作与居民的饮食生活紧密的联系起来，以满足农民群众的需要和社会消耗以及畜牧业发展的需要。

## 一、“两法”种植是耕作制度上的一项重要改革

### 1、“两法”种植的提出

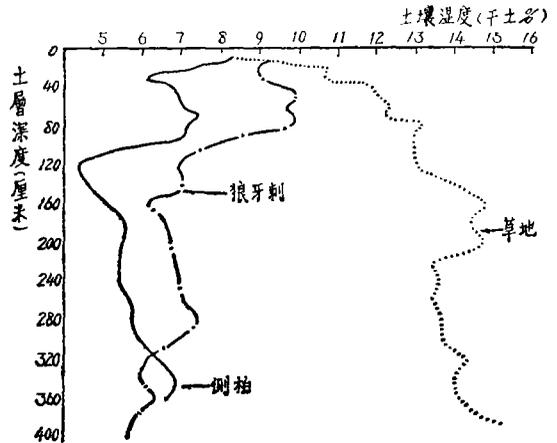
在旱作条件下，要夺取农业丰收，不解决防旱保墒的问题是很不可靠的。由于垄作耕作法具有因土耕作，防风抗旱保墒，集中沃土，增加活土层，垄沟互换，轮翻用地，通风透光，便于耕作管理等好处，所以它不断地向前发展。

1970年延安市委和市政府，在贯彻中央北方农业会议精神以来，组织农业科技干部，调查总结了官庄公社吴太原大队壕田玉米和小寺沟大队山地水平沟谷子的增产经验，他们联系古代的“代田法”、“区田法”和近几年来外地推广的“明沟深种”、“套犁沟播”等旱地耕作栽培方法的基础上，经过几年实践，提出在川、台、坝地、梯田上推行垄沟种植和山坡上推行水平沟种植，简称“两法”种植。两法种植在杏子河流域推广，只是近五六年的事情。

角度来说，把区内面积很大的撂荒地改为人工草地，是一种经济利用土壤水分资源、提高地力、增加产草量一举多得的好办法，应大力推行。（待续）

表9 天然林地土壤水分比较

深度 (厘米)	招安高山尧子		神林山
	杜梨等	草地	侧柏
0—50	8.8	10.7	7.0
50—100	6.6	12.7	6.9
100—150	4.7	13.8	4.6
150—200	5.4	14.6	5.4
200—250	9.8	13.5	5.5
250—300	7.9	13.6	5.8
300—350	7.1	14.1	6.6
350—400	5.5	14.6	



(招安高山尧子，1982年10月10日)

图10 林地土壤水分利用比较