

黄土高原土壤水分状况分区 (试拟)与造林问题

杨文治

(中国科学院西北水土保持研究所)

恩格斯在《自然辩证法》中写到：“美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其他各地的居民，为了想得到耕地，把森林都砍完了，但是他们梦想不到，这些地方今天竟因此成为荒芜不毛之地，因为他们使这些地方失去了森林，也失去了积聚和贮存水分的中心”（人民出版社1971年8月版，第158页）。黄土高原的水土流失和干旱，正是由于不合理利用土地，滥垦、滥伐，破坏森林植被所带来的祸害。今日的黄土高原广大地区的童山秃岭，植被稀疏，生态环境严重恶化，已成为这一地区实现农业现代化的严重障碍，到了非认真对待不可的时候了。

为了加速黄土高原实现农业现代化的进程，有效地改变黄土高原恶劣的自然环境，建立起一个按照自然规律和农林牧结合原理配置起来的，有利于农林牧高度发展的生态环境，已成为一项十分紧迫的任务。1978年国务院批准在我国“三北”地区建设大型防护林的规划，就是国家为改造“三北”地区自然生态条件所采取的一项带有战略性的重大措施。在这个规划中包括黄河中游黄土高原陕、甘、宁、晋、内蒙等五省（区）123个县，总面积达4.56亿亩。为了促进黄土高原造林事业的发展，我们想就土壤水分资源在造林中的意义及其它有关问题提出一些看法，以供参考。

一、土壤水分资源在植树造林中的意义

黄土高原大部处于干旱和半干旱地区。这里，在植被演替过程中，形成了一些适应于本区自然气候特征的，以旱生和中生植被占优势的植物生态系统。“水”作为生态因素，在这一生态系统中起着非常重要的作用，它直接影响着系统中物质的转化速度和程度。因此，从某种意义上说，“水”是改善区内生态环境，提高农林牧生产力的重要因素。

黄土高原有近二百条较大河流，其年径流总量达185亿立方米（不包括黄河干流水量），但就地利用的水量很少；加之区内降水集中且多暴雨，致使河川产流集中且历时短，并挟有大量泥沙，因此难以调蓄利用。至于地下水资源，因埋藏深度一般在五、六十米。有的塬区，由于河流下切，无良好储水条件，地下水埋藏深度竟达一、二百米，开发利用代价甚高。在这种情况下，土壤水分就成了干旱和半干旱地区一项非常宝贵的水资源。据调查，黄土高原不少地区，在田间持水量条件下，二米深土层的储水量可达450—550毫米。我

们若能尽最大可能将土层储水保蓄下来，将会对林木的生理需水起良好的调节作用。

在干旱和半干旱地区，土壤水分在森林生长中具有非常重要的作用，所以关于干旱和半干旱地区森林土壤水文问题很早就引起了人们的重视。早在上世纪末至本世纪三十年代，Г.Н.Высоцкий从地理学角度，以土壤水分状况作为评价造林立地条件的重要因素，对干旱和半干旱地区的植树造林问题，进行了卓有成效的研究。在现代林业发展中，苏联П.С.Погребняк提出的地体图，把土壤水分作为区分立地条件类型的依据，以湿度系列和肥力系列垂直配置，提出了24个立地条件类型。宋朝枢根据黄土高原的具体条件，区分出五个立地条件类型，同时又按土壤湿润程度划分出15个类别。近年来，高志义等通过对甘肃中部干旱区造林立地条件的调查，提出了以地形因素的外部特征为依据的造林立地条件类型。实际上，在黄土地区土壤养分普遍贫瘠的情况下，按地形因素划分立地条件类型，土壤水分条件仍然是一项重要的生态因素。最近，A. R. Goor和C. W. Barney根据海拔高度和降水量等因素，将干旱（包括半干旱）地区的立地条件划分为8个类型，并提出了各个立地条件下的适宜树种。他们划分立地条件类型的依据，同样是把水分条件作为植树造林的关键因素来对待的。

综上所述，划分和评价造林立地条件类型时，土壤水分条件确实是一项极为重要的生态因素。既然土壤水分资源在干旱和半干旱地区有如此明显的作用，在植树造林中，注意考察不同立地条件下土壤水分的分布特点，合理而有效地利用土壤水分资源，就显得格外重要了。黄土高原地貌类型复杂多样，在不同地形部位和不同土地类型上，土壤水分在数量上的差异是甚为明显的。特别是在不同土地类型上，这种差异表现尤为显著，这可从表1所列资料看出这一点。所以在植树造林中，尽量做到适地适树，乃是黄土高原造林成败的关键。据我们在延安实验基地调查所见，同为7年生刺槐，只是由于立地条件不同，而生长情况差别甚大。就树木高生长来看，梁峁西坡树高7米，而在北部者树高仅2.2米，即为一明显例证。再者，土壤水分条件与树木体内的水分平衡有密切关系。大家知道，森林具有强大的蒸腾作用，在树木生命活动中所消耗的水分，要比它自身的重量大千百倍。因此不间断地为树木生长提供充分的水分，是保证林木正常生长的关键；相反地，土壤水分储量亏缺，则常常引起树木体内水分亏缺，从而影响到树木径、高生长速度。据Daubenmire和Deters研究，由于水分亏缺可引起树木径向收缩，在干旱年份刺槐径向收缩量可达全年径向总增长量的30%。看来，在干旱频繁的黄土高原，因树木缺水引起径向收缩，可能是刺槐成片林难成大径材的重要生态原因，也是许多地区林木稀疏，树干低矮呈灌木状，变成“小老头树”的生态原因。

二、黄土高原土壤水分状况分区（试拟）和造林问题

黄土高原位于长城一线以南，秦岭以北，贺兰山和青藏高原以东，太行山以西的黄河中游范围内，面积为43万平方公里。高原地域辽阔，深受季风影响，气候变化规律由东南向西北大陆性渐趋明显。降水量亦沿同一方向逐渐减少。从降水特征来看，区内降水年内和年际分配相差均甚悬殊。年内分配6—9月降水量占全年降水量的70—80%，且多是带有暴雨性质的对流性降水，冬季降水甚少，只占全年降水量的3—5%。降水

表 1 延安实验基地不同立地条件下的土壤湿度 (干土重%)

土层深度 (厘米)	1973年测定				1977年测定		
	荒 坡			黑豆地	下 湿 地	荒 坡	塌 地
	北 坡	西 坡	南 坡	东 坡			
0—10	11.2	9.9	9.1	10.0	18.4	4.0	11.0
10—20	12.0	10.3	11.5	11.7	18.7	6.5	15.3
20—30	13.0	10.4	12.0	13.1	19.8	8.1	15.8
30—40	13.4	11.6	11.9	13.4	19.8	9.1	16.3
40—50	13.6	11.8	12.4	13.9	18.7	9.4	16.7
50—60	14.2	12.4	12.7	14.4	23.3	9.0	14.9
60—70	13.8	13.0	13.2	11.1	23.1	9.3	16.3
70—80	14.1	13.8	13.1	14.0	28.7	9.8	17.2
80—90	14.3	14.0	12.9	13.1	27.1	7.4	19.3
90—100	13.9	14.7	13.0	13.3	28.0	8.7	17.5
100—110	13.5	14.8	13.7	12.0			
110—120	13.4	14.5	13.9	11.6			
120—130	13.7	14.9	13.6	12.4			
130—140	13.7	14.7	13.6	10.1			
140—150	13.7	14.7	12.9	13.3			
150—160	13.8	15.0	12.7	13.4			
160—170	14.4	15.2	12.0	12.7			
170—180	14.9	15.1	11.9	13.8			
180—190	14.8	15.5	11.7	14.0			
190—200	15.0	15.2	11.7	13.8			

的年际变化较大。如陕北榆林地区多年平均降水量为438毫米，但有的年份只有100多毫米，而丰水年份可达700毫米以上。

降水对土壤水分状况有着深刻影响。在上述降水特征影响下，黄土高原土壤水分状况在不同地区、不同年份存在着明显差异。所谓土壤水分状况系指土体内水分的周年动态变化，即一年之内可区分出若干水分时期。这些水分时期反映着一个地区土壤水分的年循环和补偿特征。譬如，关中西部旱塬，据李玉山研究，可划分出四个水分时期：1、冬春上层土壤缓慢蒸发期；2、晚春初夏土壤干湿交替期；3、雨季水分恢复和下淋期；4、秋末冬初水分上移蒸发消耗期。又如在陕北，以安塞为例，根据定位测定^[3]，土壤水分状况又可划分出具有地域特征的另外几个水分时期：1、冬季土壤冻结、水分凝聚期；2、春季融冻，土壤水分强烈蒸发丢失时期；3、夏秋土壤水分蓄积期；4、秋末冬初土壤水分缓慢蒸发期。而青海东部浅山地区，土壤水分的季节性动态，也可分出与延安地区北部类似的水分时期，不过各个时期来临的迟早有所不同。总之，在季风影响下，黄土高原各个地区土壤水分的季节性动态，都可大致区分出若干水分时期。概括起来，不外二个时期，一是蓄水期，再是失水期。并且各个水分时期出现的时间，持

续时间的长短，水分循环和补偿的情况，有一定的地理规律性。

土壤水分的补偿和恢复主要在雨季，即土壤蓄水期。由于降水分布的地理差异性及分配的不稳定性，因此影响到土壤水分储量的不稳定性。在黄土高原东南部多雨区，经过雨季，除个别少雨年份外，土壤湿度均可得到均衡补偿。而愈向西北土壤湿度能够得到补偿的年份，出现的频率显著减低，只见于少数湿润年份。譬如，在关中西部旱塬经过雨季，因降水量超过同期水分总耗水量，因而水分下渗和恢复过程占主导地位，一年之中水分消耗与当年降水量基本相近。二米深土层储水量可稳定地保持在500毫米左右，没有多大变动。研究表明，在陕北1973—1975年三个观测年中，经过雨季，二米深土层储水均存在明显的亏缺现象（表2）。从表列资料得知，1973和1975年雨季降水接近多年平均值，分别为304.6和376.1毫米；1974年雨季少雨，只有126.0毫米。三个年份二米深土层土壤储水量的亏缺值分别为244.7、205.5和302.0毫米。再从渭北旱塬来看，北部的洛川与东部的澄城，前者正位于黄龙山、乔山、子午岭林区所影响而形成的多雨区，而后者正处于渭北干旱中心，所以在这二个地区的土壤水分补偿状况明显不同。在洛川，经过雨季水分恢复期，二米深土层湿度多数年份基本可以得到补偿，而在澄城，各年水分下渗和土壤湿度恢复状况差别很大。夏闲地降水入渗深度变动在80—260厘米，多数年份估计在120—180厘米之间。

上面我们简要叙述了黄土高原几个地区的土壤水分状况，只是说明总的变化趋势，但在个别年份和某些阶段也会出现一些特殊情况。譬如，在土壤水分年循环常常得到补偿恢复的地区，也可能出现特殊干旱引起土壤水分亏缺；而在某些水分亏缺占优势的地区，也可能出现连续几年土壤湿度恢复的情况。据定西水保站研究，位于陇中干旱区的

表 2 1973—1975年雨季结束后不同土层水分亏缺程度

年份	土壤深度 (厘米)	7—9月 降雨量 (毫米)	田间持水量 (毫米)	雨季结束后 土层储水量 (毫米)	相当于田间持 水量的百分数	土壤储水量亏 缺值(毫米)	(测定日期)
1973	0—50	304.6	135.5	65.4	48.3	70.1	11月13日
	50—100		143.9	79.2	55.0	64.7	
	100—150		122.6	77.1	62.9	45.5	
	150—200		137.5	73.1	53.2	64.4	
	0—200		539.5	294.8	54.6	244.7	
1974	0—50	126.0	135.5	58.9	43.5	76.6	11月20日
	50—100		143.9	56.7	39.4	87.2	
	100—150		122.6	63.9	52.1	58.7	
	150—200		137.5	58.0	42.2	79.5	
	0—200		539.5	237.5	44.0	302.0	
1975	0—50	376.1	135.5	70.2	51.8	65.3	11月25日
	50—100		143.9	85.1	59.1	58.8	
	100—150		122.6	85.6	69.8	37.0	
	150—200		137.5	93.1	67.7	44.0	
	0—200		539.5	334.0	61.9	205.5	

定西, 1977年和1978年降水量分别为535.3和521.8毫米, 高出平均年降水量 100 毫米左右, 这在种情况下, 较充沛的降水为土层储水的补偿提供了条件, 1978年二米深土层湿度也得到了恢复。

土壤水分状况主要受气候条件的制约, 而呈现有规律的变化。当在森林植被参与下, 上述土壤水分的季节性变化就会受到干扰, 而使这种变化表现出进程快, 强度大的特征。1965年我们曾在位于干旱草原边缘的山西河曲曲峪调查, 从实测的十年生刺槐林下土壤水分资料(表3)看出, 经过雨季, 5米深土层内土壤湿度非但没有得到降雨补

表 3 刺槐林和柠条林地土壤水分的变化 (干土重%)

土层深度 (厘米)	山西河曲曲峪, 绵沙土				陕西安塞茶坊, 黄绵土			
	田间持水量	凋萎湿度	十年生刺槐林		田间持水量	凋萎湿度	1980年9月13日测定	
			1965年7月 13日测定	1965年10月 31日测定			6年生刺 槐林	6年生 柠条林
0—10	12.9	2.6	4.3	2.6	20.9	3.8	15.6	10.3
10—20	11.4		5.8	3.3	20.3	3.9	14.3	12.2
20—30	12.5		6.3	3.3	20.3	3.9	14.3	11.1
30—40	13.5	2.9	6.0	3.2	19.6	3.9	14.2	10.2
40—50	11.8		4.4	3.7	21.6	3.9	13.2	9.2
50—60			4.2	3.5	19.9	3.9	12.5	8.6
60—70			4.1	3.7	21.0	3.9	—	8.0
70—80			4.1	3.7	21.3	3.9	10.0	7.9
80—90			4.5	3.4	20.7	3.9	8.8	8.1
90—100			4.0	3.2	20.4	4.2	8.8	8.0
100—120			4.2	3.6	20.9	4.2	8.6	7.6
120—140			4.2	3.0	20.1	4.2	8.3	7.5
140—160			4.3	2.9	20.3	4.2	6.3	8.4
160—180			4.2	2.9	20.5	5.4	8.2	8.1
180—200			3.4	3.0	19.6	5.4	8.0	9.3
200—220			3.0	3.0			8.6	9.2
220—240			3.0	3.0			8.2	10.2
240—260			3.5	3.3			7.0	10.9
260—280			3.3	3.2			9.2	10.6
280—300			3.6	3.3			9.4	11.7
300—320			4.0	3.2			9.1	12.0
320—340			4.2	3.6			9.3	12.0
340—360			4.0	3.6			9.7	13.0
360—380			4.5	3.7			10.7	13.7
380—400			4.2	3.6			9.3	16.1
400—420			4.4	3.6				
420—440			4.0	3.9				
440—460			4.0	3.5				
460—480			4.2	4.0				
480—500			3.9	3.8				

偿,反而仍在持续下降,土壤水分出现负补偿状态,通层土壤湿度已十分接近土壤凋萎湿度值。土壤水分亏缺限制了林木径向生长,十年生刺槐胸径只7—8厘米。陕北安塞虽然多年平均降水量550毫米,从数量上来说并不算少,但因年际和年内分配不均,土壤水分补偿困难,在树木参与下,土壤被强烈干燥,刺槐林和柠条林下也出现了明显的土壤水分亏缺现象(表3)。

如上所述,黄土高原的土壤水分状况,在地域上存在着明显差异。因此,根据各地土壤水分年循环的补偿特征加以分区,然后按照各区的水分条件并结合立地条件类型选择适宜的造林树种,对进行植树造林规划,提高造林成活率具有一定的意义。为此,我们根据在黄土高原若干典型地区的试验和调查结果,并参照其他有关资料,试将黄土高原的土壤水分状况划分为五个区,下面将各区情况加以简要叙述。

1、土壤水分年循环均衡补偿区

本区包括汾渭盆地、关中西部旱塬、子午岭—黄龙—乔山林区。本区主要土地类型为河流阶地、黄土台塬和黄土丘陵;子午岭林区为局部基岩裸露的黄土梁状丘陵。主要土壤类型为瘠土、黑垆土、灰褐色森林土。本区大部属暖温带亚湿润区,区内干燥度为1.00,年降水量600—800毫米,雨水充沛。土壤水分年内消耗,经过雨季水分恢复期可得均衡补偿,水分条件宜于树木生长。

汾渭盆地和关中西部旱塬是黄土高原的粮食生产基地。区内应以园田化为目标,结合土地规划,营造农田防护林以减低风速和蒸发,促进粮食高产稳产。在沿河谷地两岸和黄土丘陵,应发展护岸林和护坡林。子午岭等林区应封山育林,制止滥伐,并进行有计划的更新。

适宜本区的树种:在汾渭盆地有毛白杨(*Populus tomentosa* Cerr.)、旱柳(*Salix matsudana* Koidz)、垂柳(*Salix babylonica* L.)、箭杆杨(*Populus nigra* Var. *thevestina* Bean)、中槐(*Sophora japonica* L.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)、苦楝(*Melia azedarach* L.)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)、楸树(*Catalpa bungei* C.A. Mey.)、臭椿[*Ailanthus altissima* (mill.) Swingle]等;在子午岭等林区有山杨(*Populus davidiana* Dode)、白桦(*Betula platyphylla* Sukacz)、辽东栎(*Quercus liaotungensis* Koidz)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、侧柏[*Platycladus orientalis* (L.) Franco]等。

2、土壤水分年循环基本补偿区

本区包括陇东董志塬、早胜塬、合水塬及渭北洛川塬、长武塬等,主要土壤以黑垆土为主。本区属暖温带亚干旱区,干燥度1.50—2.00。区内年降水量550—650毫米。土壤水分年内消耗,经过雨季水分恢复期可基本得到补偿,水分条件宜于树木生长。本区植树造林应着眼于固沟保塬。塬面上应营造农田防护林和塬边沟头防护林。农田防护林应与塬区土地规划密切结合,林带宽度、付林带的配置以及树种选择应进行周密设计,以便发挥林带在防止干旱、改善作物生态环境条件中的作用。沟坡应营造护坡林及沟底防冲林。在整地措施上应根据地形、坡度、坡面完整程度选择水平阶、水平沟、倒坡梯田,以提高造林成活率。适宜树种有:油松、侧柏、刺槐、楸树、臭椿、毛白杨、箭杆杨、加拿大杨(*Populus canadensis* Moench)、中槐、紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)等。

3、土壤水分年循环周期性补偿亏缺区

本区包括渭北东部旱塬合阳、澄城、蒲城、韩城及与之邻近的晋西残塬地区。主要土壤类型以瘠土为主。按中国气候区划,本区为暖温带亚湿润区,但就这一地区的干燥程度看,其气候特征更接近于亚干旱区,干燥度为1.50—2.00。本区降水量为500—600毫米。区内土壤水分年内消耗,有周期性亏缺现象(发生在年降水量小于500毫米的年份)。本区植树造林应以保塬固沟为重点,塬面营造农田防护林,同时营造沟坡防护林、塬边沟头防护林。造林中应注意的事项与土壤水分年循环基本补偿区大致相同,不再赘述。适宜树种有:青杨(*Populus cathayana* Rehd.)、箭杆杨、小叶杨(*Populus simonii* Carr.)、毛白杨、泡桐(*Paulownia fortunei* Hemsl.)、刺槐、油松、紫穗槐、柠条〔*Caragana microphylla*(Pall.)Lam.〕、酸刺(*Hippophae rhamnoides* L.)等。

4、土壤水分年循环补偿亏缺区

本区包括晋西黄土丘陵、陕北延安、延川、延长以北黄土丘陵、甘肃陇中黄土丘陵及青海东部浅山丘陵和宁夏西吉、海原、固原以南丘陵地带。本区属暖温带亚干旱区,干燥度1.50—2.00。区内年降水量400—500毫米。主要土壤类型为灰钙土、黄绵土。本区土壤水分年内消耗,多数年份得不到补偿,常常处于水分亏缺状态;只是在个别丰水年份,土壤湿度才得以恢复。区内自然条件较差,植被稀少,水土流失严重。在植树造林中要特别注意蓄水保水问题,进行整地造林。根据斜坡的坡度、坡形可分别采用水平沟、水平阶、鱼鳞坑等措施。水平阶造林适用于坡形完整,35°以下的斜坡;鱼鳞坑适用于破碎沟坡。在造林配置上应着重于营造以乔灌结合为主要方式的各种水土保持林。在山顶以灌木为主,沟坡可乔灌混交或乔灌带状栽植。适宜树种有:侧柏、油松、河北杨(*Populus hopeiensis* Hu, et Chow.)、小叶杨、刺槐、白榆(*Ulmus pumila* L.)、柠条、狼牙刺(*Sophora viciifolia* Hance)、酸刺、怪柳(*Tamarix chinensis* Lour.)、紫穗槐、文冠果(*Xanthoceros sorbifolia* Bge.)等。

5、土壤水分年循环补偿失调区

本区包括晋西北五寨以北各县、内蒙黄土丘陵、陕北长城一线黄土丘陵、宁夏盐池和同心、甘肃景太—永登一线。本区属中温带干旱区和亚干旱区,干燥度2.00—4.00。区内年降水量200—400毫米。主要土壤类型为灰钙土、棕钙土、黄绵土、绵沙土。区内土壤水分年内消耗大,而降水稀少,土壤湿度常处于失调状态。只是在个别丰水年份,土壤湿度才得以部分恢复。由于水分条件恶化,限制了树木生长。因此在造林树种选择上,应以耐旱性强的灌木为主。从自然条件看,本区应是以牧为主的地区,应大力发展草场灌木防护林。乔木只能栽植于水分条件较好的低洼部位。适宜树种有:柠条、怪柳、紫穗槐、旱柳(*Salix matsudana* Koidz.)、沙柳(*Salix cheilophila* Schneid.)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)、油松、樟子松(*Pinus sylvestris* L. Var. *mongolica* litv.)等。

黄土高原的土壤水分状况,深受区内降水的地理分布特点的影响。本文提出的土壤水分状况分区建议,还是初步的,有待于进一步补充修订。考虑到黄土高原地域辽阔,地貌类型复杂,所以文中提出的各区不同立地条件下适宜树种的建议,在实践中还应根据不同树种的生物学特性,因地制宜地加以调整配置。