

黃土地区植被因素对于水土流失的影响*

朱顯謨

(中国科学院西北生物土壤研究所)

植被永远是防止地面水土流失的积极因素,因为它一方面可以保护土壤,免受降水的直接打击,并可阻緩或消失地面径流的发生和发展,同时又可防治和消灭土壤侵蝕的发生和发展,并使它們的危害作用消失,甚至完全消灭。

为什么植被对于水土流失有这么巨大的影响呢?大家都知道,植被既可以被复地面,拦截降雨,保护地表直接遭受雨点的打击,又可阻緩暴雨强度,調节地面径流,增加土壤渗透时间,消滅径流动能,以及加强和增进土壤渗透性、抗蝕性和抗冲性等。所以人們认为:破坏地面植被,必将招致水土流失的加强;而生物措施又为水土保持中最有效和最治本的方法。

黃土地区为我国水土流失最严重的地区,并又为植被破坏最强烈和目前植物被复度很低的地方,同时它又是黄河泥砂的绝对主要供給基地,且又临近三門峽水庫,因此目前正在进行的三門峽水利枢纽工程的寿命,必将完全取决于黃土地区的水土流失情况。所以我們完全有必要研究一下黃土地区植被因素对于水土流失的影响,以期通过这一工作,对于今后在这个地区所进行的生物措施和合理的土地利用以及今后土壤培肥和提高农产等提供依据和建議。

一、植被直接保护土壤的作用

裸露的土壤,在遭受雨滴的打击下,抗冲性較差的土体或土块,常被打得散碎,并随着雨滴从地面上飞溅出来的分散的水滴飞向四方。根据实际观测所得,这种分散的水滴在平地上可以跳到一米多高和二尺多远。这样一来,我們可以想象,在較陡的斜坡上,就是在沒有地表径流发生的情况下也可以发生土壤侵蝕。此外,被打得碎散的土粒,不是变得泥濘,就是随着下渗水而把土表下面的孔隙堵塞,二者都能減弱土壤的渗水性能和容易引起地面径流的发生和加强,因而也就必然会促使水土流失的发生和发展。降水对于土表打击破坏的作用,雨滴愈大和愈多就来得愈强,降雨带雹时的破坏作用就更为突出。黃土地区的降雨非但集中而多暴雨,同时也常常带雹,因此当它降落到光禿的地面上,极易引起严重的水土流失。

但是,在有植物保护地面的情况下,那就有很大的不同了。因为植物的地上部分首先能够拦截降水,防止它直接打击地面。林冠截留降水的现象是很显著的,同时也为很多人所熟知并也很易理解。根据陝北綏德水土保持試驗站的資料^[1],就是幼林树冠也有显著的截留作用(表1)。

* 本文引用的資料包括黄河中游的考察資料,各試驗站的試驗观测資料,以及中国科学院土壤研究所和西北生物土壤研究所等机构的試驗研究資料。

表 1 不同樹種的同齡幼林樹冠截留降雨的效果

樹 種	樹 齡	被 复 度 (%)	林外总降雨量 (毫米)	林 冠 接 雨 量	
				(毫米)	占降雨量%
洋 槐	5	93	389.33	63.86	16.41
白 榆	5	55	389.33	58.95	15.14
臭 椿	5	45	389.33	28.65	7.45

从表 1 可知,被复度愈大截留降雨的百分率也愈大,也就是保护地面免受降雨直接打击的功效也愈大。一般茂密的成林,往往可以截留 50—75% 以上的降雨。这些被截留的降水,部分就在叶面蒸发散失,余下的虽然沿着植物的枝干向下流到地面,但是由于时间延长了,速度減緩了,因此这一部分的雨水,往往不会形成地面径流。笔者在黃土地区的观测証明:森林拦截降雨的功效最大,草皮和生长茂密的牧草及作物等次之,生长稀疏的作物和牧草較差,其中尤以点播的禾本科为最差。森林和草皮受帶雹暴雨打击时一般不会受到明显的损伤,但是作物和牧草那就常常遭受极大的伤害,其中尤以蚕豆和糜谷、玉米等較为显著。所以多雹地区,在目前地面綠化程度不够,各地湿热情况尚有剧烈变化和容易发生降雹的情况下。选种抗雹性較強的作物和牧草非但能減低雹災程度,同时也能較好地被复地面,減少水土流失。

植物地上部分(尤其死被复)的最大和最重要的功效是对地面径流的調节和吸收作用。稠密的草皮灌丛都能分散径流和減緩或甚至消失地面径流的动能,所以它們非但能够防止土壤侵蝕的发生,同时也能象过滤器一样阻拦从上面坡地上流下来的泥水,阻止它們流入沟谷。这种阻拦径流和掛淤作用,非但可以在农地附近的多年生牧草地中发生,同时也在乔林边緣的灌丛中見到。如根据笔者等的資料^[2]在子午岭稍林区稠密的灌丛基部常見有厚約 30 厘米上下的浮土层的堆积;又在甘肅庆阳西峯鎮候官寨附近集水槽中(浅凹地)种植苜蓿,八年內共拦积淤泥厚达 2 尺以上等現象,都是有力的証明。

乔林本身对于調节地面径流的作用不大,这已被很多的观察資料所証明,但是它的死被物比較深厚,它的水土保持功效特別来得巨大,它非但富有吸水性能,保蓄很多水分使它不致成为地面径流,同时也增加了地表的糙率,就是在发生地表径流时,也可起到很大的阻緩和掛淤作用,因此通过森林或林带流出来的水流,非但分散緩慢,同时也清晰“可人”。此外,死被复富有弹性能很好地保护土壤,免受降水直接打击。所以不論在营造水源涵养林或防护林和水流調节林时,我們必須保护林下的死被复和林下生长的灌丛草本等,否則单凭林冠截留降水,对水土保持的功效是有限的。

从上述可知,植被对于水土保持的直接功效是非常巨大的,它非但能保护地面,免受降水的直接打击。同时又能阻緩暴雨强度,分散和調节地面径流。但是这些功效,随着植被类型和被复度的不同而有很大的差异。一般規律都認为植被对于水土保持的总的功效就类型来說,以森林最大,灌丛次之,草地更次之,种植的牧草和作物最差;就被复度来說,被复度越大,水土保持的功效也越大。

陝北綏德水土保持站的資料証明洋槐幼林的水土保持功效比农地要強得多(表 2—3)。

从表 2 及表 3 可以看出,林地比农地的水土流失来得輕微,同样林地,洋槐林的水土

表 2 洋槐幼林和農地水土保持功效对比

观 测 年 份	土 地 利 用	树 龄	坡 度	植 被 (%)	雨 季 总 雨 量 (毫米)	发 生 径 流 次 数	总 冲 刷 量 (公斤/亩)	总 径 流 量 (公方/亩)
1955	洋 槐 林	2	29°	—	292.9	0	0	0
	高 粱 + 豇 豆		22.5°	—	292.9	2	193.1	886.3
1956	洋 槐 林	3	29°	—	585.8	4	5,520	27,375.2
	农 耕 地		28.3°	40	585.8	16	17,046	79,333
1957	洋 槐 林	4	29°	—	202.4	0	0	0
	高 粱 + 豇 豆		21.3°	—	202.4	1	424	1,410
1958	洋 槐 林	5	29°	93	398.33	3	795	2,587.8
	农 耕 地		21°	63	366.4	11	3,910	19,325.1

表 3 不同幼林水土保持功效比较

观 测 年 份	树 种	树 龄	坡 度	被 复 (%)	降 雨 量 (毫米)	冲 刷 量 (公斤/亩)
1956 年 雨 季	洋 槐	3	29°	—	585.8	5520
	白 榆	3	31°	—	”	8040
	臭 椿	3	29.5°	—	”	5520*
1958 年 雨 季	洋 槐	5	29°	93	389.33	795
	白 榆	5	31°	55	”	1987.5
	臭 椿	5	29.5°	45	”	2517.5

* 八月八日地面径流冲破了量淤池,因此实际数字要大得多。

保持功效最大,白榆次之,臭椿最低。这些现象也恰恰和被复度成正相关。三种幼林的树龄相同,但是根据陆尚龙的统计^[1]树高及根径和被复度一样也以洋槐最大,臭椿最小,可见洋槐长得最快,臭椿最慢,因此不论从水土保持功效或材积的增长情况来看,洋槐是比较良好的速生先锋树种。

甘肃天水水土保持站 9 年的观测资料证明,苜蓿地要比作物地减少径流 5.6 倍,减少土壤冲刷 15.6 倍。绥德站 1956 年 8 月 8 日的观测资料表明种植苜蓿和草木樨小区上的土壤冲刷要比种谷子的小区小 5—12 倍(表 4),而草木樨小区上的冲失量比种苜蓿小区(当时被复同为 90%)上的多 1.5 倍。

表 4 不同牧草和作物在 1956 年 8 月 8 日暴雨时的水土流失对比(径流小区)

作 物	坡 度	当 时 被 复	降 雨 量 (毫米)	径 流 量 (公方/亩)	土 壤 冲 刷 量 (公斤/亩)
生长二年苜蓿	34°	80	53.4	26.3	1.6
生长二年草木樨	34°	70	53.4	25.0	3.6
谷子(点播)	27°—28°	20	44.5	20.0	21.7

1956 年 8 月 8 日绥德站的观测资料表明,当洋槐林中间种牧草、作物后,由于被复的增加,水土流失就有显著的减少现象(表 5)。

从表 6 可以同时看出,幼林夹种牧草或作物,非但可以发挥地力,增加收益,同时对于水土保持也有显著的功效。此外,同样也可看出混交林的优越性,因为不论洋槐或臭椿和紫穗槐混交种植后,都可以减少土壤冲刷达 30% 上下。

表 5 不同造林方式在 1956 年 8 月 8 日暴雨时水土流失比較

不同造林方式	坡 度	观测时的复盖度 (%)	降雨量 (毫米)	径流系数	土壤冲刷量 (公斤/亩)
* 三年洋槐	35°	20	56	0.58	10,440
* 同上,行間种土豆	32° 30'	45	56	0.52	7,50
* 同上,行間种草木樨	34°	90	56	0.31	5,56
△ 三年純臭椿林	29° —29° 30'	/	/	/	3,150
△ 三年純洋槐林	"	/	/	/	3,600
△ 三年臭椿林+紫穗槐	30° —31°	/	/	/	2,640
△ 三年洋槐+紫穗槐	"	/	/	/	2,100

* 径流小区資料, △ 量淤池資料。

1953 年黄河水利委员会所組織的第二水土保持勘察队的資料証明了光秃无被复的地面,土壤冲刷要比有被复的地面大得多,同时被复度愈大,径流系数愈小(表 7、6)。

表 6 地面径流系数和被复度的关系(人工降雨)

被复度(%)	85	80	25	0
径流系数	0.070	0.136	0.201	0.342

表 7 有被复和沒有被复土壤冲刷量的比較(公方/公頃/年)

地面情况	地 面 坡 度			
	5°	10°	15°	20°
光 秃	90	136	180	230
有被复	60	76	86	80

从上述的情况不难看出,黄土地区,不論坡面上的坡度如何。倘若有很好的植物被复,就可以阻緩或防止水土流失的发生。因此,不論在农地中种植牧草,甚至作物本身的密植和間作、混作等都可以收到很大效果。同时見于黄土地区的雨量比較集中,干湿季节明显,因此在农地中,在雨季时保持有良好的作物或牧草被复,都将对于水土保持起着很大的效果,所以如何調整耕作制度和合理安排作物的組合,是当前值得研究的重要課題,同时也突出地显示出了森林植被对水土保持的巨大作用。因此苏联专家 M. H. 扎斯拉夫斯基^[3]认为:“正确采用造林措施时,森林在水土保持上可以获得很大的收益”,对黄土地区来耕更为重要。

二、植被对于水土流失的間接影响

植被对于水土流失的間接影响,主要是加强土壤的透水性,減少了地面的径流的发生和发展;增进了土壤的抗蝕性,減少和防止了土壤的分散和悬浮;使土体或土壤結構相互串連固結在一起,助长了抵抗地面径流的冲击破坏和运轉作用的性能。此外由于植被的繁生,积累了养分并提高了土壤生产特性,因而生长在它上面的作物和植物获得了最好的条件,生长得比較旺盛和繁密,結果也就增加了它們对于土壤的直接保护作用。

土壤在植被繁生的影响下,不断获得和积累了上述的抵抗侵蝕的特性。显然,这些特性也是土壤形成过程发生和发展的重要标志,同时它們主要由于植物根部的繁生、分布、纏繞、固結、更新、腐解以及腐殖质的形成和积累作用,因而由于各种植物根部的特性不

同,它們对于土壤的具体影响也就存在着巨大的差别。所以我們在选择具体生物措施时,必須充分考虑到这种情况。

植被对于土壤的透水性有着极其重要的作用。植物根系能将土壤单粒固結起来,同时也可将板結密实的土体分散成小块,并在根系腐解和轉化合成腐殖質以后,非但累积了土壤养分,并能使这些土壤的团聚体形成良好的具有大量孔隙的和不易破碎的結構。这种結構就是一般所称的团粒結構。由于团粒結構的形成和积累,使得土体疏松透水,非但对于防止地面径流的发生具有重大的意义,同时由于团粒結構的土壤的地面具有一定糙率,增加了地面径流的障碍,因而也就能夠阻緩径流的流速,且在一定程度上防止了地面径流的进一步集中。此外,植物根系腐敗以后,遺留下来的孔道,也大大地增加了土壤的大小孔隙,并也有效地增进了土壤的通透性能。

土壤腐殖質和团粒結構的增加同样意味着土壤肥力的高涨和土壤抗蝕性能的增加。这样一来,非但增加了土壤对于水分的保蓄性能,同时也有效地防止了土壤被分散悬浮等侵蝕过程的发生和发展。

黄土地区的植被,虽曾遭受了強烈的破坏,但是就殘存的植物和作物、牧草等种类來說,还是非常丰富多彩的,这就对于我們今后进行生物措施提供了极大的有利条件。因为我們首先就可以从它們之中选择生长快、經濟价值高和水土保持能力強的来繁殖推广。笔者等曾于 1953 年在野外进行了各种植物对于土壤水稳性团粒結構的形成能力的大小的觀測,其結果可以概括如下:

(1) 森林被砍伐后生长茂密草本植物者团粒含量最高,一般可达 90% 上下;山地林緣草地次之;坡积地带草地和林下有草本植物生长者更次之;放牧过渡的阳坡草地很低,一般不足 15%;农地最低,砂黄土地带常常不足 3%,南部較細的黄土地带也不足 10%。

(2) 砂黄土地带种植紫花苜蓿和草木樨以后,土壤团粒結構的形成作用是不大的,一般不超过 15%,同时在初种的三、四年內增加較显著,以后非但增加得非常緩慢,反而有逐漸下降的趨勢。种四、五十年以后的老苜蓿地,地表变得密实不易透水的現象很为明显。

(3) 各种单生植物根系附近的团粒結構。以禾本科沙草科最高,豆科次之,菊科和蔷薇科等植物更次之;禾本科和沙草科中尤以多年生的較好,其中尤以根羣发达的野生鵝冠草、馬尾索等最佳,閉穗、本氏羽茅等次之,生长有地下莖的倒生草和鬻草等形成团粒的功効很低。

1955 年我們在晉西調查时,又进行了相似的工作,并进行了土壤透水性的測定,茲将部分資料整理成表 8。

从表 8 可以看出,林灌长期被复下的土壤,水稳性团粒結構最高,透水速度也大。毫无疑问,这就是強大水土保持功效的重要标志。荒坡散生灌丛和稀疏草本植物等的功効不大,尽管它們地上部分对于地面径流有些阻緩作用,但是它們对于土壤性質的变更不大,因而透水較緩,同时光秃板結的地面,在斜坡上,更有利于地面径流的形成和发展,又加土壤水稳性团粒不多,土壤极易在水中分散悬浮,所以水土流失在裸露的部分依然发生。农地的情況更差,仅仅在荒地新垦之初尚存有一定的水稳性团粒結構,同时透水也稍較強,但是耕种時間較久后,非但水稳性团粒結構低落,同时透水性很差,可見一年生谷类

表 8 不同利用情况下各类土壤透水性 and 团粒结构的比较*

地 点	土 壤	地 形	利 用	透水速度(毫米/分)		3小时内总透水量(毫米)	团粒含量(%)
				初 速	恆 定 速		
中阳柏岚山	黄 土	梁 顶	荒 地 (菊科草木)	2.5	1.19	237.17	6
中阳杜家峪山	褐色土	阴 梁 坡	林 地 (侧柏+灌木)	3.63	2.25	433.34	46.2
中阳柏岚山	同 上	同 上	林 地 (油松+灌木)	2.63	3.16	616.60	< A ₇₃ B ₆₁
同 上	”	梁 坡	林 地 (松+榛)	3.83	5.00	1169.53	< A ₆₂ B _{70.5}
”	”	平 梁 坡	农地(糜)	5.06	1.44	305.22	5.6
离山真武山	棕 壤	阴 山 坡	林 地	13.34	5.34	1269.07	58.2
离山水泉湾	黄 土	阴梁坡(缓)	农(谷、豆)	3.3	1.1	226.4	15.4
”	”	”	荒(蒿)	2.5	1.02	20.357	3.7
”	”	”(斜)	灌丛(稀)	3.0	0.89	180.72	18.3△
离山黄家沟	”	阳 梁 坡	坟(松、光秃)	1.5	0.77	154.25	18.8△
”	”	梁 平 地	坟(杂草)	4.8	2.23	503.79	13.9
”	”	”	农地(新垦)	6.88	2.08	441.35	11.28
”	”	阳 梁 坡	农地(棉苗)	4.75	1.0	—	14.9
”	”	”	农地(麦已割)	4.38	1.37	291.71	7.9
”	”	梁顶(阳)	”	6.38	1.45	231.64 (二小时)	1.6
”	”	”	农地(高粱苗)	5.85	1.16	183.07 (二小时)	4.0
”	紅 土	沟 塬 地	农地(黑豆)	6.94	1.31	281.95	32.1
”	二色土	沟 波 地	农地(玉米)	6.13	0.21	107.79	13.2

△ 地表光秃密实,所测团粒数,主要是板结的土块,不是真正的团粒。

* 透水是用圆筒法测定的,因而要比降雨时的实际透水速度大得多。

作物及棉花等根系稀疏的作物,对于增进土壤保水和抗蚀能力等的功效是不很显著的。虽然农地在人为耕锄后,变得很疏松,因而透水的初速很大,但是由于土壤水稳性团粒结构很贫乏,土粒极易分散并很快堵塞了孔隙,所以透水速度急剧下降,恆定的透水速度很低。另外值得注意的是,地面光秃板结的松林坟地,不论就透水性能和团粒结构的形成作用来讲,它的功效都是不很显著的,这就再一次证明,单纯营造乔林,不注意林下植物的繁生和腐叶层的保护等,那就很难收到水土保持的功效。

农地土壤透水性能和抗蚀性的增进,在颇大程度上将有赖于合理的耕作制度,其中多年生牧草的种植也将有其独特的显著成效。

黄土地区普遍都有紫花苜蓿栽培的习惯,并也有比较长远的历史。根据一般资料表明,三年内苜蓿在土壤中可以贮存100—160公担/公顷的干物质(根系)。綏德站和天水站的试验资料表明,苜蓿和草木樨能在每公顷面积的土壤中每年贮存干物质在数千斤上下^[56]。又根据我们在武功进行的草谷轮栽试验的结果(表9—12)表明,种植苜蓿后土表30厘米土层中,第一年增加根量干物重260斤/亩,第二年306斤/亩,第三年313斤/亩,三年共计829斤/亩;鸡脚草三年共增1,389斤/亩;黑麦草三年共增1,122斤/亩;草木樨二年共增581斤/亩。农地种植牧草后,不论其组合如何,在一年内,对于土壤有机质和水稳性团粒结果的增加,都没有什么效果;但是在一年以后,就有显著的作用。从表11中不难

表 9 多年生牧草在土表 30 厘米土層中殘留根系干物量比較(斤/亩)

年 限	牧草种类					
	苜 蓿	鸡脚草	黑麦草	草木樨	苜 蓿 鸡脚草混播	苜 蓿 黑麦草混播
利用第一年	260	478	345	407	630	421
利用第二年	306	501	459	174		
利用第三年	313	410	318	/		
合 計	879	1389	1122	581		

表 10 利用一年多年生牧草和一年作物地中土壤有机質及团粒比較*

作 物	土层深(厘米)	有机質(%)	>0.25 毫米水穩性团粒含量(%)
苜 蓿	3—8	0.92	5.6
	15—20	0.84	5.8
苜蓿鸡脚草混播	3—8	1.00	6.1
	15—20	0.76	7.8
苜蓿黑麦草混播	3—8	0.95	4.1
	15—20	0.82	6.0
苜蓿鸡脚草	3—5	1.01	4.8
黑麦草混播	15—20	0.89	8.4
小 麦	3—8	1.04	8.6
	15—20	1.01	7.9

* 水穩性团粒結構系用 Yoder 法測定。

表 11 農地經种多年生牧草后水穩性团粒 (> 0.25 厘米) 的增長情况*

牧·草組合	不 同 深 度 团 粒 含 量					
	3—10 厘米		10—20 厘米		20—40 厘米	
	%	增減%	%	± %	%	± %
单播苜蓿三年后	55.3	0	44.6	0	22.2	0
苜蓿+鸡脚草三年后	62.5	+ 7.2	63.4	+18.8	36.7	+14.5
苜蓿+黑麦草三年后	67.7	+12.4	48.9	+ 4.3	24.9	+ 2.7
苜蓿+鸡脚草+黑麦草三年后	60.2	+ 4.9	54.6	+10	26.9	+ 4.7
草木樨+黑麦草三年后	26.3	-29.0	61.0	+ 3.6	27.9	+ 5.7
草木樨+黑麦草+鸡脚草三年后	36.1	-19.2	50.3	+ 5.9	25.4	+ 3.2

* 以单播苜蓿为对比基础。

表 12 連作和多年生牧草地土壤滲透性能比較

作 物	最大滲透量 (毫米/分)	平均滲透率 (毫米/分)	滲透恆定值 (毫米/分)	一小时平均滲透量 (毫米)
小麦連作	3.0	1.13	0.5	100
苜蓿 2 年	3.2	1.66	0.7	159.5
鸡脚草 2 年	2.5	1.60	1.8	167.0

看出,就是单播苜蓿,种植三年后,各层間的团粒結構都有显著的增加,倘就团粒結構的增加数来看,那末多年生牧草的組合以苜蓿和鸡脚草混播最好,这个情况同时也和产草量相一致。因而就武功地区來說,在进行草谷輪栽制时,苜蓿和鸡脚草将为比較理想的多年生

牧草組合,其次是苜蓿鸡脚草和黑麦草混播以及苜蓿和黑麦草混播等。此外,草木樨和其他多年生禾本科牧草混播也有很大的功效。

农地种植多年生牧草以后,土壤渗透性能的增加也是非常明显的,虽然有关这方面的資料我們观测的很不够,但是土壤渗透量和土壤水稳性团粒結構成正相关,因此不难想象,多年生牧草尤其混播牧草种植三年以后,对于土壤渗透性的增加必将更为巨大。同时它对于黄土多級阶地上不断进行着的、影响土壤肥力巨大的、目前又为我們不易觉察出来的片状侵蝕的防止以及土壤培肥和保証增产等具有非常重大的意义。

植被对于土壤抗冲性的增加,主要取决于根系的纏繞和固結作用,它将土体或土壤結構串联在一起,不使径流将它帶走,因而首先要求土块和土壤結構不在水中崩解和分散;所以就土壤性質來說抗冲性是建筑在良好抗蝕性基础上的;同时在地面径流不大的情况下,土壤水稳性团粒的形成和抗蝕性的增加;也同样标志着土壤抗冲性的相应增长;但是在地面径流較大的情况下(径流的动能将土壤結構个体推移运轉时),那就完全依賴土体本身的抗冲性(結構或土块間的胶結能力)和植物根系的固結作用了。

黄土地区的成土母質并受強烈侵蝕的物质主要是黄土。这种土状物本身,由于含碳酸鈣較多,因而团聚体比較发达,所以他們在水中不易分散悬浮,虽然这种团聚体在干时堆积附着一起,形成了疏松的黄土体,但是在水中极易崩解散开。一个沒有經過生物附着和沒有进行成土作用的黄土母質,把它放在靜水中,不到 3 分钟,就可以崩散解体,崩落堆置成一个象砂堆一样的小錐体。但是一見有苔蘚植物生长的土体,就很难在靜水中崩解下塌,这就标志着黄土在苔蘚的影响下已經获得了一定的抗冲性。

就黄土地区的具体情况來說,土壤侵蝕的剧烈进行,主要由于黄土本身抗冲性的低弱,同时今后增进这些土壤的抗冲性能,必将主要依靠适当的生物措施。因而中国科学院土壤研究所和西北生物土壤研究所的工作同志們对于植被增进土壤抗冲性能問題,曾做了一些工作,其中包括不同植被根系附近土体在靜水中崩解情况,流水中的抗冲性和水冲穴(C. C. 索波列夫装置)等的比較观测。

土体在靜水中的崩解情况可以作为土壤抗冲性的重要标志之一,因为土体吸水和水分子进入土壤孔隙后,倘若它很快崩散破碎成很多小的单元,那末就对地面径流的推移作用創造了条件,否則就要要求更大的径流量和流速才能够把較大的土体搬运。我們在晉、陝、甘三省境內的黄土地区共进行了不下三百余标本的測定結果証明:(1)苔蘚类植物固結土体的能力很大,非但在靜水中崩解散碎,同时也能抵抗一般細股地面径流的冲击作用,但是他們所能固結的深度不大,最多不超过 3—5 毫米,同时被固結的地面在干旱时常易捲縮破裂而使下层土体裸露;(2)其他高等植物固結纏繞的土体,在根系稠密的部分比較強大,土体可能不崩解或在靜水中崩落下来的部分很少。但是在根系分布稀疏的地方,对于有水稳性結構的土体來說,就有很大的串联作用,在靜水中很少甚致不会崩解脫落;对于沒有結構或团聚体很小和水稳性不強的团聚体來說,那就很容易崩裂散落。

因而,很明显,防止土体在水中崩散的功效主要取决于和植物根系的密稠度和分布情况等,所以我們可以根据具体要求和土壤条件来选择适当的植物和相应的种植密度。

水冲穴的深浅在一定程度上可以反映出土体抵抗雨点打击和地面径流的冲击等破坏作用的強弱。1955 年我們在晉西地区曾进行了試驗观测,所用工具系用 C. C. 索波列夫

装置,并分别采用0.5个和1个大气压力的股水来喷射。所得结果,大体上和土体在静水中崩解的情况相一致,同时又表明了不易在静水中崩解分散的土体的对于小股水流的抵抗力也有很大的差别(见表13)。

表 13 不同植被下各种土壤水冲穴深度比较

土 壤	分布地点及利用情况	土 壤 情 况	土层名称	喷击位置 (厘米)	水冲穴深度 (毫米)	备 考
森林棕色土	离山,真武山林地,乔灌茂密	结构良好,根多 结构良好,根多 结构良好,根少	A 1.1	6	4.5	0.5个大气压
			A 1.2	10	4.5	
			AB	16	5.5	
黄 土	中阳柏架山梁顶荒地,蒿、胡枝	块状结构,根多 块状结构,根密 块状有根系并较密实	A 1.1	0.3	29.8	一个大气压
			A 1.2	3—12	19.5	
			B	12—46	14.3	
褐色土	中阳柏架山乔林、油松为主	疏松,粒状结构,多根 团粒结构,根仍多	A 1.1	0—11	16.2	一个大气压
			A 1.2	11—25	19.3	
褐色土	同上农地	耕层,单粒 块状,有根孔	A	0—16	59.2	一个大气压
			B ₁	16—38	20.8	
黄 土	离山,王家沟梁顶,荒地,蒿、羽茅、胡枝为主	细粒结构,根密 同 上 同 上 同 上	A	5	17.6	一个大气压
			A	10	18.7	
			A	15	21.0	
			A	20	21.4	
黄 土	同上,原坎地,新开垦	耕层疏松 " 耕层较实 同 上 厚土层,有根残留	A	5	25.6	一个大气压
			A	10	20.0	
			A	15	21.0	
			A	20	22.8	
			AC	30	17.0	
黄 土	同上,坎地旁,老耕地	疏松耕层 同 上 同 上 同上,稍较紧	母质	5	47.3	一个大气压
			母质	10	29.6	
			母质	15	37.6	
			母质	20	29.8	
黄 土	同上,松林梁,30年松林,光板地	有苔藓,结皮紧实 有树根及少量草根 同 上 同 上	A	0—5	20.2	一个大气压
			A	5—8	21.2	
			A	8—15	25.0	
			BC	15—18	26.0	
黄 土	同上,松林旁,老耕地	很疏松耕层 同 上 较疏松耕层 较密实拟块状无根	母质	0—5	62	一个大气压
			母质	5—8	70	
			母质	8—15	52.8	
			母质	15—18	53.8	
红 土	离山,王家沟,冬凌沟农地	根层疏松 同 上 犁底层较密实 红土母质坚实	AC	5	74.5	一个大气压
			AC	13	78.5	
			BC	18	55.0	
			C	28	15.1	
红 土	同上,荒地	较疏松,根多 稜块结构,根多 同上,根少	AC母质状	0—5	20.8	一个大气压
			AC母质状	5—15	22.8	
			C母质状	15—30	26.8	
黄 土	离山,吃洞梁农地,前作洋芋	疏松耕层 " 较疏松 较紧密	母质	3	62.5	0.5个大气压
			母质	8	64.8	
			母质	13	31.5	
			母质	18	17.8	
黄 土	临梁东峪沟农地,前作高粱	疏 松 " 较疏松 较紧实	母质	3	40.0	
			母质	8	33.0	
			母质	13	24.0	
			母质	18	17.0	

从表 13 可以看出,乔灌密林根系固結土壤的作用最大,其次是荒坡杂草,作物根系的作用最差;荒地新垦后,在原有根系未被全部耕翻破坏和腐解敗毀以前,尚有明显的积极作用,老耕地因为作物根系較少,因此固結作用很差,同时也由于作物种类的不同也有显著的差别。其次值得注意的是,紅土本身比較密实粘重,它对于流水的抗冲作用一般較大,但是被耕种散碎疏松后就和抗冲性很小的黃土相同,甚至更小;不过未被耕种和土表虽然疏松但有杂草生长的紅土,从水冲穴的深度看来,它的抗冲性就变得很大,这里就再一次突出地呈现出植物对于增进土壤抗冲性的巨大作用。

植物根系对于土体的固結抗冲作用,也可以用流水来冲击測定。这种測定,由于水流冲击的土面較大,同时采用的是流水,因而所得的結果,可能更接近于实际情况。我們曾經在同一地点,选择了不同植被根系附近的土壤作了比較,結果見表 14。

表 14 不同植被对于土体固結抗冲作用比較*

試 样 号	植 物 种 类	冲 失 率 %	說 明
1	农地玉米	100	5 分鐘內被冲完
2	农地糜子	100	5 分鐘內被冲完
3	草地本氏羽茅一小丛状	100	20 分鐘內被冲完
4	草地馬蓮丛状	33.3	被冲一小时内
5	草地羽毛成片分布	19.6	被冲一小时内
6	草地閉穗成丛	23.6	被冲一小时内
7	草地杂草小片分布	27.8	被冲一小时内
8	草地春草	31.8	被冲一小时内
9	草地黃白草成片已盖滿地面	9.7	被冲一小时内
10	林地白楊疏林,有腐叶层	15.1	被冲一小时内
11	林地白楊密林	9.35	被冲一小时内
12	草地黃萇草	64.6	被冲一小时内
13	草地馬芽草	90	被冲一小时内
14	附有少量根系的紅土块	100	13 分鐘內全部冲失
15	草地倒生草	100	40 分鐘內全部冲失

* 試驗系在小溪流水中进行,土块放在傾斜 10° 的木板上,流水深 3 厘米,土块体积为 $3 \times 4 \times 4$ 厘米³。

从表 14 不难看出,所得結果,和上述二种指标相似,并更較显著,它們又一次証明,林木的固土能力最强,草本植物次之,农作物最低,⁵但是生长稀疏的林木反又不如根系比較发达的草本植物。草本植物中生长較好和鬚根发达的黃白草、羽茅、閉穗等較好。这些草本植物在黄土地区的分布范围較广,并又为良好的飼料,因此这些保土草本植物的馴化和繁殖,不論对水土保持或更新草坡和发展飼料基地來說都值得研究。同时我們从表 14 的結果中可以再一次肯定,植物在防止土壤侵蝕上的重大价值,因为小河中的流水动能要比一般暴雨甚至較大暴雨后在地面上所发生的径流要强得多。

从上述的各种情况看来,黄土地区由于植被稀少,黄土本身疏松深厚,抗冲性較差,暴雨集中,因而水土流失严重。但是野生植物种类繁多,黄土肥力尤高,它們极易繁生发展;同时很多植物非但能截留降水直接保护地面,并拦蓄大量水分,消灭地面径流,增加地面糙率,阻緩径流流速,阻緩暴雨强度和消失径流势能以防止水土流失的发生和发展,同时又能提高土壤肥力,增进土壤渗透性能,加强土壤抗蝕和抗冲能力等从根本上防止土壤侵蝕的巨大作用。

因而我們可以初步肯定,在黃土地区进行水土保持工作时,生物措施是唯一治本有效并和发展农业生产密切結合的措施;同时黃土地区完全有条件有可能有把握来进行这项工作。

綠化造林是生物措施中的重要内容,但是乔木純林的水土保持功效有限,因而以混交林尤以乔灌混交林为优。洋槐是速生和固土截留作用很大的林木,在可能越冬的地区,不失为优良的先峯树种。任何方式的水土保持造林,林下草灌植物的繁生和枯枝腐叶层的保护都是非常必要的措施,否則所造林木就不能很好地担負調节地面径流、增进土壤透水和防止土壤侵蝕发生发展的功能。营造林地初期的林牧混栽甚至林农混作等,对水土保持和增加农产來說都是两利的措施。

荒坡繁生的黃白草、羽茅、閉穗、黃营草、馬茅草、鵝冠草和胡子枝等,都具有一定的保土能力,值得今后研究、馴化和繁殖更新;草木樨和苜蓿的固土抗蝕功效虽然不大,但是它們容易繁殖推广,不失为目前救急的有益草种,同时它們生长快,飼料价值高,对于发展畜牧的功效很大。

平坦的农地,我們完全可以肯定,在适当的耕作措施下,只要能够合理調整一下作物的組合和正确运用草谷輪栽制,非但能够防止土壤侵蝕的发生和发展,同时也能够加速土壤培肥,使得农业不断高涨。但是在坡地上,由于农作物和牧草拦截降水和增加土壤抗冲性等功效的限制,因而要求一些必要的田間工程措施(尤其梯田)来保証。

参 考 文 献

- [1] 陆尙龙: 1959。洋槐幼林在陝北黃土丘陵地区的水土保持作用及其造林方法。黄河建設 1959 年第 8 期。
- [2] 朱显謨等: 1949。涇河流域土壤侵蝕現象及其演变。土壤学报第 2 卷第 4 期。
- [3] M. H. 札斯拉夫斯基: 1958。自然因素和人为因素对土壤侵蝕发展的影响及其对防止土壤侵蝕的作用。黄河水利委员会水土保持訓練班讲义。
- [4] 黄委会西北工程局: 1956。陝北菲园沟、辛店沟 8 月 8 日暴雨中水土流失情况和水土保持措施效果。黄河建設 1956 年 12 月号。
- [5] 伍学勤、山 念、王篤庆: 1957。陝北坡地牧草栽培和水土保持。黄河建設 1957 年 3 月号。
- [6] 賈紹禹、茅廷玉、王欲忠、陆障民: 1957。利用草木樨在休閒地上作綠肥对于水土保持和农业增产作用的初步分析。黄河建設 1957 年 3 月号。

РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В БОРЬБЕ С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВЫ В ЛЕССОВЫХ РАЙОНАХ

Чжу Сянь-мо

(Институт биологии и почвоведения АН КНР)

(Резюме)

В лессовых районах в связи с изреженной растительностью, большой рыхлостью лесса и сосредоточением ливня сильно развивается эрозия почвы.

В борьбе с эрозией почвы биомелиоративные мероприятия имеют существенное значение. Результаты наблюдения показывают, что эффективность растительных факторов в борьбе с эрозией почвы выражается в следующем порядке: лес (древесно-кустарниковые), кустарники, луг, кормовые и культурные растения, причем между покрытием растением и их эффективностью имеется прямая пропорция.

Растущие на склонах травы (*Bothriochloa ischaetum* L.; *Stipa Bungeana*; *Themeda japonica* Tanaka; *Pennisetum alspecuroides* Spreng.; *Agropyron cristatum*; *Lespedeza olavurica* (Laxm.) Schindl.) имеют определенное значение в борьбе с эрозией почвы, следует в дальнейшем обращать внимание на их размножение и возобновление. Донник и люцерна представляют собой в настоящее время хорошие виды травы, они растут быстро и идут на корм скота.

На уравниваемых полях при проведении рациональных севооборотов процесс эрозии почвы прекращается и не развивается, но на склонах необходимо строить некоторые полевые сооружения, в особенности провести террасирование.