

铜矿区水土流失治理及提高土壤肥力途径

雍绍萍 田积莹

(中国科学院 水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘要 通过对中条山铜矿区尾矿坝的复田试验结果表明:30cm,60cm,100cm 3种复土厚度,其土壤保肥、抗旱能力不同。在种植绿肥和施化肥后,新复田土壤熟化度在1年内达到与老复田地(15年)熟化程度同等肥力水平。作物产量也随复土厚度增加相应增加。

关键词: 复土厚度 物理性质 施肥 作物产量

The Way of Controlling Soil-water Loss and Raising Soil Fertility in Copper Mine Area

Yong Shaoping Tian Jiying

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and
Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100, PRC)

Abstract The relationship between crop yield and both of the soil covered thickness and properties of reclaimed land within copper mine area in Shanxi province was studied. The result shows soil physical properties as well as the capability of drought resistance are different duing to the differences of soil covered thickness. The fertility level of one-year new reclaimed land after green manuring and fertilizing is almost equivalent to that of the fifteen years old reclaimed land. The crop yield increases with the thickness of covered soil increasing.

Keywords: Soil covered thickness; physical properties; fertilization; crop yield

土壤是人类生产活动最基本的生产资料和劳动对象。一个国家土壤资源多少与质量好坏,直接关系到整个国家的生产发展。

随着社会前进,改革开放的发展,城乡工矿建设、新修道路、大兴水利建设等,逐年侵占大量耕地,致使我国耕地面积急剧减少。仅采矿排石渣一项,我国每年约排5 000万t,占耕地约6 700hm²。

为了保证土地资源对人口增长及粮食的需求,当务之急是加强保护土地资源,并不断提高其生产力与对人口的承载能力。矿区复田是为了解决矿区的尾矿坝地合理利用,加强水土保持,减少水土流失,达到改良土壤及保护环境的目的。

1 试验区概况

该试验区位于山西省中条山垣曲县境内篦子沟铜矿区。试验地布设在尾矿坝上,坝地是矿石炼铜之后,排出的废弃矿砂,年久日深,堆置山谷之间占用较大面积形成。炼铜之前矿石先经过磨细过筛,其粒径大多在 0.074mm 以下,由于颗粒细小,故干旱及多风季节极易随风到处飘扬,如同大雾遮日蔽天,污染环境,影响交通及人体健康。或遇大雨随水流失,覆盖地面,使肥沃土地日渐变瘠薄。因为尾矿砂中不含有机物质,亦不含粘粒,不能胶结形成结构,极易分散,透气性及蓄水保肥能力差,抗旱耐旱性亦差,农作物根系不易下扎,未经复土不能种植,故必须进行复田试验,加速生土熟化,合理施肥,这样以来一方面可以达到发展农业生产提高作物产量,另一方面可以达到加强水土保持能力,减少水土流失及改善环境的目的。试验区周围环境为梁状丘陵区,自然土壤属淋溶褐土,耕作土壤系瘠土,成土母质为黄土,下部有深厚的红色条带土壤总厚度达 20m 以上。因古土壤层(红层)深厚,其中夹杂有薄层黄土,而且中间夹持的砂礓层成为巨厚的盖板层或为巨石存在于土体中。复田土壤即是利用深厚土层中的古土壤。

该区年降雨量 630mm 左右,于 7~9 三个月降雨量占全年的 58% 左右,年无霜期 205~220 d, 种植作物以小麦为主,其次是玉米、谷子、豆类等,产量一般在 2 250~3 750kg/hm²。当地无灌溉条件,均为旱地,耕作较粗放,有机肥施用量少。

2 老复田地

老复田地为 1974 年复田地,已有 10 多年耕种史,土壤基本熟化,复土厚度一般为 40~50cm,并有较高的肥力。对比试验如下:

表 1 老复田地土壤水分物理性质

土地	质地	深度 (cm)	自然含水量 (%)	容重 (g/cm ³)	土壤紧实度 (kg/cm ³)
原始尾	轻壤	0~20	13.99	1.20	0.96~4.41
矿砂地		20~40	20.92	1.45	3.56~4.92
老复田地	重壤	0~20	20.96	1.18	0.24~1.90
		20~40	21.78	1.27	2.86~4.26

2.1 老复田地土壤水分含量

由图 1 可以看出:在剖面 0~15cm 深度内(原取土处),因土层深厚,质地均匀,其水分含量变幅不大(20.48%~23.93%);老复田地(玉米及小麦地),总蓄水量高于原取土处及原始尾矿砂地,在 30~70cm 深度处水分蓄积量较大,这是复土(重壤)与尾矿砂(轻壤)交接层,易产生毛管悬着水,所以保持了较高水量;而尾矿砂地多为轻壤,但由于排放的砂粒粗细不一,故剖面内含水量变幅较大(3.79%~24.41%),而相对水量最低(14.78%)。

2.2 老复田地土壤水分物理性质

老复田地在 0~40cm 深度内自然含水量比尾矿砂地各层均高(表 1),而容重及土壤紧实度则相反。这是由于细砂粒为单粒呈无结构状态排列,较紧实,故使土壤容重及紧实度变大。

2.3 老复田地土壤机械组成

由表 2 表明:尾矿砂,除细砂粒(0.25~0.05mm)含量高以外,其它各粒级均较低,尤其是

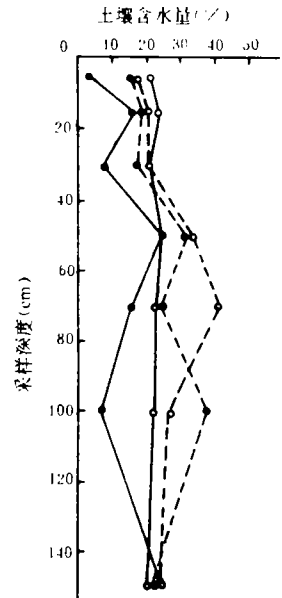


图 1 老复田地土壤含水量

表2 老复田地土壤机械组成颗粒含量百分数

地点	深度 (cm)	各级颗粒粒径(mm)							苏联制 质地		
		>1	1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	<0.001		<0.01	
复田地	南二小区	0~20	0.97	3.5	3.3	43.2	12.7	12.7	27.0	50.0	少砾质 重壤土
	北二小区	0~20	2.48	3.3	3.8	42.4	11.1	13.4	26.0	50.5	少砾质 重壤土
尾矿砂	表层	0	1.7	53.3	24.5	5.9	8.7	5.9	20.5	轻壤土	

物理性粘粒级,低于老复田地近2.5倍。由此可以看出,尾矿砂土体组成结构性差。

3 新复田地试验研究

新复田地为1989年进行的复田地。为了筛选出适宜的复土厚度,本试验设计为3种复土厚度处理,薄层为30cm,中层为60cm,厚层为100cm,主要依据一般农作物根系生长活动深度范围,节约复田费用及尽可能少的运土量。同期一次性复田,加速生土熟化,当年达到或超过当地同类土地、同类作物的产量。

3.1 土壤机械组成的变化

土壤是由固、液、气三态组成的,固体是土壤中的骨架部分,如石砾、砂粒及细土颗粒等,液体是指土壤中水分,气体是土壤中的空气,包括水蒸汽、O₂气及CO₂气、NH₃气等^[1]。土壤固体部分,包括原生颗粒,即土壤机械组成各粒级,也包括土壤的次生颗粒,即有机胶体和无机胶体胶结形成的粗大颗粒团粒。现将各种土壤颗粒含量变化(如表3)进行讨论。

表3 各类土壤机械组成颗粒含量百分数

土样类型	采土深度 (cm)	各级颗粒粒径(mm)						苏联制 质地
		1~0.05 砂粒	0.05~0.01 粗粉粒	0.01~0.005 中粉粒	0.005~0.001 细粉粒	<0.001 粘粒	<0.01 物理性粘粒	
尾矿砂	0~20	55.0	24.5	5.9	8.7	5.9	20.5	轻壤
生土 (古土壤红层)	20~100	4.5	36.7	10.5	24.1	24.2	58.8	重壤
生土 (黄土层)	300以下	7.5	57.0	6.2	13.2	16.1	35.5	中壤
生土 (古土壤红层)	800以下	7.0	43.5	16.5	20.4	12.6	49.5	重壤
新复田地	0~20	6.7	40.9	11.1	13.7	27.7	52.5	重壤
老复田地	0~20	7.0	42.8	10.7	13.1	26.5	50.3	重壤

尾矿砂中砂粒含量最高为55.0%,粗粉粒为24.5%,而物理性粘粒仅20.5%为最低,质地分类为轻壤土,生土红层(20~100cm及800cm以下)各级颗粒含量,砂粒含量低为4.5%~7.0%,粗粉粒为36.7%~43.5%,中细粉粒为10.5%~16.5%及20.4~24.1%,粘粒为12.6%~24.2%,物理性粘粒为49.5%~58.8%质地分类为重壤土。古土壤间层为黄土者,砂粒含量为7.5%,粗粉粒57.0%为最高,物理性粘粒为35.5%,质地分类为中壤土。新老复田地土壤,由于红层与黄土层相互混合,使土壤质地和各粒级含量几乎变为一致,其砂粒含量为6.7%~7.0%,粗粉粒为40.9%~42.8%,物理性粘粒为50.3%~52.5%。由此看来复田后的土壤机械组成特点,粘粒含量有明显的增加,而细粉粒含量有明显的减少。

表 4 复田地土壤水分、容重及紧实度分析结果

项 目	土壤深度 (cm)	新复田地			老复田地	休闲耕地	尾矿砂
		30cm	60cm	100cm	60~70cm	红土层	荒地
土壤紧实度 (kg/cm ³)	0~10	0.97	0.40	0.31	0.68	0.88	1.03
	10~20	4.48	4.54	3.16	4.15	2.13	8.36
	20~30	11.58*	3.56	4.62	6.32	7.96	5.57
	30~(40)50	8.22	6.65*	4.02	4.02	9.26	1.87
	50以下	—	—	2.76	2.24	—	—
土壤容重 (g/cm ³)	0~10	1.10	1.23	1.21	1.28	1.21	1.33
	20~30	1.44*	1.22	1.27	1.32	1.60	1.39
	40~50	—	—	1.26	—	—	—
土壤含水量 (%)	0~10	19.8	18.6	18.9	19.6	21.9	8.5
	10~30	22.8	22.1	22.2	21.8	22.3	9.7
	30~60	13.5	23.7	23.1	22.0	20.5	13.6
	60~90	26.6	12.3	27.5	28.3	22.5	18.3
	90~120	—	—	—	—	21.9	—

注:新老复田地均种植小麦; * 复土交界处。

3.2 土壤水分、容重及紧实度

由试验结果表 4 可看出以下几种情况:

3.2.1 土壤紧实度 新老复田地及休闲耕地耕层(0~10cm)的土壤紧实度均小于 1kg/cm³。在 10~50cm 之间,随着剖面加深而土壤紧实度有增加的趋势,均在 2kg/cm³ 以上,这与耕作形成犁底层压实有关。在 50cm 深度以下,土壤紧实度又变小为 2kg/cm³ 以下,这可能是由于下层土壤含水量增加而影响到紧实度相应减少。

3.2.2 土壤容重 深度 20~30cm 各类土地容重均大于上下层。新老复田地相比较:新复田地 30cm 厚度的土层,因土层薄、耕作时受压力较大,故比同时复土 60cm 及 100cm 形成犁底层明显。该层紧实度最大(11.58kg/cm³),容重亦大,为 1.44g/cm³;老复田地已形成犁底层,致使该深度处紧实度增大(6.32kg/cm³),容重亦相应增大(1.32g/cm³);原始老耕地(系古土壤),20~30cm 深的犁底层,紧实度为 7.96kg/cm³,容重相应最大(1.60g/cm³),为最高值^[3]。

3.2.3 土壤水分含量 新复田小麦地由交界面含水量可以看出,复土厚度愈大,交界面处保持水分愈多,老复田小麦地由于复土厚度 40~50cm 且土壤已熟化,并形成有一定的结构,所以在 0~60cm 深度内水分含量变幅不大(19.6%~22.0%)。尾矿砂系荒地,无人活动影响,呈自然状态逐年沉实,水分含量呈现自上而下逐渐增加的规律。

3.3 新老复田地耕层土壤渗透性

土壤渗透性一般与土壤质地有相关性,轻质土壤渗透较快,而重质土壤渗透较慢。但自然状态下有结构的原状土却与此相反,轻壤土 K_{10} 值小于重壤土^[4]。我们在各试验地进行的渗透试验有以下几种情况(如图 2)。

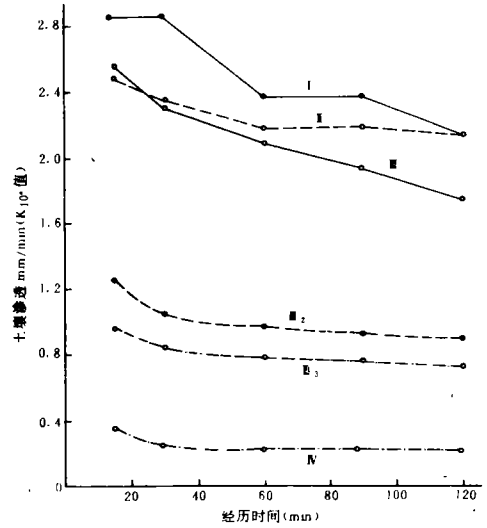
尾矿砂无结构,呈分散状态,所以渗透很慢,在 30~120min 内渗透系数 K_{10} 值仅 0.23~0.21 mm/min,为所有试验土壤渗透系数最小值(见图 2 IV);红土耕层,土壤质地为重壤,内部夹有大量砂礓体,土层排列紧实,容重最大(1.60 cm³),然而由于土体结构良好,多棱柱状及核块状结构,垂直裂隙发达,故使土壤渗透很快,在 30~120min 时段内渗透系数 K_{10} 值最大为 2.86~2.14 mm/min(见图 2 I);而新老复田地土壤的结构均受过人为破坏,老复田地为重壤土,复田后经过 15 年左右的自然沉实及生物作用,其结构体得到了相应的恢复,故使土壤渗透

也得以改善,逐渐接近原始土壤渗透速度(见图 2 I)。新复田地从 1989 年开始复土种植,距测定渗透时间仅有 1 年,另外覆土层厚度不同(30cm, 60cm, 100cm),导致了土壤渗透有明显的差异(见图 2 III):复土厚度与 K_{10} 值呈反相关,原因是复土层薄,很快渗透到与矿砂(渗透最慢)交界处,上快下慢致使渗透水向四周扩散流失,保水保肥均极差。复土厚度 60cm 者,在 30~120min 时段内,渗透系数 K_{10} 值为 1.03~0.9 mm/min 属中等水平;复土厚度 100cm 者,在 30~120min 时段内 K_{10} 值为 0.83~0.72 mm/min,相对渗透最慢。

由图 2 III 明显看出,随着复土厚度增加,渗透速度减慢。这也说明复土 1 年的时间,土壤结构不可能很快恢复。总之,渗透速度顺序为红土耕地>老复田地>新复田地>尾矿砂地。它和土壤结构好坏成正相关关系。这样,有利于水土保持。

3.4 尾矿砂、生土、新老复田地养分及有机质变化

不论尾矿砂、生土及新老复田地土壤,pH 值均变动在 8.0 左右,即说明酸碱度基本相同且均偏碱性(如表 5)。



I ———— 原始土壤(古土壤红层)
 II ×··×··× 老复田地
 III ○—○—○ 新复田地薄层复土厚度 30cm
 III ———— 新复田地中层复土厚度 60cm
 III ■··△··△ 新复田地厚层复土厚度 100cm
 IV ●··●··● 尾矿砂荒地

图 2 耕层土壤渗透性比较

表 5 尾矿砂、生土、新老复田地土壤中 N,P,K 及有机质含量

土壤类别	pH 值	CaCO ₃ g/kg	有机质 g/kg	全 N g/kg	全 P g/kg	全 K g/kg	碱解 N mg/kg	速效 P mg/kg	速效 K mg/kg	复田 时间
尾矿砂	7.96	207.5	0.00	0.020	1.47	23.1	8.4	0.05	45.0	
生土 (红层)	7.92	25.2	1.07	0.176	1.08	23.4	19.7	2.10	96.7	原始 土层
新复田地 (对照地小区)*	8.05	16.6	3.47	0.280	1.18	23.8	60.9	—	166.3	(1年)
新复田地(施 N ₂ P ₂ 肥料小区)**	8.26	28.7	4.07	0.410	1.18	23.7	64.7	3.51	174.3	(1年)
老复田地 (土厚 40~60cm)	7.91	43.1	4.05	0.332	1.40	24.1	45.4	1.87	144.8	(15年)

注:黄土地区土壤含钾(K)量丰富,故肥料试验只考虑氮(N)肥及磷(P)肥的相互配合;

* 试验对照地(NoPo);均未施肥。

** 试验地施肥水平为 N₂P₂,即氮肥及磷肥相互配合,每 hm² 地施 N₂ 肥 90 kg,再配合施 P₂(系 P₂O₅)肥 60 kg。

碳酸钙含量:尾矿砂中含量最高(207.5g/kg),因尾矿砂来自岩石磨碎的细粒,受岩性的影响;生土及新复田土壤变动在 20.0g/kg 左右,是古土壤层受自然淋溶所致;老复田地土壤 CaCO₃ 含量为 43.1g/kg 这是塬土的特征。

有机质含量:尾矿砂为零,因磨细的岩石细粒中就不含有机质;而埋入深层的生土中有机质含量较低为 1.07g/kg,用此土壤复田后,经种植绿肥压入土壤,有机质含量由 1.07g/kg 提高到 3.47g/kg,增加了两倍多^[2],接近老复田地熟化土壤 4.05g/kg 的含量水平。新复田地土壤,种植一季小麦,通过施肥之后,有机质含量增加至 4.07g/kg,已达到老复田地熟化土壤的

有机质含量水平。

养分含量及速效 N、P、K: 总体看全 P、全 K 及速效 K 都不缺。尾矿砂由于排放时间久, 全 N 及速效 N、速效 P 养分含量都很缺乏。全 P 含量超过生土(1.08g/kg)及新(1.18g/kg)、老(1.40g/kg)复田地土壤中全 P 的含量; 生土中全 N 量及速效 N、速效 K 含量都比尾矿砂含量高, 居于尾矿砂与复田地土壤养分含量之间, 同时可以看出, 生土经种压绿肥、碱解 N 由 19.7mg/kg 增加到 60.9mg/kg、速效 K 由 96.7mg/kg 增加到 166.3mg/kg; 新复田地经种植小麦及施肥, 仅 1 年时间速效养分均有所提高, 且超过老复田地, 速效 P 含量更为显著。

3.5 新复田地复土厚度与作物产量的关系

从复土 30cm、60cm、100 cm 3 种厚度相比较而论, 试验结果表明, 复土越厚越好。土壤理化性质优势已在前面叙述过, 现从地上部分种植的小麦生长势及产量来看复土厚度问题: 在种同一品种同等肥料水平的前提下, 复土 30cm 的小麦生长细弱, 叶片枯黄, 随着复土厚度的增加, 小麦生长势越来越好, 平均株高依次为 77.7cm, 85.6cm, 87.7cm。从产量看亦随复土厚度增加而增加: 复土 30cm 的产量为 2 850kg/hm², 60cm 的产量为 3 750kg/hm², 而复土 100cm 厚度的产量达 4 650kg/hm²(均系 9 个小区平均值)。

但复土厚者: 土壤来源不易, 小麦成熟期依次推迟 2~3d。

薛建民同志参加了该研究项目的农业部分工作。

参 考 文 献

- 1 朱显谟主编. 黄土高原土壤与农业. 北京: 农业出版社, 1989, 197~228
- 2 中国科学院南京土壤研究所主编. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1978, 235~238
- 3 田积莹等. 丰产土壤土体构型的研究. 《陕西农业科学》1990, (4)12~16
- 4 田积莹, 黄义端, 雍绍萍. 增加土壤渗透, 减少水土流失. 水土保持通报, 1988, 8(3): 25~31

国家专利成果

一种新型自动万向集沙仪

由中国科学院、水利部水土保持研究所查轩副研究员研制的一种自动万向集沙仪, 获国家专利, 专利号: 95245592.7

该仪器解决了风沙收集过程中采集器随风向变化而自动跟踪收集的关键问题, 它不需配任何动力装置而自动全方位采集风沙, 并可同时进行不同空间高度的采集工作。该仪器具有体积小、重量轻、收集完全、测量准确、操作简单、安装使用方便等特点, 适应于土壤风蚀、风沙移动、土地沙化及荒漠化等研究中风沙移动量的野外定位及流动监测。有兴趣者请联系。

地 址: 陕西省杨陵区中国科学院·水利部水土保持研究所

联系人: 查 轩

电话: (0910)7012412

传 真: (0910)7012210

邮编: 712100 电挂: 3932

电子邮件: ksdp@ms.iswc.ac.cn