

三川河流域农地土壤肥力的评价与调控

王礼先 姚云峰

(北京林业大学·北京市)

徐茂杰

(山西省水利厅水土保持局·太原市)

霍兆林

(山西省吕梁行署水利水保局·山西离石)

提 要

三川河流域属于国家8个水土保持重点治理区之一,随着治理的进展和农林牧业的发展,对耕地土壤的要求也越来越高。本文在对流域内不同耕地土壤肥力调查与测定的基础上,采用主成分分析(PCA),评价了不同类型农耕地的肥力状况,并划分了农地的类型,为不同类型农地土壤肥力的调控和农业发展,提供了科学依据。

关键词: 土壤肥力 农地类型 肥力评价 肥力调控

Evaluation and Regulation of Soil Fertility of Farmland in Sanchuanhe Watershed

Wang Lixian Yao Yunfeng

(Beijing Forestry University)

Xu Maojie

*(Soil and water conservation Bureau
of Shanxi province)*

Huo Zhaolin

*(Soil and water conservation Bureau
of Luliang, Shanxi province)*

Abstract

Sanchuanhe watershed is one of the eight key integrated control areas of soil and water conservation in China. As the developing of control work and agriculture, forestry and animal husbandry, soil of farmland is required more and more highly, This paper evaluates soil fertility of every type farmland, using PCA method, based on the investigation and measurement of soil fertility of different farmland in the watershed. A new classification of farmland has been suggested. It proposes scientific base for the regulation of different type farmland and the development of agriculture.

key words: soil fertility type of farmland evaluation of fertility
regulation of fertility

三川河流域是水土流失严重地区,1983年被列为国家8个水土保持重点治理区之一,经过6年的治理,已初见成效。随着治理措施的施实和农林牧业的发展,特别是陡坡耕地退耕还林还牧和人口的剧增,造成人——地——粮之间的矛盾越来越突出,要想彻底摆脱贫困,实现本世纪末人均粮食达到400kg的目标,必须在建设基本农田的同时,培肥地力,依靠科学技术措施,提高单位面积产量,这也是保证当地粮食生产稳定发展的根本出路。因此,土壤肥力评价具有重要的生产意义。通过对三川河流域不同类型耕地的肥力评价,可为不同类型耕地的合理利用及土壤肥力的调控,包括耕作、轮作及培肥改土等措施提供科学依据。

一、基本概况

三川河流域属黄河的一级支流,流域面积4161km²,属暖温带季风气候,主要地貌类型,西部为黄土丘陵区,东部为土石山区。侵蚀模数为7024t/(km²·a),其中黄土丘陵区达15600t/(km²·a),每年向黄河输送泥沙2908万t。全流域土壤分为山地棕壤、灰褐土、草甸土和褐土四大类。山地棕壤和褐土主要分布在土石山区,灰褐土主要分布在黄土丘陵沟壑区,草甸土则主要分布在河漫滩和阶地上。流域内东北部土石山区,多年平均气温4~8℃,全年≥10℃积温2100~3000℃,无霜期90~150天,多年平均降水量560mm,多年平均水面蒸发量905mm是降水量的1.6倍。西部黄土丘陵区,多年平均气温7~10℃,全年≥10℃积温2700~3990℃,无霜期135~196天,多年平均降水量496mm,多年平均水面蒸发量1071mm,是降水量的2.2倍。由于年内降水分布极不均匀,6~9月降雨量占全年降水量的60%以上,且多以暴雨形式出现,因而,极易产生严重的水土流失,造成干旱频繁,土地贫瘠,农业生产低而不稳,为比较贫困的山区。农作物组成,多以谷子、玉米、高粱、豆类和薯类等秋作物为主,仅在灌溉条件的川地和低缓坡地带,种植少量小麦和夏季作物。全流域耕地总面积为95.65万亩,人均占有耕地2.5亩,1989年粮食总产达8829.84万kg,人均粮食达231.4kg。全流域总人口为38万,人口密度为91.7人/km²。

二、不同类型耕地土壤肥力分析

(一) 耕地类型与取土方法 流域内的耕地类型主要有:坡耕地、新梯田、老梯田、坝地、川滩地、水浇地、垣地七大类。其中坡耕地又可根据坡度大小分为五类:(1)坡度<7°;(2)坡度7°~15°;(3)坡度15°~20°;(4)坡度20°~25°;(5)坡度>25°。新修梯田和老梯田,根据田面宽各分为两类:田面宽>8m和<8m的新梯田;田面宽>8m和<8m的老梯田。我们通过大面积调查,根据各类型耕地的面积大小和分布情况,分别在4个典型流域采集土样200个,取土方法为多点取样,即每个土样是5~20个取土点的混合样,取土深度为0~30cm,取土时间是农作物播种之前(1990年3月)。测定项目有全氮、有机质、速效磷、速效钾。见表1。

(二) 不同类型耕地养分状况 不同类型耕地的基本养分指标,全氮、速效磷、速效钾、有机质的算术平均值(\bar{X})、样本标准差(S)、变异系数(C)列于表1。从表1总体来看,不同类型耕地土壤的速效磷分布比较离散,全氮分布聚集,速效钾、有机质分布居中。我们根据《现代土壤调查技术》⁽⁷⁾华北地区土壤养分分级指标,具体分析不同类型耕地的养分状况。

1. 坡耕地的养分状况。从表1可以看出,随着坡度的增加,坡耕地的速效磷、速效钾、有机

表1 不同类型耕地养分状况

耕地类型	序号	样本数	全氮 (%)			速效磷 (mg/100g土)			速效钾 (mg/100g土)			有机质 (%)			
			\bar{x}	S	C	X	S	C	\bar{X}	S	C	\bar{X}	S	C	
坡耕地	<7°	1	16	0.051	0.0091	0.18	0.778	0.487	0.63	13.03	6.39	0.49	0.69	0.15	0.22
	7°~15°	2	16	0.044	0.0073	0.17	0.735	0.446	0.61	12.69	5.47	0.43	0.68	0.14	0.21
	15°~20°	3	16	0.049	0.0073	0.15	0.585	0.373	0.64	10.99	3.01	0.27	0.64	0.088	0.14
	20°~25°	4	16	0.041	0.007	0.17	0.514	0.264	0.52	10.56	3.12	0.29	0.59	0.14	0.23
	>25°	5	16	0.039	0.0062	0.16	0.398	0.243	0.61	10.48	2.37	0.23	0.53	0.12	0.23
新梯田	田面宽 > 8 m	6	16	0.036	0.0082	0.23	0.774	0.437	0.56	10.21	2.47	0.24	0.51	0.17	0.33
	田面宽 < 8 m	7	16	0.034	0.0098	0.28	0.648	0.526	0.81	9.58	1.76	0.18	0.48	0.17	0.35
老梯田	田面宽 > 8 m	8	40	0.048	0.0118	0.25	1.060	0.690	0.65	13.50	3.96	0.29	0.70	0.12	0.17
	田面宽 < 8 m	9	16	0.045	0.0133	0.29	0.778	0.496	0.63	12.99	4.31	0.33	0.68	0.16	0.23
坝地	10	8	0.030	0.0067	0.22	0.780	0.350	0.45	13.60	3.37	0.24	0.39	0.11	0.29	
川滩地	11	8	0.040	0.020	0.50	0.309	0.201	0.65	9.37	3.91	0.42	0.74	0.65	0.88	
水浇地	12	8	0.057	0.024	0.43	1.242	1.192	0.96	13.12	3.14	0.24	1.13	0.66	0.58	
垣地	13	8	0.051	0.016	0.32	0.603	0.275	0.45	10.85	3.55	0.33	1.03	0.51	0.50	

质呈有规律的下降趋势，全氮除15°~20°坡耕地外，也呈有规律的下降趋势。不同坡度级的坡耕地，全氮分布聚集(C为0.15~0.18)，速效磷分布离散(C为0.52~0.64)，速效钾(C为0.23~0.49)，有机质(C为0.14~0.23)分布居中。以全氮、速效磷、有机质含量来划分，不同坡度级的坡耕地都属于4级耕地(即低肥力地)。全氮(\bar{X})为0.039%~0.051%，速效磷(\bar{X})为0.398~0.778mg/100g土，有机质(\bar{X})为0.53%~0.69%，而速效钾含量极为丰富，其(\bar{X})为10.48~13.03mg/100g土。这表明坡耕地氮、磷养分严重缺乏，钾比较丰富。

2. 新梯田养分状况。田面宽大于8m的新梯田，全氮，速效磷、速效钾、有机质均略大于田面宽小于8m的新梯田。两类新梯田的速效钾分布聚集(C为0.18~0.24)，速效磷分布离散(C为0.56~0.81)，全氮(C为0.23~0.28)和有机质(C为0.33~0.35)分布居中。田面宽小于8m和大于8m的新梯田，全氮(\bar{X})分别为0.034%和0.036%，速效磷(\bar{X})分别为0.648mg/100g土和0.774mg/100g土，有机质含量(\bar{X})分别为0.48%和0.51%，属于4级耕地(即低肥力地)，速效钾含量丰富，(\bar{X})分别为9.58mg/100g土和10.21mg/100g土。表明氮、磷严重缺乏。

3. 老梯田养分状况。田面宽大于8m的老梯田，各项养分指标都大于田面宽小于8m的老梯田，两类老梯田的有机质分布聚集(C为0.17~0.23)，速效磷分布离散(C为0.63~0.65)，全氮(C为0.25~0.29)和速效钾(C为0.29~0.33)分布居中。两类老梯田的全氮(\bar{X})分别为0.048%和0.045%，属于低肥力。速效磷(\bar{X})分别为1.06mg/100g土和0.778mg/100g土，田面宽大于8m的老梯田属于中等肥力，小于8m的老梯田属于低肥力。有机质(\bar{X})分别为0.70%和0.68%，属于低肥力。速效钾含量丰富，(\bar{X})分别为13.50mg/100g土和12.99mg/100

g土。表明严重缺氮，田面宽大于8 m的老梯田缺磷，小于8 m的老梯田严重缺磷。

4. 坝地的养分状况。坝地全氮分布聚集 (C 为0.22)，速效磷 (C 为0.45)、速效钾 (C 为0.39) 分布离散，有机质分布居中 (C 为0.29)。坝地全氮 (\bar{X}) 为0.03%，属于极低肥力；速效磷 (\bar{X}) 为0.78mg/100g土，属于低肥力；有机质 (\bar{X}) 为0.39%，属于低肥力；速效钾 (\bar{X}) 为13.6mg/100g土，表明氮、磷严重缺乏，速效钾极为丰富。

5. 川滩地养分状况。川滩地全氮、速效磷、速效钾、有机质的分布都比较离散，其变异系数分别为0.5、0.65、0.42、0.88，川滩地全氮 (\bar{X}) 为0.04%，属低肥力；速效磷 (\bar{X}) 为0.31mg/100g土，属于极低肥力；速效钾 (\bar{X}) 为9.37mg/100g土，含量丰富；有机质 (\bar{X}) 为0.74，属低肥力，表现为严重缺氮、缺磷。

6. 水浇地养分状况。水浇地速效钾分布聚集 (C 为0.24)，全氮、速效磷、有机质分布离散，其变异系数分别为0.43、0.96、0.58。水浇地全氮 (\bar{X}) 为0.057%，属中等肥力；速效磷 (\bar{X}) 为1.24mg/100g土，属中等肥力；速效钾 (\bar{X}) 为13.12mg/100g土，含量丰富；有机质 (\bar{X}) 为1.13%，属中等肥力。水浇地养分比例较协调，属于中等肥力地。

7. 垣地养分状况。垣地全氮 (C 为0.32) 和速效钾 (C 为0.33) 分布较聚集；速效磷 (C 为0.45) 和有机质 (C 为0.50) 分布较离散。垣地全氮 (\bar{X}) 为0.51%，属于中等肥力；速效磷 (\bar{X}) 为0.603mg/100g土，属于低肥力；速效钾 (\bar{X}) 为10.85mg/100g土，有机质 (\bar{X}) 为1.03%，属于中等肥力。表现为缺氮、严重缺磷。

从上述结果来看，三川河流域不同类型耕地养分的差别明显，总的状况是养分含量不协调，有效肥力不高，突出的是严重缺氮、缺磷。

(三) 耕地肥力状况的主成分分析 土壤肥力是以水、肥、气、热的物质能量为基础，是生态环境与土壤理化和生物特性的综合反映。由于影响土壤肥力的因素很多，且诸因素相互之间有着一定的相关性，致使反映土壤肥力状况的若干指标信息大部分发生重叠，但可采用数学方法找出若干个彼此无相关性的综合指标，而其中少数几个综合指标，就能反映原来全部指标所提供的主要信息。所以，我们选择了4个观测指标 (变量)： X_1 ——全氮， X_2 ——速效磷， X_3 ——速效钾， X_4 ——有机质，对三川河流域的13种类型耕地 (见表1) 进行主成分分析 (PCA)。

1. 耕地养分状况的主成分判别。采用计算机计算结果如下：

X_1	X_2	X_3	X_4
平均数向量 (\bar{X})			
0.043 5	0.708 0	11.613	0.676
标准差向量 (S)			
0.007 4	0.240 5	1.502 3	0.198 9
变异系数 (C)			
0.17	0.34	0.13	0.29
相关矩阵 ($n=13, r_{0.05}=0.553, r_{0.01}=0.684$)			
1	0.446 4	0.355 6	0.856 5**
	1	0.739 5**	0.379 8
		1	0.176 9
			1

表2 特征根及特征向量

主成分		Y (1)	Y (2)	Y (3)	Y (4)
特征向量	X ₁	0.544 8	0.402 2	-0.332 7	-0.656 3
	X ₂	0.510 4	-0.433 3	0.714 3	-0.203 9
	X ₃	0.442 9	-0.599 8	-0.594 3	0.301 3
	X ₄	0.496 5	0.539 2	0.161 0	0.660 9
特征根		2.487 9	1.136 8	0.262 3	0.113 0
贡献率 (%)		62.196 6	28.420 5	6.558 4	2.824 5
累计贡献率 (%)		62.196 6	90.617 1	97.175 5	100
因子负荷量	X ₁	0.859 3	0.428 8	-0.170 4	-0.220 6
	X ₂	0.805 0	-0.462 0	0.365 8	-0.068 5
	X ₃	0.698 6	-0.639 6	-0.3044	0.101 3
	X ₄	0.783 2	0.574 9	0.082 4	0.222 2

从计算结果来看,流域内耕地总的养分状况是速效钾含量丰富,总平均为11.61mg/100g土,且不同类型耕地间的变化幅度很小,变异系数为0.13;全氮含量很低,总平均为0.044%,不同耕地间的变幅也较小,变异系数为0.17;速效磷含量较低,总平均为0.71mg/100g土,不同耕地间的变幅较大,变异系数为0.34;有机质含量也较低,总平均为0.68%,不同耕地间的变幅也较大,变异系数为0.29。从4个变量的相关矩阵来看,不同类型耕地的全氮与有机质、速效磷与速效钾具有非常显著的正相关关系,相关系数分别为0.857和0.740。

从第一主成分来看,全氮含量的特征量和因子负荷量最大,说明全氮对第一主成分具有较强的正向负荷,显然在不同类型耕地土壤养分中,含氮量具有更重要的意义。

从第二主成分来看,有机质的特征量和因子负荷量最大,也就是其对第二主成分具有较强的正向负荷,速效钾的特征量和因子负荷量是绝对值较大的负数,说明其对第二主成分具有较强的逆向负荷。

2. 耕地类型的主成分分类。

由表2来看,第一主成分Y(1)和第二主成分Y(2)的累计贡献率已达到90.7%,它基本反映了原有变量的信息量,所以,我们可以利用第一和第二主成分值(表3)构成二维平面排序图(附图),对流域内的耕地进行分类。

依据附图中13种不同类型耕地的聚集分布状况,可以明显的划分为5个围圈,它们分别代表5种农地类型:

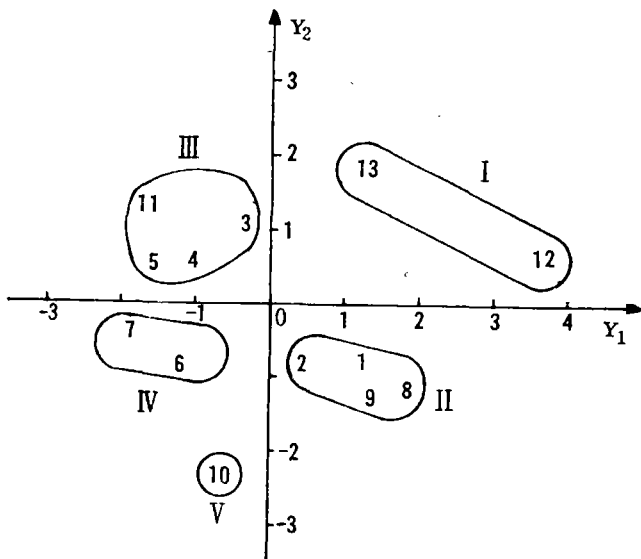
- I 水浇地——垣地; II 缓坡地(坡度小于15°)——老梯田;
 III 陡坡地(坡度大于15°)——川滩地; IV——新梯田; V——坝地。

根据主成分划分的5种农地类型,反映了每一类型的肥力特征和生产条件。所以,在经营中应根据每一类型的特点,采取不同的培肥、改土和种植技术。

表3 主成分值

主成分	耕地序号						
	1	2	3	4	5	6	7
Y(1)	1.154 6	0.424 0	-0.128 2	-1.118 1	-1.684 6	-1.236 5	-1.911 4
Y(2)	-0.245 6	-0.439 0	0.672 7	0.403 0	0.372 8	-0.413 7	-0.124 9

主成分	耕地序号					
	8	9	10	11	12	13
Y(1)	1.696 2	0.677 1	-0.964 6	-1.602 9	3.705 1	0.989 4
Y(2)	-1.076 9	-0.582 1	-2.428 8	1.600 0	0.400 7	1.862 0



附图 13种不同类型耕地在Y(1)、Y(2)坐标上的排序

3. 各类型耕地肥力评价。三川河流域总耕地面积为95.65万亩,其中坝地、水浇地、川滩地、垣地的面积较小,仅有11.47万亩,占总耕地面积的12%,梯田面积为40.85万亩,占总耕地面积的42.7%,坡耕地面积为43.32万亩,占总耕地面积的45.3%。从流域内耕地的组成情况来看,主要以坡耕地和梯田为主,坝地、水浇地、川滩地、垣地的面积较小。

由上述分析结果来看,流域内的耕地基本属于中低肥力类型,其中低肥力耕地所占比重较大。究其原因,主要有两个方面,一是水土流失严重,由于坡耕地面积大,大部分坡耕地缺少林木、灌丛和水土保持工程措

施的保护,每遇暴雨大量肥沃的表土被冲刷掉,二是耕作粗放,投入少。由于传统的自给半自给性农业生产,以手工劳动为主的经营方式和“一家一村,占山而居”的分散居住条件,适应了这种生产形式,在本来就较脆弱的农业生态系统中,实行掠夺式经营,土地生产率日益下降,使农民陷入“越穷越垦、越垦越穷”的生态系统恶性循环和经济恶性循环之中。

三川河流域经过多年的综合治理,已初见成效,特别是建成了一定数量和质的基本农田,至1989年年底,全流域累计基本农田52.33万亩,人均占有基本农田达到1.4亩。但是,基本农田建设,只是为高产稳产创造了有利条件,并不等于修建了梯田和坝地,就一定能获得高产稳产,从表1表明梯田、坝地的土壤养分含量并不高。

新修梯田,在修筑过程中,表土大量埋压和损失,耕层土壤团粒结构被破坏,土壤肥力急剧

下降,形成了“生、硬、冷”的土壤特性,如不采取培肥措施,就会在新修后2~3年内造成减产。

坝地的溢洪和排洪渠系不合理或不配套,经营方式落后,加之每年的淤积,使坝地的肥力下降,在所有耕地中,坝地的全氮含量最低(0.03%),所以,坝地的保收率很低。

老梯田由于经过多年的耕作施肥,形成了良好的土壤结构,土壤容重减小,孔隙度增大,蓄水保水保肥性能增强,光能利用率和降水利用率有所提高,因而老梯田的作物产量明显提高。但是,另一方面,高产必然使土壤养分消耗增大,如果不增施肥料,培肥土壤,年久就会造成老梯田的肥力下降。

坡耕地由于土壤侵蚀造成大量肥沃表土流失,加之耕作粗放,广种薄收,长期以来采取掠夺式经营,只索取不投入或者少投入,使大面积坡耕地肥力很低,产量低而不稳,如遇自然灾害,往往颗粒无收。

三、不同类型耕地土壤肥力的调控

反映土壤肥力状况的主导因素是养分因子和水分因子,由于不同类型耕地土壤肥力普遍偏低,因而提高不同类型耕地的土壤肥力就显得十分重要。在旱作农业区大面积范围内,水分因子是难以改变的,但是,改变养分因子却是可能的。为了发挥不同类型耕地的生产潜力,必须不断地调控耕地的土壤肥力,合理利用和培肥地力。土壤是构成农田生态系统的一个组成部分,是和农林牧各业密切相关的。所以,土壤肥力的调控必须同流域的综合治理相结合,通过多途径向土壤输入能流和物流,扩大营养物质的循环,以确保土壤肥力的不断提高。

1. 土壤肥力基础物质的调控。一般认为土壤微团聚体组成状况是土壤培肥的重要目标之一⁽¹⁾。土壤中的无机颗粒是比较固定的,而有机颗粒随着有机质种类和数量的不同而改变。一般都是通过增施有机肥料对土壤微团聚体组成进行调控。经研究表明,秸秆和畜粪都有增加50 μm ~250 μm 微团聚体的作用,而玉米秸秆还有增加小于5 μm 各级微团聚体的作用⁽¹⁾。因而,在农业生产中,推广秸秆还田、轮作种植绿肥、增施畜粪,以调控土壤微团聚体组成,从基础物质上调控土壤肥力,使土壤肥力逐渐提高。

2. 合理施肥。随着复种指数的不断提高和农村产业结构的调整,有机肥投入减少,化肥施用量大幅度增加,化肥又偏重单一肥料,造成氮、磷、钾比例失调,特别是氮素严重缺乏,根据上述分析,该流域内的耕地,应普遍采取增氮、补磷、控钾的合理施肥措施。

3. 改善农田生态环境。连年浅耕的土壤,在耕层以下形成了一层较紧实的犁底层,从而减缓了较深层土壤中营养物质的转化过程,降低了该层的生物学活性,影响了土壤肥力因素转化规模及其进程,因而采取适宜的深耕,以加厚熟化层,特别对新修梯田,修成后要采取深耕措施,有利于作物生长和产量的提高⁽³⁾。

对于坝地,主要的障碍因子是冷湿,漏水漏肥、质地粘重。所以,一方面要深翻改土,另一方面要完善溢洪、排洪渠系,以降低地下水位,防止洪涝危害。

坡耕地应采取“抗旱丰产沟”耕作法,以防止坡耕地的土壤侵蚀,逐渐提高坡耕地的肥力。据试验资料表明,抗旱丰产沟耕作比普通耕作增产26.7%⁽⁴⁾。

4. 合理的耕作制度。轮作可以改善土壤理化性状,调节土壤肥力水平,轮作应安排豆科植物,利用其根瘤作用,补充土壤中氮素的缺乏,另外,还应注意农作物同绿肥轮作。

5. 调整农业生产结构。对于农业生态系统来讲,合理的生产结构可以形成良好的生态农业系统,使系统保持较高的稳定性,增强系统的自我调节能力。从近年来的流域治理情况看,虽然

改变了过去农业生产单一的状况,但是,农林牧业的发展还不协调。所以,必须在建设基本农田的同时,加强造林种草和畜牧业的发展,从根本上解决土壤肥力贫瘠,肥源不足的现状,以促进全流域农业生态系统的良性循环。

四、小 结

1. 经过对流域不同类型耕地肥力状况的分析和评价表明,三川河流域不同类型耕地,总体评力状况属于中低肥力等级。

2. 不同类型耕地养分的主成分分析(PCA)结果表明,可利用第一主成分和第二主成分肥价耕地的肥力状况。

3. 应用主成分分类,可将流域内的耕地划分为五大类型。

4. 肥力状况的评价和农地类型的划分,为不同类型耕地土壤肥力的调控,提供了科学依据。

山西省柳林县水利水保局陈保华,中阳县水利水保局高彦云,离石县水利水保局李有元,方山县水利水保局刘民顺,吕梁行署水利水保局李生惠,北京林业大学水保系90届学生王善福、梁毓涛等参加了部分外业工作,给予了很大帮助和支持,在此一并致谢。

参 考 文 献

1. 陈恩凤. 土壤肥力物质基础及其调控. 北京: 科学出版社, 1990年
2. 陈恩凤. 草甸棕壤区耕作土壤的层次发育及肥力特征. 《土壤通报》, 1965年, 第2期
3. 姚云峰等. 梯田优化配方正交试验及其效益分析. 《中国水土保持》, 1990年, 第9期
4. 杨才敏. 王家沟流域综合治理的经验教训及发展对策. 《山西水土保持科技》, 1988年, 第3期
5. 刘多森等. 土壤和环境研究中的数学方法与建模. 北京: 农业出版社, 1987年
6. 郎奎健等. IBM PC系列程序集. 北京: 中国林业出版社, 1989年
7. 林培. 现代土壤调查技术. 北京: 科学出版社, 1988年

(上接第3页)

参 考 文 献

1. 张含英. 明清治河概论. 北京水利电力出版社, 1986年
2. 史念海. 河山集. 2集, 三联书店, 1981年
3. 郑世清等. 土壤容重和降雨强度与土壤侵蚀和入渗关系的定量分析. 《西北水保所集刊》, 1988年第7集
4. 洪业汤. 不应把黄河看成是生态破坏的象征. 《科学报》, 1988年11月18日
5. 陈永宗等. 黄土高原现代侵蚀与治理. 北京科学出版社, 1988年
6. 陈永宗. 黄土高原的水土流失及其治理. 《水土保持通报》, 1981年, 第1期
7. 周佩华等. 黄土高原土壤侵蚀暴雨标准. 《水土保持通报》, 1987年, 第1期
8. 蒋徽寿. 治理黄河要实行拦、排、放相结合的方针. 《人民黄河》, 1980年, 第1期