

黄土高原农业耕作历史 与水土流失的关系

李 勇 田积莹 朱显谟

中国科学院
水利部西北水土保持研究所

提 要

本文首次从黄土高原主要耕种土壤、林地土壤的入渗和抗冲等物理特性出发,对黄土高原森林草原与农业耕作的历史变迁和近30年来毁林毁草耕作与水土流失的关系作了综合研究。给果认为,长期农业开荒耕作造成犁底层形成,是黄土高原水土流失加剧的主要原因;在黄土高原加速恢复植被,则是实现“全部降水就地入渗拦蓄”,根治黄河后患唯一有效的治本途径。

黄土高原综合治理,是国家“七·五”重点攻关科技项目之一。要对黄土高原进行综合治理,就必须对黄土高原的生态环境变迁的规律进行全面分析。近年来,许多科技工作者从自然地理学角度对历史时期黄土高原森林草原变迁与水土流失的关系作了大量研究工作,相继发表了许多有意义的研究论文,但至今还未见从黄土高原耕种土壤的渗透抗冲性特征出发,对该区水土流失的原因进行研究。显然,这无疑将影响黄土高原水土保持林草治理措施方案的制定和实施。我们正是基于上述原因,将黄土高原农业耕作历史现状与该区耕种土壤的物理学和水文学特征相结合,对农业耕作与水土流失的关系作了初步研究,旨在为黄土高原加速恢复植被,制定固土保水方案提供科学依据。

一、黄河河水变浑与水土流失加剧的历史分析

据有史以来的文字记载,黄河流域在西周战国以前,满山遍野曾是森林茂密,山青水秀的景观,而今却变成荒山秃岭、泥流滔滔的荒凉境况。要查明黄河河水变浑,水土流失加剧的原因,必须首先对黄河主要支流及其流域内农林业的变迁作历史分析。

(一) 黄河主要支流由清变浑的历史考证。在唐代许多诗人的篇章中,殆无不称渭河为清渭。白居易对渭河非常熟悉,他不仅说清渭,而且称渭河是“百里之清流”。唐朝诗人李频在“东渭桥晚照”一诗中,把渭河描写成自己家乡浙江的清流碧水。可见,唐代时期渭河上游的森林植被还未被大量破坏,水土流失还很轻微。

再看泾河,西周时泾河清可见底,可是战国末年,秦国开凿郑国渠,引泾河之水灌溉农田,却说是引“填阨之水”,说明水里含了相当多泥沙。到了西汉中叶,泾河成为“泾水一石,其泥数斗”。泾河流域变化最严重的马连河,人们当时称马连河为泥水;到魏晋时期,被称为泥水的支流改名为白子河。这并非是简单的改换名称问题,而是说明泾河含沙量有了变化。

当今含沙量最大的黄河支流——无定河，因其含沙量大，部分泥沙沉积于河床，使河床难于稳定而得名。但无定河这个名称起源并不很早，始见于唐代中叶的记载。它在西汉时被称为奢延水，两晋和南北朝时改为朔方水，但这两个名称均未反映这条河的浑浊程度。就在唐代前期，鄂尔多斯高原的沙漠还未能移到这条河流的近旁，可见，那时这条河流还比较清澈，至少不那么混浊。

(二) 黄土高原天然植被类型及分布的历史分析。远在新石器时代，黄土高原的森林地区还相当广泛，一些文化遗址中都曾发现过木炭和其它有关文物，表明当地有过森林。由西周到春秋，虽然农业已经相当发展，森林相应受到破坏，可是关中森林还是相当普遍。黄土高原的各大山脉，如秦岭、岐山、六盘山、王屋、析城、太行及现在被视为不易成林区的横山山脉，直到战国末年，植被覆盖度还相当良好。近来的许多研究也证明了这一点。

新近，朱士光先生根据黄土高原新石器时代遗址分析状况及其反映的地理环境特征，加上地下出土及地上残留古木所提供的实物证据，引证一些孢粉分析资料所透露的植被信息，结合当前植被地貌概况，对全新世中期黄土高原天然植被的类型分布作了综合研究，将该区天然植被划分为4个区：

1、北亚热带落叶与常绿阔叶混交林区。包括关中、晋南与豫西北河谷平原与间山盆地区，其北界大致在陕西陇山、黄龙山与山西霍山一线。

2、暖温带落叶阔叶林区。包括陕北、陇东、晋中、晋北与伊克昭盟东南角，以及宁夏东南部黄土丘陵沟壑与高原沟壑区。其北界自山西东北角天镇县起，沿长城西南行至右玉县杀虎口，再西行经内蒙古清水河县，过黄河至准格尔旗，经伊金霍洛旗新街至榆林，沿榆林至定边的公路到达定边，又折向西南，穿过环县至固原，最后沿六盘山南下至宝鸡与天水交界处。

3、暖温带针阔叶混交林区。包括陇西南部、宁夏西南部与青海东部丘陵沟壑区。其北界东起甘肃、宁夏交界的屈吴山，经榆中至永登。

4、暖温带草原兼有稀树草原、灌丛草原区。包括内蒙古河套地区与鄂尔多斯高原以及宁夏中部与北部和陇中北部。

由上述证据看出，远在原始社会，黄土高原确是森林郁郁葱葱，草原相当普遍。因此，黄河当然是一条清河，而今这条大清河改名为黄河，就是黄河流域植被遭到严重破坏的结果。

(三) 历史上农业区的变迁与水土流失的关系。根据谭其骧和史念海的研究，战国与秦以前，黄河中游山西、陕西峡谷流域和泾渭北洛上游，处于以畜牧射猎为主的时代，原始植被未被大量破坏，水土流失还很轻微。到了秦与西汉时代，由于在上述地区大量移入汉民，推行屯垦政策，森林草原遭到破坏，水土流失逐渐加强。但到东汉以至隋唐八百年间，上述地方再次成为羌、胡等游牧民族活动的场所，因而耕地相应缩减，牧场增加，自然植被有所恢复，使下游洪水和泥沙量相应减少。唐以后，汉民族又大量移入上述地区，自此以后，人口剧增，农耕范围不断扩大，草原、林地、沼泽洼地以及丘陵坡地渐渐成了耕地，于是水土流失愈来愈严重。几千年来，黄河中游山西和陕西峡谷地区及泾渭北洛上游地区，农耕地范围的变化与水土流失的关系，说明了黄土高原大面积毁林毁草，过度开垦耕种，是加剧水土流失的直接原因。

二、解放以来毁林垦荒耕种与水土流失的关系

水土流失是自然因素与人为因素综合作用的结果。若我们对1949年以前和以后的自然因素进行分析，会发现自然因素并未发生明显变化。1949年前，黄河年输沙量为16.828亿吨，1958年以

来，黄土高原人工拦沙6.14亿吨，黄河年输沙量为16.844亿吨；也就是说，30年来黄河的悬沙量变化不大。实际上，黄土高原土壤侵蚀量1949年以后较以前平均年增长率为36.6%。近期的研究表明，土坝的拦沙量愈来愈多，说明面上的水土流失没有减弱。种种迹象证明：在自然侵蚀过程没有发生明显变化的情况下，侵蚀量却增加了1/3的原因是人为活动造成的，而人口剧增，毁林毁草垦荒耕种，是30年来人为加速土壤侵蚀的主要原因。

黄土高原农业人口近30年来由1,500万增加到3,000万，而农业生产率及非农业收入却没有显著变化，所以陡坡耕垦及毁林开荒耕种面积不断扩大。据统计，1960—1962年，陕甘宁晋4省新垦荒地66.7万公顷以上，1977—1979年延安地区新垦荒地12万公顷，总数相当于同期修建的基本农田和造林种草面积的3倍。子午岭林区1949—1972年，仅甘肃一侧新垦荒地近15万公顷，占整个林区面积的21%。宁夏固原县1949年有农耕地15万多公顷，垦殖指数为22.7%；1978年农耕地33.3万公顷，垦殖指数为50%，被毁林地面积为同期造林面积的3倍以上。据粗略估计，仅每年新垦荒地就增加土壤流失量3—5亿吨，再加上因开矿修路等新输入黄河的泥沙量，远远大于同期治理的水土保持效益。调查表明，新垦荒地大多是坡度较陡的土地，平均在20°以上。因此，陡坡毁林毁草耕作，必然加速土壤侵蚀的发生和发展。

三、主要耕作土壤的入渗及抗冲性能

由上述对黄土高原农业耕作的历史现状分析，我们可以认识到，人为过度垦荒耕种，是产生水土流失的主导因素，但这仅仅说明了问题的表面原因，而非问题的实质，那么，林草地土壤耕种后，为什么会增加土壤流失呢？其原因可以从两个方面去研究：其一是植被的保持水土作用，关于这一问题已发表了一些研究论文，但多注意其现象而忽略了机制；其二是从农业耕作土壤本身的水文学特征——土壤入渗、抗冲性能方面进行研究，而这一涉及黄土高原土壤特殊环境的问题，长期以来却被人们所忽视。

几年来，我们通过对整个黄土高原土壤入渗及抗冲性能的研究发现，要在黄土高原进行大面积水土保持综合治理，应当以强化土壤入渗和提高土壤抗冲性的研究为中心，因为这两个物理参数综合反映了黄土高原土壤环境的独特性与土壤抗侵蚀力的实质。而毁林毁草垦荒耕种，恰恰是削弱了土壤的入渗能力，大大破坏了抗冲性本来就差的在黄土母质上形成的土壤极其微弱的抗冲性。

（一）长期农业耕作，非但改变了表层土壤的结构状况，而且在剖面中形成坚硬的隔水层，即犁底层，降低了土壤的入渗性能。土壤入渗性能是土壤最重要的物理性质之一。它不仅影响植物群落根系的水量，而且直接影响总的地表径流的数量和侵蚀危害的程度。因此，土层的入渗能力与水土保持密切相关。影响土壤入渗性能的因子众多，其中与农业耕种土壤紧密相关的有土壤表层状况和剖面构型特征。林地耕种后，破坏了土壤表层的良好团聚体结构，水稳结构含量一般降低约42%，土壤容重增大，非毛管孔隙减小。由于耕作土壤表层结构不稳定，在雨滴的冲击下极易形成结壳，表面结壳不但降低初始入渗性能，也降低最后稳定入渗性能。同时，长期农业耕作，在土壤剖面结构上形成与上覆土层物理性质完全不同的层次——坚硬的犁底层，阻碍入渗过程中水分的运动。

黄土高原主要耕作土壤的物理性质及入渗的测定结果(见下表)，充分证明了上述推论。耕种土壤表层容重(1.27—1.37克/毫升)，约是老林下土壤(0.63克/毫升)的2倍。在20—40厘米内耕种土壤的紧实度(12.88—18.30公斤/立方厘米)，约比老林地土壤大5倍。耕种土壤形成的这种

具有不稳定的表层及坚硬犁底层的特殊构型，极大地影响了水分的入渗。测定结果证明，老林地土壤稳定入渗速率约是耕种土壤的45倍。为了进一步探明耕作土壤犁底层对土壤入渗的影响，我们对黑垆土进行了去掉犁底层和未去掉犁底层的入渗试验。结果表明，有犁底层黑垆土的入渗 ($K_{10}=0.29$ 毫米/分) 仅为无犁底层 ($K_{10}=1.83$ 毫米/分) 的1/6。这一结果启示我们，在黄土高原耕种土壤进行深耕和打破犁底层，对强化土壤入渗，防止水土流失具有重要意义。

(二) 每年耕翻表层土壤，破坏了植物根系固结土粒的作用，大大降低了土壤的抗冲性能，加剧了耕作土壤的细沟侵蚀。抗冲性是指土壤抵抗地表径流(或雨滴)对它的机械破坏和推移的能力，它与土壤的物理性质(容重、紧实度)及植物根系的固结关系最大。我们利用一个大气压水的冲力，冲击土壤剖面，测定其冲刷土量及水冲穴深度来表征土壤抗冲性能。黄土高原主要耕种土壤的抗冲性，结果见下表。

黄土高原主要耕种土壤物理性质与入渗及抗冲性能

土壤类型	地点	土层	土层深度 (厘米)	土壤紧实度 (公斤/立方厘米)	土壤容重 (克/毫升)	土壤入渗 K_{10} 值(毫米/分)	水冲穴深度 (厘米)	冲刷土量 (克)
灰钙土	靖远	耕作层	0—22	1.02	—	0.38	14.3	28.0
		犁底层	22—60	15.76	—		3.3	2.3
		心土层	60—150	3.84	—		8.4	14.3
灰钙土	海原	耕作层	0—20	1.21	—	0.36	16.5	35.7
		犁底层	20—60	18.30	—		1.9	2.0
		心土层	60—100	12.34	—		12.5	28.8
黑垆土	西峰	耕作层	0—25	0.62	1.37	0.29	13.4	27.0
		犁底层	25—45	12.88	1.47		1.3	2.1
		垆土层	60—90	9.73	1.18		0.6	1.4
黄绵土	离石	耕作层	0—12	2.88	1.27	0.47	11.3	10.5
		犁底层	12—25	14.56	1.39		2.2	5.3
		心土层	25—60	12.16	—		1.8	4.3
黑壮土 (老林下)	合水	腐殖质	0—20	1.61	0.63	16.74	1.4	1.9
		过渡层	20—40	2.97	1.12		3.1	3.3
		粘化层	40—100	6.12	1.25		2.2	1.8

由表中看出，对于耕作土壤，其抗冲性大小与土壤层次的紧实度关系最大；紧实度愈大，抗冲性愈强。耕作层土壤的紧实度最小，其冲刷土量最多。犁底层土壤的紧实度约比耕作层的紧实度大11倍，其冲刷土量仅为耕作层的1/9。所以不难看出，耕作土壤特殊的剖面构型造成坚硬犁底层的隔水作用，水分不易入渗，地表径流汇集，冲刷力增大；耕作层土壤疏松分散，抗冲性极差，大大加剧了耕作层土壤的沟蚀的发生和发展；而林地土壤，虽然表层土壤容重紧实度较小，但表层土壤抗冲性能却比耕作层土壤大13倍。这充分证明，在黄土高原迅速恢复植被，严禁陡坡开荒耕种，是强化土壤入渗，提高土壤抗冲性，从而防治水土流失，改善生态环境的治本途径。

四、结束语

黄土高原丘陵地区之所以到处产生水土流失,沟壑纵横,耕地破碎,土壤瘠薄,主要是由于我们的祖先从原始时代起至今,一直在黄土高原从事农业垦荒耕作,加上近代随着人口的剧增,陡坡耕地面积的扩大,使得原始植被不断遭到破坏。这样几千年来的长期耕种,形成了耕种土壤耕作层的疏松分散、抗冲性极差及剖面中隔水层——坚硬的犁底层的特殊土体构型。这种抗冲性极差的耕层及阻止水分入渗的犁底层的土体构型,是黄土高原加速土壤侵蚀,形成今日荒山秃岭地形地貌的实质。

本文为国家自然科学基金资助项目。黄义端和刘元保等同志参加了部分野外调查工作,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 史念海等:《黄土高原森林与草原的变迁》,陕西人民出版社,1985年。

Relationship between the history and present condition of agriculture cultivation and loss of soil and water on the Loess Plateau

Li Yong Tian Jiying Zhu Xianmo

*(Northwest Institute of Soil and Water Conservation,
Academia Sinica and Ministry of Water Conservancy)*

Abstract

The relationship between changes of history and the present condition of forest and grasslands and the loss of soil and water on the Loess Plateau is comprehensively studied first in the paper, based on physical properties (e.g. soil infiltration and anti-scouring ability) in the cultivated and forest soils. The study results show that the plough sole resulted from agriculturally protracted cultivation is the main cause of increasing loss of soil and water on the Loess Plateau. Speeding up the renew of vegetation in the region is the only effective approach of all precipitation infiltrating on the spot and brings the Huanghe River under the permanent control.