

陕北黄土丘陵区坡耕地土壤肥力 退化原因及防治对策

张兴昌 卢宗凡

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要 针对黄土丘陵区坡耕地土壤肥力退化问题,从水土流失、物质输入及肥料结构等方面,研究其肥力退化原因,并提出相应的对策,为陕北黄土丘陵沟壑区坡地生产力的提高提供科学依据。

关键词 坡耕地 土壤肥力退化 原因 防治对策

Prevention Countermeasure and Reason about Soil Fertility Degeneration on Slop-Land in Loess Hilly Region

Zhang Xingchang Lu Zongfan

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

Abstract In these respects of soil and water loss, matter input and fertilizer structure, this paper mainly studys the prevention countermeasure and reason about soil fertility degeneration on slop-land in loess hilly region, and puts forward to scientific base for improving the productive forces of slop-land.

Key words slop-land degeneration of soil fertility reason prevention countermeasure

长期以来,黄土丘陵区由于陡坡开垦,坡耕地土壤肥力严重退化。据有关资料表明,开垦40多年的坡耕地,由于水土流失,土壤有机质含量下降了30%~50%。水土流失使土壤养分含量不断下降,土壤肥力减退。据延安地区水保站资料反映,在1984~1991年的8年中,土壤有机质从7.8g/kg下降到7.0g/kg,全氮从0.556g/kg下降到0.500g/kg,碱解氮从54mg/kg下降到34mg/kg,速效磷从10mg/kg下降到5mg/kg左右,土壤有机质、全氮、碱解氮及速效磷8年间平均下降速度分别为1.4%,1.4%,7.4%及12.5%。与此同时,粮食产量也呈徘徊不前局面,以赵更生长期施肥试验为例,在无施肥情况下,谷子1983年单产1567.5kg/hm²,1985年单产973.5kg/hm²,1987年单产641.25kg/hm²,1989年单产1027.5kg/hm²,玉米、荞麦及糜子也呈类似下降趋势。土壤肥力退化是造成坡耕地作物生产力低且多年始终徘徊在750kg左右,在年降

雨量 500mm 左右的黄土丘陵区,坡耕地降水利用率仅为 0.1kg/mm 左右,肥力因素已成为限制粮食生产的主要因子,因而就有必要对其耕地土壤肥力退化原因及其防治进行比较深入的研究。

1 土壤肥力退化原因

黄土丘陵区,是世界上水土流失最强烈的地区,这一地区的坡耕地又是黄河泥沙的主要来源地。坡耕地的水土流失不仅是造成河流、水库淤积的一个重要原因,更严重的是每年丧失大量的肥沃表土,是导致土壤肥力退化和农业减产的一个重要原因;由于坡耕地物质输入的减少,肥料结构的不合理以及施肥方式不当也是肥力退化的一个重要原因。

1.1 水土流失是导致土壤肥力退化的一个重要原因

陕北黄土丘陵沟壑区,由于严重的水土流失,地带性土壤黑垆土,已荡然无存,现耕种土壤是在黄土母质上发育而来的幼年性黄绵土。在矿物组成中,以蒙脱石比较多,土壤有机质仅为 7.0g/kg 左右,阳离子代换量变幅 7~12cmol(+)/kg,平均 11.0cmol(+)/kg,北部地区 7~8cmol(+)/kg,南部地区略高为 8~12cmol(+)/kg,因而本地区土壤保肥性能比较弱,这是造成土壤养分流失的内部因素。

陕北黄土丘陵区,总土地面积约 6.7 万 km²,区内土壤侵蚀模数高达 10 000~30 000t/(km²·a)。每年向黄河输沙 7 亿 t 左右,约占黄河年平均输沙量 16 亿 t 的 43%。若侵蚀模数按 1 000t/(km²·a)计,则每 hm² 流失土壤 100.5t,相当于每 hm² 0.8cm 厚的表层土壤被水蚀掉,若按每 t 土壤中含氮 1.0kg,磷 1.5kg,钾 20kg 计算,则每年每 hm² 土壤因水土流失而损失肥料约 2 250kg。仅延安地区坡耕地,每年损失肥料 163 万 t,是当年肥料总投入量 9.1 万 t 的 17.9 倍。因此,严重的水土流失是造成土壤肥力退化的主要因素。

据有关资料表明,形成 1cm 厚的土层需 200~400a,在正常条件下,年平均土壤侵蚀量每 hm² 应控制在 2t 以下,肥料流失量应控制在 45kg 以内,才能保持这种平衡。在侵蚀模数高达 100t/(hm²·a)的黄土丘陵沟壑区,强烈的水土流失已破坏了这种土壤养分平衡,导致了土壤瘠薄,作物减产,使土壤植物养分陷入恶性状态。

1.2 物质低输入限制了土壤培肥

提高土壤肥力是提高作物生产力的物质基础,而增加化肥投入和有机肥投入,是提高土壤肥力的先决条件。近几年来,延安地区化肥投入量虽有所增加,氮磷化肥的实物量从 1981 年 1.8 万 t 和 0.9 万 t 分别提高到 1989 年 5.7 万 t 和 3.0 万 t,就其化肥投入绝对数量有所增加,就其单位耕地面积而言,每 hm² 仅投入氮肥 154.5kg,磷肥 54kg,折纯 N、P 分别为 39kg 和 9kg,与其坡地最佳施肥量 N 106.5kg, P₂O₅ 55.5kg 相差甚远,仅为最佳施肥量的 36.6% 和 16.2%。不仅如此,在以圈粪、秸秆和绿肥为土壤有机质主要来源的有机肥,也大幅度减少。其中,生猪和羊子,从 1980 年的 35.51 万头和 169.09 万只,减少到 1988 年的 32.93 万头和 107.07 万只,减少率分别为 7.8% 和 57.9%;绿肥种植面积从 1980 年 9 333.3hm²,减少到 1988 年 2 066.7hm²,减少了 77.9%。由于农村燃料等紧迫,能源严重不足,应大量还田的作物秸秆付之一炬,一些燃料奇缺的地区,甚至连同牛、驴、马粪作为燃料使用,一些地方已连续 3~4 年“白籽甜种”,称之为“卫生田”。有机肥的短缺限制了土壤有机质的提高。通过有机肥输入大田的 N、P 每 hm² 仅为 25.8kg, 只及全省每 hm² 70.95kg 的 1/3。

1.3 氮磷比例的失调限制了氮肥的有效利用

延安地区,1983 年全区氮肥用量为 9 889t,磷肥用量为 3 814t, N、P 比例为 2.6 : 1; 而 1989

年,氮肥用量增加到 14 235t,增加了 43.9%,而磷肥用量减少到 3 548t,减少了 7%,从而 N、P 比例增加到 4.0:1。磷供应不足,不仅不能保证农作物的养分需要,也限制了氮肥的有效利用,已成为粮食增产的主要限制因素。

1.4 施肥方式不当,限制了肥料利用率

本地区以石灰性土壤为主,pH 值 8.0~8.5,加之干旱,表施或浅施氮素化肥(尤其 NH_4HCO_3 、 NH_4NO_3),容易造成氨态氮的挥发损失和硝态氮的径流损失。

2 防治水土流失,减少养分流失,提高土地生产力

水土流失区,不仅肥沃的表土遭到冲刷,而且大量的土壤养分被掠走。其流失方式有两种,一种是通过地表径流;另一种是土壤侵蚀。通过地表径流的养分,多为可溶性养分,而通过侵蚀的多为难溶性养分。因而减少径流和土壤侵蚀成为减少养分流失的重要环节。其减少水土流失措施有工程措施、生物措施和耕作措施。

2.1 加强人工培肥管理

本地区目前有机肥用量只及现耕地有机质矿化的一半,加之坡地有机质流失量每 hm^2 达 624kg,土壤养分和积累已远远不能满足作物的需要,必须有计划地缩小坡耕地面积,退耕陡坡地,合理利用土壤,有效地控制水土流失。如安塞县纸坊沟流域,1985 年有耕地 290.13 hm^2 ,到 1990 年,农耕地缩减到 215.87 hm^2 ,减少了 74.26 hm^2 ,由于耕地面积的减少,精耕细作,单位面积施肥量也增大,在增加 50 人的情况下,粮食 hm^2 产由 1985 年的 601.5kg,提高到 1990 年的 1 014kg,结果总产和人均占有粮食分别提高了 31 165kg 和 18kg。与此同时,该流域产沙模数从 1985 年的 14 000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,降低到 1990 年的 5 846 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,减沙 58.2%。

2.2 建设良好的土壤环境

要提高农业生产水平,防治坡耕地养分流失,提高坡耕地生产力,最根本的途径是搞好农田基本建设和提高土壤有机质含量,创造良好的土壤环境。

坡耕地养分流失严重,应修筑水平梯田,以减少土壤有机质和矿质元素的流失。据延安地区土肥站测定,坡耕地修筑水平梯田后,其土壤有机质含量、氮矿化势和速效磷等养分含量都有明显提高,粮食产量也成倍增加,其中糜子、谷子和高粱单产分别由 885 kg/hm^2 、645 kg/hm^2 和 720 kg/hm^2 提高到 1 717.5 kg/hm^2 、2 130 kg/hm^2 和 1 650 kg/hm^2 ,依次增产 94%,230%及 129%。

在有机肥源短缺的情况下,种植绿肥牧草是提高土壤肥力的有效措施,可起到改良土壤结构,增加土壤有机质,提高速效养分和防止水土流失的作用。据报道:3 年生草木樨地土壤有机质、全氮及水稳性团粒含量分别为 5.5g/kg、0.96g/kg 和 3.9%,而一般农耕地土壤有机质、全氮及水稳性团粒含量分别为 1.7~4.0g/kg、0.3~0.5g/kg、0.7%~4.3%,草地养分含量均高于一般农耕地。4 年生草木樨、红豆草、紫花苜蓿及沙打旺年侵蚀模数依次为 13 563.6、13 956.0、10 678、9 782.5 $\text{m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,与谷子地年径流量 22 021.4 $\text{m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 相比,绿肥牧草减少径流 36.6%~55.6%。

作物秸秆中含有大量的有机碳、氮及其它矿质元素,而且数量也很大,对土壤培肥有重要意义,一方面可以推广留茬耕作,使部分秸秆直接还田,既可以覆盖地表,起到保墒作用,又可以避免雨滴直接击溅地表,起到减少土壤侵蚀作用;另一方面提倡沤肥、堆肥或垫圈,使大量秸秆腐化成有机肥再施用。

2.3 推广水土保持耕作法

水土保持耕作法作为保护耕作法的一种形式,已在延安地区推广和应用。水土保持耕作法不仅适用于旱川地,而且适用于旱坡地。我们根据旱坡地坡度的大小,提出了一套适合于坡度大小的耕作法,即: $<25^\circ$ 坡耕地水平沟种植; $25^\circ\sim 30^\circ$ 坡地草粮带状间轮作; $>30^\circ$ 坡地草灌带状间作种植。水土保持耕作法具有明显拦蓄径流,减少侵蚀和养分流失以及提高单产的作用。

水平沟耕作也叫横坡耕作,它改变了地面小地形,增加地面粗糙度,增加降水入渗率,从而达到拦截降水,减缓地表径流,减少土壤冲刷和养分流失。谷子、小麦水平沟耕作比平播沟能减少土壤养分流失(表 1)。与此同时,水平沟耕作可以提高土壤肥力,改善土壤生态环境,进而提高作物产量(表 2)。

表 1 水平沟耕作与养分流失关系

试验年份	供试作物	处理	径流液中可溶性氮		土壤侵蚀中流失氮	
			可溶性 N (kg/km ²)	较平播减少 (%)	流失氮 (kg/km ²)	较平播减少 (%)
1983~ 1984	谷子	水平沟耕作	28.99	27.0	1578	33.8
		平播耕作	39.76		2382	
		裸露地	45.91		3282	
1985~ 1986	小麦	水平沟耕作	13.82	40.5	440	49.5
		裸露地	23.22		27.2	

表 2 水平沟耕作法对作物产量的影响

年份	供试作物	耕作处理	产量 (kg/hm ²)	水平沟耕作 比平播提高(%)	平均 (%)
1983	谷子	水平沟	1890	52.9	35.2
		平播	1236		
1984	谷子	水平沟	1038	17.5	
		平播	883.5		
1985	小麦	水平沟	786	90.5	85.9
		平播	412.5		
1986	小麦	水平沟	1462.5	81.2	
		平播	807		

表 3 $25^\circ\sim 30^\circ$ 山坡地不同耕作法对土壤养分流失量的影响

处理	裸地	水平沟 谷子	平播 谷子	平播 马铃薯	紫花苜蓿 + 马铃薯	沙打旺 + 双青	草木樨 + 谷子	沙打旺 + 谷子
养分 N 流失量 (kg/km ²)	4101	2151	2529	2917	1832	1809	2170	2587
相当裸地(%)	100	52.7	61.7	71.1	44.7	46.8	52.9	63.1

表 4 $>30^\circ$ 坡地草灌带状间作对土壤养分流失的影响

处理	裸地	柠条	草木樨 + 柠条	红豆草 + 柠条	紫花苜蓿 + 柠条	沙打旺 + 柠条
土壤养分 N 流失量 (kg/km ²)	2231.5	833.4	1046.6	997.0	663.8	425.5
相当裸地(%)	100	37.4	46.9	44.7	29.7	19.1

25°~30°坡耕地,在水平沟种植的基础上,实行草粮带状间轮作,一方面利用草粮轮作,提高土壤肥力;另一方面,可以减少土壤侵蚀和养分流失(表3)。草粮带状间轮作不仅以减少山坡地粮食作物播种面积,达到退耕种草的目地;而且可以把粮食作物种在经过生物培肥的草茬上,以提高粮食作物单产。

>30°坡耕地,实行草灌带状间作,达到尽快用草、灌覆盖30°以上的坡地,迅速控制泥沙流失,减少坡耕地土壤养分流失(表4);而且通过人工种草,改良牧草品质,提高产草量,发展养殖业;同时通过种灌木快速解决“三料”俱缺问题,保持水土,提高地力,增加产量。

3 提高坡耕地土壤肥力措施

3.1 有计划地进行草田轮作,恢复合理的轮作制度

种植豆科作物,实行草田轮作,达到“以草肥田,以肥养田”的目的。这是在肥源不足,人均坡耕地面积较大情况下,培养地力的基本途径和措施。据测定,3年生草苜蓿地后茬,每 hm^2 增加干有机肥6187.5kg,可增加300kg左右的氮素。生长良好的苜蓿茬,每 hm^2 积累的氮素,相当于7.50kg硫酸铵的含量。而遗留在土壤中的根茬每 hm^2 可达7500kg以上;还有落叶,可增加有机质。不仅如此,还可以改善土壤特性,提高土壤肥力,增加产量。2年生草木樨后茬地种植谷子,1 hm^2 产2251.5kg,较一般谷子增产900kg;4年生紫花苜蓿后茬地,第一年种植马铃薯,1 hm^2 产11250kg,比一般增产4125kg,第二年种植谷子,比一般谷子增产945kg,1 hm^2 产达到2593kg。实践证明,只要合理地进行草田轮作倒茬,可促进地力不断上升,产量不断提高。

3.2 增施有机肥,提高土壤有机质

有机肥料养分齐全,不仅能供给作物生育期的养分,而且能改良土壤。因而必须重视发展家畜,养猪积肥,增加农家肥,并改进积肥保肥办法,防止“黄土搬家”,提高农家肥的质量。同时,根据山区生产特点,可在田边、路旁、场畔挖坑,就地割青沤肥,解决有机肥用量大、上山难问题。

3.3 合理施用化肥

延安地区,山坡耕地土壤速效氮磷含量皆缺,并严重失调,这是坡地生产力主要限制因素。要调节土壤氮磷营养,必须重视氮、磷肥的施用。在施用化肥上,目前主要是单施,氮肥多施在玉米、高粱、小麦和谷子作物上,磷肥多施在荞麦上。为了充分发挥氮磷肥的增产效果,施用时要根据土壤养分含量,作物需肥特征,合理配合施用,调整土壤中氮磷比例。为了满足农作物的生长需要,对土壤中矿质元素的要求是多方面的,因此在优化施肥和增加物质投入的同时,应注意有机与无机配合,常量元素与微量元素配合,以协调作物、土壤、肥料三者的关系,进而提高土壤肥力。

参考文献

- 1 卢宗凡等.黄土丘陵区水土保持生物和耕作措施的研究.水土保持学报,1988
- 2 卢宗凡等.水土保持农业增产体系的研究.水土保持学报,1991
- 3 赵民涵等.土壤养分与培肥.延安土壤.西安地图出版社,1989
- 4 赵更生等.黄土丘陵区干旱地肥料效应与合理施肥.西北水保所集刊,1989,10
- 5 张岳等.我国水土流失现状及其防治对策.水土保持通报,1993