

晋西北砖窑沟试验区土壤改良途径*

段 建 南

(山西大学黄土高原地理研究所, 030006)

王 改 兰

(山西省农业科学院)

李 拴 怀 张 进 锋

(山西大学黄土高原地理研究所)

WAY FOR SOIL AMELIORATION IN ZHUANYAOGOU EXPERIMENTAL AREA OF NORTHWEST SHANXI

Duan Jiannan

(Institute of Loess Plateau Geography, Shanxi University, 030006)

Wang Gailan

(Shanxi Academy of Agricultural Sciences)

Li Shuanhuai and Zhang Jinfeng

(Institute of Loess Plateau Geography, Shanxi University)

关键词 改土培肥, 优化施肥, 措施与效应, 黄土丘陵

晋西北黄土丘陵区位于黄河中游、黄土高原北部的晋、陕、内蒙三角区内,为黄河的主要产沙区,以水土流失严重著称,是一个迫切需要治理的地区。“七五”期间,黄土高原综合治理(国家科技攻关项目),在该地区的砖窑沟流域设置了综合治理试验示范区。从1986年起以田间试验与定位观测相结合,已历时6年,比较系统地研究了试验区的土壤改良措施和培肥途径。

一、试验区概况与土壤类型

砖窑沟位于山西省河曲县中西部,由东向西入黄河,主沟长14.2 km,流域总面积28.7 km²,人口密度104人/km²。试验区属暖温带半干旱气候,年均温8.8℃,≥10℃年积

* 本文承唐耀光教授指正,特此致谢。

温 3360℃,无霜期 140 天,年均降水量 447.5mm,干燥度 1.5。地表绝大部分为深厚的黄土所覆盖。人均耕地 0.45ha,以种植业为主,主要作物有糜子、马铃薯、豆类等。“六五”期间粮食产量为 832.5kg/ha,人均纯收入在 100—200 元之间。土壤类型主要以贫瘠的栗褐土(黑垆土性土)、风砂土、石质土、黄绵土、红粘土和粗骨土等为主,面积共 2628.5ha 占全区面积的 91.6%;中和高肥力的潮土、冲积土面积共 233.7ha,仅占 8.1%。加以旱、雹、风沙等自然灾害较多,因而试区的经济非常贫困,农业投资的力量很小。

试验区的土壤资源基本特点是类型多,肥力低。其原因:一是土质砂,有机质含量低,结构性差,养分贫乏等土壤内部因素;二是自然环境不良与经济贫困等外部因素。在两者互相制约的作用下,形成了区内低效脆弱的土壤生态循环。

二、土壤改良措施与效果

(一) 新修梯田快速培肥技术

修建水平梯田是黄土丘陵区保持水土,改土培肥的一项根本性措施,快速培肥是提高作物产量的一项关键性技术。我们在大田调查与小区试验的基础上,于 1988 年采用回归旋转设计^[1]的田间试验,建立了新修梯田种植马铃薯的培肥增产配套措施数学模型^[2]。针对本区土壤肥力较低的问题,提出重有机肥、高氮肥、低磷肥,严格掌握种植密度的配套措施。并经计算机模拟选优,得出新梯田马铃薯 15000—24000kg/ha 的高产优化施肥方案:施氮 120—180kg/ha,磷(P_2O_5 ,下同) <90 kg/ha、有机肥 39000—60000kg/ha,种植密度为 3.45—4.20 万株/ha。肥料的增产效应为 9.2—21.2kg/100kg 有机肥,11.0—22.1kg/kg 氮。肥料的总投入为 510—960 元/ha,总的增产值为 1920—3135 元/ha,产投比为 3—5:1。连续培肥 3 年,表土有机质含量由原来的 3g/kg 提高到 5—6g/kg,容重由 1.30 降到 1.15,主要作物产量糜子为 3900kg/ha、马铃薯为 22500kg/ha,达到中等肥力水平。

本项技术主要是根据黄土的特性,选准先锋作物,控制施肥配比与作物密度两个关键措施。采取以施有机肥为中心,调整其它配套因子的方法。因而经济效益高且当年受益,培肥速度快。几年来在试区的 291.6 公顷(ha)新梯田上推广,取得了显著效果。特别在大旱的 1991 年,培肥 3 年的新梯田上,平均产量糜子为 2325kg/ha 马铃薯为 16005kg/ha,比一般坡地增产 80—104%;比全区平均产量高 33—42%;充分显示出新梯田肥力提高和抗逆性能增强的优势。

(二) 主要作物的合理施肥技术

采用三元二次饱和 D-最优设计^[2]的田间试验,分别对糜子、马铃薯等主要作物进行了氮、磷和有机肥效应与合理施肥的研究。

1. 根据 1988 年(丰水年)和 1989 年(旱年)的试验结果^[3],分别建立了糜子产量对应于 3 种肥料因子的回归模型。结果表明,三种肥料均有显著的增产效应,其效应依次为氮>有机肥>磷。有机肥和氮、氮和磷呈正交互效应,有机肥和磷呈负交互效应。因此,糜

1) 段建南等,1989: 新修梯田培肥增产配套措施模型研究,中国科学院西北水保所集刊,10 集,110—116 页,

子施肥的重点应是氮和有机肥。经模拟选优: 推荐其高产优化施肥方案 (kg/ha) 为: 有机肥 51000—57000、氮 126—132、磷 66—93, 氮与磷的配比为 1:0.5—0.7。实施此方案, 在丰水年可获得 3375kg/ha 以上的收成, 肥料的增产效应分别为 0.5—0.9kg/100 kg 有机肥、8.5—12.9kg/kg 氮、6.3—8.4kg/kg 磷; 遇一般旱年可获得 3000kg/ha 以上的收成, 其效应为 1.2—1.3kg/100kg 有机肥、5.4—9.3kg/kg 氮、2—3kg/kg 磷。有机肥的增产效应为旱年大于丰水年, 而化肥则相反。

2. 据 1989 年的试验, 建立了马铃薯产量 (\hat{Y}) 对应于有机肥 (Z_1)、氮 (Z_2) 和磷 (Z_3) 因子的回归模型:

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & 13948.5 + 1.63 \times 10^{-1}Z_1 + 86.51Z_2 + 61.42Z_3 - 1.76 \times 10^{-4}Z_1Z_2 \\ & - 3.27 \times 10^{-4}Z_1Z_3 - 1.95 \times 10^{-1}Z_2Z_3 - 7.13 \times 10^{-7}Z_1^2 \\ & - 1.69 \times 10^{-1}Z_2^2 - 8.07 \times 10^{-2}Z_3^2 \end{aligned}$$

式中变量单位均为 kg/ha。试验结果表明, 3 种肥料对马铃薯产量的效应依次为氮 > 有机肥 > 磷, 马铃薯施肥重点也应是氮和有机肥。由模拟选优, 推荐其高产优化施肥方案 (kg/ha) 为: 有机肥 44400—56400、氮 127.5—157.5、磷 87—111。氮与磷的配比为 1:0.7 左右。实施此方案可获得 24000kg/ha 以上的收成, 肥料的增产效应分别为 5.8—8.0 kg/100kg 有机肥、28.2—40.3kg/kg 氮, 3.3—15.2kg/kg 磷。平均肥料投入为 840 元/ha, 而增产值为 2985 元/ha, 产投比约为 4:1。可见优化施肥是一项省费效高的增产措施。

(三) 有机与无机肥的培肥增产效应和土壤有机质变化特征

为探讨施肥的改土培肥效应, 1988 年开始进行施用有机无机肥料的长期定位试验和土壤有机质动态模拟试验。

1. 有机和无机肥的增产培肥效应: 4 年定位试验结果表明, 连续施肥有极显著的增产效应, 分别比对照(不施肥)增产 30—180%。尤其是在第三年遭受特大雹灾和第四年严重旱灾的情况下, 施肥增产幅度表现出比前两年递增的趋势, 以此说明, 连续施肥可提高土壤的抗逆性能。有机与无机肥合施的增产效应, 明显大于两者分别单施的效应, 尤以有机肥与氮肥合施的增产效应最大。1988 年 5 月与 1990 年 10 月两次取表土测定其主要农化性状表明, 连续 3 年之后, 有机无机合施的土壤有机质由 6.2g/kg 增到 8.6g/kg, 全氮由 0.36g/kg 增到 0.46g/kg, 全磷由 0.51g/kg 增到 0.57g/kg, 维持稳定的 C/N 比为 10.0—10.8。而单施化肥或有机肥者, 土壤肥力变化则不明显。不施肥者, 土壤肥力明显减退。

2. 土壤有机质变化特征: 根据实测有关参数, 应用定位试验互相验证的土壤有机质动态数学模型进行模拟, 揭示出本地区土壤有机质形成与分解的特征是有机质含量低, 矿化率高 ($5.16 \pm 1.30\%$)。在不施肥的情况下, 耕地土壤有机质会很快减少。要维持大多数土壤的有机质平衡, 每年需施入优质圈肥约 12900kg/ha。若每年施圈肥分别为 22500、30000、45000kg/ha, 连续 3 年之后, 表土有机质可由现在的 5.3g/kg 分别增到 5.7、6.0、6.6g/kg。可见, 在本地区只要广泛开发有机肥源, 增加投入, 改良低产土壤、快速培肥是完全能够实现的。

(四) 土壤-作物的水分关系及其调节

1. 农田土壤水分物理性质: 试区主要土壤——栗褐土的容重, 其表土为 1.1—1.3

g/cm^3 、心底土为 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ ；孔隙度，其表土为 51.1—55.3%，心底土为 47.8%。土壤的最大吸湿水为 15—37 g/kg ，凋萎湿度为 22—55 g/kg ，田间持水量为 190—260 g/kg ，2m 土层持水能力为 544.6—636.5 mm，其中有效水为 470.1—501.8 mm 占 70% 以上。土壤渗透系数为 25.8—55.8 mm/h ，一般下雨后水能够及时入透，水分饱和情况极少。雨季补给的土壤水能够较长期地保存，以供当年或翌年旱季期间作物吸收利用。土壤的农业水文特点为：土质疏松多孔，透水性好，持水性能较好，深层储水稳，对作物生长有利。

1988 年开始采用中子水分仪连续定位观测农田土壤水分平衡试验，其结果表明^[4,5]，土壤水分季节性变化趋势与降雨的季节性分布基本一致。春季为缓慢失墒期，夏季为蓄墒期，秋季为失墒期，冬季为稳定期。其中以秋季失墒期为一年中采取保墒蓄水措施的关键时期。采取秋耕，秋冬秸秆覆盖等措施，可利用土壤水库效应，调节水分供需矛盾，可起到秋水春用的效果。

2. 主要作物耗水特征及其调节：糜子水分利用效率平均为 $0.78\text{kg}/\text{mm}^{\text{①}}$ ，马铃薯平均为 1.21kg （薯块干物质）/ mm ，糜子对土壤储水的利用能力大于马铃薯^[4]。因此，糜子遇到旱年能充分利用土壤深层储水以维持较稳定的产量，而马铃薯的产量及耗水量均随降水量的不同而有较大波动。可见保墒耕作对马铃薯更为重要。种植深根作物，合理的作物结构及轮作倒茬，有利于深层储水的开发利用。高肥地的糜子多耗 19% 的水分但可增产 103%，高肥地的马铃薯较低肥地的多耗 5% 的水分但可增产 49%，表明培肥是提高土壤水分生产效率的十分有效的途径。阴面梯田种植作物的水分利用效率比阳面的高 11% 左右。因此，合理布局作物，可以提高土壤水分利用率。

参 考 文 献

1. 肃立等, 1985: 农业多因素试验设计与统计分析, 377 页, 湖南科学技术出版社。
2. 茆诗松等, 1981: 回归分析及其试验设计, 297—302 页, 华东师范大学出版社。
3. 段建南等, 1990: 糜子施肥数学模型研究。山西大学学报(自然科学版), 增刊, 78—83 页。
4. 王改兰等, 1990: 砖窑沟流域农田水分变化规律与主要农作物耗水特征研究。山西大学学报(自然科学版), 增刊, 46—52 页。
5. 王改兰等, 1990: 砖窑沟流域旱地土壤水分状况与糜子耗水特征。水土保持通报, 第 10 卷 6 期, 30—33 页。

① kg/mm 可理解为作物生育期每消耗 1mm 土壤水分能够生产的粮食产量。