

# 黄土丘陵区不同种植方式水保效益的分析评价

苏 敏 卢宗凡 张兴昌 李够霞

(中国科学院水利部西北水土保持研究所)

## 提 要

本文以草灌带状间作、草粮带状间轮作6年试验资料为依据,按水保性能的强弱对不同处理的种植方式进行了分类。利用贝叶斯多类逐步判别法验证了经验分类的准确性。最后用模糊聚类法对不同种植方式的水保效益进行了分析与评价。结果表明:它们水保性能由强到弱的顺序为:柠条→柠条+牧草间作→单种牧草→草粮带状间轮作→粮食作物水平沟种植→普种粮食作物。

关键词:种植方式 水保效益 带状间作

黄土丘陵沟壑区,是水土流失最严重的地区。这一地区的坡耕地又是泥沙的主要来源地,而这一地区95%以上的农耕地都分布在坡地上,其中 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 及 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 的坡地面积最大,各占40%左右。因此尽快治理坡耕地的水土流失,就成为当地群众和科研工作者刻不容缓的任务。

自“六五”以来,我们在安塞县茶坊试验区贯彻施行草灌先行,以草为突破口的治理方针,以实现退耕 $20^{\circ}$ 以上的坡耕地还林还草保持水土综合发展的目的。为此我们在 $25^{\circ}$ 以上的2块山坡地上布设了草灌带状间作和草粮带状间轮作试验<sup>[1][2]</sup>,现已取得了7年的试验数据。本文即以上述试验结果分析研究黄土丘陵沟壑区草、灌、粮等不同植被类型的水土保持效益。

## 一、试验概况

黄土丘陵沟壑区山坡地草灌带状间作试验,布设在安塞县沿河湾镇茶坊村的山坡地上,地面坡度 $32^{\circ}$ ,坡向东南,小区长40.03m,宽5m、投影面积 $169.6\text{m}^2$ 。试验共设10个处理,不设重复。各作物带状种植,每带宽5m,每区各4带柠条、4带草。

黄土高原山坡地草粮带状间轮作试验,布设地点同上试验。坡度 $30^{\circ}$ ,坡向西南、小区长23m、宽5m、投影面积 $100\text{m}^2$ 。试验设11个处理,不设重复。各作物均成带状种植,带宽约3m。

两个试验每年均在3月(土壤解冻后)、7月(雨季前)、10月(雨季后)11月(土壤封冻前)各测定一次土壤水分。1983年、1984年每次测深2m,1985年以后每次测深4m,上部2m每层10cm,下部2m每层20cm。

两试验每个处理下方,均布设径流池1个,体积为 $2\text{m}\times 2\text{m}\times 1.5\text{m}$ ,每次雨后测定各处理的径流量、侵蚀量,并配合测定地上部被覆度。各作物收获时计产量、并进行有关考种。

## 二、试验结果

室内对1983年~1988年共6年观察测定得到的大量数据进行了初步计算和整理,现将两个试验的主要结果列表,见表1。

表 1 主要草灌粮试验测定结果

类别	编号	处 理	侵 蚀 量 (t/km <sup>2</sup> )	径 流 量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	2 m土层贮水量 (mm)
I	1	柠 条	855.5	10 600.3	316.9
	2	柠条+沙打旺	501.1	11 082.0	314.6
	3	柠条+紫花苜蓿	802.4	11 544.0	338.5
	4	柠条+草木樨	1 078.5	14 132.0	347.3
	5	柠条+红豆草	867.2	15 657.0	325.4
II	6	沙 打 旺	869.2	16 970.0	283.97
	7	紫 花 苜 蓿	876.3	17 763.0	350.1
	8	草 木 樨	1 411.9	19 428.0	365.1
	9	红 豆 草	926.9	17 949.0	333.9
III	10	沙打旺+谷子	3 649.0	31 260.0	350.6
	11	苜蓿+谷子	3 685.2	34 633.3	327.6
	12	苜蓿+洋芋	3 976.4	30 226.7	379.6
	13	草木樨+谷子	4 254.8	29 926.7	378.2
IV	14	水 平 沟 谷 子	4 627.9	26 676.7	384.3
	15	普 种 谷 子	5 016.4	29 030.0	396.7
	16	普 种 洋 芋	5 649.0	27 756.7	382.3
V	17	对 照	14 205.0	36 833.0	387.3

### 三、结果讨论

根据表 1 所列 16 种处理和对照试验测定结果，可以比较清楚地看到：以柠条和柠条十不同牧草为一类；以沙打旺、紫花苜蓿、草木樨、红豆草等牧草为一类；以牧草+粮食作物为一类；以单种粮食作物为一类；以对照为一类，它们的水保性能具有一定的规律性，其各类的侵蚀量、径流量、2 m 深土层贮水量大致相似。因此我们可以此结果为依据，人为的把它们分成五类（见表 1），并分别计算出各类的平均水保效益值及占对照的百分数，见表 2。

表 2 各类植被水保效益值比较

类别	侵蚀量 (t/km <sup>2</sup> )	占对照%	径流量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	占对照%	2 m深贮水量 (mm)	占对照%
I	821.0	5.78	13 203.1	35.9	328.5	84.8
II	1 021.1	7.19	18 027.5	48.9	333.3	86.1
III	3 891.0	27.3	31 511.5	85.6	359.0	92.7
IV	5 097.8	35.89	27 821.0	75.5	387.7	100.01
V	14 205.0	100	36 833.0	100	387.3	100

从表2可以看出,三项指标中以侵蚀量与对照的差异最明显,分别只占对照的5.8%、7.2%、27.3%、35.9%;以2m土层贮水量与对照的差异最小,都在80%以上;径流量与对照的差异处于3项指标的中间状态,分别为35.9%、48.9%、85.6%和75.5%。除此而外,三项指标还有一个共同的规律,就是从第一类到第五类(除第3类径流量一个数字),各数据逐渐增大,与对照的差异逐渐变小,也就是说从一类到五类。水保性能逐渐变差,水保效益逐渐变弱。

上述分类是人为经验性分类,为了检验其是否准确,我们用计算机进行了贝叶斯多类逐步判别分析<sup>[3]</sup>,就是在一定的置信度条件下,通过电子计算机逐步计算,依次筛选出 $x_1$ (侵蚀量)、 $x_2$ (径流量)2个因子,它们是解决分类判别的主要矛盾; $x_3$ (2m土层贮水量)在判别分析过程中因对分类影响小而被剔除;对照17不参与判别。其判别公式为 $y = C_0x + C_1x \cdot x_1 + C_2x \cdot x_2$ ,经计算其判别系数(表3)也具有一定规律,最后的判别结果(见表4)表明在原分类中只有 $k = 5$ 被错划为一类,应划到第二类外,其余分类都准确无误。后验概率除 $k_5$ 外,其余都达84%以上,达到满意程度,说明了此判别分类有效,也证明了原来的人为分类是比较准确的。

表3 判 别 系 数

类 区	$C_0x$	$C_1x$	$C_2x$
I	-27.865 4	5.864 7E-03	3.856 4E-03
II	-51.203 5	6.950 7E-03	5.286 9E-03
III	-205.532 3	34.451 6E-03	8.790 4E-03
IV	-225.391 0	48.014 0E-03	7.405 1E-03

从表3可以看到,表中各数据(也除第3类径流量一个数据)的绝对值也是由上向下逐渐增大。其中 $C_0x$ 项为常数项, $C_1x$ 项为侵蚀量, $C_2x$ 为径流量, $C_3x$ 为2m土层贮水量(在判别中被剔除)。我们同时也看到 $C_1x$ 项的数据都比 $C_2x$ 项数据大,根据判别公式,表明 $C_1x$ 侵蚀量对 $y$ 的影响作用最大,也就是说侵蚀量是决定水保性能强弱,影响判别分类的最重要因素。

经判别分类后,各类指标与对照的比较(见表5),结果与表2基本一致。

上面我们已经人为地和最后用贝叶斯多类逐步判别分析法,将17种处理分为水保性能逐步变化的五大类别,并已得出从第1类到第5类水保效益逐渐减弱,即I柠条及柠条+牧草水保效益>II牧草类>III牧草+粮食作物>IV粮食作物>V对照的结论,为了进一步研究分析各类之间和各类内部的水保性能的差异及发生变化的程度、原因,我们又利用表1的资料,仍用其3个水土保持指标对 $k_1-k_{17}$ 共17个样品,按其相似性进行聚类分析<sup>[4]</sup>,得到相似性矩阵如下:

由相似矩阵的结果,可获得聚类图如下(附图)。

对上述聚类结果进行分析:

当 $r = 1$ 时,所有 $k_1-k_{17}$ 样品各成一类;当 $r = 0.993$ 时,苜蓿、红豆草为一类,其余样品各成一类;当 $r = 0.986$ 时,苜蓿、红豆草为一类,苜蓿+洋芋、草木樨+谷子为一类,其余各成一类;当 $r = 0.980$ 时,苜蓿、红豆草为一类,苜蓿+洋芋、草木樨+谷子为一类,柠条、柠条+沙打旺为一类,其余各成一类。下面简述如下,当 $r = 0.793$ 时,沙打旺与紫花苜蓿结合为一类;当 $r = 0.963$ 时,沙打旺+谷子与紫花苜蓿+洋芋结合为一类;当 $r = 0.962$ 时,柠条+苜蓿与柠条

表 4 贝叶斯多类逐步判别分类结果

处理编号	原分类	计算后分类	后验概率
K = 1	H = 1	HM = 1	YM = 0.999 29
K = 2	H = 1	HM = 1	YM = 0.999 03
K = 3	H = 1	HM = 1	YM = 0.840 41
K = 4	H = 1	HM = 1	YM = 0.875 54
K = 5	H = 1	HM = 2	YM = 0.503 12
K = 6	H = 2	HM = 2	YM = 0.867 80
K = 7	H = 2	HM = 2	YM = 0.953 64
K = 8	H = 2	HM = 2	YM = 0.997 50
K = 9	H = 2	HM = 2	YM = 0.965 93
K = 10	H = 3	HM = 3	YM = 0.999 99
K = 11	H = 3	HM = 3	YM = 0.999 99
K = 12	H = 3	HM = 3	YM = 0.999 59
K = 13	H = 3	HM = 3	YM = 0.973 72
K = 14	H = 4	HM = 4	YM = 0.997 40
K = 15	H = 4	HM = 4	YM = 0.999 65
K = 16	H = 4	HM = 4	YM = 0.999 99

表 5 贝叶斯分类结果与对照比较

类 别	侵 蚀 量 (t/km <sup>2</sup> )	占对照%	径 流 量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	占 对 照
I	809.38	5.70	12 589.6	34.18
II	990.30	6.97	17 553.0	47.66
III	3 891.35	27.40	31 511.6	85.55
IV	5 097.80	35.89	27 821.0	75.53
V	14 205.00	100	36 833.0	100

+ 红豆草结合为一类；当 $r = 0.960$ 时，沙打旺 + 谷子与普种谷子结合为一类；当 $r = 0.955$ 时，柠条 + 苜蓿与沙打旺结合；当 $r = 0.952$ 时，沙打旺 + 谷子与普种洋芋结合为一类；当 $r = 0.950$ 时，沙打旺 + 谷子与水平沟谷子相结合；当 $r = 0.947$ 时，柠条 + 苜蓿与草木樨结合成一类；当 $r = 0.895$ 时，柠条与柠条 + 苜蓿结合；当 $r = 0.885$ 时，沙打旺 + 谷子与苜蓿 + 谷子结合；当 $r = 0.731$ 时，沙打旺 + 谷子与柠条结合；当 $r = 0.635$ 时，对照与其它16个样品相结合，全部 $k_1 - k_{17}$ 样品均成一类。

由聚类过程和聚类图可见，（1）紫花苜蓿、红豆草最早结合，说明它们的水保性能最为接近。紫花苜蓿 + 谷子与紫花苜蓿 + 洋芋也很快结合；而柠条 + 苜蓿、柠条 + 草木樨与柠条 + 红豆草和柠条、柠条 + 沙打旺也结合较早，单种沙打旺也很快与苜蓿、红豆草及柠条 + 牧草类结合，这表明柠条和沙打旺的间作能力强，而且它们在表1中都处于同类型的领先地位，径流量、侵蚀量数字都小，这又表明柠条、沙打旺的水土保持性能好，从防止坡耕地水土流失出发，在黄土丘



且仍是第1大部分（灌、草灌间作）的水保性能比第2大部分（草粮带状间轮作和单种粮食）的水保性能好。

（3）从第2大部分看：草粮带状间轮作由于有粮食作物的参与，虽然加大了地面糙度，但同时也增加了人为活动对土壤的影响，使土壤比单种牧草疏松，因此它的径流量比单种牧草高2倍多，而泥沙量高近5倍，2 m土层贮水量由于单种牧草的蒸腾量大于粮食作物的蒸腾耗水量，所以草粮带状间轮作的贮水量仍稍高于单种牧草。再看草粮带状间轮作和单种粮食作物，它们虽同属一大类，但内部差异也很多，这里就有了表2中第Ⅳ类径流量那个特殊情况，即单种粮食作物，它们的侵蚀量仍比草粮带状轮作高31%，而它们的水土流失量（径流量）却出现了微妙的变化，如草粮带状间轮作径流量为100%，单种粮食为88.28%，减少了11.72%，这是为什么呢？我们认为这是因为单种粮食过程中，对土地所施加的人为活动比草粮带状间轮作多，土壤相对疏松，降水入渗加快变多——保水效益增强，其2 m土层贮水量与对照一样，是草粮带状间轮作的107.99%，也说明了这一点；另一方面由于土壤疏松，径流带走的泥沙——土壤却并没有减少。徐建华、艾南山<sup>[6]</sup>等人对“水土流失过程的人类活动”进行了研究，它们得出的结论是“人类活动的减少效益是非常显著的……，然而人类活动的减沙效益却较低，在一定情况下，人类活动的减沙效益为负”。这和我们的结论是相同的。我们从单种粮食这一类的情况也可以说明这一点，那就是在相同的坡度条件下，水平沟种植的谷子的侵蚀量和径流量分别比普通谷子少388.5t/km<sup>2</sup>和2353.3m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。这就从侧面证明，退耕25°以上的坡耕地，发展灌木、人工牧草的决策是非常正确的，如果一时退不下来，在农业生产过程中，一定要辅以少耕，免耕、或水平沟种植等水土保持耕作法。

## 四、结 论

本文通过对17个不同处理的植被水保性能的分析研究表明：

- （1）黄土丘陵沟壑区25°以上的陡坡耕地应尽快退耕，发展灌木、人工牧草。
- （2）在25°左右的坡耕地进行农业生产，如不采取任何水保耕作措施，必定会加剧水土流失。
- （3）试验表明：柠条、沙打旺是黄土丘陵区间作能力强，水保性能好的优良灌木、人工牧草。
- （4）通过6年的资料分析表明：17种处理的水保性能差别很大，它们由好到差的变化顺序为柠条→草、灌间作→人工牧草→草、粮带状间轮作→粮食水平沟种植→单种粮食→对照。
- （5）侵蚀量是决定水保性能好坏的最主要因素。

## 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年1期。
- [2] 卢宗凡等：“几种水土保持指标的分析与评价”，《水土保持学报》1988年4期。
- [4] 袁志发：《模糊数学在农业上的应用》西北农业大学，1988年。
- [3] 陈国良：《微机应用与农业系统模型》陕西科学技术出版社，1986年。
- [5] 徐建华、艾南山：“水土流失过程的人类活动分析”，《水土保持学报》1988年4期。

## The appraisal and analysis on benefits of water and soil conservation under the different planting pattern in loess hilly area

*Su Min Lu zhongfan zhang xingchang Li Gouxia*  
(Northwestern Insititute of Soil and water Conservation under  
the Chinese Academy of Sciences and the Ministry of water Conservancy)

### Abstract

In this paper, based on experiment data from different treatment such as grass-bush band intercropping, Grass-crop band rotation for 6 years, different planting patterns were classified with their conservation benefits. And its accuracy is verified using Bayes stepwise discrimination analysis. Then, the Conservation benefits of each planting pattern was analyzed and evaluated. The results show that the sequence of conservation benefits from high to low is like: caragana→intercropping of caragana and grass→grass alone→band intercropping of crop and grass→crop levelling planting→crop general planting.

**Key words:** planting pattern benefit of Soil and Water conservation band intercropping

(Continued from page 22)

## Preliminar Study on exploitatoa and management for land Business

*Wang Weaxue Song Boyuan Xu Peixi*  
*Yang Jinyu, Zhao Dongming Zhang Mingsheng*  
(Bureau ob water Cohsernanoy and pewel Xiashav Prefelture, Shnuzi Puvime)

### Abstract

This Paper introduced the significant benefit of land development and management company of Xinhou prectecture, after 3.yenrs business, in land exploitation and capital recolaimation as well as Inna bosiness, the way cd policy to strengthen and perfect the campany are discussed in the paper.

**Key Words:** land lonsiness land exploitation and rmanagement company agricultural developing fund