

陕北丘陵区水坝地粮食高产栽培技术研究

张 铭, 高鹏程, 林关石, 常晓明, 李 枫, 林艳梅

(西北农林科技大学 黄土高原治理研究所, 陕西 米脂 718100)

摘 要: 根据最优设计的原理, 采用了组合设计的思想, 接近于正交设计、旋转设计和饱和设计, 故称为最优混合设计。1998 年小区最高产量为 $12\,919.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 1999 年小区最高产量达到 $13\,815.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 2000 年小区产最高产量达 $15\,018.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。由电脑筛选出 343 个方案, 其中, $15\,000\sim 17\,625\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的最优组合方案是: 施有机肥 $60\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 追肥 N 素 $462\sim 483\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 播前浇底墒水 $600\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 补灌 $1\,377\sim 1\,458\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 密度: 马铃薯套种高粱, 马铃薯 $72\,705\sim 83\,415\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$, 高粱 $65\,205\sim 75\,915\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

关键词: 主沟坝地; 间作套种; 增施氮肥; 打井补灌

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)05-0045-04

中图分类号: S532, S157.31

Cultural Technology of Grain on Silt Arrested Land with High Yield in Hilly and Gully Region of North Shaanxi Province

ZHANG Ming, GAO Peng-cheng, LIN Guan-shi, CHANG Xiao-ming, LI Feng, LIN Yan-mei

(Shaanxi Institute of Loess Plateau Control, Northwest Scientific and Technological University of Agriculture and Forestry, Mizhi 718100, Shaanxi Province, PRC)

Abstract: The way of trial plan is called "the best mixed plan", for it contains the idea of combination plan and uses the fundamentals of the best plan, it is close to two kinds of plans. The highest output of silt arrested land plot 1998, 1999 and 2000 reaches $12\,919.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $13\,815.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $15\,018.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ respectively. There are 343 plans obtained through computer, the best combination plan with yield of $15\,000\sim 17\,625\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ is to use $60\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ of organic manure, $462\sim 483\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ of N, to irrigate $600\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ of water before seeding, $1\,377\sim 1\,458\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ of water in crop growth, to maintain the density of potato and sorghum with $72\,705\sim 83\,415$ per hm^2 and $65\,205\sim 75\,915$ per hm^2 respectively.

Keywords: silt arrested land of Quanjiagou hilly; interplanting summer potato with corn or sorghum; increasing N fertilizer; sinking a well to irrigate crop

本试验研究是在江泽民总书记 1997 年 8 月 5 日“再造一个山川秀美的西北地区”的批示后进行的, 为了使坡地退耕还林种草, 粮食下川, 在水地、坝地创高产, 达到自给有余而进行研究的。陕北黄土丘陵区包括延安、榆林 2 市 12 个县, 1950—2000 年底, 共建淤地坝 3.10×10^4 座, 已淤地 $4.20\times 10^4\text{ hm}^2$, 已拦泥 $4.08\times 10^9\text{ t}$ 。平均每坝淤地 1.35 hm^2 , 每 1 hm^2 拦泥 $9.70\times 10^8\text{ t}$ 。全区 3.00×10^6 人, 人均坝地 0.01 hm^2 。本试验设在米脂县泉家沟村, 180 户, 770 人, 总面积 420.70 hm^2 , 有坝地 15.80 hm^2 , 人均 0.02 hm^2 。梯田 86.50 hm^2 , 试验地经过 2 a 培养, 土壤含有机质 0.46% , 比大田坝地增加 70.3% , 全 N 0.0393% , 含 P_2O_5 94.24 mg/kg , 比大田坝地增加 9 倍, 含速效钾 120.5 mg/kg 。打井 2 个, 每井蓄水 30 m^3 。本试验的目的在于为探索坝地由基础产量 $6\,000$

$\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 提高到 $15\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 所需的肥、水、密度条件, 为坡地退耕还林种草, 粮食下川高产提供参考。

目前关于山坡地退耕后当地粮食能否自给问题还存在分歧。我们认为, 任何一个省或市和地区, 解决粮食问题, 都必须建立在自力更生, 争取自给的基础上, 千万不可完全依靠国家以粮代赈。我们认为, 在陕北丘陵区, 每人建造 0.03 hm^2 水地和坝地, 户均打一口深井, 蓄水 40 m^3 , 大量增施肥料, 实行间作套种, 就能保证粮食自给。

1 研究方法 with 试验设计

本文是采用最优混合设计, 根据最优设计的原理, 采用了组合设计的思想, 接近于正交设计, 旋转设计和饱和设计, 故称之为最优混合设计, 包括以下 4 个部分。

(1) 第 n 个因素的 1 个水平与 -2 水平设计构成第 1 部分, 即轴点(含试验号 1—2)。

(2) 第 n 个因素的第 2 个水平与星点设计构成第 2 部分(含试验号 3—6)。

(3) 第 n 个因素的 2 个轴点, 构成第 3 部分(含试验号 7—10)。

(4) 为了使信息矩阵 A 不退化, 可附加一个中心点(含试验号 11)。

2000 年试验因素及水平编码(见表 1)。

小区面积 20 m^2 , 重复 2 次。2000 年生长季 4 月

6 日—10 月 13 日降雨 248.4 mm , 相当于常年雨量 64.2% , 春夏偏旱, 秋季雨水较多。2000 年 4 月 6 日和 5 月 18 日播夏薯和高粱时, 浇底墒水 $600 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 补灌 4 次的, 6 月 14 日浇一水 $300 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 7 月 17 日浇二水 $300 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 7 月 25 日浇三水 $300 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 9 月 13 日浇四水 $424.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。4 月 5 日底施 N 素 $195 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 6 月 2 日给马铃薯追 N 素 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 7 月 5 日给高粱追 N 素 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 7 月 17 日给高粱追 N 素 $76.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。各小区总的田间管理按表 1 定额进行。

表 1 试验因素及水平编码

2000 年试验因素	间距	-2	-1.414	-1	0	1	1.414	2
施 N/($\text{kg} \cdot 666.7^{-1} \text{ m}^{-2}$)	5	13	15.9		23		30.1	33
补灌/($\text{t} \cdot 666.7^{-1} \text{ m}^{-2}$)	20	20	31.7		60		88.3	100
马铃薯/($\text{kg} \cdot 666.7^{-1} \text{ m}^{-2}$)	500	4 000		4 500	5 000	5 500		6 000
高粱/($\text{株} \cdot 666.7^{-1} \text{ m}^{-2}$)	500	3 500		4 000	4 500	5 000		5 500

2 试验结果与分析

2.1 试验结果

(1) 1998 年试验结果分析。通过电脑模拟得到 343 个组合方案, 单产 $12\,750 \sim 13\,500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的有 38 个方案, 占 11% 。

单产 $12\,750 \sim 13\,500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 高产栽培技术最优组合方案是: 津引薯 8 号每 1 hm^2 种 $87\,000 \sim 93\,000$ 株, 丹玉 13 每 1 hm^2 种 $61\,500 \sim 66\,000$ 株; 播前 1 hm^2 施有机肥 $60\,000 \text{ kg}$, 追施 N 素 $465 \sim 480 \text{ kg}$, 底施 P_2O_5 $165 \sim 210 \text{ kg}$ 。

(2) 1999 年试验结果。以夏薯套玉米区单产 $138\,15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 最高, 比 CK_1 增产 4.685 倍, 比 CK_2 增产 2.556 倍。验证了 1998 年的试验结果是可靠的, 具有重演性。

(3) 2000 年试验结果分析。产量结果及回归模型的建立与检验部分(见表 2)。

根据二次回归最优混合设计试验结果的综合分析程序, 用计算机求得马铃薯套高粱产量与各因素之间的回归模型为:

$$Y = 728.4 + 50.37X_1 + 75.84X_2 + 9.488X_3 + 0.252X_{12} + 1.602X_{22} + 2.737X_{32} + 34.235X_1X_2 + 7.621X_1X_3 - 2.609X_2X_3 \quad (1)$$

将表 2 各处理不同因子的编码值分别代入回归方程(1)即可求得每个处理的理论值(见表 2 横行最后一列)。现用相关系数来检验实际单产与理论单产的吻合度, 求得 $r = 0.999$ 。当自由度为 10 时, $r_{0.05}$

$= 0.576$, $r_{0.01} = 0.708$, 因为, $0.999 > 0.708 > 0.576$ 所以为极显著相关, 说明实际值与理论值的吻合度很好, 没有不可控制因素干扰试验。

2.2 模型的解析与寻优

主因素效应。经过无量纲线性编码代换后的回归系数(b_i)已经标准化, 其 b_i 大小可直接反映变量 x_i 对产量的影响程度, 试验中各因素对产量影响大小顺序是: 一次项 $X_2 > X_1 > X_3$, 即补灌 > 施 N > 密度。单因素效应: 对模型(1)采用降维法分析单因素对产量的效应, 令其它 2 个自变量为 0, 得到具体子模型:

$$\text{施 N: } Y_1 = 728.40 + 50.37X_1 + 0.252X_{12} \quad (2)$$

$$\text{补灌: } Y_2 = 728.40 + 75.84X_2 + 1.602X_{22} \quad (3)$$

$$\text{密度: } Y_3 = 728.40 + 9.488X_3 + 2.737X_{32} \quad (4)$$

根据 3 个子模型, 使 X_i 分别取 -2, -1.414, -1, 0, 1, 1.414, 2 时, 得各因素对产量影响如下。

施 N 不同水平对产量的影响。以 1 hm^2 施 N 195 kg , 单产 $9\,430.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为对照, 施 N 238.5 kg , 单产 $9\,865.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比 CK 增产 4.6% 。施 N 345 kg , 单产 $10\,926 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比 CK 增产 15.8% 。施 N 451.5 kg 单产 $12\,001.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比 CK 增产 27.3% 。施 N 495 kg 单产 $12\,453.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比 CK 增产 32.0% 。

补灌不同水平对产量的影响最大。以每 1 hm^2 补灌 300 t 单产为 $8\,746.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 小区为对照, 补灌 475.5 t , 单产 $9\,366.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比 CK 增产 7.1% 。补灌 900 t , 单产 $10\,926.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比 CK 增产

24.9%。补灌 1 324.5 t, 单产 12 582.0 kg·hm⁻², 比 CK 增产 43.8%。补灌 1 500 t, 单产 13 297.5 kg, 比 CK 增产 52.0%。

间套密度不同水平对产量的影响随着密度增加产量略有增加, 但差异不显著。马铃薯套种高粱栽培技术不同产量水平组合方案: 经计算机模拟得到 343 个组合方案, 其中单产 7 485~8 985 kg·hm⁻² 有 29 个组合, 占 8.5%; 单产 9 000~10 485 kg·hm⁻² 有 161 个组合, 占 47%; 单产 10 500~11 985 kg·hm⁻² 有 57 个组合, 占 16.6%; 单产 12 000~13 485 kg·hm⁻² 有 36 个组合, 占 10.5%; 单产 13 500~14 985 kg·hm⁻² 有 30 个组合, 占 8.7%; 单产 15 000~17 625 kg·hm⁻² 有 30 个组合, 占 8.7%。

夏马铃薯套种高粱单产 15 000~17 625 kg·hm⁻² 的最优组合方案是: 每 1 hm² 施 N 462~483 kg,

每 1 hm² 补灌 1 377~1 458 t, 夏薯密度 72 705~83 415 株·hm², 高粱密度 65 205~75 915 株·hm⁻²。

因素间的交互作用。本试验 X₁, X₂; X₁, X₃; X₂, X₃ 都有交互作用, 以施 N 和补灌之间的交互作用最大。先将 X₁, X₂ 以外的因素固定在 0 水平, 得出以下方程:

$$Y_{1,2} = 728.4 + 50.371X_1 + 75.841X_2 + 34.235X_1X_2 + 0.252X_{12} + 1.602X_{22} \quad (5)$$

根据方程(5)计算出施 N 和补灌对马铃薯高粱产量的交互作用如表 3。

从表 3 可见, 每 1 hm² 施 N 493 kg, 补灌 1 500 t·hm⁻² 的交互作用最大, 单产可达 16 878 kg·hm⁻², 每 1 hm² 施 N 451.5 kg, 浇水 1 500 t·hm⁻² 的交互作用居第 2 位, 单产可达 15 825 kg·hm⁻², 施 N 与补灌在 0 水平下则没有交互作用。

表 2 试验结构矩阵产量结果及吻合度检验

试验号	X ₁ (N)	X ₂ (水)	X ₃ (密度)	各重复小区产量(kg/20m ²)				产量/ (kg·hm ⁻²)	薯折粮/ (kg·hm ⁻²)	薯折高粱/ (kg·hm ⁻²)	理论产量/ (kg·hm ⁻²)
				I	II	Σ X	X				
1	0.000	0.000	2	22.0	23.2	45.2	22.6	11 289.0	4 359.0	6 930.0	11 374.5
2	0.000	0.000	-2	21.4	22.2	43.6	21.8	10 891.5	4 534.5	6 357.0	10 806.0
3	-1.414	-1.414	1	20.0	17.7	37.7	18.9	9 451.5	3 834.0	5 617.5	9 408.0
4	1.414	-1.414	1	20.1	19.4	39.5	19.7	9 858.0	4 083.0	5 775.0	9 814.5
5	-1.414	1.414	1	20.8	21.3	42.1	21.0	10 504.5	4 237.5	6 267.0	10 461.0
6	1.414	1.414	1	28.6	31.5	60.1	30.1	15 018.0	5 275.5	9 742.5	14 974.5
7	2.000	0.000	-1	24.1	24.3	48.4	24.2	12 079.5	5 149.5	6 930.0	12 123.0
8	-2.000	0.000	-1	19.1	19.0	38.1	19.1	9 514.5	4 192.5	5 322.0	9 558.0
9	0.000	2.000	-1	25.0	27.9	52.9	26.5	13 231.5	5 160.0	8 071.5	13 275.0
10	0.000	-2.000	-1	16.8	17.3	34.1	17.1	8 524.5	4 537.5	3 987.0	8 568.0
11	0.000	0.000	0	21.4	22.4	43.8	21.9	10 926.0	4 480.5	6 445.5	10 926.0
Σ X				239.4	246.3	485.7	242.8	121 288.5	49 843.5	71 445.0	121 288.0
X				21.8	22.4	44.2	22.1	11 026.2	4 531.2	6 495.0	11 026.2

表 3 施 N 与补灌对马铃薯套种高粱产量的交互作用

项 目	补 灌 水 平					统 计 参 数			
	2	1.414	0	-1.414	-2	X	S	C _v %	
施 N 水平	2	16 878.0	15 561.0	12 453.0	9 439.5	8 218.5	12 510.0	223.6	26.8
	1.414	15 825.0	14 685.0	12 001.5	9 415.5	8 370.0	12 060.0	192.5	23.9
	0	13 297.5	12 583.5	10 926.0	9 366.0	8 746.5	10 984.5	117.5	16.1
	-1.414	10 785.0	10 495.5	9 836.5	9 331.5	9 138.0	9 922.5	42.6	6.4
	-2	9 747.0	9 634.5	9 430.5	9 322.5	9 304.5	9 487.5	11.7	1.8
统计参数	X	13 306.5	12 592.5	10 935.0	9 375.0	8 755.5			
	S	184.1	153.0	78.0	31.0	28.0			
	C _v %	20.8	18.2	10.7	0.5	4.8			

3 水肥利用效率和大田示范效益

3.1 坝地土壤水分利用效率

2000年4月6日至10月13日全生育期190d,降雨248.40mm,马铃薯、高粱播前浇水60mm,全试验11小区平均补灌83.25mm,总计降雨和补灌391.65mm,全试验平均单产11026.20 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,水分利用效率为2.82 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,比坝地大田玉米水分利用效率2.12 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 提高32.8%。坝地最高水分利用效率为3.94 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,比大田生产增加85.8%。本试验最低水分利用效率为2.52 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,比大田生产高18.9%。

3.2 坝地作物和土壤养分测定

3.2.1 作物养分测定 高粱籽粒含全氮2.46%,含全磷0.866%,高粱秸秆含全氮0.6%,含全磷0.3%,粒秆比为1:1.15。马铃薯鲜块茎含全氮0.47%,含全磷0.18%,马铃薯干蔓含全氮1.5%,含全磷为0.18%。薯蔓比为1:0.2。

3.2.2 坝地土壤养分利用率测定 从表4可见,处理6施肥和浇水都是1.414水平的肥料利用率最高,达到41.38%,处理10施肥0水平浇水-2水平的肥料利用率最低,仅为26.36%,由于水分供应不足,限制了肥料的被吸收利用。由于上年速效磷含94.24 mg/kg ,全磷含0.0552%,土壤磷肥有剩余,不需要进行补充。

表4 坝地肥料利用率的测定

处理 编号	施 N 量/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	总产量/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	吸 N 量/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	肥料利用率/ %
3	1 018.5	9 451.5	324.00	31.8
6	1 231.5	15 018.0	509.7	41.38
7	1 275.0	12 079.5	416.6	32.67
8	97.5	9 514.5	329.1	33.75
10	1 125.0	8 524.5	296.6	26.36
11	1 125.0	10 926.0	375.5	33.37

注:所测基础肥力中有机质含量为0.46%,全N含量为0.0393%。

3.3 坝地覆膜机播玉米和补灌、间套大田示范效益

2000年覆膜加补灌的0.8 hm^2 玉米,平均单产8250 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比对照单产5250 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 增产为57.1%,2.53 hm^2 覆膜玉米平均单产7200 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比CK单产5250 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 增产37.1%。

2000年米脂县推广夏薯套玉米面积66.7 hm^2 ,平均单产10650 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比单种玉米每1 hm^2 产6000 kg ,增产为77.5%。

[参 考 文 献]

- [1] 杨义群主编. 回归设计及多元分析在农业中的应用 [M]. 杨凌: 天则出版社, 1990. 113—117.
- [2] 河南省中农校主编. 作物栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 1979. 262—266.
- [3] 山东农学院主编. 作物栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 1980. 539—554.

《水土保持经济学》出版发行

由兰州大学出版社出版发行的《水土保持经济学》是我国该领域第一部专门研究水土保持经济问题和计量方法的专著。该书在系统阐述水土保持基本经济理论的基础上,重点叙述了如何利用技术经济学、系统科学的理论、手段和方法定量分析、计算和评价水土保持综合效益这一十分复杂的问题,因而具有很强的实用性。全书共分九章,25万字。

内容包括:(1)水土保持经济学的研究内容和性质;(2)水土保持基本经济知识;(3)水土保持生态经济观;(4)水土保持效益分析计算;(5)资金时间价值折算及应用;(6)水土保持国民经济评价;(7)水土保持投入产出分析;(8)水土保持不确定性分析;(9)水土保持综合评价方法。

该书作者现为甘肃工业大学基础科学系和区域规划研究所以及应用数学研究所副教授,博士研究生。此书是作者根据自己在原甘肃水利水电学校等单位已使用多年的教学讲义和科研成果的基础上,参阅了国内外大量文献资料历经数载完善写就的。后又经多位专家审核,并由著名地学专家、兰州大学博士生导师张林源教授主审。水利部水土保持司原副司长刘震高级工程师为该书撰写了序言,并给予高度评价和鼓励。

该书内容丰富,方法新颖,分析实例多。可作为大专院校水土保持、土地规划、环境工程、水工管理、区域规划和应用经济学等专业的教材和参考书。《水土保持经济学》书号为ISBN7-311-01153-1/X.4,单价14.5元。欲购此书者可与《水土保持通报》编辑部联系。

《水土保持通报》编辑部