

正交设计在玉米垄翻 深松施肥试验上的应用

张国华 王玉光
(牡丹江师范学院)

深松是一项有效的增产措施。垄翻深松是深松耕法的一种,它便于大量、集中、深层施用底肥。深松结合施用有机肥后,土壤中的水份、温度和理化性质,都将发生变化。本试验的目的,就在于探求垄翻深松、深松结合施基肥对作物生育的影响,以及选择玉米种植密度、深松、施肥的最佳组合。

一、试验条件与方法

试验地设在本校试验站。土壤为草甸黑土,地势稍低洼,前茬为玉米。5月14日原垄深松 23—25 厘米,施肥区折每公顷撹底肥 5 万斤,施肥后破旧垄合成新垄。品种为嫩单 1 号,5月24日座水种,一垅双株。间苗一次,铲耢两遍。7叶期追一次化肥,每垅用硝酸铵 300 斤。

春季较干旱,6月下旬降雨量仅 9 毫米,较历年同期降雨少 15—30 毫米左右。

6月7日做一次苗期生育、地温、土壤孔隙度等项目的测定。9月25日全区收获计产。

试验采用正交法设计与分析。

二、试验设计

试验设计为三因素二水平(表 1)。

选用正交表 $L_8(2^7)$ 。根据经验初步认定密度与肥力、密度与深松,肥力与深松有交互作用,分别用代号 $A \times B$ 、 $A \times C$ 、 $B \times C$ 表示。

表 1 因素与水平表

代号 因素 水平	A	B	C
	密 度 (万株/垅)	肥 料 (万斤/垅)	深 松 (23—25 厘米)
1	4·5	基 肥 (5)	垄翻深松
2	5·2	无基肥 (0)	未 深 松

表头设计:

列 号	1	2	3	4	5	6	7
因 素	A	B	$A \times B$	C	$A \times C$	$B \times C$	

将 A、B、C 三因素分别安排在正交表的 1、2、4 列上,形成试验方案(表 2)。

表 2 试 验 方 案

代号 列号 试验号	A	B	C
	1	2	3
1	1 (4.5 万株/垅)	1 (5 万斤/垅)	1 (深松)
2	1 (4.5 万株/垅)	1 (5 万斤/垅)	2 (不松)
3	1 (4.5 万株/垅)	2 (0)	1 (深松)
4	1 (4.5 万株/垅)	2 (0)	2 (不松)
5	2 (5.2 万株/垅)	1 (5 万斤/垅)	1 (深松)
6	2 (5.2 万株/垅)	1 (5 万斤/垅)	2 (不松)
7	2 (5.2 万株/垅)	2 (0)	1 (深松)
8	2 (5.2 万株/垅)	2 (0)	2 (不松)

小区设计:垄距 70 厘米,14 行区,区

长 20 米，区间道 1 米，小区面积 196 平方米，保护区宽 5 米，二次重复。为便于机械作业，用多次分割法进行田间布置。

三、试验结果

1. 深松与施基肥均有利于玉米幼苗生育，基肥的作用尤为明显。在苗期密度因素的作用不大，但仍以深松、施肥、密度小的单株生育好（见表 3、表 4）。

根据表 3 测定结果，计算 K 值、 k 值和 R 值得表 4。

由极差 (R) 大小排列主次

株 高 主 次
 $B > C > A$
茎 粗 $A > C > B$
干 重 $B > A > C$
根 量 $B > C > A$

表 3 生育指标测定结果

代 号 试 验 号	A B C			玉 米 生 育 指 标			
	1	2	4	株高 (cm)	茎粗 (cm)	干重 (g)	根量 (g)
1	1	1	1	87.95	1.30	11.80	14.60
2	1	1	2	87.75	1.65	10.77	12.65
3	1	2	1	74.90	1.55	8.17	7.34
4	1	2	2	64.30	1.60	5.94	6.35
5	2	1	1	84.25	1.70	11.12	13.05
6	2	1	2	74.35	1.40	7.74	8.65
7	2	2	1	72.50	1.55	6.75	8.28
8	2	2	2	74.10	1.40	6.38	7.54

对各项指标综合分析：四项指标，首位 B 因素占 3 项，第二位 C 因素占 3 项，主次关系为 $B > C > A$ ，说明在幼苗发育中，肥料

表 4 玉 米 苗 期 生 育 指 标 计 算 表

项 目 K 值 因 素	株 高 (cm)			茎 粗 (cm)			干 重 (g)			根 量 (g)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
K_1	314.9	344.3	319.6	6.30	6.55	6.60	36.69	41.49	31.35	40.94	48.95	43.27
K_2	335.2	285.8	300.5	6.05	6.10	6.05	31.99	27.24	30.83	37.52	29.47	35.19
k_1	78.72	33.57	79.90	1.65	1.64	1.65	9.11	10.39	9.28	10.24	12.24	10.17
k_2	76.30	71.45	75.12	1.51	1.52	1.52	7.99	6.31	7.71	9.33	7.37	8.79
R ($k_1 - k_2$)	2.42	12.12	4.78	0.14	0.12	0.13	1.77	3.58	1.57	0.89	4.87	1.38

因素大于深松所起的作用。 幼苗发育好。

最佳水平组合，由于表 4 各因素的四项指标的极值 (R) 均为正。即 $k_1 > k_2$ ，故 B 取 B_1 、 C 取 C_1 、 A 取 A_1 。最佳水平组合为 $B_1C_1A_1$ 。这表明在苗期以施肥、深松、密度小的

2. 深松在春季干旱的条件下易丧失土壤中水份，而春施有机肥对土壤水份影响不大。深松与施基肥，都有疏松土壤的作用，而施用基肥对土壤下层也有疏松作用（见表 5、

表 5 测 定 结 果

代 号 试 验 号	B C		土 壤 水 份 %			土 壤 孔 隙 度 %		
	2	4	0—10 (cm)	10—20 (cm)	20—30 (cm)	0—10 (cm)	10—20 (cm)	20—30 (cm)
1	1	1	13.0	17.6	17.1	48.88	47.52	43.34
2	1	2	20.2	19.9	31.1	42.85	38.93	41.79
3	2	1	13.2	18.9	21.5	45.00	38.17	41.01
4	2	2	17.9	18.4	18.6	39.40	40.2	30.60

表 6 土壤水份计算表

K 值	因素 层次	B			C		
		0—10(cm)	10—20(cm)	20—30(cm)	0—10(cm)	10—20(cm)	20—30(cm)
K_1		33.2	37.5	48.2	26.2	36.5	38.6
K_2		31.1	37.3	40.1	38.1	38.3	49.7
k_1		16.2	18.75	24.1	13.1	18.25	19.3
k_2		15.5	18.65	20.05	19.05	19.15	24.85
$R(k_1-k_2)$		0.1	0.1	4.05	-5.95	-0.9	-5.55

表 7 土壤孔隙度计算表 单位: 百分率(%)

K 值	因素 层次	B			C		
		0—10(cm)	10—20(cm)	20—30(cm)	0—10(cm)	10—20(cm)	20—30(cm)
K_1		90.00	86.45	88.13	93.88	83.96	84.35
K_2		84.40	76.37	71.61	82.25	79.13	75.39
k_1		45.00	43.23	44.07	46.94	41.85	42.18
k_2		42.20	38.18	35.80	41.13	39.56	37.69
$R(k_1-k_2)$		2.80	5.50	8.27	5.22	2.29	4.49

表 6、表 7)。

由表 5 经 K 值和 R 值计算得表 6 和表 7。

由极差排列主次: 三个层次 R 的绝对值以 C 为大, B 为小, 故 C 为主, B 为次。由于土壤水分指标, 在幼苗期大比小好, 故 C 取 C_2 , B 取 B_1 。这表明深松使土壤水份减少, 春施肥对土壤水份影响不大。

土壤孔隙度在测定的范围内, 以大为好。 $B>C$, 故 B 取 B_1 , C 取 C_1 。分析表明, 深松和施肥都有疏松土壤的作用, 而增施基肥对下层土壤疏松效果更大一些。

3. 深松比未深松的, 在 6 月下旬 5 厘米、15 厘米两个层次, 平均土壤温度, 每日在 2 时和 14 时增加 1℃左右, 上午 6 时至 10 时增温 0.5℃; 25 厘米土层各时间普遍降低温度 0.5℃。同样在七月上旬调查, 5 厘米、15 厘米两层次平均地温在每日 2 时和 14 时, 深松比未深松的高 1—2℃, 18 时深松的地温稍低于未松; 25 厘米土层, 松与未松的地温, 并无差异(图 1)。

集中施用有机肥, 与未施有机肥相比,

在七月上旬, 5 至 15 厘米土层, 地温增高 0.25℃, 25 厘米土层温度并无变化。

4. 产量分析结果表明, 施有机肥、深松、增加密度三项因素相比, 以施用基肥对增产的作用最为显著(见表 8、表 9)。每垧施用有基肥 5 万斤做基肥, 当年增产玉米 13.4%, 深松增产 6.4%(表 8)。

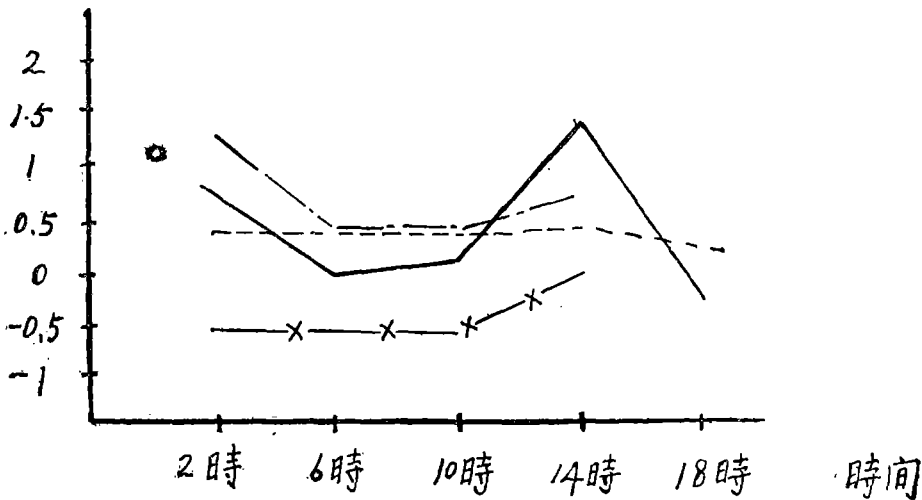
肥料与密度有交互作用, 增加密度结合增施肥料有明显的相互促进增产的作用(表 10、表 11)。深松与施肥、深松与密度交互作用的显著性仅在 $F_{0.25}$ 范围。

最优水平组合为 $A_2B_1C_1$ (在表 8 中试验号“5”), 即每垧施基肥 5 万斤、深松 23—25 厘米, 垧密度 5 万株的组合, 产量为最高, 折亩产 849.1 斤。分别比 $A_1B_1C_2$ (试验号“2”)施肥、不深松、垧密度 4 万株和 $A_2B_2C_2$ (试验号“8”)不松、不施肥, 垧密度 5 万株的, 分别增产 23.7% 和 25.6%。

上面产量分析的结果均来自下面的方差分析(表 8、表 9、表 10、表 11)。

深松对未松的温差曲线图

温度℃



注：6月24日测
—— 5cm和15cm土层
——x——x——x—— 25cm土层
7月4日测
—— 5cm和15cm土层
—— 25cm土层

表 8 试 验 结 果 计 算 表

代 号 列 号 试 验 号	A	B	A×B	C	A×C	B×C	折亩产 (斤) 重复 I	折亩产 (斤) 重复 II	平 均 亩产量 (斤)	xi_1 I	xi_2 II	xi I + II
	1	2	3	4	5	6						
1	1	1	1	1	1	1	745.9	899.1	822.5	-0.41	14.9	14.49
2	1	1	1	2	2	2	639.4	732.6	686.0	-11.1	-1.7	-12.8
3	1	2	2	1	1	2	712.6	719.3	715.9	-3.7	-3.1	-6.8
4	1	2	2	2	2	1	706.0	719.1	712.5	-4.4	-3.1	-7.4
5	2	1	2	1	2	1	832.5	865.5	849.1	8.3	11.6	19.91
6	2	1	2	2	1	2	832.5	832.5	832.5	8.3	8.3	16.6
7	2	2	1	1	2	2	712.6	699.3	705.9	-3.7	-5.1	-8.3
8	2	2	1	2	1	1	692.6	659.3	675.9	-5.7	9.1	-14.8
k_1	-12.6	38.2	-21.9	18.8	9.5	12.1	xi_1 ——重复 I 各区亩产量同减去 750，乘以 $\frac{1}{10}$ 的值。 xi_2 ——重复 II 各区亩产量同减去 750，乘以 $\frac{1}{10}$ 的值。 xi ——为 xi_1 与 xi_2 之和。					
k_2	12.9	-37.9	22.2	-18.5	-9.2	-11.8						
R	-31.5	95	-55	46.5	23.4	30						
k_1 对 k_2 的%	97.2	113.4		106.4								

根据表 8 第 9 列平均亩产量得 k_1 、 k_2 、 R 及 k_1 对 k_2 的产量百分率各值。根据第 12 列 w 得 K_1 、 K_2 值，经计算列出正交设计的方差分析表 9。

Se_1 ——表示试验误差和模型误差。
 Se_2 ——表示有重复试验的重复间误差。

表 9 正交设计方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均 方	F	显著号	最优水平
A	39.51	1	39.5	2.83		A ₂
B	359.01	1	359	25.71	**	B ₁
C	85.50	1	85.5	6.12	*	C ₁
A × B	119.96	1	119.9	8.58	*	A ₂ B ₁
A × C	22.50	1	22.5	1.61		
B × C	34.71	1	34.7	2.48		
Se ₁	55.11	1	55.1	4.0		
Se ₂	111.64	8	13.96			
S	827.91	15				

$$F_{0.25}(1.8) = 1.47$$

$$F_{0.05}(1.8) = 5.32$$

$$F_{0.01}(1.8) = 11.26$$

最优水平的选择：A、B、C 三因素根据表 8，选取 K 的最大值，A 取 A_2 ，B 取 B_1 ，C 取 C_1 。

交互作用 $A \times B$ 显著，将 $A \times B$ 立成表 10，找出 $A \times B$ 的搭配最优组合。
 对 $A \times B$ 作 t 值测验和多重比较(表 11)。

$$SD = \sqrt{\frac{13.96 \times 2}{4}} = 2.64$$

表 10 $A \times B$ 的组合分析

	B ₁	B ₂
A ₁	$\frac{14.49 + (-12.8)}{4} = 0.42$	$\frac{(-6.8) + (-7.4)}{4} = -3.55$
A ₂	$\frac{19.91 + 16.6}{4} = 9.12$	$\frac{(-8.3) + (-14.8)}{4} = -5.77$

表 11 $A \times B$ 间均数差异比较表

组 合	均 数	均 数 差 异 值
A ₂ B ₁	9.12	
A ₁ B ₁	0.42	8.7*
A ₁ B ₂	-3.55	12.67** 39.7
A ₂ B ₂	-5.77	14.89** 6.19* 2.22

查 t 表，当机误 (Sen) 自由度为 8 时，
 5 % t 为 2.306，1 % t 为 3.355
 5 % $L, S, D = 2.64 \times 2.306 = 6.087$
 1 % $L, S, D = 2.64 \times 3.355 = 8.857$
 A_2B_1 组合与其它三个组合相比较差异显著，最后确定最优水平组合为 $A_2B_1C_1$ 。

综合上述试验结果看出：

有机肥料对改善土壤理化性质，促进作物生育，提高玉米产量均有明显效果。与深松、密植的作用相比，施肥的效果也是显著的。
 春季深松在春旱的条件下，使耕层土壤丧失水份。深松有疏松土壤，提高地温的作用，在玉米生育前期，对 5—15 厘米的土壤温度可提高 0.5—1.0℃，在每日 2 时和 14 时，可增温 1—2℃。