

# 蕃茄营养液栽培N、P、K三要素 最佳配比模式研究

中国科学院黑龙江农业现代化研究所

王立志

近年,国内外对蔬菜无土栽培的实验研究工作日益深入和发展,共研究的范畴基本是围绕基质和营养液二大方面。就此二方面而言,营养液对于果实的产量和品质又占有至关重要的位置,选择适宜的营养液可以为作物的生长发育提供优良的营养条件和生理环境,取得最佳的产量结果和经济效益,起到事半功倍的作用。对于营养液的选配,微量元素固然是不可乎视的,但大量的起决定作用的仍然是N、P、K三要素。现代农业研究的结果告诉我们N、P、K三大营养要素对作物生长发育的影响既具有不同功能和作用的一面又具有无相联系相互制约的一面。盲目地增加某一因素的含量往往会破坏三大营养要素之间的有机平衡,导致营养液质量的变劣,同时也是无偿的浪费。在完全依赖吸收无机营养供给作物生长的无土栽培中,由于失去土壤对营养及生理环境的缓冲作用,尤须使营养液中氮磷钾保持合适的比率,使之处于适合作物生长的最佳平衡状态。

本试验旨在利用不加温塑料温室,进行蕃茄无土栽培,综合研究营养液中氮磷钾最佳配比,通过旋转回归设计,建立N、P、K三要素最佳配方的数学模型,并通过计算机模拟,找出最优组合方案,为蕃茄无土栽培营养液中N、P、K浓度标准化提供科学依据。

## 一、试验材料及设计方法

试验在本所不加温塑料大棚中进行,蕃茄品种强力米寿,二月十日温室播种,二月二十八日和三月二十五日进行二次移苗,四月二十一日定植于填有基质的栽植盆中。基质为三分之二过筛炉渣与三分之一田土充分拌匀,试验小区管理按生长发育需要及时进行上架绑蔓、正枝打杈和采收。

试验采用三元二次正交旋转回归设计,变量设计水平及实施方案如表一、表二

表一 变量水平编码表 (单位PPm)

变 量 名 称	零 水 平	变化间距	变量设计水平 $r = 1.682$				
			-1.682	-1	0	1	1.682
氮 $x_1$	180	40	113	140	180	220	247
磷 $x_2$	150	50	66	100	150	200	234
钾 $x_3$	250	50	166	200	250	300	334

表二 实施方案 (单位克/10升)

用 量 变 量	编 码 值	-1.682	-1	0	1	1.682
硝酸铵 (含N34%)		3.32	4.1	5.29	6.47	7.26
磷酸二氢钙(含P2.46%)		2.68	4.06	6.09	8.13	9.5
硫酸钾(含K41.5%)		4	4.8	6.02	7.22	8.04

按回归设计要求, 设置 23 个 试 验 小 区, 其中:  $m_c = 2^p = 2^3 = 8$

$$m_r = 2P = 2 \times 3 = 6$$

$$m_o = 9$$

上述试验小区增设一个  $m_o$  辅 助 小

区, 排成二个区组, 一个区组由  $m_c$  加 4 个  $m_o$  构成, 另一区组由  $m_r$  加 六 个  $m_o$  构成,  $m_o$  在区组内等距排列,  $m_c$  及  $m_r$  在区组内随机排列  $m_c$ 、 $m_r$ 、 $m_o$  在小区中 排列顺序如表三

表三 试验小区排列顺序表

I	$m_{c3} m_{o15} m_{c7} m_{c8} m_{o16} m_{c6} m_{c2} m_{o17} m_{c5} m_{c1} m_{o48} m_{c4}$
II	$m_{o19} m_{r14} m_{o20} m_{r10} m_{o21} m_{r13} m_{o22} m_{r9} m_{o23} m_{r11} m_{o24} m_{r12}$

上述各处理营养液中微量元素不变, 均为100加仑溶液中含硫酸镁178克、硫酸

锰0.8克、硫酸锌0.1克、硫酸铜0.1克, 各处理溶液的酸碱度及电导率如表四

表四 各处理酸碱度及电导率

项目	$m_{c1}$	$m_{c2}$	$m_{c3}$	$m_{c4}$	$m_{c5}$	$m_{c6}$	$m_{c7}$	$m_{c8}$	$m_{r9}$	$m_{r10}$	$m_{r11}$	$m_{r12}$	$m_{r13}$	$m_{r14}$	$m_o$ 13-23
PH	5.9	5.8	6.4	6.4	5.9	5.8	6.4	6.4	6	6.2	5.7	6.6	6.0	6.1	6.2
电导率	2.14	1.93	1.94	1.78	1.95	1.65	1.70	1.53	2.12	1.62	1.94	1.66	2.03	1.66	1.74
$\mu v/cm$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10^3$

各处理定植后按期浇液, 前期 (4 月 22日~6 月10日) 每三天浇液一次 500 毫升。中期 (6 月10日至 7 月30日) 每天浇液一次500毫升、后期 (7 月30日至 8 月 20日) 每三天浇液一次。盛夏季节、适当

浇以清水, 以保证植株不出现萎蔫现象。

## 二、产量结果与分析

试验计划结构矩阵及产量测定结果列于表五。

表五 试验计划结构矩阵及产量结果

	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$	$y \cdot (\text{kg/株})$
1	1	1	1	1	1	1	1	0.406	0.406	0.406	2.15
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406	2.4
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406	1.87
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406	2.11
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406	1.94
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406	1.83
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406	2.47
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	0.406	0.406	0.406	3.27
9	1	1.682	0	0	0	0	0	2.234	-0.594	-0.594	2.69
10	1	-1.682	0	0	0	0	0	2.234	-0.594	-0.594	2.29
11	1	0	1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	-0.594	2.45
12	1	0	-1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	-0.594	2.39
13	1	0	0	1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234	2.27
14	1	0	0	-1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234	2.39
15	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	1.95
16	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	1.73
17	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	2.12
18	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	2.29
19	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	1.64
20	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	2.19
21	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	1.95
22	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	2.02
23	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	1.89

注：表中1—8为 $m_{c_1} - m_{c_8}$ ； 9—14为 $m_{r_9} - m_{r_{14}}$ ； 15—23为 $m_{o_{15}} - m_{o_{23}}$

依据上表结构矩阵及测定产量结果，  
经电子计算机计算得下列多元线性回归方  
程：（计算机用本所“苹果Ⅱ号”，  
BCSIC 语言；计算程序略）

$$\hat{y} = 2.18 - 0.22x_1 - 0.95x_2 - 0.1x_3$$

$$+ 0.32x_1x_2 + 0.25x_1x_3 \\ + 0.11x_2x_3 + 0.14x_1^2 + 0.12x_2^2 \\ + 0.09x_3^2$$

对上述回归方程进行显著性检验列于

表六

表六 方差分析表

变 导 来 源			SS	DF	F 比	显著平准
回 归	一 次 项	$x_1$	0.006	1	0.096	ns
		$x_2$	0.123	1	1.725	0.25
		$x_3$	0.140	1	1.952	0.25
	交 互 相	$x_1 \cdot x_2$	0.806	1	11.26	0.01
		$x_1 x_3$	0.005	1	0.069	ns
		$x_2 x_3$	0.101	1	1.414	0.25
	平 方 项	$x_1^2$	0.321	1	4.483	0.25
		$x_2^2$	0.218	1	3.049	0.25
		$x_3^2$	0.115	1	1.610	0.25
	回归小计		1.838	9	2.851	0.25
剩 余		0.930	13			
总 计		2.768	22		R = 8.1	

经第一次方差分析, 回归方程中含有的不显著 (ns) 项从回归方程中剔除, 然后进行第二次方差分析例表七

表七 第一次方差分析

变 量 来 源			SS	DF	F 比	显著平均
回 归	一 次 项	$x_2$	0.12	1	1.97	0.25
		$x_3$	0.14	1	2.22	0.25
	交 互 相	$x_1, x_2$	0.81	1	12.8	0.01
		$x_2 x_3$	0.10	1	1.6	0.25
	平 方 项	$x_1^2$	0.32	1	5.1	0.25
		$x_2^2$	0.22	1	3.5	0.25
		$x_3^2$	0.11	1	1.8	0.25
	回归小计		1.83	7	4.15	0.25
	剩 余		0.94	15		
	总 计		2.27	22		$R = 8.1$

经过二次方差分析把对 $\hat{y}$ 影响不显著的项剔除后得简化的回归预报方程为:

$$\begin{aligned}\hat{y} = & 1.98 - 0.095x_2 - 0.1x_3 \\ & + 0.32x_1x_2 + 0.11x_2x_3 \\ & + 0.14x_1^2 + 0.12x_2^2 + 0.09x_3^2 \\ & \pm \sigma\end{aligned}$$

式中 $\sigma = 0.25$ , 回归方程用误差均方对失拟均方做 $F$ 检验结果回归方程失拟程度均不显著, 说明回归方程在回归区域内部拟合程度较好, 可以进行试验区间内的预报。

### 三、产量最优方案的模拟运筹

上述回归预报方程其变量 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 在 $-1.682$ 至 $+1.682$ 水平区间内分作11段、步长为 $0.336$ , 利用电子计算机(型号、语言同前, 程序略)进行模拟试验, 从近万个方程组的解中获得单株产量超过 $6.6$ 斤的方案68个, 其中产量最高的方案为 $x_1 = -1.682$ ,  $x_2 = -1.682$ ,  $x_3 = -1.682$ 即营养液中氮浓度 $113ppm$ , 磷浓

度 $66ppm$ , 钾浓度 $166ppm$ , 相当于10升水中加含 $N34\%$ 的硝酸胺 $3.32$ 克, 加含 $P24\%$ 的磷酸二氢钙 $7.69$ 克, 含 $K41.5\%$

的硫酸钾 $4.97$ 克。其回归预报值 $\hat{y} = 8.66$

(斤/株) 95%的量及区间为 $\hat{y} \pm 2\sigma$ , 即:  $8.66$  (斤/株)  $+ 2 \times 0.25$  (公斤/株)

$> \hat{y} > 8.66$  (斤/株)  $- 2 \times 0.25$  (公斤/株)

即:  $9.66$ 斤  $> \hat{y} > 7.66$ 斤 ( $\hat{y}$ 为单株产量)

### 四、小结

1. 通过回归设计建立了蕃茄不加温塑料温室营养液栽培 $N$ 、 $P$ 、 $K$ 配比的数学模型:

$$\begin{aligned}\hat{y} = & 1.98 - 0.095x_2 - 0.1x_3 \\ & + 0.32x_1x_2 + 0.11x_2x_3 \\ & + 0.14x_1^2 + 0.18x_2^2 + 0.09x_3^2 \\ & \pm \sigma\end{aligned}$$

2. 通过电子计算机对回归预报方程的模拟试验获得单株产量介于 $7.66$ — $9.66$  (斤/株)的配比方案 $N$ 、 $P$ 、 $K$ 配方为 $N$ :  $113ppm$ ,  $P$ :  $66ppm$ ,  $K$ :  $166ppm$

## 大棚葡萄丰产栽培技术研究

齐齐哈尔市园艺研究所 孟广博 牟悦春

塑料大棚保护栽培, 国内近几年蔬菜生产上已广泛应用, 而葡萄大棚保护生产, 目前国内尚没有报导。日本网山县保护地葡萄生产面积大, 有温室和大棚栽培, 并解决了花期多雨座果率低, 病害重产量不稳的问题。我省地处高寒地带, 冬季最低温度为 $-33 \sim -39.5$ 度, 无霜期 $110 \sim 135$ 天, 露地栽培葡萄品种少、品质差, 如红香水、黄香水、罗也尔、耐格拉等。而品质好, 产量高的优良品种, 露地栽培不能成熟, 为了解决这个问题, 开展大棚葡萄栽培研究, 以充分利用当地有效日照时数和积温, 延长生长期, 达到高产之目的。探索设备简易、投资少、见效快、经济效益高的葡萄栽培新途径。通过四年的试验证明,