

# 马铃薯整薯坑种栽培主要因子

## 试验研究初报

苏 存 金

(甘肃省庄浪县农业技术推广中心 744600)

马铃薯整薯坑种栽培技术是按窝行距在田间挖 30 厘米见方的播种坑, 内施农家肥、小整薯播种、培土成堆的一种栽培方式。这项技术具有抗旱、耐涝、稳产丰产、肥料利用率和薯块商品率高的优点。近几年在我县大面积推广应用。生产实践证明, 是旱地农业生产中大有可为的一项技术措施。为进一步完善其栽培技术, 笔者 1993 年对影响马铃薯整薯坑种栽培的主要因子品种、密度、氮肥、磷肥、播期和种薯大小进行了试验研究。现将试验结果简报如下。

### 1 材料和方法

#### 1.1 试验地概况

试验设置在庄浪县东北部高寒阴湿山区的永宁乡农科站。海拔 2040 米。试验地属沟台旱地, 褐黑土, 肥力均匀。土壤养分状况为: 有机质 2.36%, 全氮 0.12%, 速效磷 8mg/kg, 水解氮 113.5mg/kg, 前茬冬小麦, 收后秋翻地, 封冻前耙地保墒待种。播种时农肥、普钙和部分氮肥一次底施, 亩施农肥 4000 公斤。部分氮肥于株高 18~20 厘米时结合培土压蔓追施。

#### 1.2 供试材料

种薯选用上年大田收获薯, 品种为青薯

168、中心 24 号、河薯 1 号 (自育品种)、8815-17 (自育品系)。磷肥为普通过磷酸钙 ( $P_2O_5$  含量 18%), 氮肥为尿素 (含 N 46%)。

#### 1.3 试验方法

1.3.1 品种、种薯大小和播期三因素的水平正交试验

采用  $L_{16}(4^5)$  正交表设计, 因素及水平见表 1。

表 1 正交试验因素及水平

水平	品种 (A)	种薯大小(g) (B)	播 期 (C)
1	青薯 168	50	4 月 6 日
2	中心 24 号	100	4 月 16 日
3	8815-17	150	4 月 26 日
4	河薯 1 号	200	5 月 6 日

试验小区随机区组排列, 重复 3 次, 小区长 5.8 米, 宽 2.3 米, 4 行区, 每行 10 窝, 窝行距均为 57.7 厘米, 亩密度 2000 窝。

亩施普钙 30 公斤, 尿素 20 公斤 (1/2 底施, 1/2 追施)。

1.3.2 三因素五水平二次通用回归旋转设计试验

以密度 ( $x_1$ )、亩施纯氮量 ( $x_2$ ) 和亩施  $P_2O_5$  量 ( $x_3$ ) 为决策变量, 产量 ( $y$ ) 为目标函数, 其设计水平见表 2。

表 2 自变量水平及线性编码

因 素	变化间距	设 计 水 平				
		-1.682	-1	0	1	1.682
密度 $x_1$ (窝/亩)	446	1000	1304	1750	2196	2500
纯氮 $x_2$ (公斤/亩)	5.47	0	3.73	9.2	14.67	18.4
$P_2O_5x_3$ (公斤/亩)	2.73	0	1.87	4.6	7.33	9.2

试验剔除小区边行, 收中间 2~3 行计产。隔穴取样, 每区取 10 窝考种。75 克以上计大中薯, 50 克以上计商品薯。

## 2 结果与分析

### 2.1 品种、播期和种薯大小对马铃薯经济性状的影响

#### 2.1.1 品种、播期和种薯大小对产量影响

的大小顺序

产量结果(表 3)经方差分析可知, 品种、播期和种薯大小的 F 值分别为 28.27、5.7 和 4.0, 表明参试因子对产量影响的大小顺序是: 品种 > 播期 > 种薯大小。其最优组合为  $A_2B_4C_1$ , 即选用中心 24 号品种、200 克种薯、4 月 6 日播种。因子与产量的关系见图 1。

#### 2.1.2 品种与产量的关系

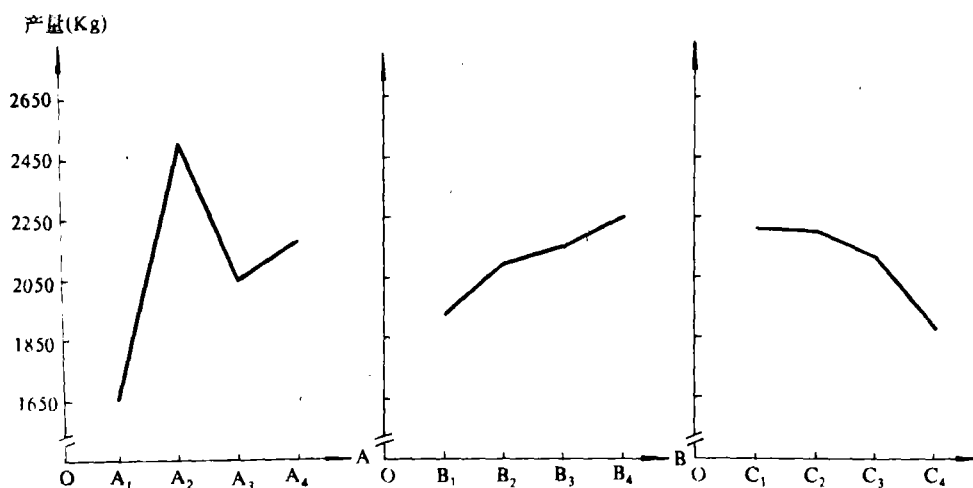


图 1 因子与产量关系

产量结果经方差分析可知, 品种对产量的影响极显著 ( $F=28.27^{**}$ )。中心 24 号产量极显著高于河薯 1 号、8815-17 和青薯 168; 河薯 1 号与 8815-17 产量差异不显著, 但二者产量均极显著高于青薯 168。

#### 2.1.3 种薯大小与产量的关系

统计分析表明, 种薯大小对产量的影响

达显著水平 ( $F=4.0^{*} > F_{0.05}=2.84$ )。100 克与 50 克之间、100 克、150 克、200 克三者之间产量差异均不显著; 150 克种薯产量显著高于 50 克种薯产量; 200 克种薯产量极显著高于 50 克种薯产量。且种薯大小为 100 克时, 亩净收鲜薯量达最大值。由此可见, 坑种马铃薯种薯大小以 100 克为宜。

## 2.1.4 播期与产量的关系

按产量统计分析, 播期对产量的影响极显著 ( $F=5.7^{**}$ )。4月6日、4月16日、4月26日播种的产量差异不显著; 4月26

日播种的产量显著高于5月6日播种产量; 4月6日、4月16日播种的产量均极显著高于5月6日播种的产量。

## 2.1.5 各因素与单株产量的关系

表3 正交试验处理组合及产量结果

处理号	组 合	小区产量 (公斤)				折合亩产 (公斤)
		I	II	III	合计	平均
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	40.8	31.9	37.3	110.0	36.67
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	31.2	37.6	37.3	106.1	35.37
3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	29.8	32.6	35.3	97.9	32.63
4	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub> C <sub>4</sub>	23.7	28.5	30.6	82.8	27.6
5	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	53.0	39.3	46.4	138.7	46.23
6	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	56.3	45.3	45.9	147.5	49.17
7	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	46.4	50.3	48.5	145.2	48.4
8	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub> C <sub>3</sub>	59.2	56.3	53.1	168.6	56.2
9	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	37.6	36.3	38.1	112.0	37.33
10	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	44.2	39.6	36.9	120.7	40.2
11	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	44.6	42.6	36.6	123.8	41.27
12	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub> C <sub>2</sub>	48.7	43.4	43.2	135.3	45.1
13	A <sub>4</sub> B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	36.8	28.3	35.5	100.6	33.53
14	A <sub>4</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	37.7	45.5	45.3	128.5	42.83
15	A <sub>4</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	49.4	48.9	48.9	147.2	49.07
16	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub> C <sub>1</sub>	51.2	47.2	52.0	150.4	50.13

表4 正交试验各处理单株产量结果

处理号	重 复			合 计	平 均
	I	II	III		
1	0.94	0.87	0.94	2.75	0.92
2	0.71	0.95	0.97	2.63	0.88
3	0.91	0.85	0.78	2.54	0.85
4	0.68	0.79	0.81	2.28	0.76
5	1.07	0.77	0.99	2.83	0.94
6	1.28	1.31	0.89	3.48	1.16
7	1.02	1.11	1.11	3.24	1.08
8	1.63	0.99	1.58	4.2	1.40
9	0.87	0.97	0.92	2.76	0.92
10	1.16	0.85	1.08	3.09	1.03
11	1.07	1.25	0.72	3.04	1.01
12	0.96	1.32	1.11	3.39	1.13
13	0.86	0.87	0.83	2.56	0.85
14	0.9	1.15	1.14	3.19	1.06
15	1.31	1.27	1.35	3.93	1.31
16	1.27	1.12	1.31	3.7	1.23

经对单株产量 (表4) 的统计分析, 品种、种薯大小、播期三者与单株产量的对应关系为:

a. 品种对单株产量的影响极显著 ( $F=6.73^{**}$ )。中心24号、河薯1号的单株产量极显著高于青薯168; 中心24号、

河薯1号、8815-17之间, 8815-17与青薯168之间单株产量差异均不显著。

b. 种薯大小对单株产量的影响显著 ( $F=3.3^*$ )。200克、150克、100克种薯间单株产量差异不显著; 100克种薯与50克种薯间单株产量差异不显著; 150克种薯单株产量显著高于50克种薯单株产量; 200克种薯单株产量极显著高于50克种薯单株产量。

c. 播期对单株产量的影响不显著 ( $F=1.82$ )。

#### 2.1.6 各因素与单窝主茎数的关系

经对单窝主茎数结果 (表5) 的统计分

析, 种薯大小对单窝茎数影响极显著 ( $F=12.32^{**}$ )。150克与200克种薯间, 150克与100克种薯间窝主茎数差异不显著; 200克种薯窝主茎数显著高于100克种薯窝主茎数; 200克、150克、100克种薯窝主茎数均极显著高于50克种薯窝主茎数, 即随种薯增大, 窝主茎数呈增加趋势。根据刘梦芸等试验, 窝 (穴) 主茎数与单株产量呈正相关, 而在亩窝数一定时, 坑种栽培马铃薯产量高低取决于单株产量, 因此整薯坑种栽培的马铃薯种薯大小以100~150克为宜。

播期和品种对单窝主茎数影响不显著

表5 正交试验各处理单窝主茎数 (个)

处理号	重 复			合 计	平 均
	I	II	III		
1	2.9	1.9	2.6	7.4	2.47
2	3.65	3.3	3.1	10.05	3.35
3	3.75	2.85	2.75	9.35	3.12
4	3.4	2.9	3.35	9.65	3.22
5	2.55	2.7	2.75	8.0	2.67
6	4.3	2.8	2.2	9.3	3.1
7	3.7	3.5	3.35	10.55	3.52
8	4.4	3.85	3.35	11.6	3.87
9	2.75	2.6	2.25	7.6	2.53
10	3.35	4.0	3.35	10.7	3.57
11	4.4	3.7	2.55	10.65	3.55
12	3.9	3.6	3.3	10.8	3.6
13	2.3	2.1	2.3	6.7	2.23
14	2.3	2.7	2.95	7.95	2.65
15	3.35	2.9	3.15	9.4	3.13
16	3.7	3.7	3.8	11.8	3.73

( $F_{\text{播期}}=0.305$ ,  $F_{\text{品种}}=1.83$ ,  $F_{0.05}=2.84$ )。

#### 2.1.7 各因素与薯块大中薯率和商品率的关系

薯块大中薯率和商品率结果 (表6) 经统计分析, 品种、播期对薯块大中薯率的影响极显著 ( $F_{\text{品种}}=14.45^{**}$ ,  $F_{\text{播期}}=6.29^{**}$ ,  $F_{0.01}=4.31$ )。品种河薯1号与青薯168之间, 中心24号与8815-17之间大中薯率差异均不显著; 河薯1号、青薯

168的大中薯率均极显著高于8815-17和中心24号。4月6日、4月16日和4月26日播种的薯块大中薯率之间差异不显著, 但均极显著高于5月6日播种的薯块大中薯率。

品种、播期对商品率的影响程度分别达极显著 ( $F_{\text{品种}}=6.25^{**}$ ) 和显著 ( $F_{\text{播期}}=2.99^{**}$ ) 水平。品种河薯1号与青薯168之间、8815-17与中心24号之间、青薯168与8815-17之间薯块商品率差异不显

著; 河薯1号的商品率极显著高于8815-17 16日播种的薯块商品率均显著高于5月6  
和中心24号商品率; 青薯168的商品率极 日播种的薯块商品率, 其余播期间商品率差  
显著高于中心24号商品率。4月6日、4月 异不显著。

表6 正交试验各处理薯块大中薯率和商品率 (%)

处理号	I		II		III		合 计	
	大中薯	商品薯	大中薯	商品薯	大中薯	商品薯	大中薯	商品薯
1	93.1	99.5	92.5	98.3	96.3	98.4	281.9	296.2
2	84.5	97.2	93.6	98.9	93.3	97	271.4	293.1
3	85.4	92.1	90.5	90.5	95.6	95.6	271.5	278.2
4	75.0	91.2	89.2	97.5	88.9	96.3	253.1	285.0
5	83.2	92.5	83.0	93.5	84.8	94.9	251	280.9
6	86.3	93.3	88.2	92.7	86.5	94.9	261	280.9
7	86.8	91.7	75.6	86.0	78.7	88.7	241.1	266.4
8	83.5	92.0	82.3	94.9	85.9	93.0	251.7	279.9
9	90.2	93.7	91.2	96.9	89.6	97.8	271	288.4
10	75.3	91.9	77.5	94.7	78.9	92.6	231.7	279.2
11	80.3	92.0	88.8	96.0	84.7	91.7	253.8	279.7
12	89.1	92.2	92.4	97.7	86.5	91.0	268	280.9
13	93.6	94.7	90.8	95.4	95.8	98.8	280.2	288.9
14	91.1	95.0	91.3	95.6	92.1	96.5	274.5	287.1
15	91.6	95.4	90.9	96.0	97.4	99.3	279.9	290.7
16	89.3	98.4	94.6	100	96.6	98.5	280.5	296.9

注: 本表结果为重量的百分率

表7 回归旋转试验结果矩阵及产量结果

处理号	$x_1$	$x_2$	$x_3$	亩产量 (kg/亩)	理论产量 (kg/亩)
1	-1	-1	-1	1353.3	1350.26
2	-1	-1	1	1460.0	1522.39
3	-1	1	-1	1703.3	1646.53
4	-1	1	1	1346.7	1427.31
5	1	-1	-1	1783.3	1796.54
6	1	-1	1	1777.7	1928.32
7	1	1	-1	2061.0	2092.47
8	1	1	1	1736	1832.89
9	-1.682	0	0	1440	1436.31
10	1.682	0	0	2280.7	2152.73
11	0	-1.682	0	1560.0	1472.94
12	0	1.682	0	1686.7	1641.86
13	0	0	-1.682	1715.7	1770.41
14	0	0	1.682	1883.3	1696.87
15	0	0	0	1406.7	1622.27
16	0	0	0	1726.7	1622.27
17	0	0	0	1746.7	1622.27
18	0	0	0	1780.0	1622.27
19	0	0	0	1430	1622.27
20	0	0	0	1623.3	1622.27

种薯大小对薯块大中薯率和商品率的影响均不显著。

## 2.2 数学模型的建立、解析与优化

### 2.2.1 密度 ( $x_1$ )、纯氮 ( $x_2$ ) 和 $P_2O_5$ ( $x_3$ ) 三项农艺措施数学模型的建立

产量结果列于试验结果矩阵表中 (表 7)。

表 7 结果经 PC-1500 计算机直接运算, 获得密度 ( $x_1$ )、纯氮 ( $x_2$ ) 和  $P_2O_5$  ( $x_3$ ) 参试因子 (代码值) 与产量的三元二次回归模型为:

$$\begin{aligned}\hat{y} = & 1622.267 + 212.9671x_1 \\ & + 50.2121x_2 - 21.862x_3 \\ & - 0.0875x_1x_2 - 10.0875x_1x_3 \\ & - 97.8375x_2x_3 - 60.8848x_1^2 \\ & - 22.9279x_2^2 - 39.3658x_3^2\end{aligned}$$

回归模型在微机上的检验结果为:

$$F_1 = 0.816 < F_{0.05}(5, 5) = 5.05, F_2 = 3.738 > F_{0.05}(10, 0) = 3.02.$$

F 检验结果表明, 回归模型与实际情况拟合较好, 所以对回归模型各项系数进行 t 检验, 结果表明,  $x_1$  (密度) 对产量的影响达极显著水平,  $x_2$  (纯 N)、 $x_3$  ( $P_2O_5$ ) 和诸因子交互作用对产量影响不显著。

### 2.2.2 模型解析

由于试验因子交互作用不显著, 所以仅对主因子效应进行分析。

经过无量纲线性编码代码换后, 偏回归系数已经标准化, 从其绝对值的大小可直接判明各因子的重要程度。从线性项看, 三项农艺措施对产量 ( $y$ ) 影响大小的顺序是: 密度 > 氮肥 > 磷肥。这表明密度和氮肥对产量的影响较大, 是栽培中需重点控制的因子。同时由于试验设计满足正交性及通用性, 因此可采用降维法, 即固定两个自变量取零水平, 导出另一个自变量的偏回归解析子模型, 从而得出如下三种自变量的偏回归

解析子模型:

$$y_1 = 1622.267 + 212.9671x_1 - 60.8848x_1^2$$

$$y_2 = 1622.267 + 50.2121x_2 - 22.9279x_2^2$$

$$y_3 = 1622.267 + 21.862x_3 - 39.3658x_3^2$$

对该子模型进行计算机绘图, 各主因子效应如图 2。

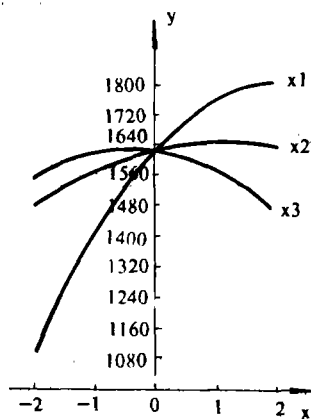


图 2 各主因子效应

由图 2 可见, 在设计步长范围内,  $x_1$  (密度) 随着亩窝数的增多, 产量迅速提高, 未出现峰值;  $x_2$  (氮肥) 随施氮量的增加产量逐渐提高, 当  $x_2 = 1.095$  (即亩施纯氮 15.19 公斤) 时, 产量达最大值, 之后随氮肥用量的增大, 产量缓慢下降;  $x_3$  ( $P_2O_5$ ) 随着施磷量的增加, 产量缓慢提高, 当  $x_3 = -0.278$  (即亩施  $P_2O_5$  3.84 公斤) 时, 产量达最大值, 之后随施磷量的增多, 产量逐渐下降。

### 2.2.3 综合农艺措施寻优

当  $x_1, \dots, x_3$  变化在  $-1.682 < x_1 < 1.682$  区间时, 令步长为 1, 可有 125 套组合方案, 亩产 1000~1500 公斤的组合方案 54 套, 频数为 43.2%; 亩产在 1500~2000 公斤之间的有 56 套, 频数为 44.8%; 亩产

2000~2500 公斤的组合方案有 2 套, 频数为 1.6%。

由表 8 可见, 亩产 1500~2000 公斤的

优化农艺措施组合方案为: 亩密度 2067~2241 窝, 亩施纯氮 7.94~11.28 公斤, 亩施  $P_2O_5$  3.75~5.39 公斤。

表 8 亩产 1500~2000 公斤的优化农艺方案中  $x_i$  取值的概率分布

编 码	$x_1$ (密度)		$x_2$ (氮肥)		$x_3$ ( $P_2O_5$ )	
	频 数	%	频 数	%	频 数	%
-1.682	0	0	8	14.3	9	16.1
-1	2	3.6	12	21.4	12	21.4
0	15	26.8	14	25.0	14	25.0
1	19	33.9	11	19.6	13	23.2
1.628	20	35.7	11	19.6	8	14.3
频数合计	56	100	56	100	56	100
平均编码	0.904		0.072		-0.012	
$Sx$	0.101		0.156		0.153	
95%置信区间	0.71~1.1		-0.23~0.38		-0.31~0.29	
农艺措施指标	2067~2241(窝/亩)		7.94~11.28(公斤/亩)		3.75~5.39(公斤/亩)	

### 3 讨论与结论

a. 在我县中等肥力土壤上, 品种、密度是影响坑种马铃薯产量的重要因子, 其次是氮肥、磷肥、播期和种薯大小。

b. 在施肥量和密度一定时, 坑种栽培马铃薯产量的提高取决于品种的单株生产力。一般晚熟品种的单株生产潜力较中晚熟品种大, 因此我县坑种栽培马铃薯品种宜选择晚熟的中心 24 号或河薯 1 号, 但青薯 168 (属中晚熟品种) 在我县大面积推广中具有稳产性好、淀粉含量高、薯块高抗晚疫病、耐贮藏等优点, 所以可在增加栽培密度, 提高群体产量的同时, 进一步加以利用。

c. 播期对坑种马铃薯产量的影响极显著, 播期提前, 薯块大中薯率和商品率显著提高。因此, 我县坑种栽培马铃薯适宜播期为 4 月 5 日~4 月 15 日。

d. 当种薯重量在 50~200 克时, 亩产量与种薯大小、单株产量与窝主茎数呈正相关。为提高经济效益, 充分挖掘品种单株生产潜力, 整薯坑种栽培的薯块以 100~150 克大小为宜。

e. 旱地中等肥力土壤亩产 1500~2000 公斤的优化农艺措施组合方案为: 亩密度 2067~2241 窝, 亩施纯氮 7.94~11.28 公斤, 亩施  $P_2O_5$  3.75~5.39 公斤。

f. 试验结果表明, 密度设计水平偏低, 宜提高密度设计水平, 继续试验, 进一步摸清不同熟性品种的最佳栽培密度。

本文承蒙我县高级农艺师程华同志审阅, 特表谢意。

### 参 考 文 献

- 1 王登社等. 脱毒马铃薯“坝薯9号”水地丰产栽培综合农艺措施数学模型的研究. 马铃薯杂志, 1992, 6(3): 141~147
- 2 刘梦芸等. 马铃薯每穴茎数与产量的相关性. 马铃薯, 1983, 3