

马铃薯标准化种薯繁殖技术数学模型

吕福虎，梁瑞萍，白志荣，乌兰，付峰

(内蒙古包头市农业科学研究所，包头 014013)

摘要：通过试验，建立了以密度、施肥量和苗数/穴为自变量，产量、小薯数量比和小薯重量比为指标的最优回归设计。利用回归模型求出了在本试验条件下的最佳密度水平、最佳施肥量和最佳苗数/穴。试验表明：密度 8098~9332 穴/667m²、施肥量 40.8~45.4 kg/667m²、1.7~2.1 苗/穴为合理的农艺措施，可取得较高的目标产量。

关键词：马铃薯；标准化种薯；产量；小薯数量比；小薯重量比

中图分类号：S532

文献标识码：A

文章编号：1672-3635 (2003) 06-341-05

1 前言

马铃薯在其生产过程中是以块茎为繁殖器官的无性繁殖作物，因此极易导致马铃薯致病病毒在块茎内积累，引起种性退化，从而使马铃薯产量大幅度下降。为解决这一问题，世界各国相继开展了马铃薯脱毒种薯生产技术的研究。我国自 70 年代末开始脱毒种薯研究与应用，目前已在华北、华中及其以南的马铃薯种植区大面积推广，收到了良好的效果。实践证明，利用马铃薯脱毒种薯进行生产是大幅度提高马铃薯单产的关键措施。

我区位于蒙古高原中部，日照时间长、昼夜温差大、气候冷凉、雨热同季，优越的自然资源条件使我区形成了天然的马铃薯生产基地。但长期以来，我区生产马铃薯种薯仍然采用常规技术，产量水平低、商品质量差，这在种子市场快速发展的今天，已失去了市场竞争力，因此在我区大力推广脱毒种薯生产技术，已势在必行。

目前，在马铃薯的生产中，较为有效的是推行整薯播种，这就给马铃薯标准化种薯的繁殖提出了更高的要求。为此，我们进行了马铃薯标准化种薯

繁殖的密度、施肥量和每穴种薯数与产量、小薯数量比和小薯重量比的试验研究，并找出了其最优的处理组合，从而为进一步完善标准化种薯的繁殖技术提供了一些参考依据，为脱毒种薯技术在我区大力推广奠定了理论基础。

2 材料与方法

2.1 试验材料

供试品种为脱毒克新 1 号。

2.2 试验地点

试验设在包头市农业科学研究所试验田内，土壤为壤土，中等肥力，播前施农家肥 2000 kg/667m²，管理同一般田间管理。

2.3 田间设计

采用三因素 D-最优饱和设计，小区面积 4 m×5 m=20 m²，11 个处理，两次重复。

2.4 试验处理

(1) 肥料按 N:P₂O₅:K₂O=4:2:11 随播种一次性施入，并与种薯分层隔离。2002 年 4 月 29 日播种，8 月 25 日收获。等株行距播种。

(2) 收获时，取样 20 穴，分别按大、中、小薯分别记录。并折算成亩产（其中：大薯>150 g，中薯 100~150 g，小薯<100 g）。小薯数量比为取样中小薯数量占全样数量的百分比，小薯重量比为取样中小薯重量占样重的百分比。

(3) 各变量设计水平、编码及结果见表 1。

收稿日期：2002-12-02

作者简介：吕福虎（1974—），男，助理农艺师，从事马铃薯组织培养和脱毒马铃薯栽培工作。

表 1 各变量编码、设计水平及结果

区号	密度	施肥量	苗数	产量 (kg/667m ²)		小薯数量比		小薯重量比	
	穴/667m ² (x ₁)	kg/667m ² (x ₂)	穴 (x ₃)	I	II	I	II	I	II
1	0 (9000)	0 (25)	2 (3)	3451.500	3847.500	71.43	69.83	47.65	51.87
2	0 (9000)	0 (25)	-2 (1)	3892.500	4061.250	37.59	49.43	21.85	27.15
3	-1.414 (4678)	-1.414 (7.325)	1 (2.5)	2909.817	3140.263	61.70	60.58	37.94	39.49
4	1.414 (11121)	-1.414 (7.325)	1 (2.5)	2444.590	2713.765	72.76	62.86	49.29	39.61
5	-1.414 (6879)	1.414 (42.675)	1 (2.5)	4726.425	5033.143	62.00	60.15	35.88	35.02
6	1.414 (11121)	1.414 (42.675)	1 (2.5)	4059.165	3878.344	71.13	76.70	54.18	57.20
7	2 (12000)	0 (25)	-1 (1.5)	3012.750	4644.000	57.89	53.40	34.73	31.00
8	-2 (6000)	0 (25)	-1 (1.5)	4414.500	3768.750	41.03	51.90	28.96	29.25
9	0 (9000)	2 (50)	-1 (1.5)	4635.000	5087.000	45.16	44.00	15.86	20.06
10	0 (9000)	-2 (0)	-1 (1.5)	2737.500	2632.500	60.64	54.55	37.53	33.33
11	0 (9000)	0 (25)	0 (2)	3180.500	3361.500	49.44	54.65	27.02	31.50

注: 括号内为实际值

3 结果与分析

3.1 数学模型的建立

(1) 以多指标为目标函数的回归方程系数的计算如表 2。

(2) 根据试验设计和回归方程分析, 求得产量 (Y₁)、小薯数量比 (Y₂)、小薯重量比 (Y₃), 三项指标的多维二次曲面回归方程如下:

$$Y_1 = 3270.993 - 164.0862x_1 + 558.7676x_2 - 98.61978x_3 - 58.14052x_1x_2 - 75.77368x_1x_3 + 14.76761x_2x_3 + 98.26514x_1^2 + 62.76514x_2^2 +$$

$$135.5483x_3^2$$

$$Y_2 = 52.04492 + 2.871972x_1 - 1.093005x_2 + 7.118463x_3 + 0.7712633x_1x_2 + 0.5769723x_1x_3 + 2.160745x_2x_3 + 1.302681x_1^2 + 1.310803x_2^2 + 1.256264x_3^2$$

$$Y_3 = 29.25998 + 2.765909x_1 - 1.478846x_2 + 6.841586x_3 + 1.81316x_1x_2 + 1.82591x_1x_3 + 2.888655x_2x_3 + 1.78142x_1^2 + 0.7089195x_2^2 + 1.967506x_3^2$$

对所得方程进行回归显著性检验, 结果见表 3。

表 2 回归系数的计算及检验

回归系数		产量 ($\hat{y}_1$)	T 值	小薯数量比 ($\hat{y}_2$)	T 值	小薯重量比 ($\hat{y}_3$)	T 值	T _{0.05}	T _{0.01}
常数项	b0	3270.993	8.14**	52.04492	10.54**	29.25998	8.47**	2.228	3.169
一次项	B1	-164.0862	6.54**	2.871972	9.31**	2.765909	12.80**		
	B2	558.7676	22.26**	-1.093005	3.54**	-1.478846	6.85**		
	B3	-98.61978	3.93**	7.118463	23.07**	6.841586	31.67**		
交互项	B12	-58.14052	2.32*	0.7712633	4.36**	1.81316	8.39**		
	B13	-75.77368	1.02	0.5769723	4.38**	1.82591	8.45**		
	B23	14.76761	0.59	2.160745	2.11	2.888655	1.34		
二次项	B11	98.26514	4.04**	1.302681	2.50*	1.78142	8.51**		
	B22	62.76514	2.58*	1.310803	1.87	0.7089195	3.39**		
	B33	135.5483	3.60**	1.256264	7.00**	1.967506	1.07		

表 3 回归方程显著性检验

来源	自由度	产量 ($\hat{y}_1$)		小薯数量比 ($\hat{y}_2$)		小薯重量比 ($\hat{y}_3$)		$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
		SS	F	SS	F	SS	F		
回归	10	1.1935E+07	7.40**	2179.27	8.94**	2423.534	20.29**	2.98	4.85
处理组间	10	1.1944E+07	7.40**	2182.94	8.94**	2432.402	20.29**		
区组间	1	289504	1.79	24063	9.87E-02	0.9427	7.93E-02		
试验误差	1	1613364		243.8374		119.4702			
总变异	21	1.3549E+07		2423.11		2543.004			

从表 3 可以看出各回归方程均达到显著或极显著水平，说明回归方程与实验吻合。

(3) 根据表 3 的显著性检验，剔除不显著项得如下回归方程：

$$Y_1 = 3270.993 - 164.0862x_1 + 558.7676x_2 - 98.61978x_3 - 58.14052x_1x_2 + 98.26514x_1^2 + 62.76514x_2^2 + 135.5483x_3^2 \quad (3-1)$$

$$Y_2 = 52.04492 + 2.871972x_1 - 1.093005x_2 + 7.118463x_3 + 0.7712633x_1x_2 + 0.5769723x_1x_3 + 1.302681x_1^2 + 1.256264x_3^2 \quad (3-2)$$

$$Y_3 = 29.25998 + 2.765909x_1 - 1.478846x_2 + 6.841586x_3 + 1.81316x_1x_2 + 1.82591x_1x_3 + 1.78142x_1^2 + 0.7089195x_2^2 \quad (3-3)$$

3.2 因子主次分析

从以上方程可以看出，影响产量的因素从高到低依次是：施肥量>密度>苗数/穴；影响小薯数量比的因素从高到低依次是：苗数/穴>密度>施肥量；影响小薯重量比的因素从高到低依次是：苗数/穴>密度>施肥量。也就是说，对于产量，在这种高密度的情况下，施肥量对于产量的影响尤为重要，为主效因子，且与密度存在着交互作用；对于小薯数量比苗数/穴为主效因子，且与密度存在着交互作用；对于小薯重量比密度为主效因子，与施肥量和苗数/穴存在着交互作用。

3.3 降维分析

降维分析法是将较复杂的多元问题转化为一元或二元问题，以便于分析单因素或双因素与指标的效应关系。

下面主要对产量模型进行解析。
由于试验设施平方项进行中心化变换，满足了正交性且偏回归系数彼此独立（相关矩为零）。这样导出某一自变量的偏回归子模型，就相当于在特

定试验条件下所做的单因素试验，通过解析还可求得在特定条件下某一因子的最优水平，各因子与产量的偏回归解析子模型如下：

(1) 密度对产量模型的偏回归子模型

令 $x_2 = x_3 = -1, 0, 1$ 可得密度 (x_1) 与产量 (Y_1) 的偏回归子模型，曲线见图 1。

$$Y_1(-1) = 3009.09562 - 105.94568x_1 + 98.26514x_1^2$$

$$Y_1(0) = 3270.993 - 164.0862x_1 + 98.26514x_1^2$$

$$Y_1(1) = 3929.45426 - 222.22672x_1 + 98.26514x_1^2$$

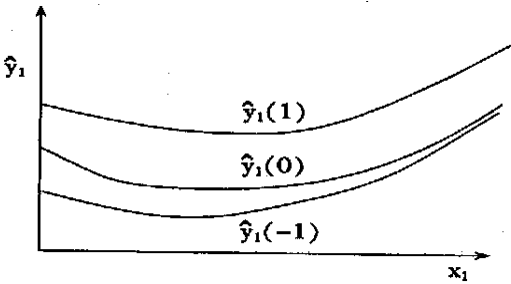


图 1

同理可得其它两个因子对产量的偏回归子模型。

(2) 施肥量 (x_2) 对产量模型的 (Y_1) 的偏回归子模型，曲线见图 2。

$$Y_1(-1) = 3767.51242 + 616.90812x_2 + 62.76514x_2^2$$

$$Y_1(0) = 3270.993 + 558.7676x_2 + 62.76514x_2^2$$

$$Y_1(1) = 3242.10046 + 500.62708x_2 + 62.76514x_2^2$$

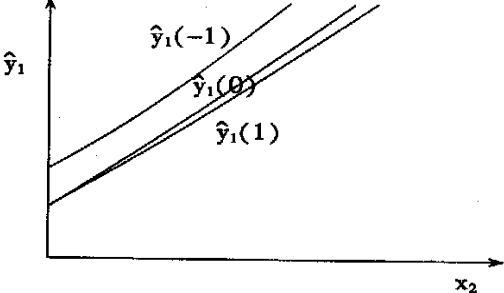


图 2

(3) 苗数/穴 (x_3) 对产量模型 (Y_1) 的偏回归子模型，曲线见图 3。 $Y_1(-1) = 2979.20136 - 98.61978x_3 + 135.5483x_3^2$

$$Y_1(0) = 3270.993 - 98.61978x_3 + 135.5483x_3^2$$

$$Y_1(1) = 3768.56416 - 98.61978x_3 + 135.5483x_3^2$$

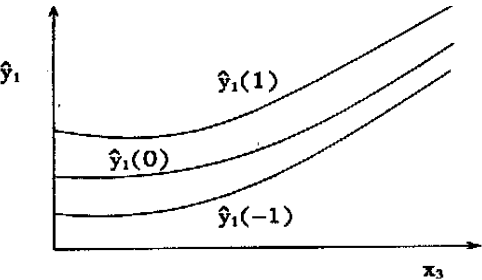


图 3

由图 1 可以看出，密度对产量影响较明显，但同时受其它几个因子的影响，在密度一定的条件下，施肥量和苗数/穴的增加产量也在增加。但是在较高的肥力和苗数/穴的情况下，产量随密度的增加趋势减缓。即在较低的肥力和苗数/穴情况下，增加密度有较大的增产能力。因此，要选择合适的密度、施肥量和苗数/穴才能达到最佳的产量。

图 2 表明，施肥量对产量有很强的影响作用，即无论何种条件下，产量随着施肥量的增加急速增加，但是在施肥量一定的情况下密度和苗数/穴的增加导致产量下降，随着密度和苗数/穴进一步的增加，产量下降趋势趋缓甚至停止。这是因为密度和苗数/穴增加时，导致叶面互相遮荫，田间通风透光不良，功能叶不能很好地发挥作用，甚至腐烂枯死，影响光合作用，导致产量下降。因此在肥力一定的情况，要选择合适的密度，才能有效增加产量。

图 3 表明，苗数/穴对产量的影响较明显，且在苗数/穴一定的情况下，随着密度和施肥量的增加产量也在增加。其图形类似于图 1，换言之，改变苗数/穴也就是间接改变密度，但是从 (3-2) 和 (3-3) 式中更明显的能看出，苗数/穴对小薯比例的影响更强烈于单纯的密度的影响。

3.4 模拟寻优

对试验资料在计算机上对产量模型 (Y_1) 进行模拟寻优，对模型 $5^3 = 125$ 套组合方案预测值进行计算，在试验设计范围内，以各目标值满足的约束分析，对全部方案进行统计分析，结果见表 4。

表 4 各目标性状的频数分布

因素	产量 ($>4000 \text{ kg}/667\text{m}^2$)		小薯数量比 ($>50\%$)		小薯重量比 ($>50\%$)	
	取值范围	农艺措施	取值范围	农艺措施	取值范围	农艺措施
密度 ($\text{穴}/667\text{m}^2$)	$-0.602 \sim +0.222$	8098~9332	$+0.245 \sim +1.375$	9368~11063	$+0.450 \sim +1.557$	9674~11336
施肥量 ($\text{kg}/667\text{m}^2$)	$+1.267 \sim +16628$	40.8~45.4	$-0.252 \sim +0.195$	21.9~27.4	$-0.296 \sim +1.081$	21.3~38.5
苗数/穴	$-0.535 \sim +0.114$	1.7~2.1	$+1.555 \sim +1.906$	2.8~2.9	$+0.861 \sim +1.901$	2.4~3.0

从上表可以看出，对不同的目标要求，其农艺措施也不尽相同，应根据实际需要进行合理的选择。

4 结论与讨论

(1) 在本试验条件下，对于产量影响最大的因素是施肥量，因为在高密度群体中，植株之间争肥争水现象相当激烈。在其它条件满足的情况，施肥量成为影响产量的关键因素。在本试验条件下的产量最优组合为：密度 8098~9332 穴/667 m^2 ，施肥量 40.8~45.4 $\text{kg}/667\text{m}^2$ ，1.7~2.1 苗/穴。从经济效益角度考虑，通过适当调整可以降低生产成本，虽然当年的收益并不是很大，但是其带来的后

继效益却是相当可观的。应该合理调整从整体和长远角度考虑。

(2) 通过本试验可以看出，对于产量构成中小薯的比例影响最大的因子是苗数/穴。改变苗数/穴可以有效的改变小薯在总量中的比例，其效果要优于单纯的改变密度。这是因为在一穴中存在的多苗，使得局部地区植株间争肥争水严重，从而限制马铃薯的膨大速度，形成个数多，单薯重量轻的目标要求。

(3) 密度因子无论对于产量还是小薯的比例，都有着相当的影响作用，只是在本试验高密度条件下，其相对为次要因子。即要想达到高产(4000 $\text{kg}/667\text{m}^2$)，

脱毒马铃薯试管苗不同育苗基质处理 对原原种产量的影响

闫志山, 杨 骥, 范有君, 张玉霜, 周艳丽

(中国农科院黑龙江科技推广示范基地, 呼兰 150501)

摘 要: 在日光温室内, 采用不同基质及其载体, 进行马铃薯试管苗的育苗栽植, 成活后移栽到网棚内生产原原种。结果表明: 采用 8 cm×8 cm 营养钵内装草炭、腐熟猪粪土、珍珠岩 1:1:1 按比例混合的营养基质栽植的试管苗, 提高原原种的产量效果最为明显。

关键词: 脱毒马铃薯; 试管苗; 育苗基质; 原原种产量

中图分类号: S532 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-3635 (2003) 06-345-02

1 前 言

通过采用不同的育苗基质处理, 栽植脱毒马铃薯试管苗, 待育苗成活后移栽到网棚内生产原原种。目的在于筛选出对提高原原种产量效果最好的育苗基质及载体。

2 材料与方 法

2.1 试验材料

试管苗为本基地组培室扩繁的脱毒尤金试管苗。栽培基质有两种: ①草炭、腐熟猪粪土、珍珠岩按 1:1:1 比例混合; ②草炭、腐熟猪粪土按 1:1 比例混合。基质载体有三种: ①内径 1.9 cm×高 7.5 cm 纸筒, 1400 个/册; ②内径 4.8 cm×高 7.0 cm 纸筒, 200 个/册; ③8cm×8cm 塑料营养钵。

2.2 试验方法

共设 5 个处理如表 1, 各载体内装入相应基质并墩实, 尤其纸筒要避免下部出现空筒, 基质表面距载体上沿 1~1.5 cm, 以利于浇水。栽苗前要浇透水, 栽完苗后: 处理 A、C 上覆原基质与纸筒上沿对齐, 处理 B、D 上覆珍珠岩与纸筒上沿对齐, 处理 E 不再加覆任何基质。

表 1 试验处理及栽苗两周后成活率

处 理	基 质	载 体	栽苗后上覆物	两周后成活率 (%)
A (CK)	①	①	相同基质	86.5
B	②	①	珍珠岩	84.6
C	①	②	相同基质	85.5
D	②	②	珍珠岩	83.0
E	①	③	无	90.8

2002 年 6 月 22 日在本基地日光温室内, 将试管苗栽入相应基质。栽后 1 周内, 夜间用塑料膜覆盖保湿, 白天敞开, 室温超过 25 ℃有阳光直射时,

收稿日期: 2003-01-20
作者简介: 闫志山 (1968-), 助理研究员, 从事脱毒马铃薯种薯生产、开发工作。

其密度应在 8000~10000 穴/667m², 应根据土壤情况进行合理调整。

(4) 本试验是在一个生长季节内完成的, 只考虑了三个因素, 影响目标性状的因素还很多。而且

随着品种和土壤的不同其结果也不会相同。本试验结果从初步看来效果明显, 具有一定的应用价值, 为使结果日臻完善, 还需进一步进行信息反馈和模型验证。