

中图分类号: S532; S338 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2011)02-0085-04

# 马铃薯新品种宣薯4号高产栽培探索

刘志祥, 展康\*, 徐发海, 徐尤先

(云南省宣威市农业技术推广中心, 云南 宣威 655400)

**摘要:** 运用三元二次回归通用旋转组合设计, 以对马铃薯宣薯4号产量形成影响较大的栽培措施为决策因子, 产量为目标函数, 建立栽培密度( $X_1$ )、施马铃薯专用肥量( $X_2$ )和种薯单薯重量( $X_3$ )与产量的数学模型, 并通过模拟寻优, 提出马铃薯宣薯4号单产3 000 kg/667 m<sup>2</sup>以上的优化农艺栽培措施量化指标。三因素互作都显示正效应, 单因素对产量形成影响呈现种薯单薯重量( $X_3$ ) > 栽培密度( $X_1$ ) > 施马铃薯专用肥量( $X_2$ ), 栽培密度( $X_1$ )和施马铃薯专用肥量( $X_2$ )的单产呈现单峰值。

**关键词:** 马铃薯; 栽培; 产量; 数学模型

## Agronomic Measures for High Yield of the New Potato Cultivar Xuanshu 4

LIU Zhixiang, ZHAN Kang\*, XU Fahai, XU Youxian

(Xuanwei Agricultural Technique Extension Center, Xuanwei, Yunnan 655400, China)

**Abstract:** Function of the target variable yield with three independent variables, plant density ( $X_1$ ), application rate ( $X_2$ ) of a fertilizer designed special for potato, and seed tuber size ( $X_3$ ), was created for cv. Xuanshu 4 using the design of ordinary second order rotational regression of three factors, and simulated optimization was made in order to put forward specific measures for yielding 3 000 kg or more based on 667 m<sup>2</sup> of land. The interactions of three factors were all positive, and the impact of three factors to yield was  $X_3 > X_1 > X_2$ . A peak value was found for each of the variables  $X_1$  and  $X_2$  about their impact to potato yield.

**Key Words:** potato; cultivation; yield; mathematical model

宣薯4号是宣威市农业技术推广中心近年育成的马铃薯新品种, 2009年通过云南省农作物品种审定, 但缺乏综合农艺栽培技术的系统研究与运用。为探索综合农艺栽培技术, 提高产量, 优化品质, 节本增效, 农民增收, 进一步提高科技对农业的贡献率<sup>[1]</sup>, 进行该试验, 目的是提出马铃薯新品种宣薯4号高产栽培综合农艺措施定量化技术指标, 以指导生产与推广。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

马铃薯新品种宣薯4号。

肥料为宣农牌马铃薯区域专用肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O为10:9:8), 以下简称马铃薯专用肥。

#### 1.2 试验地点

该试验于2010年在宣威市农业技术推广中心东山马铃薯基地进行, 土壤为红壤, 耕作层0~20 cm, 土壤有机质5.56%, 全氮0.247%, 全磷0.22%, 全钾0.93%, 速效氮209 ppm, 速效磷12.2 ppm, 速效钾148 ppm, pH为7.02。

#### 1.3 试验设计

试验选用密度( $X_1$ )、施马铃薯专用肥量( $X_2$ )、种薯单薯重量( $X_3$ )为决策因子, 因子编码水平及其实际值(表1)。

收稿日期: 2010-11-15

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(zhsyz-22)。

作者简介: 刘志祥(1955-), 男, 高级农艺师, 从事马铃薯生产技术服务与推广。

\*通信作者(Corresponding author): 展康, 农艺师, 主要从事马铃薯生产技术服务与推广, E-mail: qjzkang@126.com。

以产量为目标函数, 采用三元二次回归通用旋转组合设计 1/2 实施方案(表 2)。共 20 个处理组合, 随机排列, 每小区种 4 行, 行距 0.70 m, 小区面积 13.2 m<sup>2</sup>, 株(塘)距按设计密度计算实施, 马铃薯专用肥在播种时按设计用量秤到小区, 一次性作底肥施用, 种薯按设计要求备用。

表 1 3 因素编码水平实际值

Table 1 The actual value for each level of three factors

| 编码值<br>Code value | 密度( $X_1$ )<br>(Plant / 667 m <sup>2</sup> )<br>Plant density | 施肥量( $X_2$ )<br>(kg / 667 m <sup>2</sup> )<br>Fertilization rate | 种薯单薯重量( $X_3$ )<br>(g)<br>Weight per seed tuber |
|-------------------|---|--|---|
| -1.682            | 2654  | 12.72  | 19.54   |
| -1                | 3200  | 50.00  | 45.00   |
| 0                 | 4000  | 80.00  | 75.00   |
| 1                 | 4800  | 110.00   | 105.00  |
| 1.682             | 5346  | 147.28   | 125.46  |

表 2 三元二次回归通用旋转组合设计实施方案结构矩阵

Table 2 Structure matrix in the design of ordinary second order rotational regression of three factors

| 区号<br>Plot number | $X_1$  | $X_2$  | $X_3$  | 产量(kg / 667 m <sup>2</sup> )<br>Yield |
|-------------------|--------|--------|--------|---------------------------------------|
| 1                 | 1      | 1      | 1      | 3686.3                                |
| 2                 | 1      | 1      | -1     | 2942.1                                |
| 3                 | 1      | -1     | 1      | 3641.4                                |
| 4                 | 1      | -1     | -1     | 2927.1                                |
| 5                 | -1     | 1      | 1      | 3022.0                                |
| 6                 | -1     | 1      | -1     | 2302.7                                |
| 7                 | -1     | -1     | 1      | 3386.6                                |
| 8                 | -1     | -1     | -1     | 3086.9                                |
| 9                 | 1.682  | 0      | 0      | 3306.7                                |
| 10                | -1.682 | 0      | 0      | 2532.5                                |
| 11                | 0      | 1.682  | 0      | 3801.2                                |
| 12                | 0      | -1.682 | 0      | 2772.2                                |
| 13                | 0      | 0      | 1.682  | 4180.8                                |
| 14                | 0      | 0      | -1.682 | 1833.2                                |
| 15                | 0      | 0      | 0      | 3381.7                                |
| 16                | 0      | 0      | 0      | 3421.6                                |
| 17                | 0      | 0      | 0      | 3381.6                                |
| 18                | 0      | 0      | 0      | 3411.8                                |
| 19                | 0      | 0      | 0      | 3351.7                                |
| 20                | 0      | 0      | 0      | 3371.6                                |

### 1.4 试验过程

试验地前茬是玉米, 冬前机耕, 冬后机耙。3 月 22 日播种, 6 月 12 日中耕除草, 6 月 22 日培土, 7 月 12 日、7 月 22 日、8 月 1 日连续 3 次用 80% 大生可湿性粉剂 500 倍液喷施防治马铃薯晚疫病, 9 月 20 日收获。

## 2 结果与分析

### 2.1 模型建立

经过田间试验, 根据设计原理, 应用微机分析得到马铃薯宣薯 4 号种植密度( $X_1$ )、施马铃薯专用肥量( $X_2$ )、种薯单薯重量( $X_3$ )与产量的数学模型符合:

$$Y = 3384.787 + 197.749X_1 + 46.996X_2 + 470.497X_3 + 151.088X_1X_2 + 54.938X_1X_3 + 56.188X_2X_3 - 150.054X_1^2 - 20.284X_2^2 - 119.158X_3^2$$

F 检验  $F = 4.01 > 3.02(F_{0.05})$  达显著水平, 结果表明: 二次方程与实际情况拟合较好, 说明模型有效, 可进行优化分析。常数项基本揭示宣薯 4 号形态指标的遗传特征值, 回归系数值(一次项、二次项及交互项)可以反映出种植密度、施马铃薯专用肥量、种薯单薯重量 3 项农艺栽培措施对块茎产量的正负效应及影响程度。

### 2.2 模型优化分析

判别模型为非典型性方程, 为寻求实现可行的优化农艺栽培措施, 采用产量决策频数分析, 求得 95% 置信限范围内马铃薯品种, 宣薯 4 号单产 3 000 kg / 667 m<sup>2</sup> 以上的优化农艺栽培措施如表 3, 种植密度( $X_1$ )为: 3 734~4 623 株 / 667 m<sup>2</sup>, 施宣农牌马铃薯区域专用肥量( $X_2$ )为: 67.5~85.9 kg / 667 m<sup>2</sup>, 种薯单薯重量( $X_3$ )为: 83.3~125.9 g / 个。

### 2.3 产量效应分析

#### 2.3.1 单因素效应分析

采用“降维法”, 把回归模型中除  $X_i$  以外的其余二因子  $X_j (i \neq j)$  固定在 0 水平上, 求得各因子对产量(Y)的回归子模型如下:

$$Y_{\text{密度}} = 3384.787 + 197.749X_1 - 150.054X_1^2$$

$$Y_{\text{施肥量}} = 3384.787 + 46.996X_2 - 20.284X_2^2$$

$$Y_{\text{种薯单薯重量}} = 3384.787 + 470.497X_3 - 119.158X_3^2$$

从表 4 看出: 马铃薯宣薯 4 号种植密度( $X_1$ )和施马铃薯专用肥量( $X_2$ )存在峰值, 超过 1 水平产量开始下降, 而种薯单薯重量( $X_3$ )虽继续增长, 但是速度减慢。

表3 马铃薯品种宣薯4号栽培试验的频率分析

Table 3 Frequency analysis for cultivation experiment of cv. Xuanwei 4

| 因素水平<br>Level                                       | 密度<br>(Plant/667m <sup>2</sup> )<br>Plant density | 频数<br>Absolute<br>frequency | 频率(%)<br>Frequency | 施肥量(kg/667m <sup>2</sup> )<br>Fertilization rate | 频数<br>Absolute<br>frequency | 频率(%)<br>Frequency | 种薯单薯重量(g)<br>Weight per seed tuber | 频数<br>Absolute<br>frequency | 频率(%)<br>Frequency |
|---|---|-----------------------------|--------------------|--|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 1   | 1854  | 4                           | 6.7                | 12.72  | 13                          | 21.7               | 19.54                              | 0                           | 0.0                |
| 2   | 3200  | 13                          | 21.7               | 50.00  | 13                          | 21.7               | 45.00                              | 0                           | 0.0                |
| 3   | 4000  | 15                          | 25.0               | 80.00  | 12                          | 20.0               | 75.00                              | 16                          | 26.7               |
| 4   | 4800  | 15                          | 25.0               | 110.00   | 11                          | 18.3               | 105.00                             | 22                          | 36.7               |
| 5   | 5346  | 13                          | 21.7               | 147.28   | 11                          | 18.3               | 125.46                             | 22                          | 36.7               |
| Z <sub>j</sub>                                      |   | 4179                        |                    |  | 76.7                        |                    |                                    | 104.6                       |                    |
| Z <sub>j</sub> ± S <sub>e</sub> j t <sub>0.05</sub> |   | 3734~4623                   |                    |  | 67.5~85.9                   |                    |                                    | 83.3~125.9                  |                    |

注: 目标产量 3017.2 ≤ Y ≤ 4 510.6(kg / 667 m<sup>2</sup>), T = 125, k = 60。 Note: Target yield 3017.2 ≤ Y ≤ 4 510.6(kg/667m<sup>2</sup>), T = 125, k = 60.

表4 其余二因子 X<sub>j</sub> (i≠j) 固定在 0 水平上各因子 X<sub>i</sub> 的产量(Y)变化(kg / 667 m<sup>2</sup>)

Table 4 Yield (Y) as X<sub>i</sub> changes when other two independent variables X<sub>j</sub> (i≠j) are fixed at zero

| 水平<br>Level | 因素 Factor                            |  |  |
|-------------|--------------------------------------|--|--|
|             | 密度(Y <sub>1</sub> )<br>Plant density | 施肥量(Y <sub>2</sub> )<br>Fertilization rate | 种薯单薯重量(Y <sub>3</sub> )<br>Seed tuber size |
| -1.682      | 2627.7                               | 3251.7                                     | 2256.3                                     |
| -1          | 3037.0                               | 3319.5                                     | 2795.1                                     |
| 0           | 3384.8                               | 3384.8                                     | 3384.8                                     |
| 1           | 3432.5                               | 3409.5                                     | 3736.1                                     |
| 1.682       | 3292.9                               | 3403.1                                     | 3839.1                                     |

2.3.2 不同处理间互作效应分析

(1) 种植密度(X<sub>1</sub>)和施马铃薯专用肥量(X<sub>2</sub>)间互作效应分析

采用“降维法”，把回归模型中种薯单薯重量(X<sub>3</sub>)固定在 0 水平上，求得各因子对产量(Y)的回归子模型如下：

$$Y = 3384.78672 + 197.749 X_1 + 46.996X_2 + 151.086 X_1X_2 - 150.054 X_1^2 - 20.284 X_2^2$$

利用模型计算产量如表 5。

从模型和表 5 看出：密度(X<sub>1</sub>)效应 > 互作效应 > 施肥量(X<sub>2</sub>)效应，互作为正效应，最高产量 3742.0 kg / 667 m<sup>2</sup> 在两因素的 1.682 水平。

表5 密度(X<sub>1</sub>)和施肥量(X<sub>2</sub>)互作效应

Table 5 Interaction of plant density (X<sub>1</sub>) by fertilization rate (X<sub>2</sub>)

| 施肥量(X <sub>2</sub> )<br>Fertilization rate | 密度(X <sub>1</sub> ) Plant density |        |        |        |        |
|--|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|  | -1.682                            | -1     | 0      | 1      | 1.682  |
| -1.682                                     | 2918.7                            | 3154.7 | 3248.4 | 3041.9 | 2729.0 |
| -1   | 2814.5                            | 3120.8 | 3317.5 | 3214.1 | 2971.5 |
| 0  | 2627.7                            | 3037.0 | 3384.8 | 3432.5 | 3292.9 |
| 1  | 2400.2                            | 2912.6 | 3411.5 | 3610.3 | 3573.7 |
| 1.682                                      | 2221.9                            | 2804.5 | 3406.4 | 3708.3 | 3742.0 |

(2) 种植密度(X<sub>1</sub>)和种薯单薯重量(X<sub>3</sub>)间互作效应分析

采用“降维法”，把回归模型中施马铃薯专用肥量(X<sub>2</sub>)固定在 0 水平上，求得各因子对产量(Y)的回归子模型如下：

$$Y = 3384.78672 + 197.749 X_1 + 470.497 X_3 +$$

$$54.938 X_1X_3 - 150.054 X_1^2 - 119.158 X_3^2$$

利用模型计算产量如表 6。

从模型和表 6 看出：种薯单薯重量(X<sub>3</sub>)效应 > 种植密度(X<sub>1</sub>)效应 > 互作效应，互作为正效应，最高产量 3979.2 kg / 667 m<sup>2</sup> 在种植密度(X<sub>1</sub>)的 1 水平与种薯单薯重量(X<sub>3</sub>)的 1.682 水平。

(3)种薯单薯重( $X_3$ )和施马铃薯专用肥量( $X_2$ )间交互效应分析

采用“降维法”,把回归模型中种植密度( $X_1$ )固定在 0 水平上,求得各因子对产量( $Y$ )的回归子模型如下:

$$Y = 3384.78672 + 46.996 X_2 + 470.497 X_3 +$$

$$56.188 X_2X_3 - 20.284 X_2^2 - 119.158 X_3^2$$

利用模型计算产量如表 7。

从模型和表 7 可以看出:种薯单薯重量( $X_3$ )效应 > 交互效应 > 施肥量( $X_2$ )效应,互作为正效应,最高产量 4 019.7kg / 667 m<sup>2</sup> 在两因素的 1.682 水平。

表 6 密度( $X_1$ )和种薯单薯重量( $X_3$ )交互效应

Table 6 Interaction of plant density ( $X_1$ ) by seed tuber size ( $X_3$ )

| 种薯单薯重量( $X_3$ )<br>Seed tuber size | 密度( $X_1$ ) Plant density |        |        |        |        |
|------------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                    | -1.682                    | -1     | 0      | 1      | 1.682  |
| -1.682                             | 1654.6                    | 2000.9 | 2256.3 | 2211.6 | 2009.0 |
| -1                                 | 2130.4                    | 2502.3 | 2795.1 | 2787.9 | 2610.8 |
| 0                                  | 2627.7                    | 3037.0 | 3384.8 | 3432.5 | 3292.9 |
| 1                                  | 2886.6                    | 3333.4 | 3736.1 | 3838.8 | 3736.6 |
| 1.682                              | 2926.5                    | 3398.8 | 3839.0 | 3979.2 | 3902.6 |

表 7 种薯单薯重量( $X_3$ )和施肥量( $X_2$ )交互效应

Table 7 Interaction of seed tuber size ( $X_3$ ) by fertilization rate ( $X_2$ )

| 施肥量( $X_2$ )<br>Fertilization rate | 种薯单薯重量( $X_3$ ) Seed tuber size |        |        |        |        |
|------------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                    | -1.682                          | -1     | 0      | 1      | 1.682  |
| -1.682                             | 2278.8                          | 2753.2 | 3284.4 | 3505.2 | 3543.7 |
| -1                                 | 2283.5                          | 2784.0 | 3317.5 | 3612.7 | 3677.3 |
| 0                                  | 2256.3                          | 2795.1 | 3384.8 | 3736.1 | 3839.0 |
| 1                                  | 2188.5                          | 2765.7 | 3411.5 | 3819.0 | 3960.3 |
| 1.682                              | 2119.0                          | 2722.3 | 3406.4 | 3852.3 | 4019.7 |

### 3 讨论

通过对马铃薯宣薯 4 号种植密度( $X_1$ )、施马铃薯专用肥量( $X_2$ )和种薯单薯重量( $X_3$ )与产量关系的数学模型分析<sup>[2-4]</sup>,提出了马铃薯宣薯 4 号单产 3 000 kg / 667 m<sup>2</sup> 以上的优化农艺栽培措施为:种植密度( $X_1$ )为 3 734~4 623 株 / 667 m<sup>2</sup>,施马铃薯专用肥量( $X_2$ )为 67.5~85.9 kg / 667 m<sup>2</sup>,种薯单薯重量( $X_3$ )为 83.3~125.9 g / 个。

马铃薯宣薯 4 号优化高产栽培的种植密度( $X_1$ )和施马铃薯专用肥量( $X_2$ )的单产呈现单峰值,种薯单薯重量( $X_3$ )未呈现单峰值,但从-1.682 至 1.682 水平的单产变化看,峰值即将呈现。

马铃薯宣薯 4 号优化高产栽培的栽培密度( $X_1$ )、施马铃薯专用肥量( $X_2$ )和种薯单薯重量( $X_3$ )对产量影响表现为:种薯单薯重量( $X_3$ ) > 密度( $X_1$ ) > 施马铃薯专用肥量( $X_2$ ),3 因素互作都呈现正效应。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 王兴仁,张福锁.现代肥料试验设计[M].北京:中国农业出版社,1996:1-81.
- [ 2 ] 张永成,谢连美,刘满仓,等.马铃薯丰产栽培综合农艺措施数学模型的研究[J].马铃薯杂志,1989,3(2):79-86,96.
- [ 3 ] 龚学臣,杨立廷.旱地马铃薯丰产栽培农艺措施数学模型的研究[J].马铃薯杂志,1995,9(1):28-30.
- [ 4 ] 高聚林,刘克礼,张宝林,等.马铃薯高产优化栽培措施与产量关系模型的研究[J].中国马铃薯,2003,17(3):131-137.