

# 旱作马铃薯综合农艺栽培措施与产量关系模型

刘克礼<sup>1</sup>, 高聚林<sup>1</sup>, 盛晋华<sup>1</sup>, 任珂<sup>2</sup>, 温喜金<sup>3</sup>, 隋启君<sup>2</sup>, 姜波<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学农学院, 呼和浩特 010018; 2. 呼盟农业科学研究所, 扎兰屯 021100;

3. 乌盟农业科学研究所, 集宁 012000)

**摘要:** 应用“416-A”设计方法, 以对马铃薯生育影响较大的主要农艺栽培措施为决策变量, 以产量为目标函数, 建立了内蒙古马铃薯旱作区(呼盟、乌盟)高产优化栽培数学模型, 并通过计算机模拟寻优, 提出了我区马铃薯不同产区的综合农艺措施的定量化指标。

**关键词:** 马铃薯; 优化栽培; 数学模型

**中图分类号:** S532

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-3635 (2004) 01-015-04

## 1 前言

马铃薯是内蒙古自治区重要的粮、菜兼用作物,

收稿日期: 2003-04-20

基金项目: 内蒙古自治区科技厅“九五”重大科技攻关项目(960101)

作者简介: 刘克礼(1937-), 男, 教授, 主要从事作物生理生态及决策系统研究。

对增加粮食产量, 促进我区农业发展起着重要作用。前人对马铃薯综合农艺栽培措施与产量关系的研究取得了一些成果<sup>[1~3]</sup>, 但我区缺乏对马铃薯优化栽培综合农艺栽培措施的系统研究。为不断提高我区马铃薯产量水平, 作者通过在旱作马铃薯主产区进行不同品种综合农艺栽培措施的多年多点联合试验, 提出了我区旱作马铃薯不同主产区高产优化栽培的综合农艺措施优化方案。

[4] Mitsuru Osaki. An analysis of the relation between dry matter accumulation to the tuber and earliness of a potato crop [J]. *Annals of Botany*, 1996, 770 (3): 235-242.

[5] Kayode G O. Effects of NPK fertilizer on tuber yield, starch content and dry matter accumulation of white guinea yam in a forest alfisol of south western Nigeria expl [J]. *Agri*, 1995, 21, 389-393.

## DRY MATTER ACCUMULATION AND DISTRIBUTION OF POTATO UNDER DRY FARMING

GAO Ju-lin<sup>1</sup>, LIU Ke-li<sup>1</sup>, SHENG Jin-hua<sup>1</sup>, REN Ke<sup>2</sup>, WEN Xi-jin<sup>3</sup>, SUI Qi-jun<sup>2</sup>, JIANG Bo<sup>2</sup>

(1. Agronomy College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China;

2. Hulunbeier Agricultural Science Institute, Zhilantun 021100, China; 3. Wulanchabu Agricultural Science Institute, Jining 012000, China)

**ABSTRACT:** The change of dry matter accumulation was investigated under dry farming optimum cultivation in the Hulunbeier and Wulanchabu of Inner Mongolia. The change of dry matter accumulation of potato per plant was a logistic curve. Dry matter accumulation rate was a conic curve with its peak occurring at the tuber bulking stage, and the percentage of dry matter accumulation was higher from late tuber bulking stage to starch accumulation stage. During the process of growth, the center of dry matter accumulation was in order leaves, above ground stems, and tuber. In both locations, physiological indexes under optimization cultivation were better than control, and the yield difference was at significant or highly significant level.

**KEY WORDS:** potato; dry farming system; dry matter

## 2 材料与方 法

### 2.1 试验地点

试验于 1997~1999 年分别在呼盟农业科学研究所(扎兰屯, 黑钙土, 耕层 0~20 cm, 土壤有机质含量 4.68%, 碱解氮 211.0 mg/kg 土, 速效磷 22.2 mg/kg 土, 速效钾 129.1 mg/kg 土, pH 6.16)、乌盟农业科学研究所(集宁, 沙壤土, 耕层 0~20 cm, 土壤有机质含量 2.15%, 全氮 0.097%, 碱解氮 82.74 mg/kg 土, 速效磷 34.64 mg/kg 土, 速效钾 87.92 mg/kg 土, pH 7.6) 进行。

### 2.2 供试品种

供试品种为: 克新 1 号、紫花白、内薯 7 号、金冠、底西芮。

### 2.3 试验设计

建模试验采用“416-A 设计之 X 表”<sup>[4]</sup>。选

取施磷量 ( $X_1$ )、施钾量 ( $X_2$ )、施氮量 ( $X_3$ )、密度 ( $X_4$ ) 4 项农艺措施为决策变量, 因素编码水平及结构矩阵见表 1、表 2。共 16 个处理, 随机排列, 重复两次。模型验证试验设马铃薯优化栽培综合农艺措施组合方案、一般生产田 (CK1) 和不施肥 (CK2) 三个处理, 重复三次 (表 3)。每小区 15 行, 行距 50 cm, 小区面积 37.5 m<sup>2</sup>, 氮、磷、钾肥在播种时一次性侧深施, 其它管理与大田相同。

### 2.4 测产方法

每小区除去两侧各二个边行及两地头各 1 m, 按小区实测产量。通过田间测产结果分别建立施磷量 ( $X_1$ )、施钾量 ( $X_2$ )、施氮量 ( $X_3$ )、密度 ( $X_4$ ) 4 项农艺措施与经济产量的四因素二次回归模型。

表 1 四因素五水平编码及实际值 (kg/667m<sup>2</sup>, 株/667m<sup>2</sup>)

地区	施磷肥量 (纯 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , X <sub>1</sub> )		施钾肥量 (纯 K <sub>2</sub> O, X <sub>2</sub> )		施氮肥量 (纯 N, X <sub>3</sub> )		密度 (X <sub>4</sub> )	
	编码值	实际值	编码值	实际值	编码值	实际值	编码值	实际值
乌盟	1.685	14	1.685	20	1.685	10	1.784	6500
	1	11.154	1	15.935	1	7.967	0.644	5109
	0	7	0	10	0	5	-0.908	3215
	-1	2.846	-1	4.065	-1	2.033	-1.494	2500
	-1.685	0	-1.685	0	-1.685	0		
呼盟	1.685	20	1.685	30	1.685	12	1.784	6500
	1	15.935	1	23.902	1	9.561	0.644	5109
	0	10	0	15	0	6	-0.908	3215
	-1	4.065	-1	6.098	-1	2.439	-1.494	2500
	-1.685	0	-1.685	0	-1.685	0		

表 2 试验设计结构矩阵与产量 (kg/667m<sup>2</sup>)

区号	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	乌盟	呼盟	区号	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	乌盟	呼盟
1	0	0	0	1.784	1100	2890	9	-1	1	1	0.644	1494	3569
2	0	0	0	-1.494	1450	2900	10	1	1	1	0.644	1386	3108
3	-1	-1	-1	0.644	1644	2209	11	1.685	0	0	-0.908	1498	2552
4	1	-1	-1	0.644	1512	2729	12	-1.685	0	0	-0.98	1516	3045
5	-1	1	-1	0.644	1347	2204	13	0	1.685	0	-0.908	1530	2925
6	1	1	-1	0.644	1714	2742	14	0	-1.685	0	-0.908	1617	2898
7	-1	-1	1	0.644	1184	3030	15	0	0	1.685	-0.908	1575	3311
8	1	-1	1	0.644	1355	2950	16	0	0	-1.685	-0.908	1272	2176

注: 乌盟, 1997~1998 年, 紫花白; 呼盟, 1997~1998 年, 克新 1 号。

表3 马铃薯高产优化栽培验证试验方案 (1999年)

地区	处理	目标产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	施磷肥量(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , X <sub>1</sub> ) (kg/667m <sup>2</sup> )	施钾肥量(K <sub>2</sub> O, X <sub>2</sub> ) (kg/667m <sup>2</sup> )	施氮肥量(纯 N, X <sub>3</sub> ) (kg/667m <sup>2</sup> )	密度(X <sub>4</sub> ) (株/667m <sup>2</sup> )
呼盟	优化	≥2500	10	8.56	6	4291
	CK1		3.22	0	3.68	4291
	CK2		0	0	0	4291
乌盟	优化	≥1500	7.82	10.14	4.94	4000
	CK1		1.84	0	4.5	4000
	CK2		0	0	0	4000

注: 乌盟: 紫花白, 底西芮, 金冠; 呼盟: 克新1号, 内薯7号。

### 3 结果与分析

#### 3.1 建立模型

对2年的田间试验产量结果(表2), 运用计算机进行统计处理分析, 以主要农艺措施为决策变量, 产量为目标函数, 建立起马铃薯不同地区主要农艺措施与产量的数学模型。

以施磷量(X<sub>1</sub>)、施钾量(X<sub>2</sub>)、施氮量(X<sub>3</sub>)、密度(X<sub>4</sub>)4项农艺措施为决策变量, 以产量为目标函数, 建立数学模型如下:

呼盟地区:

$$Y = 2928.058 - 22.822X_1 + 54.98X_2 + 342.532X_3 - 45.304X_1X_2 - 199.782X_1X_3 + 135.915X_1X_4 + 86.101X_2X_3 + 51.704X_2X_4 + 6.52X_3X_4 - 41.983X_1^2 - 2.097X_2^2 - 61.42X_3^2 - 12.189X_4^2$$

$$F = 27.39 > F_{0.05(13,2)} = 19.42$$

乌盟地区:

$$Y = 1681.443 + 19.597X_1 + 7.317X_2 - 20.957X_3 - 64.311X_4 - 39.703X_1X_2 - 16.217X_1X_3 - 68.793X_1X_4 - 146.582X_2X_3 + 27.644X_2X_4 - 21.469X_3X_4 + 27.286X_1^2 + 54.544X_2^2 + 36.513X_3^2 - 122.32X_4^2$$

$$F = 3.24 > F_{0.05(14,1)} = 2.45$$

F检验结果表明, 二次方程与实际情况拟合均较好, 失拟性检验未达到显著水平, 模型是有效的, 可以直接用回归模型进行优化分析。

#### 3.2 模型优化解析

为了寻求现实可行的优化农艺措施, 运用产量决策频数分析法, 求得我区马铃薯不同主产区实现目标产量农艺措施优化组合, 在此基础上, 求得5%置信限范围内的方案(表4)。

由表4可看出, 呼盟与乌盟虽均属于旱作区, 但两地生态和土壤条件差异较大。因为马铃薯在不同的生态环境和土壤条件下的生长发育不同, 实现目标产量所需氮、磷、钾和密度均有很大差异。

表4 马铃薯不同产区目标产量的农艺措施优化组合 (kg/667m<sup>2</sup>)

地区	目标产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	优化农艺措施					主栽品种
		施磷量 (纯 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	施钾量 (纯 K <sub>2</sub> O)	种肥氮量 (纯 N)	密度 (穴/667m <sup>2</sup> )	追施氮量 (纯 N)	
呼盟	2500	9.99~11.26	13.58~15.54	7.17~7.84	3950~4200		克新1号、内薯7号
乌盟	2000	7.19~8.44	9.14~10.80	4.49~5.40	3664~3901		紫花白、底西瑞、金冠

#### 3.3 模型验证

为验证不同地区马铃薯综合农艺措施与产量关系模型的真实性和可行性, 通过模型优化分析, 提出了不同地区, 不同产量水平的优化方案, 1999

年以一般生产田(CK1)和不施肥(CK2)处理做对照, 进行生产验证, 验证结果(表5)。

由表5可见, 虽然本年度气温高、干旱严重, 旱作区均有不同程度减产。但各品种产量基本上达

到了目标产量, 说明本试验所获取马铃薯不同地区高产优化栽培模型是可靠而正确的。即按照研究所

得马铃薯高产优化栽培数学模型指导我区两旱作地区马铃薯生产, 实现目标产量是可行的。

表 5 马铃薯不同品种优化栽培模型验证试验产量结果 (1999 年) (kg/667m<sup>2</sup>)

验证地区	供试品种	目标产量	实测产量			比 CK 的增产率 (%)	
			优化	CK1	CK2	CK1	CK2
呼盟	克新 1 号	2500	2564.71	2437.04	1945.94	5.2	31.8
	内薯 7 号	2500	2503.33	2236.11	2039.72	12	22.7
乌盟	底西芮	2000	2119.69	2014.77	1725.79	5.2	22.8
	紫花白	2000	2022.1	1590.75	1356.03	27.1	49.1
	金冠	2000	2002.85	1507.77	1305.95	32.8	53.4

#### 4 结论与讨论

a. 通过田间试验, 运用计算机技术, 建立目标产量的优化农艺措施数学模型, 并提供相应的高产优化栽培方案, 对指导相应地区马铃薯生产实现高产高效集约化栽培具有重要的理论意义和应用价值。

b. 在本试验条件下, 呼盟主产区实现旱作马铃薯单产 2500 kg/667m<sup>2</sup> 优化栽培综合农艺措施为施氮量 7.17~7.84 kg/667m<sup>2</sup>、施磷量 9.99~11.26 kg/667m<sup>2</sup>、施钾量 13.58~15.54 kg/667m<sup>2</sup>、密度 3950~4200 株/667m<sup>2</sup>; 乌盟主产区实现旱作马铃薯单产 2000 kg/667m<sup>2</sup> 优化栽培综合农艺措施为施氮量 4.49~5.40 kg/667m<sup>2</sup>、施磷量

7.19~8.44 kg/667m<sup>2</sup>、施钾量 9.14~10.80 kg/667m<sup>2</sup>、密度 3664~3901 株/667m<sup>2</sup>。

c. 验证试验表明, 实收产量与理论模型拟合性好, 与对照比增产 5.2%~32.8%, 说明模型是可靠和正确的, 具有实践应用价值。

#### 参 考 文 献

[1] 董清山. 牡丹江山区半山区脱毒马铃薯综合农艺措施数学模型及优化方案研究 [J]. 马铃薯杂志, 1995, 9 (3): 148-151.

[2] 谢智明, 姚裕琪. 内薯 3 号马铃薯综合农艺措施产量函数模型分析 [J]. 马铃薯杂志, 1991, 5 (1): 11-17.

[3] 程俊珊, 桑得福. 高寒阴湿地区渭薯 1 号综合农艺措施的初步研究 [J]. 甘肃农业科技, 1994, (9): 14-16.

[4] 徐中儒. 农业试验最优回归设计 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1988, 216-271.

### MODEL ON RELATIONSHIP BETWEEN COMPREHENSIVE AGRONOMIC MEASURES AND YIELD OF POTATO UNDER DRY FARMING

LIU Ke-li<sup>1</sup>, GAO Ju-lin<sup>1</sup>, SHENG Jin-hua<sup>1</sup>, REN Ke<sup>2</sup>, WEN Xi-jin<sup>3</sup>, SUI Qi-jun<sup>2</sup>, JIANG Bo<sup>2</sup>

(1. Agronomy College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China;

2. Hulunbeier Agricultural Science Institute, Zhalantun 021100, China;

3. Wulanchabu Agricultural Science Institute, Jining 012000, China)

**ABSTRACT:** By applying “416-A” method, mathematical model on high yield and optimization cultivation under dry farming condition was established in Hulunbeier and Wulanchabu of Inner Mongolia. The goal of decision-making model was yield. Then, quantity indexes of comprehensive agronomic measures of potato were brought out in the different places of Inner Mongolia.

**KEY WORDS:** potato; optimum cultivation; mathematical model