

研究简报

氮磷钾肥配施对马铃薯增产增收的效果

刘效瑞 伍克俊 刘荣清 荆彦民 蒲育林 苟永平

(甘肃省定西地区旱农科研推广中心 743000)

马铃薯是高寒阴湿区的主要粮食作物之一, 据历年统计资料表明, 播种面积为粮播面积的 20% 以上, 产量居粮食作物之首。马铃薯栽培水平的高低, 直接影响着该区的粮食生产和人民的物质生活, 因此, 研究马铃薯的高产高效栽培技术对该区的农业生产及科技进步有着重要意义。我们根据系统工程学的原理和方法, 研究马铃薯栽培中的最佳农艺措施组合, 建立回归数学方程, 通过对方程的解析及寻优, 求得高效组合方案, 为实现马铃薯生产中的高产、高效、优质之目的提供科学的依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计及实施

该项研究的田间试验设置在渭源县会川镇上集、新城等地。试验区海拔 2 300m, 年降水 583mm, 年平均气温 5℃, 平均日照 6.63 小时/天。土壤属耕种黑麻土, 质地中壤, 土壤肥力基本均匀, 前作均为春小麦, 0~20cm 耕层的有机质含量平均为 31.80g/kg, 全氮(N)2.44g/kg, 水解氮(N) 214mg/kg, 全磷(P)1.22g/kg, 速效磷 (P_2O_5) 18mg/kg, 速效钾 (K) 124mg/kg, pH 值 7.7。

试验采用二次回归通用旋转组合设计,

在影响马铃薯栽培的诸因素中, 选择与马铃薯产量关系较为密切的施 N (x_1)、 $P_2O_5(x_2)$ 、 $K_2O(x_3)$ 量三项农艺措施为决策变量, 设计水平及编码列于表 1。以鲜薯产量 (y_a , kg/亩)、纯收益 (y_b , 元/亩)、单株块茎数 (y_c , 个), 单株块茎重 (y_d , g)、商品率 (y_e , %)、淀粉含量 (y_f , %) 6 项指标为目标函数。

表 1 变量设计水平及编码(kg/亩)

编码值	N(x_1)	$P_2O_5(x_2)$	$K_2O(x_3)$
1.682	10	12.5	10
1	7.973	9.966	7.973
0	5	6.25	5
-1	2.027	2.534	2.027
-1.682	0	0	0
变化间距	2.973	3.716	2.973

试验设 24 个小区, 其中 4 个小区为对照区 (密度每亩 4000 株, 均不施任何肥料), 以此为评价投资效益的基数。小区面积 $21m^2(3 \times 7m)$, 行距 50cm, 每小区播 6 行, 株距视设计要求确定。收获时小区两边各去一行, 两端各除 3 株, 以实际收获面积计产。马铃薯指示品种为渭薯 1 号。除测定因素外, 其它栽培管理措施按当地习惯进行。

供试氮肥用硝铵 (含 N34%), 磷肥用普通过磷酸钙 (含 P_2O_5 12%), 钾肥用硫酸钾 (含 K_2O 54%)。化肥按设计标准分行称

量, 一次性集中施于种沟, 覆土 5cm 左右, 然后点籽覆土耙平。

本试验选择的回归数学模型:

1.2 试验结果统计及回归数学模型的确定

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{j=1}^3 b_j x_j + \sum_{i < j} b_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^3 b_{ij} x_j^2$$

试验小区的目标函数结果整理于表 2,

表 2 试验结构矩阵及目标函数结果

处理号	结构矩阵			目标函数					
	x_1	x_2	x_3	y_a	y_b	y_c	y_d	y_e	y_f
1	1	1	1	3276.6	211.25	4.4	758	92.3	17.3
2	1	1	-1	2323.8	35.63	3.3	526	93.0	16.0
3	1	-1	1	2952.4	165.96	4.3	882	92.5	19.4
4	1	-1	-1	3085.7	207.48	4.2	910	93.7	16.4
5	-1	1	1	2381.0	46.77	3.5	693	95.1	16.9
6	-1	1	-1	2457.1	76.85	3.7	714	95.1	18.2
7	-1	-1	1	2027.1	1.46	3.5	600	94.7	16.6
8	-1	-1	-1	2419.0	88.70	3.7	704	94.9	17.1
9	1.682	0	0	3542.9	276.78	4.5	1045	93.7	19.2
10	-1.682	0	0	2190.5	30.80	3.0	632	95.7	17.7
11	0	1.682	0	2914.3	146.69	3.7	831	96.9	18.7
12	0	-1.682	0	2381.0	73.28	3.8	699	94.1	17.2
13	0	0	1.682	3047.6	177.47	3.7	886	95.0	19.3
14	0	0	-1.682	2666.7	126.29	4.1	791	93.2	15.4
15	0	0	0	2476.2	75.69	4.1	750	91.2	19.0
16	0	0	0	2761.9	132.83	3.6	816	93.5	18.8
17	0	0	0	3028.6	186.17	3.8	881	95.0	20.5
18	0	0	0	2685.7	117.59	3.7	787	94.3	19.0
19	0	0	0	2381.0	56.65	3.9	725	90.8	18.8
20	0	0	0	2266.7	33.79	3.8	696	89.9	20.5
附区平均				1892.1	0	3.9	437	94.8	17.1

* N 2.45 元/kg, P₂O₅ 2.62 元/kg, K₂O 2.5 元/kg, 马铃薯 0.20 元/kg.

回归方程显著性检验用 F 法, 偏回归系数显著性检验用 t 法。通过计算机运算, 得一组三元二次回归方程: $\hat{y} = f_n(x_i)$, 其

中 $-1.682 < x_i < 1.682$ ($i=1, 2, 3; n=a, b, c, d, e, f$)。其回归系数矩阵列于表 3。

表 3 氮磷钾配施对马铃薯的效应

回归系数	y_a	y_b	y_c	y_d	y_e	y_f
b_0	2605.27**	101.6**	3.81**	778.31**	74.2**	26.27**
b_1	336.69**	60.06**	0.32**	77.58*	-1.04	0.15
b_2	60.10	2.22	-0.07	-13.40	0.47	0.44*
b_3	74.81	7.53	0.01	17.48	0.10	1.05**
b_{12}	-100.01	-20.00	-0.1	-76.36	-0.225	-0.36
b_{13}	157.14	31.43	0.2*	41.13	-0.2325	0.58*
b_{23}	171.44	34.29	0.13	42.88	0.105	-0.23
b_{11}	56.00	11.15	-0.018	2.75	0.65	-1.03**
b_{22}	-21.47	-4.34	-0.018	-23.24	1.06	0.71**
b_{33}	52.62	10.48	0.035	2.75	0.38	0.04
F ₁ (失拟性检验值)	0.853	0.855	3.115	3.524	0.471	34.69**
F ₂ (回归方程检验值)	3.488*	2.839	3.631*	1.886	1.171	0.823
F ₃ (补充检验值)	3.233	2.833	7.472**	4.268	0.862	14.693**
标准误	269.44	53.91	0.25	100.73	1.969	5.971

** 为 $\alpha=0.01$ 极显著水平, * $\alpha=0.05$ 显著水平

表 3 表明, 各目标函数的回归方程均无失拟因素存在, 其中鲜薯产量和单株块茎数回归方程达显著水准, 说明所建立的鲜薯产量及单株块茎数回归方程可以反映相应目标函数与决策变量间的相互关系; 利用该组方程可以进行目标函数预报, 其余方程可用于有关分析的参考。

2 结果与分析

2.1 模型的解析

依据已求得的模型, 可帮助我们明确诸因素贡献大小。因在设计时已经过无量纲线

性编码代换, 偏回归系数已标准化, 因此从回归系数绝对值的大小可直接判断出因子的重要程度, 其符号指出了作用方向。

2.1.1 鲜薯产量模型的解析

单因子的主效应是指在其它因子取零水平时该因子的作用程度。用函数变幅法求得各因子在不同自变量水平下的产量效应, 可分为高中低三种情况, 其结果列于表 4。由表 4 看出, 对鲜薯产量的影响大小顺序在下限水平是: $x_1 > x_3 > x_2$; 零水平是 $x_1 > x_3 > x_2$; 上限水平是 $x_3 > x_1 > x_2$ 。从结果分析可知, 随着 N、P 水平的提高, K 的作用不断增强, 增产作用依次增大。

表 4 不同水平下主效因子的效应位次

变 量	x_1 (N)	x_2 (P_2O_5)	x_3 (K_2O)	因 子 位 次
-1.682	340.22	83.9	664.46	$x_3 > x_1 > x_2$
-1	393.13	31.19	357.26	$x_1 > x_3 > x_2$
0	471.12	83.95	118.17	$x_1 > x_3 > x_2$
1	549.42	183.99	562.03	$x_3 > x_1 > x_2$
1.682	602.93	250.87	870.71	$x_3 > x_1 > x_2$
平均变幅(S)	471.36	126.78	514.52	$x_3 > x_1 > x_2$

2.1.2 淀粉含量模型的解析

淀粉含量是反映马铃薯品质的主要指标之一。虽然在很大程度上受到品种遗传特性的限制, 但本研究表明, 某些农艺措施对其影响也是不容忽视的。据淀粉含量回归方程, 用函数变幅法求得各因子在不同自变量水平下的淀粉含量效应列于表 5。由表 5 看

出, 在下限水平是 $x_2 > x_1 > x_3$ 时, 零水平是 $x_3 > x_1 > x_2$, 上限水平是 $x_3 > x_1 > x_2$, 即随着 N、P 量的提高, K 对淀粉含量 (品质) 的影响显得更加重要; 随着施 N 量的增加, 淀粉含量呈下降趋势。因此, 从提高品质角度出发, 生产上对 N 肥施用应持科学态度。

表 5 不同水平下主效因子对淀粉量效应位次

变 量	x_1 (N)	x_2 (P_2O_5)	x_3 (K_2O)	因 子 位 次
-1.682	1.35	2.08	0.64	$x_2 > x_1 > x_3$
-1	1.32	1.62	0.97	$x_2 > x_1 > x_3$
0	1.34	1.07	1.45	$x_3 > x_1 > x_2$
1	1.41	0.93	1.94	$x_3 > x_1 > x_2$
1.682	1.48	1.16	2.27	$x_3 > x_1 > x_2$
平均变幅(s_i)	1.38	1.37	1.45	$x_3 > x_1 > x_2$

2.1.3 产量构成因素模型的解析

构成马铃薯产量的诸多因素之间往往是相互制约和相互依赖的。只有在明确了各因子与产量构成因素关系的基础上, 才能使它们之间协调发展, 获得较理想的结构。从表3看出, 单株块茎数与N之间表现为正效应, N、K之间表现为正的互作效应; 单株块茎重与N、K之间表现为正的互作效应。合理施用N肥, 增施钾肥, 块茎数、块茎重、商品率等方能趋于优化。

2.2 农艺方案寻优

表6 亩产>2500kg, 亩纯收益>100元, 淀粉含量>17.9%的主效因子分布频率

变 量	$x_1(N)$		$x_2(P_2O_5)$		$x_3(K_2O)$	
	次 数	频 率	次 数	频 率	次 数	频 率
-1.682	1	0.043	6	0.261	3	0.130
-1	2	0.087	5	0.217	4	0.174
0	11	0.478	6	0.261	8	0.348
1	9	0.391	6	0.261	8	0.348
1.682	0	0	0	0	0	0
合 计	23	1	23	1	23	1
平均编码	0.217		-0.478		-0.087	
标 准 误	0.1541		0.2154		0.1967	
95%置信区间	-0.085~0.519		-0.9~-0.0558		-0.472~0.2985	
农艺组合	4.75~6.54(kg/亩)		2.91~6.04(kg/亩)		3.6~5.89(kg/亩)	
措施中心值	5.65(kg/亩)		4.48(kg/亩)		4.75(kg/亩)	

由表6看出, 鲜薯产量>2500kg/亩, 纯收益>100元, 淀粉含量>17.9%的主效因子最佳水平是: 亩施 N 4.75~6.54 kg, P_2O_5 2.91~6.0kg, K_2O 3.6~5.89kg, 措施中心组合值是: 亩施 N 5.65kg, P_2O_4 4.48kg, K_2O 4.75kg。

3 讨 论

在应用一次通用旋转组合设计开展的高产马铃薯高效优质栽培模式研究中, 应用计

农艺方案的优化, 应表现为整体的最优, 而不能简单地把各因素的最佳水平的综合作为指导生产的最优组合。优选组合必须是各因子间的合理互补。

根据所建立的回归数学模型, 在-1.682 < x_i < 1.682 区间内, 以鲜薯产量高于2500kg/亩, 纯收益高于100元/亩, 淀粉含量高于17.9%为约束条件, 取各变量的步长为1, 应用计算机模拟寻优, 得23套优化方案, 其主效因子的分布频率如表6。

计算机模拟求得的数学模型, 比较真实地反映了高寒阴湿区马铃薯栽培中几个主要增产因素的内在联系, 为马铃薯施肥技术提供了极为重要的科学依据, 同类地区亦可用来确定投资水平及预测产量和纯收益, 指导马铃薯的生产实践。

甘肃中部土壤被认为富含钾素, 钾在其它作物上的增产效果较小或不增产。但在马铃薯试验中取得了明显的效果。为今后马铃薯的高效栽培开辟了新的途径。