

# 高寒阴湿区陇薯6号脱毒原种肥密配套模式研究

黄伟<sup>1</sup>, 齐恩芳<sup>1</sup>, 贾小霞<sup>1</sup>, 谢奎忠<sup>1</sup>, 杨棧<sup>2</sup>

(1. 甘肃省农业科学院马铃薯研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州城市学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为探讨高寒阴湿区栽培陇薯6号脱毒原种的最佳氮磷肥用量及密度, 为推广和应用该品种提供理论依据。利用二次通用旋转组合试验设计, 构建了氮肥( $X_1$ )、磷肥( $X_2$ )和栽培密度( $X_3$ )三因素与陇薯6号脱毒原种产量( $Y$ )之间的回归模型:  $Y=38.139+2.519X_1-3.662X_1^2-1.719X_2^2-1.719X_3^2$ 。对模型解析寻优的结果表明, 高寒阴湿区陇薯6号脱毒原种块茎产量大于33 t/hm<sup>2</sup>的最优栽培方案为: 施N 168.22~204.87 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 104.98~165.02 kg/hm<sup>2</sup>, 密度为47 497~57 503 株/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 高寒阴湿区; 陇薯6号; 脱毒原种; 施肥; 栽培密度; 配套模式

**中图分类号:** S532; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2023)08-0758-05

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.08.015

## Study on the Complementary Mode of Fertilizers and Cultivation Density for Longshu 6 Original Seed in Alpine Humid Region

HUANG Wei<sup>1</sup>, QI Enfang<sup>1</sup>, JIA Xiaoxia<sup>1</sup>, XIE Kuizhong<sup>1</sup>, YANG Yan<sup>2</sup>

(1. Potato Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China;

2. Lanzhou City College, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** In order to explore the optimal rate of nitrogen and phosphorus fertilizers and density for the cultivation of Longshu 6 virus-free original seed in alpine humid region, a regression model was constructed using a quadratic universal rotation combination experimental design to investigate the relationship between nitrogen fertilizer ( $X_1$ ), phosphorus fertilizer ( $X_2$ ), and cultivation density ( $X_3$ ) and the yield ( $Y$ ) of Longshu 6 virus-free original seed. A mathematic model,  $Y=38.139+2.519X_1-3.662X_1^2-1.719X_2^2-1.719X_3^2$  was obtained, result of the model optimization showed that cultivation mode for yield of Longshu 6 to be more than 33 t/ha in alpine humid region was pure N at 168.22 to 204.87 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> at 104.98 to 165.02 kg/ha and density at 47 497 to 57 503 plant/ha.

**Key words:** Alpine humid region; Longshu 6; Virus-free original seed; Fertilization; Cultivation density; Complementary mode

甘肃省是全国马铃薯脱毒种薯繁育主要基地, 其产量既受品种特性控制, 也受栽培条件的影响<sup>[1-2]</sup>, 其中栽培环境、密度和施肥量是影响种薯产量的主要栽培因子<sup>[3-9]</sup>。陇薯6号是甘肃省农业科学院马铃薯研究所选育的淀粉及全粉加工型马铃薯新品种, 高抗晚疫病, 较抗花叶、卷叶病毒病, 增产潜力大。目前在甘肃省高寒阴湿区繁育陇薯6号脱毒原种的主要栽培因素还不明确, 为探索该区域种植陇薯6号脱毒原种影响产量的

肥料施用量及适宜的栽培密度, 制定其配套高效栽培模式, 为推广和应用该品种提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验区概况

试验于2022年设在渭源县会川镇杨斜坡村(北纬35°2'54"、东经104°3'36")进行, 该区域海拔2 387 m, 属温带季风气候南温带半湿润区, 年平均气温5.3℃, 年降水量约500 mm, 无霜期年平均140 d。试验地为台地, 土壤类型为黑

收稿日期: 2023-07-12

基金项目: 国家自然科学基金(32260480); 甘肃省农业科学院重点研发计划(2022GAAS36、2023GAAS20)。

作者简介: 黄伟(1978—), 男, 甘肃秦安人, 助理研究员, 主要从事马铃薯种质资源与遗传育种研究工作。Email: 87921692@qq.com。

通信作者: 谢奎忠(1979—), 男, 甘肃甘谷人, 研究员, 博士, 主要从事马铃薯生理生态与栽培技术研究工作。Email: xiekz@yahoo.com.cn。

麻土属。耕层(20 cm)土壤含有机质 49.59 g/kg、碱解氮 182.00 mg/kg、有效磷 28.99 mg/kg、速效钾 110.0 mg/kg、全氮 2.42 g/kg、全磷 0.51 g/kg、全钾 20.15 g/kg, pH 7.70。

### 1.2 供试品种

供试马铃薯品种为陇薯6号脱毒原种,由甘肃省农业科学院马铃薯研究所提供。该品种为中晚熟鲜食品种,田间表现抗退化能力强,抗晚疫病。

### 1.3 试验方法

采用三因子二次通用旋转组合试验设计。三因素分别为:氮肥用量( $X_1$ )、磷肥用量( $X_2$ )、栽培密度( $X_3$ )。试验因子水平编码见表1。试验共设20个处理组合,随机区组排列,3次重复,小区面积20 m<sup>2</sup>。播种前结合整地一次性施入充分腐熟的羊粪30 000 kg/hm<sup>2</sup>,根据试验设计施入N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>作为基肥,整个生育期不追肥。播种日期为4月27日。田间管理同当地常规大田。

### 1.4 测定项目

1.4.1 土壤养分测定 播种前施入底肥后,试验

地0~20 cm耕作层混合底肥土样取样,检测土壤各养分含量指标。

1.4.2 收获计产 马铃薯成熟后分小区收获计产。

### 1.5 数据处理

采用DPS 15.0软件进行试验设计和数据统计分析,用Microsoft Excel 365软件完成数据整理和图表绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 回归方程的建立

按照三元二次通用旋转试验设计原理,采用试验各处理考种后块茎产量的平均值(表1),通过DPS软件构建了块茎产量( $Y$ )与三因素氮肥( $X_1$ )、磷肥( $X_2$ )和栽培密度( $X_3$ )之间的回归方程:

$$Y=38.139+2.519X_1+0.125X_2+0.236X_3-3.662X_1^2-1.719X_2^2-1.719X_3^2-0.297X_1X_2+0.702X_1X_3-1.733X_2X_3$$

### 2.2 回归方程的显著性检验

为了验证模型方程的有效性,进行显著性 $F$ 检验,方差分析结果见表2。对失拟性进行检验显示, $F_1$ 不显著( $F_1=0.633 < F_{0.05}=0.67986$ ),说明本试验模型适合,回归方程拟合很好。对回归方程检

表1 不同处理水平及其产量结果

处理代号	因素代号及水平			氮磷肥用量和密度			块茎产量 (t/hm <sup>2</sup> )
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	N (kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/hm <sup>2</sup> )	密度 (株/hm <sup>2</sup> )	
1	1	1	1	239.25	215.25	65 880	31.349
2	1	1	-1	239.25	215.25	39 120	32.973
3	1	-1	1	239.25	54.75	65 880	34.721
4	1	-1	-1	239.25	54.75	39 120	29.725
5	-1	1	1	60.90	215.25	65 880	27.977
6	-1	1	-1	60.90	215.25	39 120	32.723
7	-1	-1	1	60.90	54.75	65 880	30.475
8	-1	-1	-1	60.90	54.75	39 120	27.977
9	-1.681 8	0	0	0	135.00	52 500	20.483
10	1.681 8	0	0	300.00	135.00	52 500	35.221
11	0	-1.681 8	0	150.00	0	52 500	33.472
12	0	1.681 8	0	150.00	270.00	52 500	33.222
13	0	0	-1.681 8	150.00	135.00	30 000	32.723
14	0	0	1.681 8	150.00	135.00	75 000	33.972
15	0	0	0	150.00	135.00	52 500	31.724
16	0	0	0	150.00	135.00	52 500	39.467
17	0	0	0	150.00	135.00	52 500	37.719
18	0	0	0	150.00	135.00	52 500	39.467
19	0	0	0	150.00	135.00	52 500	39.717
20	0	0	0	150.00	135.00	52 500	40.716

表 2 模型方程的 F 检验结果

变异来源	平方和	自由度	均方	比值 F	显著水平
回归	358.584 2	9	39.842 7	$F_2=4.520$	0.016 49
剩余	88.145 5	10	8.814 6		
失拟	34.158 8	5	6.831 8	$F_1=0.633$	0.679 86
误差	53.986 7	5	10.797 3		
总和	446.729 8	19			

验显示,  $F_2$  显著( $F_2=4.520 > F_{0.05}=0.016 49$ ), 说明此方程有效, 能反映产量与三因素间的关系, 可以对回归方程做进一步优化分析。经  $\alpha=0.10$  显著水平检验简化回归方程为:

$$Y=38.139+2.519X_1-3.662X_1^2-1.719X_2^2-1.719X_3^2$$

### 2.3 回归方程的解析

2.3.1 单因素效应分析 将回归方程其他 2 个变量降维处理为 0 水平时, 可知其中 1 个单因素与产量的一元偏回归方程。

氮肥与产量:  $Y=38.139+2.519X_1-3.662X_1^2$

磷肥与产量:  $Y=38.139-1.719X_2^2$

密度与产量:  $Y=38.139-1.719X_3^2$

由图 1 可以看出, 在当磷肥和栽培密度 2 个因子的水平在  $-1.682 \sim 0$  范围变化时, 马铃薯块茎产量逐渐升高; 在  $0 \sim 1.682$  水平下, 块茎产量呈下降趋势。当施氮量水平在  $-1.682 \sim 0.5$  水平变化时, 马铃薯块茎产量为增加趋势; 在  $0.5 \sim 1.682$  水平变化时, 马铃薯块茎产量为下降趋势。

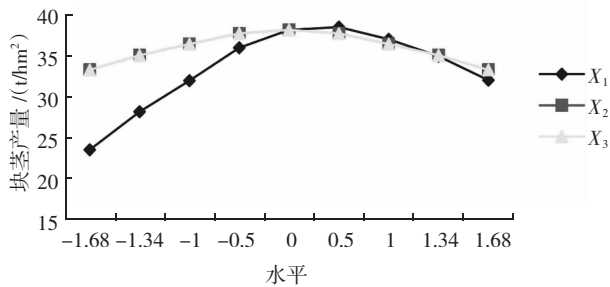


图 1 氮肥( $X_1$ )、磷肥( $X_2$ )、栽培密度( $X_3$ )与陇薯 6 号原种产量的效应曲线

2.3.2 2 个因素的互作效应 双因素具有互作效应。将任意 1 个因子降维至 0 水平, 可得产量( $Y$ )与另 2 个因子间的交互作用。

氮肥与磷肥间的互作效应: 设置栽培密度( $X_3$ )为 0 时, 获得产量( $Y$ )关于氮肥( $X_1$ )与磷肥( $X_2$ )互作效应的回归模型方程为  $Y=38.139+2.519X_1-3.662X_1^2-1.719X_2^2$ 。

氮肥和磷肥对产量的互作效应值 (图 2) 表明, 当因子水平在  $-1.68 \leq X \leq 1.68$  范围时, 马铃薯块茎产量随氮肥和磷肥施用量的增加而增加, 氮肥为 0 水平, 磷肥为 0.5 水平时马铃薯块茎产量最高; 之后氮肥和磷肥施用量的增加则对马铃薯块茎产量产生负效应。说明充足的氮磷肥能提高产量, 但过量则会影响产量提升, 在陇薯 6 号脱毒原种栽培中应注重合理施用。

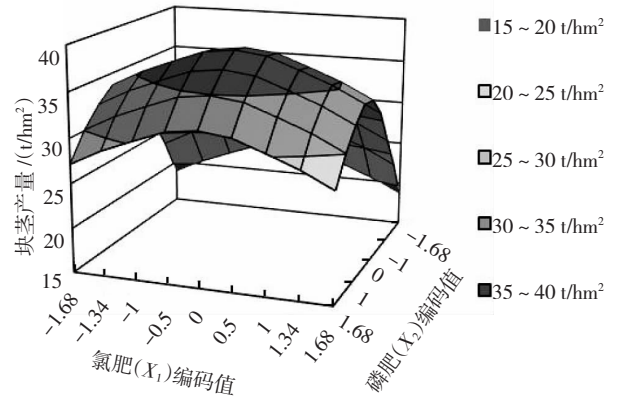


图 2 氮肥( $X_1$ )与磷肥( $X_2$ )的互作效应对马铃薯块茎产量的影响

氮肥施用量和栽培密度间的互作效应: 将磷肥( $X_2$ )固定在 0 水平时, 构建的产量( $Y$ )关于氮肥( $X_1$ )与栽培密度( $X_3$ )两个因素相互作用的方程为  $Y=38.139+2.519X_1-3.662X_1^2-1.719X_3^2$ 。

氮肥和栽培密度对产量的互作效应值 (图 3) 表明, 当因子水平在  $-1.68 \leq X \leq 1.68$  范围时, 马铃薯块茎产量随氮肥用量和栽培密度的增加而增加, 氮肥用量为 0 水平、栽培密度为 0.5 水平时马铃薯块茎产量最高; 之后氮肥用量和栽培密度的

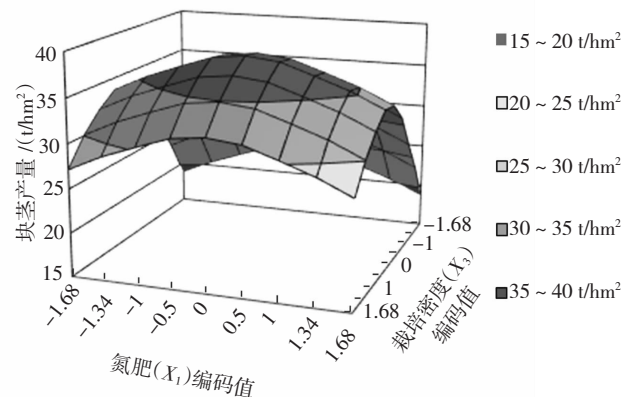


图 3 氮肥( $X_1$ )与栽培密度( $X_3$ )的互作效应对马铃薯块茎产量的影响

增加会对马铃薯块茎产量产生负效应。说明在氮肥施入不足的情况下,栽培密度增加会抑制群体光合作用,从而造成减产;但栽培密度较高时,有效增施氮肥则会提高产量。在高寒阴湿区栽培陇薯6号脱毒原种,应考虑氮肥与栽培密度的互作效应对产量的影响。

磷肥与栽培密度的互作效应:将氮肥( $X_1$ )固定在0水平时,可得产量( $Y$ )关于磷肥( $X_2$ )与栽培密度( $X_3$ )的互作效应回归模型方程为  $Y=38.139-1.719X_2^2-1.719X_3^2$ 。

磷肥和栽培密度对产量的互作效应值(图4)表明,当因子水平在  $-1.68 \leq X \leq 1.68$  范围时,马铃薯块茎产量随磷用量和栽培密度的增加而增加,双因子都为0水平时马铃薯块茎产量最高,之后产量随磷肥用量和栽培密度增加而降低。说明磷肥施入量较少时,栽培密度的增加会限制根系生长发育,从而造成马铃薯块茎产量的降低。在当磷肥水平足够的情况下,适当增加栽培密度也可

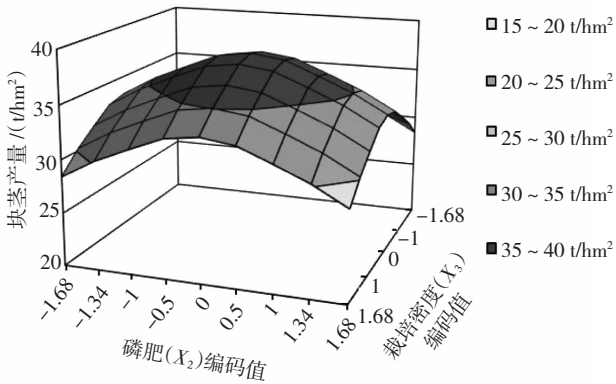


图4 磷肥( $X_2$ )与栽培密度( $X_3$ )的互作效应对马铃薯块茎产量的影响

以提高马铃薯块茎产量。栽培陇薯6号脱毒原种,应注意磷肥与栽培密度互作效应对马铃薯块茎产量的影响。

2.4 最佳模型方案

经DPS软件产量频次数模拟的结果(表3)表明,三因子水平均为0时,陇薯6号脱毒原种的块茎产量最高,为38.14 t/hm<sup>2</sup>,对应的组合方案为施N 150 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 135 kg/hm<sup>2</sup>,栽培密度52 500株/hm<sup>2</sup>。

以陇薯6号脱毒原种产量大于33 t/hm<sup>2</sup>为目标的优化栽培方案为:施N 168.22~204.87 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 104.98~165.02 kg/hm<sup>2</sup>,栽培密度47 497~57 503株/hm<sup>2</sup>。在甘肃省高寒阴湿区中等肥力马铃薯产区,以此方案种植陇薯6号脱毒原种,有95%的可能块茎产量高于33 t/hm<sup>2</sup>。

3 讨论与结论

马铃薯生长对养分的吸收因品种、管理水平、栽培条件等有所差异<sup>[3-5]</sup>。杜宏辉等<sup>[2]</sup>研究表明,在渭源县繁育晚熟马铃薯品种陇薯7号和中熟马铃薯品种克新1号原原种,种植密度均为90 000株/hm<sup>2</sup>时,马铃薯块茎产量均达到了最大值;而种植密度为150 000株/hm<sup>2</sup>时小薯数量则最多。所以在种薯繁育时,应根据马铃薯品种的生育期长短选择不同的栽培密度,以提高块茎产量和小薯数量。科学合理施肥可提高肥料利用率,增加产量和经济效益,而过量施肥和施肥比例不合理会降低肥料利用率<sup>[3,6]</sup>。颀炜清等<sup>[3]</sup>研究表明,在天水旱作区栽培马铃薯,当氮肥施用量为中氮水平(180 kg/hm<sup>2</sup>)时,马铃薯产量随施磷量增加而增

表3 陇薯6号脱毒原种产量大于33 t/hm<sup>2</sup>的频数分布

因素	N( $X_1$ )		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( $X_2$ )		栽培密度( $X_3$ )	
	几次	概率	几次	概率	几次	概率
-1.681 8	0	0	1	0.045 45	1	0.045 45
-1	0	0	6	0.272 73	6	0.272 73
0	13	0.590 91	8	0.363 64	8	0.363 64
1	9	0.409 09	6	0.272 73	6	0.272 73
1.681 8	0	0	1	0.045 45	1	0.045 45
平均数 $\bar{X}$	0.409		0		0	
标准差S	0.105		0.191		0.191	
95%的置信区间	0.204~0.615		-0.374~0.374		-0.374~0.374	
农艺措施	168.22~204.87		104.98~165.02		47 497~57 503	

加, 中磷较低磷分别增产 2 498.7、1 009.5 kg/hm<sup>2</sup>, 说明在中氮、中磷水平有利于肥效的发挥, 马铃薯产量最高。

制定不同马铃薯品种、不同地块和生产目标下的适宜的推荐施肥量, 可为生产上高效栽培提供参考依据。本试验结果表明, 在甘肃省高寒阴湿区肥力中等的马铃薯产区, 陇薯 6 号脱毒原种最优化的栽培方案为: 施 N 168.22 ~ 204.87 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 104.98 ~ 165.02 kg/hm<sup>2</sup>, 栽培密度为 47 497 ~ 57 503 株 /hm<sup>2</sup>。建议在甘肃马铃薯主产区种植陇薯 6 号脱毒原种时以氮肥施用为主并合理施用, 其次考虑栽培密度及磷肥供给, 以保证马铃薯产量的提升。

#### 参考文献:

- [1] 王林安, 蔺海明, 王一鸣. 甘肃省高寒阴湿区农业可持续发展战略之思考[J]. 甘肃农业科技, 1999(3): 2-4.
- [2] 杜宏辉, 贾学刚. 高寒阴湿区原原种大小与种植密度对马铃薯种薯生产的影响[J]. 中国农技推广, 2023, 39(3): 50-53.
- [3] 颀炜清, 郭华春, 方彦杰, 等. 天水旱作区马铃薯氮磷钾效应模型构建及其施肥指标研究 [J]. 核农学报, 2023, 37(8): 1668-1680.
- [4] 段玉, 张君, 张三粉, 等. 内蒙古马铃薯施肥效应特征参数与施肥推荐[J]. 中国马铃薯, 2019, 33(2): 89-100.
- [5] 李瑞, 樊明寿, 郑海春, 等. 基于产量水平的内蒙古阴山地区马铃薯施肥评价[J]. 中国土壤与肥料, 2020(6): 181-188.
- [6] 杨云马, 杨军芳, 贾良良. 河北二季作春播马铃薯养分吸收规律及肥料适宜用量[J]. 作物杂志, 2020(6): 170-174.
- [7] 闫湘, 金继运, 梁鸣早. 我国主要粮食作物化肥增产效应与肥料利用效率[J]. 土壤, 2017, 49(6): 1067-1077.
- [8] 刘明霞. 施肥及密度对超高淀粉马铃薯产量和品质的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.
- [9] 谢奎忠, 杨棧, 张民, 等. 氮磷钾肥施用量对庄薯 3 号维生素 C 含量的影响 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2011, 27(2): 192-196.