

中图分类号: S532; S352.3 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2011)05-0291-05

土壤肥料

氮磷肥及密度对超高淀粉马铃薯品种干物质含量的影响

黄伟¹, 王一航¹, 陆立银^{1*}, 谢奎忠¹, 刘明霞²

(1. 甘肃省农业科学院马铃薯研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以陇薯 8 号为试验材料, 研究氮磷肥及密度对超高淀粉马铃薯品种干物质含量的影响。利用二次通用旋转设计原理建立了氮肥(X_1)、磷肥(X_2)和栽培密度(X_3)与陇薯 8 号干物质含量(Y)的回归方程: $Y = 32.09642 - 0.88509 X_1^2 - 1.21213 X_2^2 - 1.40128 X_3^2$ 。分析结果表明, 三因子对干物质含量(Y)影响的大小顺序为磷肥 > 栽培密度 > 氮肥; 单因素效应表明都是在 0 水平时干物质含量达到最大值; 三个因子中任意两个因子的交互效应都是在 -1.682~0 水平时, 干物质含量随着二因子水平的提高而提高, 二者有明显的促进作用, 0 水平之后, 干物质含量则随着二因子水平的提高而下降; 三因子作用下干物质含量大于 29.7% 的栽培方案为: 纯 N 113.20~186.86 kg / hm², P₂O₅ 109.30~160.68 kg / hm², 栽培密度为 48 219~56 781 株 / hm²。

关键词: 陇薯 8 号; 氮肥; 磷肥; 栽培密度; 干物质

Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Application and Planting Density on Dry Matter Content of Super-high Starch Potato Cultivar

HUANG Wei¹, WANG Yihang¹, LU Liyin^{1*}, XIE Kuizhong¹, LIU Mingxia²

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

2. College of Resource and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The test took cv. Longshu 8 as the testing material to study the effects of the application of nitrogen and phosphorus fertilizer and planting density on the dry matter content of super-high starch potato cultivars. A mathematic model for the application of nitrogen (X_1), phosphorus (X_2), planting density (X_3) and the dry matter content of Longshu 8 (Y) was built by the quadratic general rotational combination design. The result showed that the influencing order of the three factors on the dry matter content was phosphorus > planting density > nitrogen. The univariate effects analysis showed that the dry matter content reached the maximum at 0 level of each factor. The interaction effects showed that at the level of -1.682 - 0, the dry matter content increased with the increase of any two factors, but beyond the level of 0, the dry matter content decreased with the increase of two factors. The fertilizing plan for the dry matter content being 29.7% or more as following: pure N was 113.20 - 186.86 kg / ha, P₂O₅ was 109.30 - 160.68 kg / ha and planting density was 48 219 - 56 781 plants / ha.

Key Words: Longshu 8; nitrogen; phosphorus; planting density; dry matter

马铃薯块茎干物质平均占块茎鲜重的 25% 左右, 是马铃薯块茎产量形成的基础^[1]。干物质含量的高低, 关系到块茎品质高低, 关系到加工制品的质量、产量和经济效果。干物质含量高的块茎有利于生产脱水食品、饲料, 特别是煎炸产品。而且干物质含

量高的块茎通常比干物质含量低的块茎耐贮藏^[2]。另外, 也发现干物质含量高的块茎较抗黑斑病^[3]。块茎中的干物质含量和块茎的比重相关, 并且 100 多年来块茎的比重一直是测定干物质含量的基础。还发现块茎中干物质含量和粗蛋白含量、维生素 C 含量

收稿日期: 2011-03-30

基金项目: 国家现代农业马铃薯产业技术体系建设专项(nycytx-15)。

作者简介: 黄伟(1978-), 男, 实习研究员, 主要从事马铃薯栽培与推广。

* 通信作者(Corresponding author): 陆立银, 副研究员, 主要从事马铃薯栽培技术研究, E-mail: luliyin62@163.com。

及还原糖含量都存在极显著相关关系^[4-6]。所以研究超高淀粉马铃薯干物质的影响因素很有意义。

干物质含量从块茎开始形成之日起就在不断积累, 只是各时期增长速度不同, 其中积累最快的时期是块茎迅速膨大期, 也是块茎生长最快的时期。干物质含量因天气条件、栽培技术而有很大的变化, 品种之间也有明显的差异。种植密度也能影响马铃薯干物质的积累, 郭阿安^[7]研究表明, 在一定种植密度范围内, 马铃薯紫花 851 群体干物质积累量随着种植密度的增大而增大, 但当种植密度超过一定范围时群体干物质积累量会减少; 肥料更是影响马铃薯干物质积累的重要因素^[8]。

氮肥、磷肥及栽培密度配合对马铃薯干物质含量影响的研究还未见报道。本试验以甘肃省农业科学院最新育成的超高淀粉新品种陇薯 8 号为试验材料, 探讨氮磷肥及栽培密度对超高淀粉马铃薯干物质含量的影响, 以期能更好地发挥陇薯 8 号优质、高淀粉特性, 为马铃薯高产高效栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试品种为马铃薯新品种陇薯 8 号(原代号 L0206-6), 由甘肃省农业科学院于 2009 年育成的淀粉加工型新品种, 2010 年 3 月通过甘肃省农作物品种审定委员会审定, 淀粉含量 22.91%~27.34%, 平均 24.89%, 超过了国内高淀粉品种 18% 的标准, 属超高淀粉型马铃薯, 生育期 116 d 左右, 中晚熟。

供试肥料: 尿素(含 N 46%)、磷酸二铵(含 N 18%、P₂O₅ 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 13%)。

1.2 试验地概况

试验设置在甘肃省渭源县会川镇哈地窝村生卜滩社一农户家的承包地中, 海拔 2 352 m, 山区缓坡地, 雨养农业, 位于北纬 35°04'90", 东经 104°01'989", 土壤为黑麻土, 年降雨量在 500 mm 左右, 土壤耕层有机质 22.30 g/kg、碱解氮 121.00 mg/kg、有效磷 13.57 mg/kg、速效钾 145.00 mg/kg、全氮 1.24 g/kg、全磷 0.91 g/kg、全钾 23.60 g/kg、pH 值 8.18。试验前茬为冬小麦。

1.3 试验设计

采用三因子二次通用旋转试验设计(表 1), 20 个处理(表 2), 小区长 6.67 m, 行距 60 cm, 株距按照密度折算而定, 小区面积 20 m², 试验周围设置保护行。

化肥使用中 N 80% 基肥, 20% 现蕾期结合培土起垄追肥, P₂O₅ 一次性基肥。

表 1 因子编码水平

Table 1 Code values for each factor

编码值 Code value	N (kg / hm ²)	P ₂ O ₅ (kg / hm ²)	密度(Plant / hm ²) Density
-1.682	0	0	30000
-1	60.90	54.75	39120
0	150.00	135.00	52500
1	239.25	215.25	65880
1.682	300.00	270.00	75000
变化间距 Interval	89.18	80.27	13380

1.4 测定项目

土壤养分测定: 播种前对 0~20 cm 耕作层混合土样取样化验基础养分, 由甘肃农业科学院测试中心进行。

收获时各小区考种, 计产, 随机选取薯块作为干物质的测定对象。取块茎洗干净, 称鲜重后放在 105℃ 的恒温箱内烘 30 min, 然后将温度下降到 80℃, 继续烘干至恒重测定干重。

1.5 数据统计

数据采用 DPS7.05 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 回归模型建立

根据表 2 所列各处理块茎干物质含量的平均值, 按三元二次通用旋转设计原理, 建立三因素(氮肥 X₁、磷肥 X₂、栽培密度 X₃) 与其干物质含量(Y) 的回归方程: $Y = 32.09642 + 0.10015X_1 - 0.51682X_2 + 0.23082X_3 - 0.88509X_1^2 - 1.21213X_2^2 - 1.40128X_3^2 + 0.21625X_1X_2 + 0.21375X_1X_3 + 0.21375X_2X_3$

2.2 回归方程的显著性检验

试验结果方差分析见表 3, 对拟合度进行检验, $F_1 = 0.5239$, $F_{0.05} = 0.7536$, $F_1 < F_{0.05}$, F_1 不显著, 说明本试验无其他因素的显著影响, 模型是适合的, 拟合不足被否定。对回归方程进行检验, $F_2 = 5.34043$, $F_{0.05} = 0.0095$, $F_2 > F_{0.05}$, F_2 显著, 说明此方程有效, 可以应用该方程作进一步的分析。各项回归系数经 $\alpha = 0.10$ 显著水平检验后剔除不显著项简化后的回归方程:

$$Y = 32.09642 - 0.88509X_1^2 - 1.21213X_2^2 - 1.40128X_3^2$$

表 2 试验处理及其块茎干物质含量
Table 2 Treatment and dry matter content

处理代号 Treatment code	因子编码 Factor code			各处理实际施肥量和密度 Fertilizer rate and planting density			干物质含量(%) Dry matter content
	X ₁	X ₂	X ₃	N (kg / hm ²)	P ₂ O ₅ (kg / hm ²)	密度(Plant / hm ²) Density	
1	1	1	1	239.25	215.25	65880	28.65
2	1	1	-1	239.25	215.25	39120	27.10
3	1	-1	1	239.25	54.75	65880	29.45
4	1	-1	-1	239.25	54.75	39120	28.51
5	-1	1	1	60.90	215.25	65880	27.60
6	-1	1	-1	60.90	215.25	39120	26.66
7	-1	-1	1	60.90	54.75	65880	29.02
8	-1	-1	-1	60.90	54.75	39120	29.18
9	-1.682	0	0	0	135.00	52500	30.02
10	1.682	0	0	300.00	135.00	52500	30.09
11	0	-1.682	0	150.00	0	52500	29.40
12	0	1.682	0	150.00	270.00	52500	28.86
13	0	0	-1.682	150.00	135.00	30000	28.63
14	0	0	1.682	150.00	135.00	75000	28.56
15	0	0	0	150.00	135.00	52500	33.10
16	0	0	0	150.00	135.00	52500	32.69
17	0	0	0	150.00	135.00	52500	32.33
18	0	0	0	150.00	135.00	52500	29.81
19	0	0	0	150.00	135.00	52500	32.98
20	0	0	0	150.00	135.00	52500	31.51

表 3 试验结果方差分析
Table 3 Result of analysis of variance

变异来源 Source	SS	DF	MS	F	P
回归 Regression	56.8538	9	6.3171	F ₂ =5.34043	0.0095
剩余 Residual	11.8288	10	1.1829		
失拟 Lack of fit	4.0666	5	0.8133	F ₁ =0.52390	0.7536
误差 Error	7.7622	5	1.5524		
总和 Total	68.6826	19			

2.3 回归方程的解析

2.3.1 主效应分析

一次项回归系数的绝对值的大小可以直接比较各因素对陇薯 8 号块茎干物质含量的影响, 可知各因素对块茎干物质含量影响的大小顺序为磷肥(X₂) > 栽培密度(X₃) > 氮肥(X₁)。

2.3.2 单因素效应分析

采用降维法^[9], 将建立的回归方程中 3 个因素的

2 个固定在零水平, 得到其余某 1 个因素的一元偏回归方程:

$$\text{氮肥: } Y = 32.09642 - 0.88509X_1^2$$

$$\text{磷肥: } Y = 32.09642 - 1.21213X_2^2$$

$$\text{密度: } Y = 32.09642 - 1.40128X_3^2$$

由图 1 可以看出, 陇薯 8 号块茎干物质含量在氮肥(X₁)、磷肥(X₂)、栽培密度(X₃) 0 水平以下时, 随各个因子水平的增加而增加, 0 水平时干物质含量达到最大; 当三因子在 0 水平以上时, 随着三因子水平的增加, 干物质含量随之显著降低。

2.3.3 交互效应分析

将陇薯 8 号干物质含量的回归模型中任意 1 个因子固定在 0 水平, 研究另 2 个因子间的交互作用。

(1) 氮肥与磷肥的交互效应: 将栽培密度固定在零水平时, 可得氮肥(X₁)与磷肥(X₂)的交互效应与陇薯 8 号干物质含量(Y)回归方程模型:

$$Y = 32.09642 - 0.88509X_1^2 - 1.21213X_2^2$$

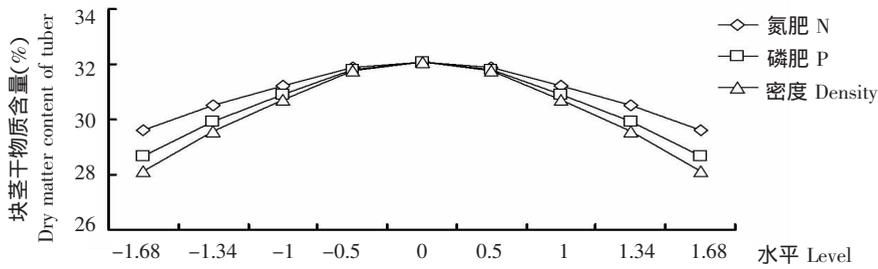


图 1 氮肥(X_1)、磷肥(X_2)、栽培密度(X_3)、对陇薯 8 号块茎干物质含量(Y)的影响

Figure 1 Effect of nitrogen (X_1), phosphorus (X_2) and planting density (X_3) on dry matter content of cv. Longshu 8

根据模型作图 2 可以看出, 试验范围内, 氮磷肥在-1.682~0 水平时, 随氮肥和磷肥水平的逐渐增加陇薯 8 号块茎干物质含量随之提高, 氮磷互作效应明显, 0 水平之后, 干物质含量随两因子水平的增加而降低。

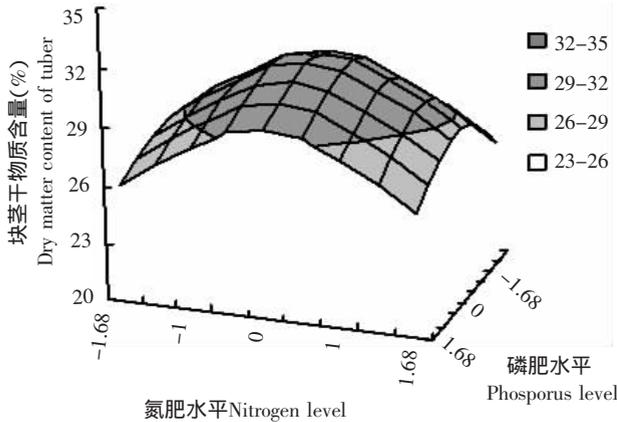


图 2 氮磷肥互作对陇薯 8 号块茎干物质含量的影响

Figure 2 Interaction effect of nitrogen and phosphorus on dry matter content of cv. Longshu 8

(2)氮肥与栽培密度的互作效应: 将磷肥固定在零水平时, 可得氮肥(X_1)与栽培密度(X_3)的互作效应与陇薯 8 号块茎干物质含量(Y)回归方程模型:

$$Y = 32.09642 - 0.88509 X_1^2 - 1.40128 X_3^2$$

根据模型作图 3 可以看出, 当氮肥和栽培密度在-1.682~0 水平时, 陇薯 8 号块茎干物质含量随着氮肥和栽培密度水平的逐渐增加而提高, 二者有明显的促进作用, 都在 0 水平时块茎干物质的含量最高, 但当氮肥和栽培密度在 0~1.682 水平时, 陇薯 8 号的块茎干物质含量随着氮量和栽培密度水平的增加反而下降。

(3)磷肥与栽培密度的互作效应: 将氮肥固定在

零水平时, 可得磷肥(X_2)与栽培密度(X_3)的互作效应与陇薯 8 号块茎干物质含量(Y)回归方程模型:

$$Y = 32.09642 - 1.21213 X_2^2 - 1.40128 X_3^2$$

根据模型作图 4 可以看出, 当磷肥和栽培密度水平在-1.682~0 时, 陇薯 8 号块茎干物质含量随着磷肥和栽培密度水平的逐渐增加而提高, 二者有明显的促

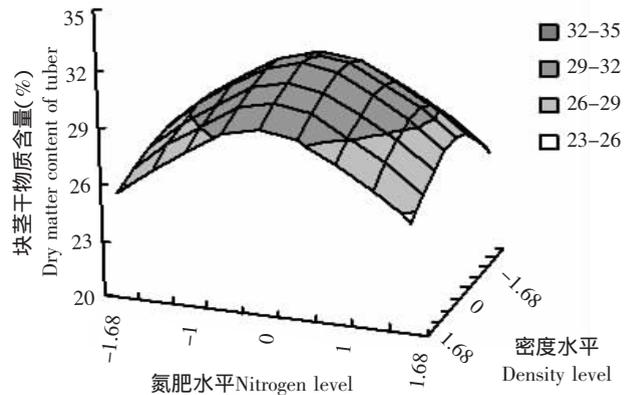


图 3 氮肥与栽培密度互作对陇薯 8 号块茎干物质含量的影响

Figure 3 Interaction effect of nitrogen and plant density on dry matter content of cv. Longshu 8

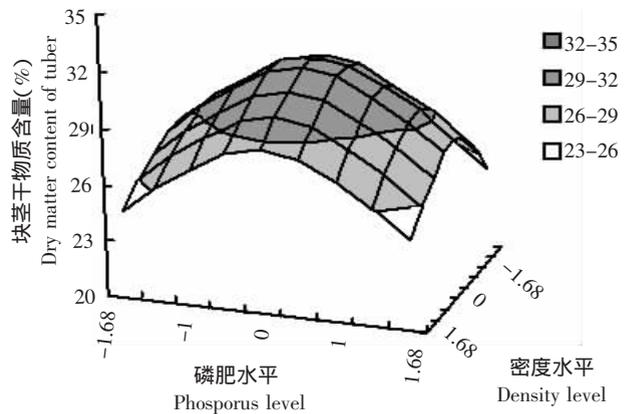


图 4 磷肥与栽培密度互作对陇薯 8 号块茎干物质含量的影响

Figure 4 Interaction effect of phosphorus and plant density on dry matter content of cv. Longshu 8

进作用, 都在 0 水平时块茎干物质含量最高, 但当磷肥和栽培密度水平在 0~1.682 时, 陇薯 8 号的块茎干物质含量随着施磷量和栽培密度水平的增加而下降。

2.4 最佳模拟寻优

经 DPS 软件模拟, 在本试验范围内, 陇薯 8 号的最高干物质含量为 32.1%, 对应的组合方案为 X_1 、

X_2 、 X_3 均为 0 水平。

对其块茎干物质含量大于 29.7% 的方案进行频数分析(表 4)。陇薯 8 号块茎干物质含量高于 29.7% 的栽培方案为: 施 N 113.20~186.86 kg/hm², 施 P₂O₅ 109.30~160.68 kg/hm², 栽培密度为 48 219~56 781 株/hm²。

表 4 陇薯 8 号块茎干物质含量大于 29.7% 的频数分布

Table 4 Frequency distribution of dry matter content more than 29.7% for cv. Longshu 8

因素 Factors	N(X_1)		P ₂ O ₅ (X_2)		栽培密度(X_3)	
	次数 Times	频率 Frequency	次数 Times	频率 Frequency	次数 Times	频率 Frequency
-1.682	0	0	0	0	0	0
-1	5	0.3333	3	0.2	3	0.2
0	5	0.3333	9	0.6	9	0.6
1	5	0.3333	3	0.2	3	0.2
1.682	0	0	0	0	0	0
平均值 \bar{X} Average value	0		0		0	
标准差 S Standard deviation	0.211		0.163		0.163	
95% 的置信区间 Confidence interval of 95%	-0.413~0.413		-0.320~0.320		-0.320~0.320	
农艺措施 Agronomic measures	113.20~186.86		109.30~160.68		48219~56781	

3 讨论

在中等肥力黑麻土上, 三个栽培因子对陇薯 8 号块茎干物质含量影响的大小顺序为磷肥(X_2) > 栽培密度(X_3) > 氮肥(X_1)。所以生产中多施磷肥有助于陇薯 8 号干物质的积累。

施纯 N 少于 150 kg/hm²、P₂O₅ 少于 135 kg/hm²、栽培密度小于 52 500 株/hm² 时对陇薯 8 号块茎干物质含量有提高作用, 超过则无提高效果。这和郭阿安^[7]的研究结果也一致, 是因为过量的氮磷肥和过高的栽培密度都不利于光合产物向块茎中运输。而另有研究表明, 随着施氮量的增加干物质含量增加, 施氮量超过 210 kg/hm² 时, 干物质含量随着施氮量的增加而减小^[10]。

在甘肃南部高寒阴湿区半干旱地区栽培陇薯 8 号, 其块茎干物质含量高于 29.7% 的栽培方案为: 施 N 113.20~186.86 kg/hm², 施 P₂O₅ 109.3~160.68 kg/hm², 栽培密度为 48 219~56 781 株/hm²。按此方案进行生产, 陇薯 8 号块茎干物质含量有 95% 的可能高于 29.7%。

[参 考 文 献]

- [1] 聂向荣. 不同氮肥水平下马铃薯品质变化及氮素营养诊断的研究[D]. 呼和浩特, 内蒙古农业大学, 2007.
- [2] 吕文河, 陈伊里, 李景华. 马铃薯块茎中干物质与蛋白质、维生素及还原糖的关系[J]. 马铃薯杂志, 1993, 7(4): 193-196.
- [3] Panique E, Kelling K A, Schulte E E, et al. Potassium rate and source effects on potato yield, quality, and disease interaction [J]. American Journal of Potato Research, 1997, 74(6): 379-398.
- [4] Yamaguchi M G, Perdue J, MacGillivray J. Nutrient composition of White Rose potatoes during growth and after storage [J]. Am Potato J, 1960, 37: 73-76.
- [5] Hartmut K, Sabine S B. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.) II. Tuber and whole plant [J]. Potato Research, 1997, 40: 135-153.
- [6] Shckhar V C, Iritani W M, Arteca R. Changes in ascorbic acid content during growth and short-term storage of potato tubers [J]. Am Potato J, 1978, 55: 663-670.
- [7] 郭阿安. 马铃薯紫花 851 不同种植密度对群体结构的影响试验[J]. 广西农业学, 2010, 41(8): 766-768.
- [8] 夏锦慧. 马铃薯干物质积累及氮、磷、钾营养特征研究[J]. 长江蔬菜, 2008(12): 34-37.
- [9] 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): 131-136.
- [10] 李井会. 不同氮肥运筹下马铃薯氮素利用特性及营养诊断的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2006.