

脱毒甘薯高产栽培模型分析

陈明灿, 王晓凌, 李友军, 孔祥生 (河南科技大学农学院, 河南洛阳 471003)

摘要 [目的] 为脱毒甘薯的高产栽培提供依据。[方法] 采用二次回归通用旋转组合设计方法, 研究氮、磷、钾肥和密度4因素及其互作对脱毒甘薯豫薯7号产量的影响。[结果] 4因素与甘薯产量存在显著的回归关系, 对脱毒甘薯产量的影响效应依次为钾肥>氮肥>密度>磷肥。氮、钾互作对甘薯产量的影响效应最大, 其次为氮、密度互作, 氮、磷互作的影响效应较小。随着产量的提高, 脱毒甘薯对钾的需求增加。在该试验条件下, 豫薯7号的最高产量为53.0 t/hm²。[结论] 脱毒甘薯产量在45.0 t/hm²以上时的农艺措施为: 施N 63.42~74.73 kg/hm², 施P₂O₅ 67.76~82.24 kg/hm², 施K₂O 106.70~127.71 kg/hm², 密度4.6万~5.3万株/hm²。

关键词 脱毒甘薯; 回归设计; 产量; 农艺措施

中图分类号 S531 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)09-03589-03

Analysis on the High yield Cultivation Model of Virus-free Sweet Potato

CHEN Ming can et al (Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

Abstract [Objective] The study aimed to provide basis for the high yield cultivation of virus-free sweet potato. [Method] The universal rotational combinational design with quadratic regression was used to study the influences of 4 factors such as N, P and K fertilizers and density and their interactions on the yield of virus-free sweet potato Yushu 7. [Result] The 4 factors had significant regression relation with the yield of sweet potato, their influential effects on the yield of virus-free sweet potato in order were K fertilizer > N fertilizer > density > P fertilizer. The influential effect of interaction between N and K fertilizers on the yield of sweet potato was biggest, that between N fertilizer and density was secondary and that between N and P fertilizers was smaller. As the yield increased, the demand of virus-free sweet potato for K increased. Under the experimental condition, the highest yield of Yushu 7 was 53.0 t/hm². [Conclusion] When the yield of virus-free sweet potato was over 45.0 t/hm², the agronomic measures were as follows: fertilizing N at 63.42~74.73 kg/hm², P₂O₅ at 67.76~82.24 kg/hm² and K₂O at 106.70~127.71 kg/hm² and setting density at 4.6 × 10⁴~5.3 × 10⁴ plants/hm².

Key words Virus-free sweet potato; Regression design; Yield; Agronomic measure

甘薯是一种抗旱、耐瘠、适应性广的粮食作物, 用途广泛, 既可作粮食、饲料, 又可作为工业原料。我国每年种植甘薯660万hm², 占世界甘薯种植面积的80%以上, 是世界上最大的甘薯生产国。但由于甘薯属无性繁殖作物, 易造成病毒在体内积累, 加之连年种植、品种退化、管理不善等原因, 导致产量低, 品质差, 鲜薯产量多在20.0~30.0 t/hm²。近年来, 随着对甘薯病毒病研究的进一步深入以及甘薯脱毒快繁技术的应用, 使甘薯的产量显著提高^[1-9]。但甘薯脱毒后, 其生理生态及需肥特性等都发生了变化^[10-13]。为探讨氮、磷、钾肥对甘薯产量的影响以及脱毒甘薯的最佳种植密度, 笔者对脱毒甘薯的优化栽培技术进行了研究, 旨在为脱毒甘薯的高产栽培提供依据。

1 材料与方

1.1 试验区概况及供试材料 试验在河南科技大学农学院孟津试验基地进行。试验地为豫西地区有代表性的丘陵旱地, 该区年平均降雨量575.0~634.4 mm, 年平均气温8~15℃, 大于0℃积温3900~5000℃, 大于10℃积温3400~4000℃, 无霜期215~218 d, 全年日照时数2200~2400 h。供试土壤为褐土, 土壤耕层含有机质11.6 g/kg, 碱解氮(N) 68.3 mg/kg, 速效磷(P₂O₅) 12.5 mg/kg, 速效钾(K₂O) 141.8 mg/kg。供试材料为脱毒甘薯豫薯7号, 由河南科技大学农学院脱毒甘薯繁育中心提供。

1.2 试验方法 采用4因素5水平通用旋转组合设计^[14-15], 以氮、磷、钾、密度为试验因子(表1)。小区面积24 m², 6行区, 行距80 cm, 共31个小区。起垄种植, 垄高25~30 cm, 于5月初栽植, 10月下旬分小区收获, 称重计产。

表1 试验因子水平及编码

Table 1 Levels and codes of experimental factors

因素 Factor	编码值 Coding value					间距 Space
	-2	-1	0	+1	+2	
X ₁ (N, kg/hm ²)	0	30.0	60.0	90.0	120.0	30.0
X ₂ (P ₂ O ₅ , kg/hm ²)	0	37.5	75.0	112.5	150.0	37.5
X ₃ (K ₂ O, kg/hm ²)	0	45.0	90.0	135.0	180.0	45.0
X ₄ (密度, 万株/hm ²)	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	1.5

2 结果与分析

2.1 数学模型的建立 根据4因素5水平二次回归通用旋转组合设计原理, 该试验的回归数学模型为:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^p b_i X_i + \sum_{i < j}^p b_{ij} X_i X_j + \sum_j^p b_j X_j^2$$

试验因子结构矩阵与产量结果列于表2。以鲜薯产量为目标函数, 用DPS 6.05软件进行分析, 得回归方程为:

$$Y = 51.934 + 1.597 X_1 + 0.701 X_2 + 2.731 X_3 + 1.170 X_4 - 2.718 X_1^2 - 3.865 X_2^2 - 2.156 X_3^2 - 2.388 X_4^2 - 0.059 X_1 X_2 + 1.124 X_1 X_3 + 0.684 X_1 X_4 + 0.604 X_2 X_3 + 0.222 X_2 X_4 + 0.598 X_3 X_4 \quad (1)$$

对回归方程进行显著性检验, 失拟均方 $F_1 = 1.73 < F_{0.05}(4.06)$, 差异不显著, 表明无失拟因素存在。回归均方 $F_2 = 5.23 > F_{0.01}(3.45)$, 达0.01显著水平, 表明氮、磷、钾和密度4个因子与甘薯产量存在显著的回归关系, 回归方程与实测值拟合较好, 该二次方程较真实地反映了目标函数与试验因子间的数量变化关系。

2.2 模型的解析与寻优

2.2.1 单因子效应分析 由于试验满足正交设计的要求, 模型中各项效应不仅线性可加, 而且各项回归系数彼此独立, 故可利用模型来分析试验因子的独立效应及互作效应。从方程(1)可知, 对鲜薯产量的影响依次为 $b_3(2.731) > b_1(1.597) > b_4(1.170) > b_2(0.701)$, 即钾肥>氮肥>密度>磷

基金项目 河南省重大科技攻关项目(971050201); 河南省科技传播工程资助项目(2005103027)。

作者简介 陈明灿(1963-), 男, 河南汝州人, 副教授, 从事作物高产栽培理论的研究和教学工作。

收稿日期 2007-12-06

肥。采用降维分析,固定一部分自变量的取值水平,即可导出另一变量的回归子模型,这相当于在特定条件下做的一组单因子试验。现固定3个因素为零水平,导出另一个因子与产量的关系式为:

表2 试验因子结构矩阵与产量结果

Table 2 Experimental factors structure matrix and yield

区号 Plot number	X ₁ (N)	X ₂ (P ₂ O ₅)	X ₃ (K ₂ O)	X ₄ (密度 Density)	产量 t/hm ² Yield
1	1	1	1	1	52.88
2	1	1	1	-1	47.23
3	1	1	-1	1	40.65
4	1	1	1	-1	40.30
5	1	-1	1	1	48.26
6	1	-1	1	-1	45.12
7	1	-1	-1	1	41.56
8	1	-1	-1	-1	39.63
9	-1	1	1	1	44.61
10	-1	1	1	-1	42.65
11	-1	1	-1	1	39.32
12	-1	1	-1	-1	39.91
13	-1	-1	1	1	40.91
14	-1	-1	1	-1	41.28
15	-1	-1	-1	1	37.99
16	-1	-1	-1	-1	38.87
17	-2	0	0	0	35.47
18	2	0	0	0	39.59
19	0	-2	0	0	32.22
20	0	2	0	0	33.67
21	0	0	-2	0	34.57
22	2	0	0	2	44.99
23	0	0	0	-2	34.63
24	0	0	0	2	43.07
25	0	0	0	0	53.49
26	0	0	0	0	54.15
27	0	0	0	0	48.31
28	0	0	0	0	53.45
29	0	0	0	0	50.40
30	0	0	0	0	47.75
31	0	0	0	0	55.99

$$YX_1 = 51.934 + 1.597 X_1 - 2.718 X_1^2$$

$$YX_2 = 51.934 + 0.701 X_2 - 3.865 X_2^2$$

$$YX_3 = 51.934 + 2.731 X_3 - 2.156 X_3^2$$

$$YX_4 = 51.934 + 1.170 X_4 - 2.388 X_4^2$$

根据上列各式作图,由图1看出,各主因子与产量Y的关系为抛物线型,在-2 X 2的水平范围内,当X₁ = 0.294,即施氮量为68.82 kg/hm²时,理论产量最高,达52.17 t/hm²;当X₂ = 0.091,即施P₂O₅量为78.41 kg/hm²时,理论产量有极大值,为51.97 t/hm²;当X₃ = 0.633,即施K₂O量为118.49 kg/hm²时,理论产量达52.80 t/hm²;当X₄ = 0.245,即种植密度为4.87万株/hm²时,理论产量达52.08 t/hm²。

2.2.2 因子互作效应分析。从回归方程(1)可知,氮(X₁)、钾(X₃)互作效应最大,其次为氮(X₁)、密度(X₄)互作,氮、磷互作效应较小。

2.2.2.1 氮、钾互作。根据产量函数模型,其他因素固定在0水平,施氮量与施钾量的互作模型为:

$$YX_1 X_3 = 51.934 + 1.597 X_1 + 2.731 X_3 - 2.718 X_1^2 - 2.156 X_3^2 + 1.124 X_1 X_3$$

在低氮(-2,0 kg/hm²)、低钾(-2,0 kg/hm²)或高氮(+2,120.00 kg/hm²)、低钾(-2,0 kg/hm²)的情况下,脱毒甘薯的产量都较低;随着施氮量、施钾量的增加,脱毒甘薯的产量显著提高,当氮、钾均达到0.5水平,即施氮量为75.00 kg/hm²、施钾量为112.50 kg/hm²时产量较高,为52.88 t/hm²。

2.2.2.2 氮肥与密度互作。施氮量与密度的互作模型为:

$$YX_1 X_4 = 51.934 + 1.597 X_1 + 1.170 X_4 - 2.718 X_1^2 - 2.388 X_4^2 + 0.684 X_1 X_4$$

在低密度(-2,1.50万株/hm²)、低氮量(-2,0 kg/hm²)或高密度(+2,7.50万株/hm²)、低氮量(-2,0 kg/hm²)条件下,脱毒甘薯的产量都不高;只有在密度和施氮量都适宜的条件下,脱毒甘薯的产量才较高,该试验密度在0水平(4.50万株/hm²)、施氮量在0.5水平(75.00 kg/hm²)的情况下产量较高,达52.05 t/hm²。

2.2.3 方案的模拟寻优。用建立的回归模型在计算机上对该试验共625(5⁴)个试验方案进行模拟寻优,得出最高产量为53.00 t/hm²,其农艺措施组合为X₁ = 0、X₂ = 0、X₃ = 1、X₄ = 0,即施氮量60.00 kg/hm²、施P₂O₅量75.00 kg/hm²、施K₂O量135.00 kg/hm²、密度4.50万株/hm²。由此看出,在脱毒甘薯的高产栽培中,氮、磷的用量应适宜,如果氮的施用量过高,宜引起茎叶旺长,造成减产。脱毒甘薯对钾的需要量比较大,增施钾肥能提高脱毒甘薯的产量。种植密度4.50万株/hm²左右比较适宜。

表3 产量在45.00t/hm²以上综合农艺措施

Table 3 Comprehensive agronomic measures for free-virus sweet potato to produce more than 45.00t/hm² yield

编码值 Code value	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄	
	次数Time	频率Frequency	次数Time	频率Frequency	次数Time	频率Frequency	次数Time	频率Frequency
-2	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	4	0.0930	9	0.2093	3	0.0698	7	0.1628
0	22	0.5116	25	0.5814	16	0.3721	18	0.0418
+1	17	0.3953	9	0.2093	19	0.4419	17	0.3953
+2	0	0	0	0	5	0.1163	1	0.0233
	43	1.0000	43	1.0000	43	1.0000	43	1.0000
编码平均 Average	0.302		0		0.605		0.279	
标准误 SD	0.096		0.099		0.119		0.115	
95%置信区间95% confidence interval	0.114 ~0.491		-0.193 ~0.193		0.371 ~0.838		0.053 ~0.505	
农艺措施 Agricultural measures	63.42 ~74.73 kg/hm ²		67.76 ~82.24 kg/hm ²		106.7 ~127.71 kg/hm ²		4.60万 ~5.30万株/hm ²	

2.2.4 最佳农艺措施组合分析。采用频数分析法,在计算机上模拟得到的625个试验组合中,产量超过45.00 t/hm²的方案有43个(表3)。由表3可知,脱毒甘薯产量在45.00 t/hm²以上,决策变量的农艺措施为:施氮量63.42~74.73 kg/hm²,施P₂O₅量67.76~82.24 kg/hm²,施K₂O量106.70~127.71 kg/hm²,密度4.60万~5.30万株/hm²。

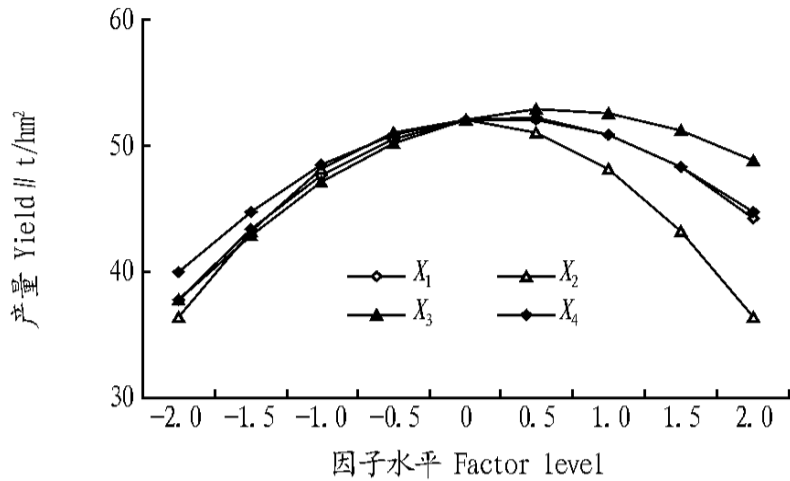


图1 单因子对脱毒甘薯的产量效应

Fig.1 Effect comparison among 4 experimental factors in sweet potato

3 讨论

甘薯感染病毒后,影响到薯苗的正常生理过程,导致光合作用减弱,呼吸作用增强,病毒加速叶片衰老,绿叶功能期缩短;病毒还与质体竞争磷、氮等养分。甘薯脱毒后,生长特性及需水、需肥规律等发生了变化,生长旺盛,结薯早,产量高^[14-15]。John等研究了磷、钾缺乏对甘薯生长的影响^[16],Sharma等的研究表明,甘薯需施氮50~80 kg/hm²、P₂O₅ 50 kg/hm²、K₂O 50~80 kg/hm²^[17]。该研究表明,氮、磷、钾及密度与脱毒甘薯产量之间的关系呈抛物线型回归关系,在一定的范围内,随施肥量和密度的增加,产量增加,超过一定范围再增加施肥量和密度将造成减产,随着产量的提高,脱毒甘薯对钾的需要量增加。该试验条件下,豫薯7号脱毒甘薯的最高产量达53.00 t/hm²,产量在45.00 t/hm²以上的农艺措施组合为:施氮63.42~74.73 kg/hm²,施P₂O₅ 67.76~82.24

(上接第3570页)

3 讨论

3.1 丰源优299的适宜插植基本苗 不同基本苗数对丰源优299的产量有极显著的影响,表现为有效穗数随基本苗数的增加而增多。同时试验结果表明,丰源优299的基本苗少,低位分蘖少,有效分蘖期长,有效穗少,导致抽穗不整齐,产量偏低;如果基本苗过多,则其低位分蘖多,有效穗多,但分蘖多,群体大,个体发育不良,病害较重,也不利于高产。试验表明,该组合的基本苗以150万~165万/hm²为佳。

3.2 超级稻的配套栽培技术 超级稻晚稻中熟杂交组合在湖南栽培全生育期大多为113~115 d,全生育期较短,有效分蘖期短(在移栽后15 d以内),因此在超级稻晚稻中熟栽培上,需扩大秧田面积,适量增加大田用种量,以保证适宜的基本苗数^[4-6]。同时用烯效唑拌种,培育带蘖壮秧,带泥浅栽,利于返青快分蘖早,返青后立即追施分蘖肥,促进低位分蘖的发生,提高成穗率,适时控苗,防止分蘖过多,以减轻病虫害危害,达到环保节本增效的目的。

kg/hm²,施K₂O 106.70~127.71 kg/hm²,密度4.60万~5.30万株/hm²。因此,在种植脱毒甘薯时,应增施钾肥,适量施用氮、磷肥,控制合理的种植密度,才能获得高产。

参考文献

- [1] CADENA HINOJOSA MA, CAMPBELL R N. Characterization of isolates of four aphid-transmitted sweet potato viruses [J]. *Phytopathology*, 1981, 71: 1086-1089.
- [2] JEEVA ML, BALAKRISHNAN S. Characterization, purification and serology of sweet potato feathery mottle virus in India [J]. *Journal of Root Crops*, 2004, 30 (1): 24-30.
- [3] CAI B B, MOYER J W. Differential properties of three sweet potato virus strains [J]. *Phytopathology*, 1979, 69: 1023.
- [4] NOME S F, SHALLA T A, PETERACENT J. Comparison of virus particles and intracellular inclusions associated with vein mosaic, feathery mottle and russet crack diseases of sweet potato [J]. *Phytopathology Zeitschrift*, 1974, 79: 169-178.
- [5] TSAY H S, TSENG M T. Embryoid formation and plantlet regeneration from anther callus of sweet potato [J]. *Bt Bull Acad Sinica*, 1979 (20): 117-122.
- [6] CARWELL G K, LOCK R D. Root and shoot initiation by leaf, stem and storage root explants of sweet potato [J]. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 1984 (3): 229-236.
- [7] 宋伯符, 王胜武, 谢开云, 等. 我国甘薯脱毒研究的现状及展望 [J]. *中国农业科学*, 1999, 30 (6): 43-48.
- [8] 杨永嘉. 脱毒甘薯的研究和应用 [J]. *中国甘薯*, 1993 (5-6): 25-28.
- [9] 孔祥生, 张妙霞, 郭秀璞, 等. 甘薯茎尖分生组织培养快速繁殖技术研究 [J]. *河南农业大学学报*, 1998, 32 (2): 133-137.
- [10] 陈选阳, 陈凤翔, 袁照年, 等. 脱毒甘薯对一些生理指标的影响 [J]. *福建农业大学学报*, 2001, 30 (4): 449-453.
- [11] 陈明灿, 张妙霞, 孔祥生, 等. 脱毒甘薯增产机理的研究 [J]. *湖北农学院学报*, 2000, 20 (1): 13-15.
- [12] 苗艳芳, 孔祥生, 李友军, 等. 脱毒甘薯增产机理及最佳氮钾配比研究 [J]. *西北农业学报*, 2000, 9 (2): 114-116.
- [13] 翁定河, 陈石品. 脱毒甘薯不同世代对生育特性及产量的影响 [J]. *杂粮作物*, 2001, 21 (1): 29-31.
- [14] 丁希泉. *农业应用回归设计* [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1986: 123-176.
- [15] 袁志发, 周静芋. *试验设计与分析* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] JOHN K S, HILL P S, NAIR G M, et al. Phosphorus and potassium deficiency symptoms in sweet potato under sand culture [J]. *Journal of Root Crops*, 2004, 30 (1): 5-9.
- [17] SHARMA R P, DAYAL T R. Harvest higher yield of sweet potato in Northwest region of India [J]. *Indian Farming*, 1997, 47 (6): 23-30.

参考文献

- [1] 阳和华, 徐秋生, 周坤炉. 高产优质杂交晚稻新组合丰源优299 [J]. *杂交水稻*, 2004, 19 (5): 70-71.
- [2] 伟成. 丰源优299水稻 [J]. *湖南农业*, 2004 (6): 9.
- [3] 邓应德, 肖层林, 刘阳梅, 等. 丰源优系列杂交组合生长后期耐冷性评价 [J]. *湖南农业科学*, 2005 (2): 7-8, 11.
- [4] 雷天问, 尹朝晖. 优质高产中熟杂交晚稻——丰源优299 [J]. *中国农技推广*, 2006 (2): 25.
- [5] 雷天问, 肖柏木, 尹朝晖, 等. 杂交晚稻新组合丰源优299的特征特性及其栽培技术 [J]. *杂交水稻*, 2005, 20 (4): 39-40.
- [6] 吴海波, 陈长金, 何国波. 杂交晚稻新组合丰源优299示范表现及高产栽培技术 [J]. *杂交水稻*, 2006, 21 (1): 51-52.
- [7] 张颜山, 邓基宣, 李伟明. 杂交晚稻新组合丰源优299优质高产制种技术 [J]. *杂交水稻*, 2005, 20 (5): 25-26.
- [8] 李胜琳. 水稻品种耐冷性及评价策略 [C]// 作物抗逆性鉴定的原理与技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1989: 167-176.
- [9] 林登豪. 野生稻人工气候箱耐冷性鉴定研究初报 [C]// 作物抗逆性鉴定的原理与技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1989: 226-236.
- [10] 段传嘉. 水稻品种抽穗开花期耐冷性研究 [C]// 作物抗逆性鉴定的原理与技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1989: 196-205.
- [11] 张旭, 林道宜, 何子儒, 等. 低温对晚稻开花结实危害指标的研究 [C]// 作物抗逆性鉴定的原理与技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1989: 117-195.