

矮生早菜豆采种田最优密度与最佳施肥参数研究

张汉卿 陈文荣 张业辉 朱靖安

(吉林农业大学)

(吉林省园艺特产局) (大安市种子公司)

摘要 本文以“吉农引快豆”矮生早菜豆为材料,采用二次通用旋转组合回归设计的方法系统地研究了矮生早菜豆采种量与密度和施肥的关系。通过田间小区试验数据,建立了种子产量函数模型,分析了种植密度、氮肥和磷肥施用量等主要农艺措施对种子产量的影响及其密度与硝酸铵施用量交互作用的效应关系,提出了矮生早菜豆采种田的密度和施肥最优组合方案,为矮生早菜豆种子生产技术规范化提供了参考依据。

关键词: 二次通用旋转组合回归设计 产量函数模型 最优密度 最佳施肥参数

矮生早菜豆是吉林省六月中下旬上市供应的重要蔬菜。近年来栽培面积有所发展。据统计,春、秋两茬的种植面积约占全省菜豆面积的51.13%,生产上由于繁种产量不稳,亩产量高的可达300公斤以上,少的不足100公斤,因而造成种子供应时余时缺。制定一套高产稳产切实可行的种子生产综合技术规范具有实际经济价值。影响矮生早菜豆种子产量的因素,除自然条件外,主要的农艺措施则是密度和施肥。本试验是在吉林省中部地区的自然条件下较全面和系统地研究了矮生早菜豆种子田种植密度、氮肥和磷肥施量对产量的综合影响,从而建立起函数模型,通过微机对产量模型进行解析,确定出各栽培因子的主次地位及其各因子间的交互作用,通过边际产量的分析确定了各因子对

种子产量的贡献,通过频次分析,求得某一产量水平下,农艺措施应配备的生产条件,建立起矮生早菜豆种子生产主要农艺措施的技术规程。

试验设计

试验采用二次通用旋转组合回归设计,品种为“吉农引快豆”,主要栽培因素为密度、氮肥和磷肥施用量,各因素的水平 and 编码见表1。

试验小区面积为 14.4m^2 ,4行区,垄宽60cm,行长5m,每垅3粒,随机排列,三次重复。试验于1988年5—8月分别在吉林农业大学蔬菜育种圃场和大安市种子分公司蔬菜繁种基地进行,两地的土壤分别为草甸土和灰

砂土，地力均匀，肥力中等。小区产量数据处理采用两地6个小区平均值。

表 1 设计水平及编码

因 素	单 位	间距	水 平				
			-r	-1	0	1	r
密度 x_1	毫/mu	500	2160	2500	3000	3500	3840
硝酸铵 x_2	kg/mu	10	0	6.8	16.8	26.8	33.6
磷酸二铵 x_3	kg/mu	5	0	3.4	8.4	13.4	16.8

试 验 结 果

(一) 产量结果：各处理产量折合亩产列于表2。

表 2 设计结构矩阵及产量结果(kg/mu)

区号	x_1	x_2	x_3	y	区号	x_1	x_2	x_3	y
1	1	1	1	201.2	11	0	r	0	198.9
2	1	1	-1	187.3	12	0	-r	0	194.2
3	1	-1	1	194.3	13	0	0	r	210.4
4	1	-1	-1	182.7	14	0	0	-r	191.9
5	-1	1	1	212.7	15	0	0	0	219.7
6	-1	1	-1	203.5	16	0	0	0	203.5
7	-1	-1	1	194.2	17	0	0	0	196.6
8	-1	-1	-1	189.6	18	0	0	0	205.8
9	r	0	0	173.3	19	0	0	0	201.2
10	-r	0	0	178.1	20	0	0	0	211.5

(二) 产量函数模型：将田间试验数据经初步整理后，使用“旋转设计试验数据的计算程序”，在APPLE—II 微机上直接运算，得以下产量回归模型：

$$y = 206.2064 - 3.1173x_1 + 3.7933x_2 + 5.1559x_3 - 2.6125x_1x_2 + 1.4625x_1x_3 + 0.8625x_2x_3 - 9.6919x_1^2 - 2.3204x_2^2 - 0.694x_3^2 \quad (1)$$

为了判断上述产量回归模型的可靠性，对回归方程作了显著性检验，其结果为：

$$\begin{aligned} D_{\text{总}} &= 334.7482 & d &+ 5 \\ D_{\text{总}} &= 2668.182 & d &+ 19 \\ D_{\text{回}} &= 2152.7208 & d &+ 9 \end{aligned}$$

$$D_{\text{剩}} = 515.4612 \quad d + 10$$

$$D_{\text{拟}} = 180.713 \quad d + 5$$

$$F_1 = 0.5398 < F_{0.05}(5,5) = 5.05$$

$$F_2 = 4.64 > F_{0.05}(9,10) = 3.02$$

通过F值检验表明：失拟平方和对误差平方和的 F_1 测验不显著，表明失拟平方和是由随机误差造成的，种子产量的二次回归模型与实际情况拟合较好，基本上可排除其它因素对该试验的影响，剩余平方和对回归平方和达到显著水平，说明密度和施肥对种子产量的影响明显，可以进一步对各项回归进行t测验，结果如下：

$$t_0 = 70.4215''$$

$$t_1 = 1.6046^{\Delta} \quad t_2 = 1.9525^{\Delta} \quad t_3 = 2.6539''$$

$$t_{1,2} = 1.0292 \quad t_{1,3} = 0.5762$$

$$t_{2,3} = 0.3398$$

$$t_{1,1} = 5.1247'' \quad t_{2,2} = 1.2269$$

$$t_{3,3} = 0.367$$

上述检验表明，三个因素的一次项在一定水平下显著。

模型的优化与解析

(一) 模型的最优解：建立的函数模型为三元二次回归方程，其约束条件为 $-1.682 \leq x_i \leq 1.682, i = 1, 2, 3$ 。可按下式求目标函数的最优解。

$$y = f(x) = f(x_1, x_2, x_3) = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i=1}^m b_{ii} x_{ii} + \sum_{i=1}^m b_{iii} x_{iii}^2 \quad (2)$$

本试验分析中 $m=3$ ，求其极值，需使各因素的一阶偏导为0，即 $\frac{dy}{dx_i} = 0 \quad (3)$

将回归系数代入公式(3)，在微机上进行运算得函数方程：

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx_1} &= 3.1173 - 19.3839x_1 - 2.6125x_2 \\ &\quad + 1.4625x_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx_2} &= 3.7933 - 2.6125x_1 - 4.6407x_2 \\ &\quad + 0.8625x_3 \\ \frac{dy}{dx_3} &= 5.1559 + 1.4625x_1 + 0.8625x_2 \\ &\quad - 1.388x_3 \end{aligned}$$

在微机上进行运算,求得最优解。

在本试验采取的密度、氮肥和磷肥施用量的范围内种子产量的最大值为: $y = 216.24$ kg/mu。获得最高产量时的各因素决策变量为:

$$\begin{aligned} x_1 &= 0.2025 \text{ (即密度为3120\text{\text{亩}}/\text{mu})} \\ x_2 &= 1.2434 \text{ (即硝酸铵为31.5kg/mu)} \\ x_3 &= 1.6818 \text{ (即磷酸二铵为16.8kg/mu)} \end{aligned}$$

由此可见,在其它条件不变的情况下,合理的调整密度和氮、磷肥施用量等主要农艺措施,可以有效的提高种子产量。

(二) 主因素分析:为进一步判断三个主要因素在形成种子产量时的作用,利用微机进行了主因素分析,获得下列正交变换标准方程:

$$y_1 = 0.9814x_1 - 0.1856x_2 + 0.0492x_3 \quad (4-1)$$

$$y_2 = 0.1721x_2 + 0.9638x_2 + 0.2039x_3 \quad (4-2)$$

$$y_3 = -0.0852x_1 - 0.1916x_2 + 0.9778x_3 \quad (4-3)$$

$$y = 206.2064 - 2.8461y_1 + 3.2464y_2 + 5.6614y_3 - 9.9845y_1^2 - 2.1545y_2^2 -$$

$$0.5673y_3^2 \quad (5)$$

根据方程(5)各因素平方项可判断出三个主要因素对种子产量的贡献大小为: x_1 (密度) $> x_2$ (硝酸铵) $> x_3$ (磷酸二铵)。

通过上述分析可以看出,吉林省中部生产矮生早菜豆种子首先要确定适宜的种植密度,配合好氮肥和磷肥的使用。

(三) 各因素对产量的效应:对产量函数模型(1)进行降维分解,即将其中两个变量的取值固定在0水平和1水平,导出另一个变量的偏回归子模型,分析单因素的作用。

$$y_1 = 206.2064 - 3.1173x_1 - 9.619x_1^2 \quad (6)$$

$$y_1 = 213.0037 - 4.2673x_1 - 9.6919x_1^2$$

$$y_2 = 206.2064 + 3.7933x_2 - 2.3204x_2^2$$

$$y_2 = 199.3215 + 2.0433x_2 - 2.3204x_2^2$$

$$y_3 = 206.2064 + 5.1559x_3 - 0.694x_3^2$$

$$y_3 = 192.2576 + 7.4809x_3 - 0.694x_3^2$$

用产量函数模型判断生产的经济效益,由各个子模型(4-1、4-2、4-3)的偏导数求出各因素的边际产量(MPP)。

$$MPP_{x_1} = \frac{dy}{dx_1} = 3.1173 - 19.3839x_1 \quad (7-1)$$

$$MPP_{x_2} = \frac{dy}{dx_2} = 3.7933 - 4.6407x_2 \quad (7-2)$$

$$MPP_{x_3} = \frac{dy}{dx_3} = 5.1559 - 1.388x_3 \quad (7-3)$$

将不同编码值代入(7-1)、(7-2)、(7-3)式中,分别求出不同水平下各因素的边际产量(表3)。

表 3 矮生早菜豆种子边际产量

因 素 \ 编 码	-r	-1	0	1	r
x_1 (密度)	35.7171	22.5012	3.1173	-16.2666	-29.4825
x_2 (硝酸铵)	11.5980	8.4340	3.7933	-0.8474	-4.0114
x_3 (磷酸二铵)	7.4902	6.5439	5.1559	3.7679	2.8216

从图示各因素的产量效应(图1,2,3)中,可以看出在一定条件下的种子产量趋势。密度因素(x_1),在每亩2100—2700\text{\text{亩}}之间,增产效果明显,边际产量高,随加大密度,产量迅速上升,超过2700\text{\text{亩}}以上,随密度增加,增产效果明显下降,边际产量逐

之间,增产效果明显,边际产量高,随加大密度,产量迅速上升,超过2700\text{\text{亩}}以上,随密度增加,增产效果明显下降,边际产量逐

渐接近于零,并向负值转变。硝酸铵施量(x_2);在亩施量为0—20kg范围内,随施量增加,产量呈明显上升趋势,而20—28.5kg产量趋于平缓增加,边际产量由零向负值转变,此时产量已达到上限,应为硝酸铵适宜施肥范围。在本试验中的磷酸二铵施用量未达产量高峰点,如在磷酸二铵施肥为16.8kg/mu的基础上再适当增施磷肥,尚有一定增产潜力。

(四)密度和施硝酸铵的配合效应:根据模型(1)对两个因素的交互作用进行分析,将施磷酸二铵因素固定于0水平,得如下子模型:

$$y_{1,2} = 206.2064 - 3.1173x_1 + 3.7933x_2 - 2.6125x_1x_2 - 9.6919x_1^2 - 2.3204x_2^2 \quad (8)$$

根据模型(8)求出不同水平的产量效应(表4)。由图示密度与硝酸铵施量的交互作用(图4)可以看出,矮生早菜豆种子产量的提高,不是某单一因素独立作用的简单累加,而呈平行的曲线关系,是在最适的密度水平附近距离逐渐加大。

表4 密度(x_1)与硝酸铵(x_2)施量交互对产量影响 (kg/mu)

$x_2 \backslash x_1$	-r	-1	0	1	r
-r	178.5	173.1	193.3	184.7	168.0
-1	173.6	190.9	200.1	189.9	171.9
0	184.1	199.6	206.2	193.4	173.6
1	189.9	203.7	207.7	192.3	170.7
r	191.2	203.8	206.0	188.8	166.0

总结与讨论

1. 以“吉农引快豆”为例的矮生早菜豆种子生产,在吉林省中部地区的栽培条件下,产量可达200kg/mu左右。

2. 从建立的产量模型优化方案来看,产量最大值可达216.24kg/mu,其主要农艺

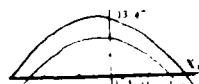


图1 x_1 (密度) 对产量的影响

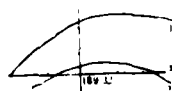


图2 x_2 (氮肥) 对产量的影响

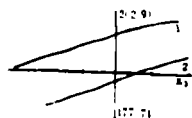


图3 x_3 (磷酸二铵) 对产量的影响

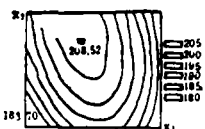


图4 密度 x_1 和氮肥 x_2 和交互作用

措施因素的决策变量为密度3129株/mu,硝酸铵施量31.5kg/mu,磷酸二铵施量16.8kg/mu。

3. 本试验研究的农艺措施中,各因素对产量的贡献序次为密度>硝酸铵施量>磷酸二铵施量。其中磷酸二铵施量未达到峰值,适当增加磷肥施量,还能有一定的增产潜力。

4. 种植密度与氮肥施量之间有一定的交互作用。(收稿时间1991年3月12日)

欢迎订阅《国外农学—果树》

《国外农学—果树》主要介绍国外果树科学技术的新进展、研究报告、发展趋势及有关的基础理论和实验方法。树种包括落叶果树(苹果、梨、桃、葡萄等)和常绿果树(柑桔、荔枝等)及西、甜瓜。适合我国果树科研、生产和行政管理人员参考。本刊为季刊,季中月25日出版。代号36—41。定价0.80元,全年3.20元。全国各地邮局(所)均可订阅。如从邮局漏订者,也可直接汇款编辑部订购。本刊地址:河南省郑州市中国农科院郑州果树研究所编辑邮编(450004)。