

## 二次正交旋转设计优化黔东南红蒜栽培方式研究

黄胜先<sup>1</sup>, 侯彪<sup>1</sup>, 张鼎州<sup>1</sup>, 李佳林<sup>1</sup>, 杨光星<sup>2</sup>, 王正文<sup>1</sup>

(1. 贵州省黔东南州农业科学院, 贵州 凯里 556000; 2. 贵州省凯里市农业局, 贵州 凯里 556000)

**摘要:**以黔东南红蒜为试材,应用二次通用旋转设计方法,对黔东南红蒜种植密度及肥料配方等进行了优化,以探索其高产栽培技术措施。结果表明:红蒜高产栽培技术的种植密度为 28 636.82~30 493.19 株/667m<sup>2</sup>,株行距为 10.30 cm×20 cm;施 N 量为 20.99~23.96 kg/667m<sup>2</sup>,施 P 量为 21.32~24.98 kg/667m<sup>2</sup>,施 K 量为 23.83~27.32 kg/667m<sup>2</sup>;各因素对产量影响大小依次为施 N 量>种植密度>施 P 量>施 K 量。

**关键词:**红蒜;二次正交旋转设计;栽培方式;肥料

**中图分类号:**S 633.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)10-0013-03

黔东南红蒜是贵州省的名优蔬菜之一,具有头大瓣齐,色红皮薄,粘辣郁香和营养丰富等特点。但近年来,黔东南红蒜生产中存在一些问题,如蒜头变小,蒜头及蒜薹品质下降,产量降低。造成这些问题的主要原因是栽培技术不合理、选留种等问题使品种退化。徐祥文等<sup>[1]</sup>研究表明,大蒜种植密度与蒜头直径、单株蒜头重呈显著的负相关,并指出合理种植密度为 2.5 万株/667m<sup>2</sup>;王德贤等<sup>[2]</sup>研究指出,大蒜种植密度为 62.5 万株/hm<sup>2</sup>时蒜薹、蒜头产量最高;李启印等<sup>[3]</sup>试验表明,大蒜种植株行距为 13.3 cm×21.7 cm,双行错窝种植,加盖地膜的处理产量最高;李景明等<sup>[4]</sup>指出,大蒜种植密度为 3.5 万~5.5 万株/667m<sup>2</sup>时产量较高;雷鸣等<sup>[5]</sup>研究表明,每产生 1 000 kg 蒜头,需吸收氮 4.5~5.0 kg,磷 1.1~1.3 kg,钾 4.1~4.7 kg;张久远等<sup>[6]</sup>推选出 667 m<sup>2</sup>地块需施腐熟廐肥 2 500~3 000 kg,磷肥 50~80 kg,钾肥(硫酸钾) 20~30 kg 或复合肥 80 kg,可以提高大蒜蒜头的产量。该试验结合已有研究成果,应用二次通用旋转设计方法,对黔东南红蒜种植密度及肥料配方等进行了优化,以探索黔东南红蒜高产栽培技术措施。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于黔东南州凯里市舟溪镇平中村,海拔 700 m,年平均气温 16.1℃,全年无霜期 282 d,年平均日照为 1 255 h,年降雨量在 1 140~1 290 mm,沙壤土,肥

力中等,前作为四季豆。经检测土样重金属不超标,已建立为凯里市无公害蔬菜基地之一。

### 1.2 试验材料

供试材料为黔东南红蒜。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 试验设计** 试验依照四因子二次正交旋转回归组合设计实施方案进行,选取种植密度(X<sub>1</sub>)、施 N 量(X<sub>2</sub>)、施 P 量(X<sub>3</sub>)、施 K 量(X<sub>4</sub>)为变量进行水平编码,按 4 因素 5 水平实施共设 31 个小区,试验小区面积为 4.32 m<sup>2</sup> (2.4 m×1.8 m),小区与小区间留沟宽 40 cm,沟深 30 cm,保护行、重复间留走道宽 50 cm,深 40 cm。因素及水平编码见表 1。

表 1 大蒜丰产栽培试验因子及编码

Table 1 Testing factor levels and coding numerical of garlic cultivation test

水平 编码 Level coding	667 m <sup>2</sup> 种植密度(X <sub>1</sub> ) Planting density		667 m <sup>2</sup> 施 N 量(X <sub>2</sub> )	667 m <sup>2</sup> 施 P 量(X <sub>3</sub> )	667 m <sup>2</sup> 施 K 量(X <sub>4</sub> )
	株数 Individual plant	株行距 Planting distance	N application	P application	K application
	/株	/cm×cm	/kg	/kg	/kg
+2	40 761	8×20	10	10	10
+1	33 350	10×20	20	20	20
0	27 792	12×20	30	30	30
-1	22 233	14×20	40	40	40
-2	20 381	16×20	50	50	50

注:施 N 量指尿素;施 P 量指过磷酸钙;施 K 量指硫酸钾。

Note: N refers to the amount of urea; P refers to the amount of calcium superphosphate; K refers to the amount of potassium sulfate.

**1.3.2 栽培及管理技术** 9 月 10 日整地并施入基肥,喷洒除草剂,施基(农家肥)肥量为 2 000 kg/667m<sup>2</sup>,9 月 20 日采用蒜瓣直播,蒜瓣的选择应以蒜头圆正、大而无损伤的蒜头为宜,10 月 26 日当苗出土 3~6 cm 时追肥 1 次,在 11 月 15 日越冬前再施 1 次肥,4 月 11 日中耕除

**第一作者简介:**黄胜先(1984-),男,硕士,助理农艺师,现主要从事果蔬研究和推广等工作。E-mail:huangsx1984@163.com.

**责任作者:**王正文(1965-),男,本科,农艺师,现主要从事果蔬研究和推广等工作。

**收稿日期:**2014-01-20

草结合浇施清粪水,在第2年大蒜植株生长旺盛期再施1次重肥。

#### 1.4 数据分析

采用 Excel 和 DPS 软件对数据进行分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 产量与因素间回归方程式建立

根据各处理的实际产量结果(表2),应用正交回归旋转组合设计的原理和方法进行统计分析,得出蒜薹产量( $Y_1$ )、蒜头( $Y_2$ )、总产量( $Y$ )与各因素( $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ )间的回归方程式为:

$$Y_1 = 195.48833 + 2.55625X_1 + 4.35292X_2 + 0.88458X_3 + 4.46875X_4 - 1.83948X_1^2 - 7.09198X_2^2 + 0.13552X_3^2 - 0.44448X_4^2 - 2.42188X_1X_2 -$$

$$0.13937X_1X_3 + 3.58438X_1X_4 + 6.01313X_2X_3 - 3.12813X_2X_4 + 1.22188X_3X_4;$$

$$Y_2 = 383.48667 + 5.01667X_1 + 8.53917X_2 + 1.73417X_3 + 8.76833X_4 - 3.60875X_1^2 - 13.91250X_2^2 + 0.26500X_3^2 - 0.87250X_4^2 - 4.75125X_1X_2 - 0.27375X_1X_3 + 7.03250X_1X_4 + 11.79625X_2X_3 - 6.13750X_2X_4 + 2.39250X_3X_4;$$

$$Y = 578.97333 + 7.57333X_1 + 12.89167X_2 + 2.61833X_3 + 13.23833X_4 - 5.44937X_1^2 - 21.00312X_2^2 + 0.40062X_3^2 - 1.31687X_4^2 - 7.17375X_1X_2 - 0.41250X_1X_3 + 10.61750X_1X_4 + 17.80875X_2X_3 - 9.26625X_2X_4 + 3.61500X_3X_4。$$

表2

试验因素水平结构矩阵及产量结果

Table 2

Test result of factor level structure matrix and yield

试验编号 Disposal No.	因素水平 Factor coding numerical				667 m <sup>2</sup> 蒜薹产量 Young garlic shoot of yield/kg	667 m <sup>2</sup> 蒜头产量 Garlic bulb of yield/kg	667 m <sup>2</sup> 合计产量 Total production /kg	试验编号 Disposal no.	因素水平 Factor coding numerical				667 m <sup>2</sup> 蒜薹产量 Young garlic shoot of yield/kg	667 m <sup>2</sup> 蒜头产量 Garlic bulb of yield/kg	667 m <sup>2</sup> 合计产量 Total production /kg
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$					$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$			
1	+1	+1	+1	+1	221.56	434.63	656.19	19	0	+2	0	0	150.50	295.24	445.74
2	+1	+1	+1	-1	186.21	365.29	551.50	20	0	-2	0	0	172.25	337.89	510.14
3	+1	+1	-1	+1	171.01	335.48	506.49	21	0	0	+2	0	188.12	369.03	557.15
4	+1	+1	-1	-1	195.66	383.82	579.48	22	0	0	-2	0	192.45	377.52	569.96
5	+1	-1	+1	+1	188.02	368.84	556.87	23	0	0	0	+2	183.63	360.22	543.84
6	+1	-1	+1	-1	175.68	344.62	520.30	24	0	0	0	-2	192.30	377.23	569.53
7	+1	-1	-1	+1	225.11	441.60	666.71	25	0	0	0	0	192.35	377.33	569.68
8	+1	-1	-1	-1	174.52	342.35	516.87	26	0	0	0	0	194.04	380.65	574.69
9	-1	+1	+1	+1	197.62	387.66	585.28	27	0	0	0	0	189.40	371.55	560.95
10	-1	+1	+1	-1	193.53	379.65	573.18	28	0	0	0	0	192.71	378.04	570.75
11	-1	+1	-1	+1	191.50	375.67	567.17	29	0	0	0	0	191.96	376.57	568.53
12	-1	+1	-1	-1	186.36	365.57	551.93	30	0	0	0	0	197.91	388.23	586.13
13	-1	-1	+1	+1	179.79	352.68	532.47	31	0	0	0	0	204.07	400.32	604.38
14	-1	-1	+1	-1	176.84	346.90	523.74	32	0	0	0	0	194.04	380.65	574.69
15	-1	-1	-1	+1	183.31	359.60	542.91	33	0	0	0	0	193.32	379.22	572.54
16	-1	-1	-1	-1	179.21	351.54	530.75	34	0	0	0	0	207.35	406.76	614.11
17	+2	0	0	0	179.45	352.02	531.46	35	0	0	0	0	194.72	381.97	576.69
18	-2	0	0	0	185.32	363.54	548.85	36	0	0	0	0	193.99	380.55	574.54

#### 2.2 总产量回归方程分析检验

表3为对所得各项回归系数进行显著性检验, $F_{\text{回归}}=2.40916$ , $F_{\text{失拟}}=7.81978$ 。分析出施N量一次项、施K量一次项、施N量二次项、施N量与施P量交互项达到 $\alpha=0.10$ 的显著性水平,其余各项均未达到显著性水平,剔除不显著项,简化后的回归方程为:

$$Y = 578.97333 + 12.89167X_2 + 13.23833X_4 - 21.00312X_2^2 + 17.80875X_2X_3。$$

采用降维法对因素与产量之间的效应分析,将其余的各因素固定于零水平,可得出单因素变化与产量的关系方程式:

$$Y_{(\text{种植密度})} = 578.97333 + 7.57333X_1 - 5.44937X_1^2$$

$$(X_2 = X_3 = X_4 = 0);$$

$$Y_{(\text{施N量})} = 578.97333 + 12.89167X_2 - 21.00312X_2^2$$

$$(X_1 = X_3 = X_4 = 0);$$

$$Y_{(\text{施P量})} = 578.97333 + 2.61833X_3 + 0.40062X_3^2$$

$$(X_1 = X_2 = X_4 = 0);$$

$$Y_{(\text{施K量})} = 578.97333 + 13.23833X_4 - 1.31687X_4^2$$

$$(X_1 = X_2 = X_3 = 0)。$$

以各因素水平对红蒜的产量作函数曲线图,由图1显示,施P、K肥随函数增加呈直线上升,种植密度和施N肥呈抛物线增长,即施P、K肥增加用量可提高产量,而在适量范围增加种植密度、氮肥量有一定程度的增产效果,但超过某一范围后,则产量有下降趋势。各因素对产量影响程度依次为施N量>种植密度>施P量>施K量。

#### 2.3 红蒜优化黔东南红蒜栽培方式

单因素效应分析(其它因素为零水平),红蒜获得较高

表 3 试验结果方差分析

Table 3 The test outcome analysis of variance

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
Source of variation	Square sum	df	Mean square	Variance	P value
X <sub>1</sub>	1 376.5290	1	1 376.5290	1.3595	0.2567
X <sub>2</sub>	3 988.6816	1	3 988.6816	3.9394	0.0604
X <sub>3</sub>	164.5361	1	164.5361	0.1625	0.6909
X <sub>4</sub>	4 206.0832	1	4 206.0832	4.1541	0.0543
回归 Regression	34 150.0790	14	2 439.2914	F <sub>2</sub> =2.40916	0.0334
剩余 Residual	21 262.6811	21	1 012.5086		
失拟 Lost fitting	18 640.5364	10	1 864.0536	F <sub>1</sub> =7.81978	0.0011
误差 Error	2 622.1447	11	238.3768		

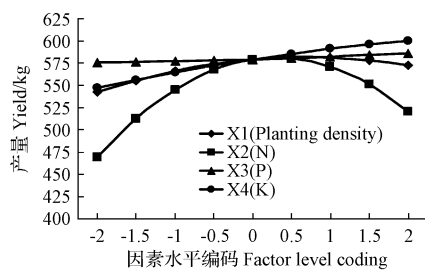


图 1 各因素对红蒜产量函数曲线

Fig. 1 The various factors function curve of the red garlic yield  
产量各个因素水平为:  $X_1=0.5$ ,  $X_2=0.5$ ,  $X_3=+2$ ,  $X_4=+2$ , 即种植密度为 30 571 株/667m<sup>2</sup>, 施 N 量为 25 kg/667m<sup>2</sup>, 施 P 量为 10 kg/667m<sup>2</sup>, 施 K 量为 10 kg/667m<sup>2</sup>。经回归方程进行极值分析和矫正, 获得最高产量各个因素组合为:  $X_1=2$ ,  $X_2=-1$ ,  $X_3=-2$ ,  $X_4=+2$ , 即种植密度为 40 761 株/667m<sup>2</sup>, 施 N 量为 40 kg/667m<sup>2</sup>, 施 P 量为 50 kg/667m<sup>2</sup>, 施 K 量为 10 kg/667m<sup>2</sup>, 在这组合条件下获得最高产量为 675.87 kg/667m<sup>2</sup>。为实际指导红蒜的栽培, 经各个因子频率分析, 产量大于 560.73 kg/667m<sup>2</sup> 以上各编码因素的 95% 的分布区间分别为  $0.152 \leq X_1 \leq 0.486$ ,  $0.099 \leq X_2 \leq 0.396$ ,  $0.112 \leq X_3 \leq 0.498$ ,  $0.383 \leq X_4 \leq 0.732$ , 因此红蒜优化栽培方式为: 种植密度为 28 636.82~30 493.19 株/667m<sup>2</sup> (株行距为 (10.30~11)cm×20 cm), 株距施 N 量为 20.99~23.96 kg/667m<sup>2</sup>,

施 P 量为 21.32~24.98 kg/667m<sup>2</sup>, 施 K 量为 23.83~27.32 kg/667m<sup>2</sup>。

### 3 结论与讨论

回归设计将回归分析法与正交试验法的优点有机地结合起来, 减少了试验点, 简化了求回归系数的计算<sup>[7]</sup>, 因此该试验通过二次正交旋转设计方案, 对试验统计分析。该试验结果表明, 红蒜高产栽培技术种植密度为 28 636.82~30 493.19 株/667m<sup>2</sup>, 株行距为 10.30 cm×20 cm, 株施 N 量为 20.99~23.96 kg/667m<sup>2</sup>, 施 P 量为 21.32~24.98 kg/667m<sup>2</sup>, 施 K 量为 23.83~27.32 kg/667m<sup>2</sup>, 各因素对产量影响大小依次为施 N 量>种植密度>施 P 量>施 K 量。该试验因品种、环境因子、土壤肥力等原因, 与李启印等<sup>[3]</sup>、雷鸣等<sup>[5]</sup>、张久远等<sup>[6]</sup>研究存在一定的差异。在种植过程中要做好田间管理, 出苗前管理要注意松土, 促进发根出苗, 田间不能积水, 及时中耕除草, 幼苗出齐后立即浇出苗水, 幼苗后期, 叶片出现尖黄现象, 追施硫酸铵或硝酸铵, 在蒜薹生长期 5~6 d 浇 1 次水, 每浇 2 次水追 1 次肥, 追肥 1~2 次, 蒜薹采收前 5 d, 停止浇水, 注意及时采收, 大蒜发生的病虫害较轻, 一般主要注意防治叶枯病、蚜虫、缺素和蒜蛆等。

### 参考文献

- [1] 徐祥文, 周香芝, 宫钦涛, 等. 脱毒大蒜密度试验研究[J]. 农业科技通讯, 2011(7): 32-34.
- [2] 王德贤, 蔡建民, 蒲建刚, 等. 天水市薹蒜兼用型大蒜密度试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2011(12): 25-26.
- [3] 李启印, 吴文庆, 周越, 等. 大蒜不同种植密度研究[J]. 农技服务, 2013(1): 16, 18.
- [4] 李景明, 杨军, 陈家秀. 薹用大蒜密度试验[J]. 当代蔬菜, 2006(4): 36-37.
- [5] 雷鸣, 魏向东, 唐国昌. 大蒜肥料配方的设计与施用[J]. 化工设计通讯, 2009(3): 57.
- [6] 张久远, 吴庆桃, 韦卫国. 麻江红蒜稻田免耕覆盖栽培技术[J]. 耕作与栽培, 2008(3): 22-24.
- [7] 莫美华, 庞雄飞. 二次正交旋转回归设计在小菜蛾饲料配方筛选中的应用[J]. 生态学报, 2007, 7(27): 2935-2961.

## Research on Optimal Cultivation Pattern of Southeast Guizhou Red Garlic by Quadratic Orthogonal Rotation Combination Design

HUANG Sheng-xian<sup>1</sup>, Hou Biao<sup>1</sup>, ZHANG Ding-zhou<sup>1</sup>, LI Jia-lin<sup>1</sup>, YANG Guang-xing<sup>2</sup>, WANG Zheng-wen<sup>1</sup>

(1. South East Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Kaili, Guizhou 556000; 2. Kaili Agricultural Bureau, Kaili, Guizhou 556000)

**Abstract:** Taking southeast Guizhou red garlic as material, through quadratic-orthogonal-rotation-combination design, planting density and fertilizer formular of Southeast Guizhou garlic were optimized, high yield cultivation pattern was discussed. The results showed that, high yield cultivation techniques of red garlic planting density was 28 636.82~30 493.19 strains per 667m<sup>2</sup>, spacing in the rows and spacing between rows was 10.30 cm×20 cm; N application amount was 20.99~23.96 kg/667m<sup>2</sup>, P application amount was 21.32~24.98 kg/667m<sup>2</sup>, K application amount was 23.83~27.32 kg/667m<sup>2</sup>; various factors on the yield was in the order of N>planting density>P>K.

**Key words:** red garlic; quadratic-orthogonal-rotation-combination design; cultivation pattern; fertilizer