

## 花生间作大豆条件下氮磷钾肥配施效应的研究

韩 猛<sup>1</sup>, 韩新生<sup>2</sup>, 王 靖<sup>2</sup>, 姜德锋<sup>1</sup>

(1. 青岛农业大学 农学与植物保护学院, 山东 青岛 266109; 2. 青岛市种子站, 山东 青岛 266071)

**摘 要:**采用“3414”试验设计, 探索花生间作大豆条件下氮磷钾配施效应, 经过肥料效应函数拟合, 研究了氮磷钾肥不同比例配合施用对花生、大豆产量的影响。结果表明: 花生各施肥处理较不施肥处理增产 21.48% ~ 45.84%, 大豆增产 23.67% ~ 63.32%, 综合肥料效应函数分析表明花生间作大豆高产推荐施肥量 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) 为: N 166.39、 $\text{P}_2\text{O}_5$  224.91、 $\text{K}_2\text{O}$  125.45, 即 N:  $\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\text{K}_2\text{O}$  = 1.33: 1.79: 1。

**关键词:**花生; 大豆; 间作; 产量; 肥料效应函数

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2010)04-0666-03

## Effect of N, P and K Combined Application on Yield of Peanut Intercropping Soybean

HAN Meng<sup>1</sup>, HAN Xin-sheng<sup>2</sup>, WANG Jing<sup>2</sup>, JIANG De-feng<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109; 2. Qingdao Seed Station, Qingdao 266071, Shandong, China)

**Abstract:** “3414” fertilizer experiment design was adopted to investigate the optimum ratio of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on yield of peanut intercropping soybean. Results showed the yield of peanut and soybean could be improved by 21.48% ~ 45.84% and 23.67% ~ 63.32% under different fertilizer combination, and the dosage of 166.39, 224.91, 125.45  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  for N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  (N:  $\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\text{K}_2\text{O}$  = 1.33: 1.79: 1) was the optimum fertilizer combination for yield of peanut intercropping soybean.

**Key words:** Peanut; Soybean; Intercrop; Yield; Fertilizer effect function

花生间作大豆是充分利用花生茎间隙的土、肥、水、气、热等条件, 收获一茬大豆, 研究花生间作大豆条件下的施肥效应对实现增产与增收具有重要意义。在氮磷钾肥配施对花生产量影响方面已经有所报道。崔贤等<sup>[1]</sup>提出花生最佳施肥量为每公顷施氮(N)、磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )、钾( $\text{K}_2\text{O}$ )量分别为180、90、150 kg, 戴树荣<sup>[2]</sup>认为花生获得最高产量的施肥量 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) 为 N 123.84、 $\text{P}_2\text{O}_5$  63.96、 $\text{K}_2\text{O}$  197.56。许海涛等<sup>[3]</sup>在氮磷钾优化施肥对高蛋白大豆籽粒及蛋白质产量的影响中指出高蛋白大豆籽粒产量和蛋白质产量优化配比的氮磷钾量 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) 是 N 150、 $\text{P}_2\text{O}_5$  90、 $\text{K}_2\text{O}$  75。张忠学等<sup>[4]</sup>在较干旱条件下, 经单因素分析得到最高产量对应的最优施肥量为氮肥 73  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷肥 96  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、钾肥 72  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。华利民<sup>[5]</sup>指出施 N 60  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  75 ~ 120  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  70 ~ 90  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 可以使单位面积上大豆的产量和效益取得显著效果, 达到增产增收的目的。但相关研究都

是在花生、大豆单作情况下进行的, 目前在花生间作大豆条件下氮磷钾肥配施的研究报道较少。

“3414”试验设计是目前国内外应用较为广泛的肥料效应田间试验方案, 该方案吸收了回归最优设计处理少、效率高的优点, 又符合肥料试验和施肥决策的专业要求<sup>[6]</sup>, 可配置3类7种肥料效应函数, 为研究者提供多种施肥信息<sup>[7]</sup>, 为合理施肥提供理论依据。试验通过“3414”试验设计, 研究氮磷钾不同配比施用对花生间作大豆条件下产量的影响, 旨在为大豆高产高效栽培提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试氮肥为尿素(山东华鲁恒升化工股份有限公司), 含N量为46%; 磷肥为过磷酸钙(湖北国华化工有限公司),  $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量为12%; 钾肥为硫酸钾(中化牌),  $\text{K}_2\text{O}$ 含量为50%。花生品种为鲁花11, 大豆品种为铁丰29。

收稿日期: 2010-05-08

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD21B04)。

第一作者简介: 韩猛(1985-), 男, 在读硕士, 研究方向为作物种植制度与植物营养。

通讯作者: 姜德锋, 教授, 硕士生导师。E-mail: dfjiang0535@163.com。

1.2 试验设计

试验于 2007 ~ 2009 年在烟台莱阳谭格庄试验田进行。供试土壤为砂壤土,耕层土壤碱解氮 42.54 mg · kg<sup>-1</sup>,速效磷 23.23 mg · kg<sup>-1</sup>,速效钾 31.50 mg · kg<sup>-1</sup>,有机质含量 9.80 g · kg<sup>-1</sup>,pH 为 6.93。种植模式为花生间作大豆,试验小区面积为 2.8 m × 12 m = 33.6 m<sup>2</sup>,共 14 个处理,3 次重复,随机区组排列。小区具体规格为:种植带宽 140 cm,花生垄宽 90 cm,垄上行距 30 cm,间作方式为 2 行花生间作 1 行大豆,花生前茬作物为菠菜,大豆前

茬作物为小麦。采用“3414”最优回归设计,设氮、磷和钾 3 个因素,4 个水平(0 水平指不施肥,2 水平施肥量为:N 180 kg · hm<sup>-2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>180 kg · hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg · hm<sup>-2</sup>,1 水平 = 2 水平 × 0.5,3 水平 = 2 水平 × 1.5),14 个处理,花生于 4 月 27 日播种,种植密度为 90 000 穴 · hm<sup>-2</sup>,大豆于 6 月 13 日播种,种植密度为 76 500 株 · hm<sup>-2</sup>。1/2 氮磷钾肥种植花生基施,另 1/2 氮磷钾肥种植大豆作基肥。收获时每小区分别取 3 m<sup>2</sup> 测产。试验方案及各施肥水平施肥量见表 1。

表 1 田间试验设计与施肥水平及施肥量  
Table 1 Scheme of “3414” fertilizer experiment design

处理 Treatments	肥料组合 Fertilizer combinations	施肥水平 Fertilization levels			肥料用量 Fertilization amount/kg · hm <sup>-2</sup>		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	N0P0K0	0	0	0	0	0	0
2	N0P2K2	0	2	2	0	180	120
3	N1P2K2	1	2	2	90	180	120
4	N2P0K2	2	0	2	180	0	120
5	N2P1K2	2	1	2	180	90	120
6	N2P2K2	2	2	2	180	180	120
7	N2P3K2	2	3	2	180	270	120
8	N2P2K0	2	2	0	180	180	0
9	N2P2K1	2	2	1	180	180	60
10	N2P2K3	2	2	3	180	180	180
11	N3P2K2	3	2	2	270	180	120
12	N1P1K2	1	1	2	90	90	120
13	N1P2K1	1	2	1	90	180	60
14	N2P1K1	2	1	1	180	90	60

1.3 数据分析

试验采用二次抛物线模型,三元肥料配合施用对产量的影响采用拟合方程  $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_1^2 + b_3X_2 + b_4X_2^2 + b_5X_3 + b_6X_3^2 + b_7X_1X_2 + b_8X_1X_3 + b_9X_2X_3$  描述<sup>[8]</sup>。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理下花生和大豆产量

由表 2 可以看出,不施肥处理大豆产量最低,为 1 192.84 kg · hm<sup>-2</sup>,处理 6 产量显著高于其它处理,为 1 948.16 kg · hm<sup>-2</sup>,比不施肥处理增产 63.32%,增产幅度为 23.67% ~ 63.32%。处理 3、6 之间大豆产量差异不显著,但极显著高于其它处理。处理 2、3、6 和 11 在氮肥施用量依次增加磷钾肥用量相同的情况下,大豆产量表现为先增加后降低的趋势,且单位数量氮肥投入的产量增加幅度降低,氮肥(N)用量从 0 增至 90.00 kg · hm<sup>-2</sup>,每公顷产量增加 377.98 kg,继续增施 90.00 kg N,则每公顷只能增产 23.67 kg,再增加 90.00 kg N 投入量,每公顷产量反而降低 210.81 kg。从处理 4、5、6 和 7 可以看出随着磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)施用量的增加,产量由

最初的 1 475.24 kg · hm<sup>-2</sup> 增至最大值 1 948.16 kg · hm<sup>-2</sup>后又降低为 1 883.80 kg · hm<sup>-2</sup>。比较处理 6、8、9 和 10 可知,随着施钾(K<sub>2</sub>O)量的增加,大豆产量呈先增加后降低的趋势。同时可以看出氮磷钾肥边际效益递减速率不同,这可能是由不同肥料在土壤中的肥料特性不同以及大豆对不同肥料吸收比例不同造成的。不施肥处理 1 花生产量最低,显著低于其它处理,为 3 136.03 kg · hm<sup>-2</sup>,处理 3、6、7 产量极显著高于其它处理,处理 6 产量最高,为 4 573.56 kg · hm<sup>-2</sup>,比不施肥处理增产 45.84%,增产幅度为 21.48% ~ 45.84%。

2.2 氮磷钾肥配施对大豆产量的三元效应

将所有处理大豆施肥、产量拟合可得氮磷钾三元肥料效应函数,拟合方程式为:  $Y = 1181.79 + 3.19X_1 + 1.59X_2 + 4.90X_3 - 0.0142X_1^2 - 0.0091X_2^2 - 0.0313X_3^2 + 0.0068X_1X_2 + 0.0010X_1X_3 + 0.0112X_2X_3$  ( $R = 0.983^{**}$ ,  $F = 13.13^{**}$ )。

根据方程可知,氮磷钾肥三元配合施用对大豆产量表现为正交互作用。据回归方程可求得 X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub> 和 X<sub>3</sub> 值分别为 170.71、227.34 和 121.48 kg · hm<sup>-2</sup>时,获得大豆最高产量 1 932.86 kg · hm<sup>-2</sup>。

表2 不同氮磷钾施肥量对花生和大豆的产量影响  
Table 2 Peanut and soybean yield of different dosage of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O combined application

处理 Treatments	肥料组合 Fertilizer combinations	大豆产量 Yield of soybean /kg · hm <sup>-2</sup>	花生产量 Yield of peanut /kg · hm <sup>-2</sup>
1	N0P0K0	1192.84Jl	3136.03Ik
2	N0P2K2	1546.51Gi	4186.11Gh
3	N1P2K2	1924.49Ab	4558.52Aab
4	N2P0K2	1475.24Ik	3809.56Hj
5	N2P1K2	1743.00CDde	4403.14Cd
6	N2P2K2	1948.16Aa	4573.56Aa
7	N2P3K2	1883.80Bc	4553.33Ab
8	N2P2K0	1511.18Hj	4160.61Gi
9	N2P2K1	1871.26Bc	4459.40Bc
10	N2P2K3	1757.41Cd	4414.09Cd
11	N3P2K2	1737.35CDef	4361.17De
12	N1P1K2	1703.01EFg	4259.35Ef
13	N1P2K1	1720.66DEfg	4267.24Ef
14	N2P1K1	1683.62Fh	4216.15Fg

多重比较采用 LSD 法,小写和大写字母分别表示达到 5% 显著和 1% 极显著水平。

Lowercase and capital letters indicate significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

### 2.3 氮磷钾肥配施对花生产量的三元效应

将所有处理花生施肥、产量拟合可得氮磷钾三元肥料效应函数,拟合方程式为:  $Y = 3124.19 + 5.43X_1 + 4.54X_2 + 8.10X_3 - 0.0154X_1^2 - 0.0154X_2^2 - 0.0299X_3^2 + 0.0067X_1X_2 - 0.0151X_1X_3 + 0.0094X_2X_3$  ( $R = 0.994^{**}$ ,  $F = 39.93^{**}$ )

根据方程可知,氮磷钾肥三元配合施用,氮磷和磷钾肥对花生产量表现为正交互作用,氮钾肥表现为负交互作用。据回归方程可求得  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  值分别为 162.07、222.48 和 129.41 kg · hm<sup>-2</sup> 时,获得氮磷钾肥配施时供试花生最高产量 4 593.48 kg · hm<sup>-2</sup>。

## 3 结论与讨论

田间试验结果表明:施肥能显著提高大豆产量,处理 6 产量最高,为 1 948.16 kg · hm<sup>-2</sup>,增产 63.32%,增产幅度为 23.67% ~ 63.32%。不施肥处理的花生产量最低,显著低于其它处理,处理 6 产量最高,为 4 573.56 kg · hm<sup>-2</sup>,施肥增产幅度为 21.48% ~ 45.84%。

对肥料效应函数的分析表明,肥料效应函数  $F$  检验均达到了极显著水平,相关系数  $R$  均达到了极显著水平,说明测试因子之间存在明显的函数关系,氮磷钾肥施用的肥料效应函数拟合性较好,可以为施肥提供依据。

为获得大豆最高产量,三元二次肥料效应模型拟合推荐施肥量为 (kg · hm<sup>-2</sup>): N 170.71、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 227.34、K<sub>2</sub>O 121.48。此结果与许海涛等<sup>[3]</sup>的氮磷

钾优化施肥对高蛋白大豆籽粒产量和蛋白质产量优化配比的氮磷钾用量不同,可能是由于试验种植模式不同以及土壤和地区生态条件不同造成的。由三元二次肥料效应函数可得花生的推荐施肥量为 (kg · hm<sup>-2</sup>): N 162.07、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 222.48 和 K<sub>2</sub>O 129.41。综合函数计算结果可得花生间作大豆推荐施肥量为 (kg · hm<sup>-2</sup>): N 166.39、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 224.91、K<sub>2</sub>O 125.45,即 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1.33 : 1.79 : 1。

试验推荐施肥量及施肥比例是在莱阳市的土壤及生态条件下的试验结果,对当地施肥具有一定的参考价值,如果在不同地区施肥,应根据当地的土壤水肥条件、施肥时期、作物需肥特性等因素进行适当调整。

## 参考文献

- [1] 崔贤,王洪丹,邱洪湘,等.花生配方施肥技术肥料效应试验研究[J].花生学报,2008,37(3):33-36. (Cui X, Wang H D, Qiu H X, et al. Effects of compounding application of fertilizer on peanut[J]. Journal of Peanut Science, 2008, 37(3): 33-36.)
- [2] 戴树荣.覆膜花生氮、磷、钾适宜施用量研究[J].福建农业科技,2004(1):31-32. (Dai S R. Optimum Ratio of nitrogen, phosphorus and potassium on plastic-film covering peanut[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2004(1): 31-32.)
- [3] 许海涛,王友华,许波,等.氮磷钾优化施肥对高蛋白大豆籽粒及蛋白质产量的影响[J].土壤通报,2008,39(1):195-196. (Xu H T, Wang Y H, Xu B, et al. Effects of optimum N, P and K combination fertilization on grain yield and grain protein of a high protein content soybean[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(1): 195-196.)
- [4] 张忠学,魏永霞,王贵作,等.氮磷钾配施对黑龙江西部半干旱地区大豆产量及效益的影响研究[J].农业系统科学与综合研究,2005,21(2):146-148. (Zhang Z X, Wei Y X, Wang G Z, et al. Study on the influence of soybeans' output and benefit by different matching of nitrogen phosphorus and potassium in west semiarid of Heilongjiang[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2005, 21(2): 146-148.)
- [5] 华利民.氮、磷、钾肥配方施用对大豆产量及经济效益的影响[J].杂粮作物,2003,23(3):174-175. (Hua L M. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer combined application on the yield and economic benefits of soybean[J]. Rain Fed Crops, 2003, 23(3): 174-175.)
- [6] 王兴仁,张福锁,杨靖一,等.现代肥料试验设计[M].北京:中国农业出版社,1996:93-95. (Wang X R, Zhang F S, Yang J Y, et al. Contemporary Fertilizer Experiment Design[M]. Beijing: Agricultural Press, 1996: 93-95.)
- [7] 朱涛,张中原,李金凤,等.应用二次回归肥料试验“3414”设计配置多种肥料效应函数功能的研究[J].沈阳农业大学学报,2004,35(3):211-215. (Zhu T, Zhang Z Y, Li J F, et al. Study on the multivariate fertilizer effect function using dual regression “3414” fertilizer experiment design[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2004, 35(3): 211-215.)
- [8] 谭金芳,张自立,邱惠珍,等.作物施肥原理与技术[M].北京:中国农业出版社,2003:93-103. (Tan J F, Zhang Z L, Qiu H Z, et al. Crop fertilization theory and technology[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003: 93-103.)