

不同氮磷钾肥施用量对油菜产量的影响

文雁成¹, 张书芬¹, 王友华², 程 辉², 王建平¹, 朱家成¹, 曹金华¹, 赵 磊¹

(1. 河南省农业科学院 经济作物研究所, 河南 郑州 450002;

2. 信阳市农业科学研究所, 河南 信阳 464000)

摘要: 利用正交旋转设计, 研究了氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥施用量对油菜产量的影响, 建立了数学模型: $Y = 45.9414 + 55.3589X_1 + 2.1064X_2 - 5.7162X_3 - 18.7126X_1^2 + 11.7182X_2^2 + 13.5754X_3^2 - 4.8817X_1X_2 - 8.4594X_1X_3 - 9.6438X_2X_3$ 。其中氮肥与产量的一次回归系数 b_1 (55.3589)、磷肥与产量的一次回归系数 b_2 (2.1064)、磷肥与产量的二次回归系数 b_{22} (11.7182) 达到显著水平, 氮肥磷肥交互与产量的回归系数 b_{12} (-4.8817) 达到极显著水平, 说明在决定油菜产量的施肥水平中, 磷肥施用量对油菜产量影响最大, 氮肥也有影响。3 种肥料对产量的作用顺序为: 磷肥 > 氮肥 > 钾肥。在单因素的影响中, 油菜产量随磷肥施用量的增加而增加。当氮肥(尿素)施用量为 515.5080 kg/hm²、磷肥(过磷酸钙)施用量为 767.8845 kg/hm²、钾肥(KCl)施用量为 87.7500 kg/hm² 时, 油菜产量达到最高, 为 1759.9545 kg/hm²。

关键词: 油菜; 产量; 氮肥; 磷肥; 钾肥; 数学模型

中图分类号: S565.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2010)08-0059-03

氮磷钾是油菜生长发育所需要的三大主要营养元素, 氮磷钾肥料能否足量施用, 是决定油菜能否高产的关键因素^[1]。但是对于不同的土壤、不同的品种和不同的气候条件, 氮磷钾肥的施用量及施用比例有所不同。为了更好地指导河南省油菜主产区信阳油菜生产, 使氮磷钾施肥更加科学合理, 研究了信阳市氮磷钾施肥水平对油菜产量的影响。

1 材料和方法

试验于 2008—2009 年在河南省信阳市农科所进行。试验地前茬为水稻, 白散土, 土壤肥力中等。试验前采取对角线 5 点取样测定耕层土壤肥力。0~20cm 耕层土壤有机质含量 22.5 g/kg, 全氮含量 1.26 g/kg, 速效钾含量 90.7 mg/kg, 缓效钾含量 602.5 mg/kg, 有效磷含量 34.65 mg/kg, 全磷含量 0.39 g/kg, 有效硼含量 0.174 mg/kg。对照相关标准, 该试验地土壤有机质含量属于 II 类, 肥力一般; 全氮含量和有效磷含量优于 I 类, 肥力优良; 有效钾含量属于 II 类, 肥力一般。总体上, 该试验地肥力中等偏上。试验前每公顷施 22.5 kg 硼砂作底肥。供

试油菜品种为信优 2405。10 月 15 日播种, 条直播。其他田间管理与当地生产一致。在 2008 年冬至 2009 年春季出现了 50 a 不遇的干旱, 对油菜生长发育产生了不利影响, 虽然苗期灌溉了 2 次, 但干旱依然导致油菜减产严重。

试验设三因子(氮、磷和钾肥料)五水平, 采用二次回归旋转设计^[2], 三因子的 5 个水平的编码见表 1。共 23 个处理, 每个处理的编码及实施方案见表 2。随机排列, 四周设置保护行。小区区长 6 m、宽 4 m, 行距 0.4 m。肥料施用量按照试验设计的要求进行。试验肥料为氮肥(尿素, 含氮 46%)、磷肥(过磷酸钙, 含量 12%)和钾肥(KCl, 含量 60%)。氮肥按照底肥 50%、苗肥 30%、返青肥 20% 的比例分期施用, 磷肥、钾肥以底肥的形式一次施入。

表 1 氮、磷和钾肥各因子水平编码

| 因子 | 编码 | | | | |
|----------------------------------------|--------|-----|-----|-----|-------|
| | -1.682 | -1 | 0 | 1 | 1.682 |
| 氮肥(X_1 , 尿素, kg/hm ²) | 12 | 165 | 390 | 615 | 768 |
| 磷肥(X_2 , 过磷酸钙, kg/hm ²) | 12 | 165 | 390 | 615 | 768 |
| 钾肥(X_3 , KCl, kg/hm ²) | 12 | 165 | 390 | 615 | 768 |

收稿日期: 2010-02-15

基金项目: 国家油菜产业技术体系项目(ny cy tx-005)

作者简介: 文雁成(1965-), 男, 河南光山人, 副研究员, 在读博士研究生, 主要从事油菜遗传育种研究。

表 2 各处理因子水平编码及实际施肥量

| 处理 | 因子编码 | | | 施肥量/(kg/hm ²) | | |
|----|--------|--------|--------|---------------------------|-------|-------|
| | X_1 | X_2 | X_3 | X_1 | X_2 | X_3 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 615 | 615 | 615 |
| 2 | 1 | 1 | -1 | 615 | 615 | 165 |
| 3 | 1 | -1 | 1 | 615 | 165 | 615 |
| 4 | 1 | -1 | -1 | 615 | 165 | 165 |
| 5 | -1 | 1 | 1 | 165 | 615 | 615 |
| 6 | -1 | 1 | -1 | 165 | 615 | 165 |
| 7 | -1 | -1 | 1 | 165 | 165 | 615 |
| 8 | -1 | -1 | -1 | 165 | 165 | 165 |
| 9 | 1.682 | 0 | 0 | 768 | 390 | 390 |
| 10 | -1.682 | 0 | 0 | 12 | 390 | 390 |
| 11 | 0 | 1.682 | 0 | 390 | 768 | 390 |
| 12 | 0 | -1.682 | 0 | 390 | 12 | 390 |
| 13 | 0 | 0 | 1.682 | 390 | 390 | 768 |
| 14 | 0 | 0 | -1.682 | 390 | 390 | 12 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 390 | 390 | 390 |

以氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥料施用量为决策变量,以产量(Y)为目标函数,利用 DPS (Version 6) 软件进行分析,建立产量与氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥料施用量间的数学模型。

2 结果与分析

2.1 油菜产量

由于播种较晚,加上越冬期间黄淮流域遭遇 50 a 不遇的干旱,油菜生长发育受到严重影响。试验区内油菜长势较差,产量幅度在 751.65 ~ 1552.05 kg/hm²,比正常年份减产 30% ~ 40%。本试验结果为信阳市晚播、干旱条件下的结果。

2.2 产量与施肥量间的动态数学模型的建立

将 23 个小区油菜籽产量运用 DPS (Version 6) 软件进行分析,建立产量(Y)与氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥料施用量间的数学模型:

$$Y=45.9414+55.3589X_1+2.1064X_2-5.7162X_3-18.7126X_1^2+11.7182X_2^2+13.5754X_3^2-4.8817X_1X_2-8.4594X_1X_3-9.6438X_2X_3$$

对回归方程显著性进行检验: $F_{\text{回归}}=3.2758>F_{0.01(8,14)}=3.23$,说明二次回归方程与实际情况拟合较好,产量与氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥料施用量的二次回归方程达到极显著水平。产量与氮

(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥料施用量的相关系数为 0.806 5, 剩余标准差 $S=8.4893\text{ kg}$ 。

2.3 偏回归系数的显著性检验

对回归方程的偏回归系数进行 t 检验,结果表明,氮肥与产量的一次回归系数 b_1 (55.3589)、磷肥与产量的一次回归系数 b_2 (2.1064)、磷肥与产量的二次回归系数 b_{22} (11.7182)达到显著水平,氮肥磷肥互作与产量的回归系数 b_{12} (-4.8817)达到极显著水平,说明在决定油菜产量的施肥水平中,氮、磷肥料施用量对油菜产量影响最大,钾肥也有影响,但不是决定因素。氮与磷的配合施用是制约油菜产量的关键因素。由于回归方程与实际情况拟合较好,在下面的优化解析中对方程的变量不加剔除而直接运用。

2.4 主要因子分析

根据氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥料施用量与产量的偏相关系数绝对值的大小可以判断各个因子对产量的作用大小。磷肥(X_2)与产量的偏相关系数为 0.424 2,氮肥(X_1)与产量的偏相关系数为 0.333 0,钾(X_3)与产量的偏相关系数为 0.122 1。所以它们对产量的影响依次为:磷肥>氮肥>钾肥。因此,对于本次试验地块,要想增加产量,首先要增施磷肥,其次是氮肥,最后才是施用钾肥。在三因素互作中,氮肥磷肥互作与产量的回归系数 b_{12} (-4.8817)差异极显著,说明氮肥与磷肥的配合施用对油菜产量影响最大。

2.5 各因子与产量的定量关系

将三因子中的任何 2 个取 0 水平,可得到第 3 个因子与产量的单因素回归模型(表 3)。由表 3 可以看出,氮肥施用量在极值点 616.6410kg/hm² 以下时,油菜产量随施氮量增加而上升。超过和不足于该值,油菜产量下降。磷肥与产量的曲线只有极小值,而无极大值。所以,随着磷肥施用量的增加,油菜产量增加。对于钾肥,当施用量小于 87.7515kg/hm² 时,油菜产量随施用量的增加而下降。当施钾肥量大于 87.7515kg/hm² 时,随着钾肥施用量的增加,油菜产量略有提高。

2.6 最佳施肥组合

通过上述栽培数学模型的模拟寻优,可以得到产量(Y)最大值时氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)肥的相应施用量。当氮肥(尿素)施用量为 515.5080kg/hm²、磷肥(过磷酸钙)施用量为 767.8845kg/hm² 和钾肥(KCl)施用量为 87.7500kg/hm² 时,油菜可达到最高产量 1759.9545kg/hm²。

表 3 氮、磷和钾肥与产量的单因子回归模型

| 单因子回归模型 | 肥料极值点/(kg/hm ²) | 产量极值/(kg/hm ²) |
|------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| $Y(X_1, 0, 0) = 45.9414 + 55.3589X_1 - 18.7126X_1^2$ | 616.6410 | 1303.2675(最高) |
| $Y(0, X_2, 0) = 45.9414 + 2.1064X_2 + 11.7182X_2^2$ | 0.0000 | 689.1210(最低) |
| $Y(0, 0, X_3) = 45.9414 - 5.7162X_3 + 13.5754X_3^2$ | 87.7515 | 680.0955(最低) |

3 讨论

信阳市是河南省油菜主产区, 该区油菜单产的高低对河南省油菜产量至关重要。在制约油菜产量的诸要素中, 氮、磷和钾肥的施用量是最关键的因素。不同的文献对这三者的施用量和施用比例有不同的描述。徐润泽等^[3] 研究认为, 北方冬油菜纯氮、磷 (P₂O₅) 和 钾 (K₂O) 肥 施 肥 比 例 应 该 为 1.4 ∶ 0.5 ∶ 1.6。而余世铭^[4] 认为三者比例应该为 1 ∶ 0.35 ∶ 1.05。孙克刚等^[5] 的研究结果与余世铭的结论相近, 三者应该为 1 ∶ 0.38 ∶ 0.94。张文学等^[6] 研究认为, 在每公顷施纯氮 140~145kg, 氮磷比 1 ∶ 0.76 条件下, 即可获得 3000~3750kg 的产量, 施钾肥对产量效果不明显。这些不同的比例可能是研究者所在的地区气候、土壤等不同造成的。而且这些施肥比例是在特定的地块和区域得到的, 不具备普遍意义。位于黄淮流域的信阳市, 土壤肥力和气候条件与北方其他地区不尽相同, 施肥水平也应该与别的地区有所不同^[7, 8]。

本研究通过正交旋转试验设计, 研究了氮、磷、钾肥料与产量的数学模型, 确定了三者与产量的动态、定量关系。可以通过一种肥料的施肥水平和产量要求确定其他肥料的施用量, 对生产上氮、磷、钾肥的正确施用的指导更为灵活。

本研究中, 氮肥与产量的一次回归系数 b_{11} 、磷肥与产量的一次回归系数 b_{22} 、氮肥磷肥互作与产量的回归系数 b_{12} 、磷肥与产量的二次回归系数 b_{22} 达到显著水平, 说明在决定油菜产量的施肥水平中, 磷肥施用量对油菜产量的高低影响最大, 氮肥也有影响。3 种肥料对产量的作用顺序为: 磷肥 > 氮肥 > 钾肥。在单因素的影响中, 油菜产量随施磷肥数量的增加而增加。氮肥施用量在 616.6410kg/hm² 时油菜产量最高, 高于或低于该数值, 产量都会降低。磷肥随施肥量的增加而显著增加, 说明该地块

较为缺磷, 增施磷肥是提高产量的有效措施。但是土壤有效磷测试结果表明, 该地块有效磷含量较高, 说明油菜植株缺磷可能是干旱引起水溶性磷缺乏造成的。

本试验中油菜的播期为 10 月中旬, 对于直播油菜, 这个播期相对较晚。但是信阳市油菜前茬为水稻, 水稻收获后种植油菜的时间一般都会在 10 月中旬, 与本试验的播期一致。本研究尽管播期较晚, 产量较低, 但与实际生产较为一致, 具有一定指导意义。另外造成本试验油菜产量较低的原因, 主要是在 2008 年 11 月—2009 年 2 月黄淮流域遭遇了 50a 不遇的严重干旱, 对油菜生长发育造成不利影响。尽管在此期间进行了 2 次灌溉, 但干旱造成的影响仍然很大。因此, 作为干旱条件下施肥措施的参考, 本研究结果也不失其价值。本试验还将继续进行, 从而建立正常气候条件下的氮、磷、钾肥与产量的数学模型, 全面指导信阳油菜生产。

参考文献:

[1] 刘后利. 实用油菜栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 235-272.

[2] 茆诗松, 丁元, 周纪芴, 等. 回归分析及其试验设计[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1986: 191-211.

[3] 徐润泽, 杨经泽, 庄顺琪, 等. 北方冬油菜栽培[M]. 北京: 农业出版社, 1988: 107-116.

[4] 余世铭. 春油菜栽培[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 74-99.

[5] 孙克刚, 吕爱英, 王英. 油菜氮磷钾元素的需肥规律和施肥研究[J]. 土壤肥料, 2002(4): 35-37.

[6] 张文学, 李殿荣. 高产田油菜氮磷钾施肥模式初探[J]. 土壤肥料, 2000(5): 36-38.

[7] 文雁成, 宋文光. 豫油 2 号高产栽培数学模式研究[J]. 河南农业科学, 1992(7): 8-11.

[8] 李宝珍, 王正银, 李加纳, 等. 氮磷钾硼对甘蓝型黄籽油菜产量和品质的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 479-487.