

施用复混肥对硝态氮淋溶及肥效影响研究

杨云马, 贾树龙*, 孟春香, 孙彦铭 (河北省农林科学院农业资源环境研究所, 河北 石家庄 050051)

摘要: 采用微区试验、淋溶试验和田间试验, 研究了玉米专用复混肥硝态氮淋溶情况。结果表明: 合理施用具有一定缓效性的复混肥能够减少硝态氮的淋失, 显著降低 40 cm 以下土壤的硝态氮含量, 提高氮素利用率。但是当复混肥用量为 750 kg/hm² 时, 土壤下层的硝态氮含量明显增加。回归方程结果显示, 该玉米专用复混肥施用量为 562.3 kg/hm² 时, 玉米产量能达到最高。

关键词: 玉米专用复混肥; 硝态氮淋失; 氮素利用率

中图分类号: S145.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-1631 (2009) 02-0044-04

Study on the Effects of Compound Fertilizer on Nitrate Leaching and Fertilizer Efficiency

YANG Yun-ma, JIA Shu-long*, MENG Chun-xiang, SUN Yan-ming

(Institute of Agriculture Resources and Environment, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: The nitrate leaching of compound fertilizer for maize special-purpose was studied by micro-plot, leaching and field experiment. The results showed that the nitrate leaching loss reduced, the content of nitrate below 40 cm soil layer decreased significantly, and the nitrogen use efficiency increased by rational application of slow compound fertilizer. The content of nitrate in the subsoil increased, when the dosage was 750 kg/hm². The regression equation indicated that the yield of maize was highest with compound fertilizer 562.3 kg/hm².

Key words: Maize special-purpose compound fertilizer; Nitrate Leaching; Nitrogen use efficiency

化学肥料尤其是氮肥的施用, 对提高作物产量起到了非常重要的作用。但是随着氮肥的大量施用, 再之不合理的管理措施, 导致氮素大量浪费, 利用率低。目前我国氮素当季利用率只有 30% 左右, 施肥量大的地区更低^[1]。氮素损失的主要形式是淋溶和挥发。由于淋失的硝态氮对地表水及地下水造成污染, 因此其受关注程度更大。人们从耕作方式、土壤类型和水肥管理等方面进行了广泛而深入的研究。张国梁^[1]对美国“玉米带”长期研究结果表明, 免耕比传统耕作使氮素淋失降低 5%。而 Zhu 等^[2]长期定位试验证明, 耕作(免耕、凿式犁耕)对硝态氮淋溶没有影响, 硝态氮淋溶只是随施肥量的增加而增加。范丙全^[3]认为氮肥用量是硝态氮淋溶损失的决定因素, 并指出为降低硝态氮的损失, 应控制 1 次灌水量不超过 1 050 m³/hm²。周凌云^[4]研究结果表明, 土壤供水量在一定范围内, 氮素的损失量与施肥量呈正比。淋失量因氮肥种类而异, 硝铵的淋失量高于尿素和硫铵, 尿素的淋失量比碳铵小^[1]。此外, 还深入研究了减少氮素淋溶的方法。定量施肥并结合滴灌能够减少灌溉用水量及潜在的氮素淋溶损失^[5]。采用合理的施肥和灌溉措施, 即便是施用速溶氮肥, 也能避免硝态

氮淋失的危害^[6]。施用包膜尿素能够减少氮素淋溶, 提高氮的回收率^[7]。

以上主要是基于单质氮肥尤其是尿素对氮素淋溶进行的研究。目前复混肥和专用肥在我国大量使用, 并成为肥料发展的方向。而对复混肥中氮素淋溶特性的研究甚少。选用缓效性玉米专用复混肥, 研究其硝态氮淋溶特性和氮素利用率等, 旨在科学使用缓释复混肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试玉米品种为郑单 958。

供试肥料为肥尔得牌玉米专用复混肥(含 N 18%、P₂O₅ 11% 和 K₂O 13%, 河北肥尔得肥料科技开发有限公司生产并提供)^[8]。普通化肥选用尿素、磷酸一铵和氯化钾等。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验包括 3 部分内容: (1) 不同肥料处理的硝态氮淋溶及氮素利用率微区试验; (2) 不同肥料处理的硝态氮淋溶模拟试验; (3) 玉米专用复混肥用量田间试验。其中, 微区试验在河北省农林科学院农业资源环境研究所网室进行, 田间试验在河北省辛集市安古城村进行。测定试验土壤的基本情况(表 1)。

1.2.1.1 不同肥料处理的硝态氮淋溶及氮素利用率微区试验。试验设玉米专用复混肥(525 kg/hm²)、等养分普通化肥(以等养分原则称取 3 种普通化肥等量混

收稿日期: 2008-12-01

基金项目: 国家重点基础研究发展计划课题(2007CB109305)

作者简介: 杨云马(1978-), 男, 河北辛集人, 助理研究员, 主要从事植物营养和耕作方面研究。

通讯作者: 贾树龙研究员。

合) 和不施肥 (CK) 3 个处理。微区面积 1m × 2m, 3 次重复。6 月 8 日施肥、播种, 6 月 22 日、7 月 6 日、7 月 20 日、8 月 3 日、8 月 17 日、8 月 31 日和 9 月 14 日分别分 4 层取土, 每层 20 cm。测定土壤的硝态氮含量。玉米收获后测定籽粒和植株的养分含量, 用差减法计算不同处理的氮素利用率。

表 1 土壤基本情况
Table 1 The basic properties of soil

试验类别	土壤类型	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	硝态氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
微区试验	褐潮土	8.5	0.81	8.96	13.15	110.5
淋溶试验	褐潮土	12.4	0.92	14.19	11.28	117.6
田间试验	潮土	10.1	0.95	12.69	19.27	101.5

1.2.1.2 不同肥料处理的硝态氮淋溶模拟试验。试验采用土柱淋溶法。设玉米专用复混肥 (2.00 g)、等养分普通化肥和不施肥 (CK) 3 个处理, 3 次重复。土柱^[8]制作完成后, 第 1 次加水至田间持水量, 静置于 25 °C 环境中, 第 2 d 加 400 mL 蒸馏水淋洗, 收集 24 h 内的淋洗液, 定容至 500 mL。之后每隔 5 d 淋洗 1 次。测定淋洗液中的硝态氮含量。

1.2.1.3 玉米专用复混肥用量田间试验。试验设玉米专用复混肥施用量 0 kg/hm² (不施肥, CK)、300 kg/hm²、450 kg/hm²、600 kg/hm² 和 750 kg/hm² 共 5 个处理, 3 次重复。小区面积 6 m × 10 m。6 月 14 日用玉米免耕施肥播种机, 一次性施肥播种, 7 月 7 日和 7 月 28 日分别分 4 层取土, 每层 20 cm。测定土壤的硝态氮含量。玉米收获时分区统计产量, 确定最佳施肥量。

1.2.2 测定方法 (1) 土壤硝态氮含量。采集土壤样品鲜样, 过 5 mm 筛 (目的为混匀土壤样品), 称取 12 g 于三角瓶中, 加入 CaCl₂ 溶液 (0.01 M) 100 mL, 振荡 30 min, 过滤后用自动流动分析仪测定硝态氮含量。并用烘干法测定土壤水分, 计算土壤含水量, 最终得出干土中的硝态氮含量。(2) 淋洗液硝态氮含量。采用流动分析仪测定。(3) 土壤基础样养分及植株样品养分含量。采用常规方法测定。

1.2.3 数据分析 数据分析采用 Excel 软件和 SAS 6.12 软件。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对硝态氮淋溶的影响

肥料氮素的淋溶深度不超过 40 cm 时, 其肥效降低不显著; 但淋溶到 40 cm 以下时, 其利用率降低 10% 左右, 肥效降低 20% 左右^[9]。因此本试验测定了 0 ~ 80 cm 土层内的硝态氮含量变化。

0 ~ 20 cm 及 20 ~ 40 cm 土层, 不同施肥处理的土壤硝态氮含量变化不大 (图 1 ~ 2)。可能是由于肥料穴施, 垄间取土, 硝态氮在土壤中水平移动不明显所致。

40 ~ 60 cm 与 60 ~ 80 cm 土层, 普通化肥处理的土

壤硝态氮含量高于对照及复混肥处理, 而复混肥处理的土壤硝态氮含量一直与 CK 相当 (图 3 ~ 4)。可能是由于该复混肥在生产过程中应用了磷钾包氮和添加吸附性基质等缓释技术, 具有一定的缓释效果, 氮素缓慢释放, 减少了氮素流失, 因而下层土壤硝态氮含量没有升高。

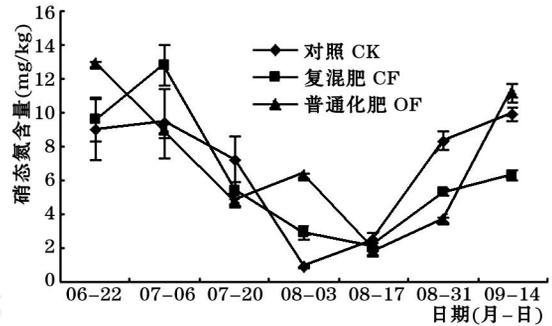


图 1 0 ~ 20 cm 土壤硝态氮含量动态变化
Fig. 1 Dynamic Changes of the content of nitrate in 0 - 20 cm soil layer

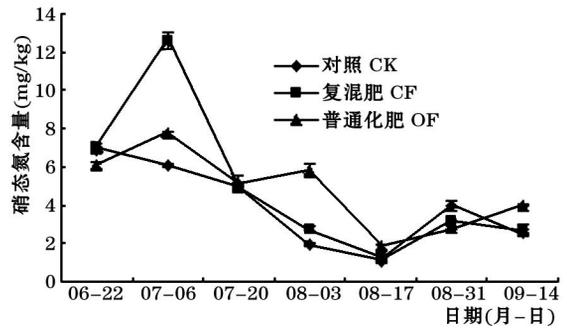


图 2 20 ~ 40 cm 土壤硝态氮含量动态变化
Fig. 2 Dynamic Changes of the content of nitrate in 20 - 40 cm soil layer

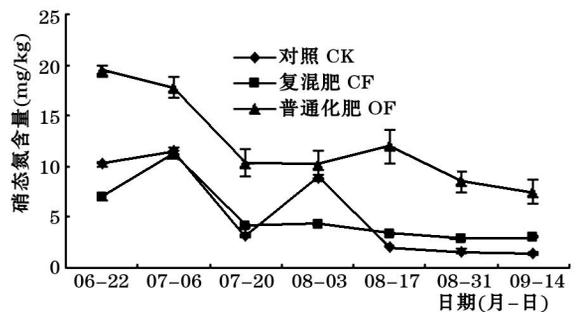


图 3 40 ~ 60 cm 土壤硝态氮含量动态变化
Fig. 3 Dynamic Changes of the content of nitrate in 40 - 60 cm soil layer

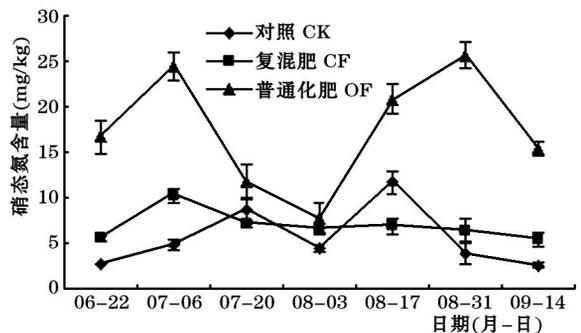


图 4 60 ~ 80 cm 土壤硝态氮含量动态变化
Fig. 4 Dynamic Changes of the content of nitrate in 60 - 80 cm soil layer

从不同时期的硝态氮淋溶结果 (图 5) 可以看出, 普通化肥处理的土壤硝态氮含量一直是下 2 层高于上 2 层, 而复混肥处理从 7 月 20 日 (施肥后 42 d) 以后才出现此现象。复混肥处理的任一土层硝态氮含量最高值均在 10 mg/kg 左右, 其中最高含量 (12.83 mg/kg) 出

现在 7 月 6 日最上层。而普通化肥处理的土壤硝态氮最高含量出现在 8 月 31 日最下层, 达 25.67 mg/kg。与普通化肥处理相比, 复混肥处理的下 2 层土壤硝态氮含量除 8 月 3 日差异未达到显著水平外, 其他时间差异均显著。表明施用复混肥能显著降低深层土壤的硝态氮含量。

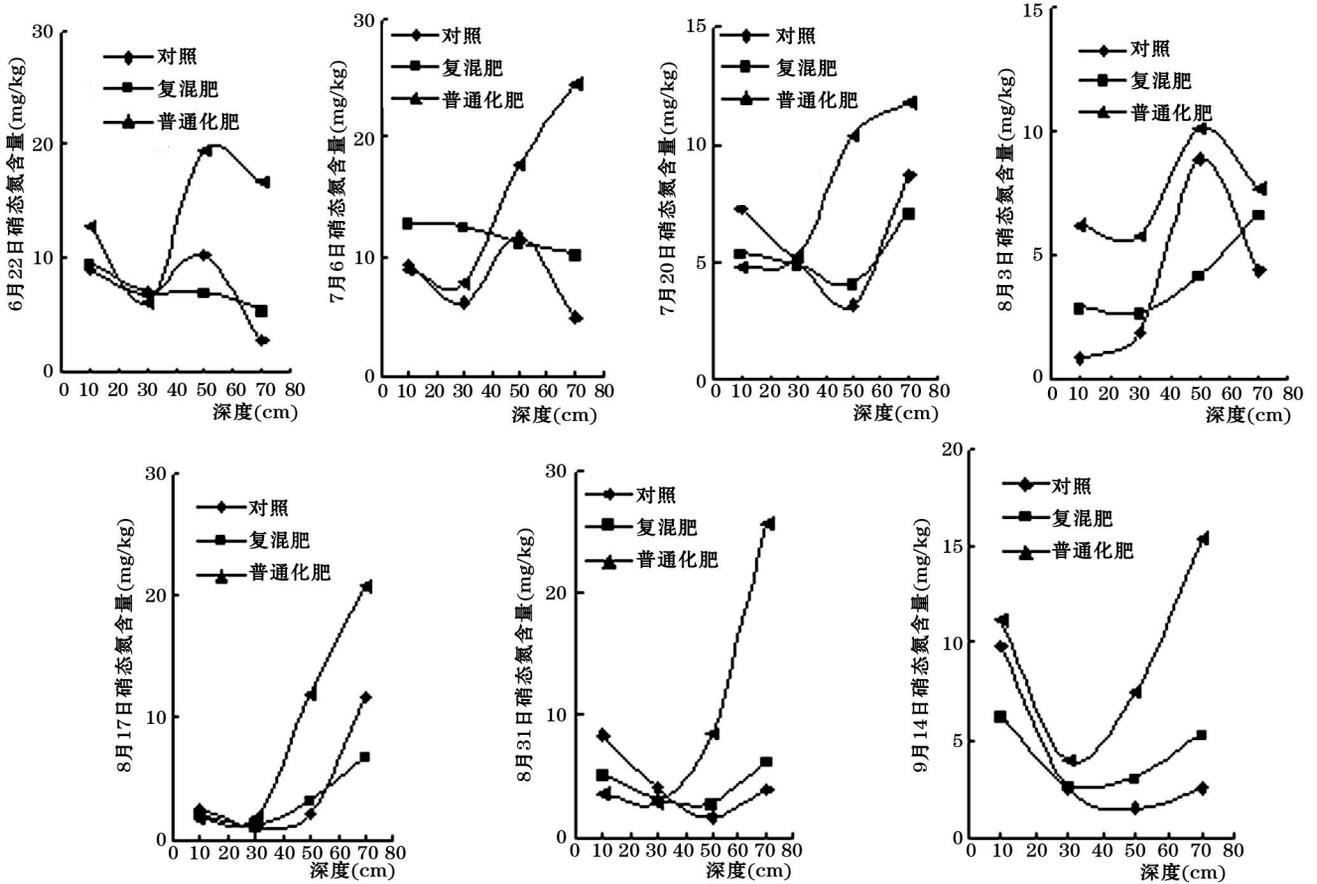


图 5 不同时期的硝态氮淋溶情况
Fig. 5 The nitrate leaching in different periods

2.2 不同施肥处理对氮素利用率的影响

复混肥处理的氮素利用率比等养分普通化肥处理高 5.6 个百分点, 但差异未达显著水平 (表 2)。

表 2 不同处理的氮素利用率
Table 2 The nitrogen use efficiency with different treatments

处理	生物产量 (g)	籽粒产量 (g)	N 产出总量 (g)	N 利用率 (%)
对照	2 779.7 b	1 574.6 b	34.4 a	-
复混肥	3 170.0 ab	1 934.1 a	39.6 a	27.5 a
普通肥料	3 402.3 a	1 854.3 a	38.5 a	21.9 a

* 表中不同字母表示处理间差异显著性达 $P < 0.05$ 。

2.3 淋溶模拟试验结果

从第 2 次淋洗开始, 2 个处理的土柱均有明显的硝态氮淋出, 每次硝态氮淋出量为 5.00 ~ 21.27 mg; 第 5 次淋洗时, 普通化肥处理的硝态氮淋出量达到峰值, 之后淋出量呈缓慢下降趋势; 而专用复混肥处理的硝态氮淋出量尚未出现明显的下降趋势 (图 6)。多数情况下复混肥处理的硝态氮淋出量低于普通化肥处理, 5 月

26 日、5 月 31 日、6 月 6 日和 6 月 11 日的硝态氮淋出量分别比普通化肥处理低 11.49%、19.05%、14.96% 和 2.95%, 而在处理近 1 个月后的 6 月 14 日出现复混肥处理的硝态氮淋出量略高于普通化肥处理的逆转趋势。可以看出, 施用复混肥可延缓氮素的释放。

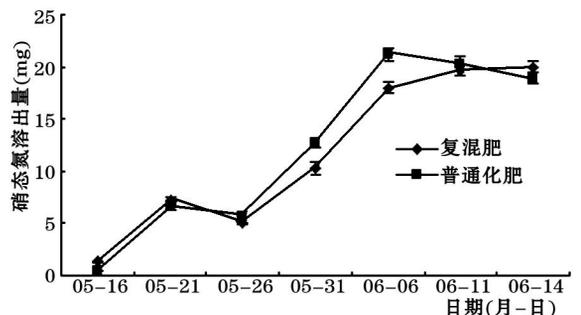


图 6 不同肥料处理土柱中硝态氮的淋出量
Fig. 6 The amount of nitrate leaching with different fertilizer treatments

2.4 不同复混肥用量对硝态氮淋溶及玉米产量的影响
复混肥不同用量对土壤不同深度的硝态氮含量有明

显影响。施肥后 20 d 的土壤硝态氮含量，除最高施肥量（750 kg/hm²）处理表现为随土壤深度增加而增大外，其它施肥处理均表现为先降低后增加趋势（图 7）。20~40 cm 土层硝态氮含量降低可能与作物吸收有关，而最高施肥量处理由于施肥量过大，没有出现土壤硝态氮含量降低现象。施肥后 40 d，最高施肥处理的下 2 层土壤硝态氮含量明显高于其它施肥处理（图 8），也说明了施肥量过大的问题。由此可以看出，虽然施用复混肥能够减少硝态氮淋溶，但如果过量施用，仍会有大量硝态氮淋失。含氮肥料用量是硝态氮淋失的决定因素。

最高施肥量处理并没有获得最高的玉米产量（图 9），二次回归曲线得出最佳施肥量为 562.3 kg/hm²。综

合硝态氮淋溶结果，该施肥量不会造成硝态氮的大量淋失。合理的施肥量既能达到玉米高产的目的，又能减少硝态氮的淋失。

3 结论与讨论

采用微区试验、淋溶试验和田间试验，研究了玉米专用复混肥硝态氮的淋溶情况，结果表明，合理施用具有一定缓效性的复混肥能够减少硝态氮的淋失，可显著降低 40 cm 以下土壤硝态氮含量，提高氮素利用率。但是当复混肥用量为 750 kg/hm² 时，土壤下层的硝态氮含量明显增大。回归方程结果显示，该玉米专用复混肥施用量为 562.3 kg/hm² 时，玉米产量达到最高。

本研究施用的玉米专用复混肥在生产过程中采用了一定的缓释技术，虽然其缓释效果达不到缓释肥料的标准要求，但其养分释放特性能够满足短生育期作物（如玉米）全生育期的需肥特性，能够实现一次性施肥。其他复合肥若采用类似的缓释技术，也应达到类似效果。缓效复混肥既能提高氮素利用率，又能减少硝态氮的淋失，具有促进农业增产和减少环境污染的双重作用。

参考文献：

- [1] 李世娟, 李建民. 氮肥损失研究进展 [J]. 农业环境保护, 2001, 20 (5): 377 - 379.
- [2] 张国梁, 章 申. 农田氮素淋失研究进展 [J]. 土壤, 1998, (6): 291 - 297.
- [3] Y Zhu, R H Fox, J D Toth. Tillage effects on nitrate leaching measured by pan and wick lysimeters [J]. Soil Sci Soc, 2003, (67): 1517 - 1523.
- [4] 范丙全, 胡春芳, 平建立. 灌溉施肥对壤质潮土硝态氮淋溶的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4 (1): 16 - 21.
- [5] 周凌云. 土壤水分条件对尿素氮去向的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4 (3): 237 - 241.
- [6] Lincoln Zotarelli, Johannes Scholberg, Michael Dukes. Nitrate leaching, yields, and water-use efficiency of zucchini squash (*Cucubita pepo*) under different irrigation and nitrogen rates and methods in a sandy Soil [J]. HortScience, 2006, 41 (7): 988 - 999.
- [7] Héctor Mario Quiroga-Garza. Bemudagrass fertilized with slow-release nitrogen sources. I Nitrogen uptake and potential leaching losses [J]. Environ Qual, 2001, (30): 440 - 448.
- [8] 贾树龙, 杨云马, 孟春香, 等. 磷钾包氮型复混肥氮素缓释性能研究 [J]. 河北农业科学, 2007, 11 (5): 51 - 53.
- [9] Francis Zvomuya, Carl J Rosen, Michael P. Russelle. Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato [J]. Environ Qual, 2003, (32): 480 - 489.

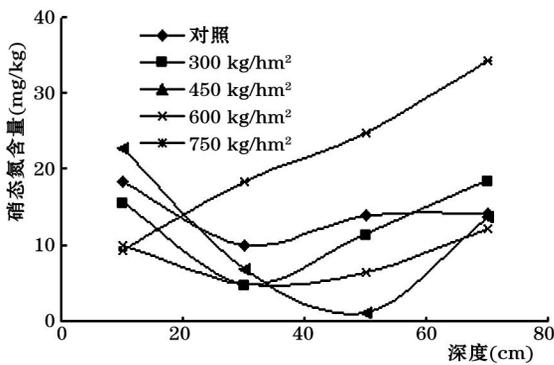


图 7 7月 7 日复混肥不同用量硝态氮淋溶图
Fig. 7 The nitrate leaching with different compound fertilizer dosage on July 7

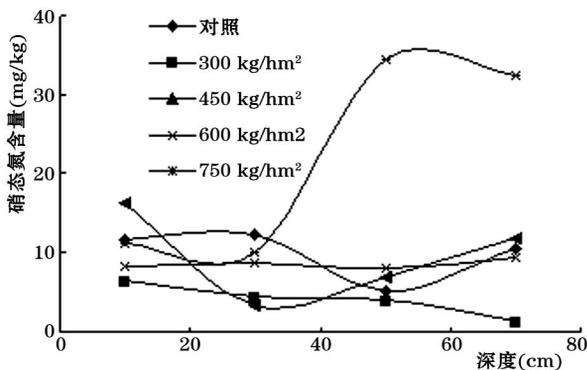


图 8 7月 28 日复混肥不同用量硝态氮淋溶图
Fig. 8 The nitrate leaching with different compound fertilizer dosage on July 28

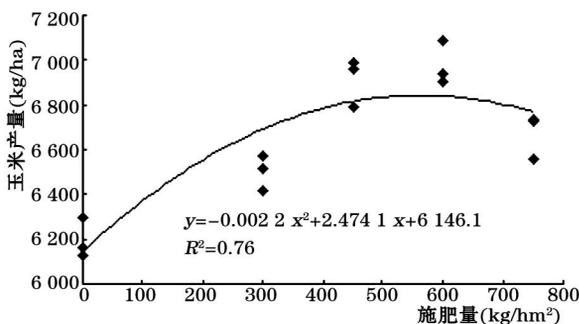


图 9 复混肥不同用量对玉米产量的影响
Fig. 9 Effect of different compound fertilizer dosage on the yield of maize