

# 氮磷配施对玉米生长和养分利用的影响

武继承<sup>1,2</sup>, 杨永辉<sup>1</sup>, 康永亮<sup>3</sup>, 田志浩<sup>3</sup>

(1. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002;

2. 农业部作物高效用水原阳科学观测实验站, 河南 原阳 453514; 3. 禹州市农业技术推广中心, 河南 禹州 461670)

**摘要:** 为探明丘陵旱地中低产田施肥对玉米增产和养分利用的影响, 在禹州开展了玉米氮(0、90、180、270、360 kg/hm<sup>2</sup>)、磷(0、135 kg/hm<sup>2</sup>)配施研究。结果表明, 合理的氮磷配比对改善玉米生长具有积极效果。单施氮肥, 玉米株高随施氮量增加而增加, 在 180 kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高, 穗长、有效穗长、穗粒数和粒茎比则以 270 kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高; 百粒重则随施氮量增加而增加。配施 135 kg/hm<sup>2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 后, 玉米株高、穗长随施氮量增加而升高, 穗位、有效穗长、百粒重和穗粒数等在 270 kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高。施磷肥处理与不施磷肥相应处理比较, 株高增加 3~10 cm, 有效穗长增长 0.26~0.45 cm, 百粒重增加 0.5~3.0 g, 穗粒数增加 8.8~39.8 粒。与 P<sub>0</sub>N<sub>0</sub> 处理相比, 各施肥处理平均增产 5.81%~36.88%, 以 P<sub>135</sub>N<sub>270</sub> 处理效果最好; 不施磷时, 随施氮量的增加产量递增, 分别增产 5.81%~25.23%, 以 P<sub>0</sub>N<sub>360</sub> 处理效果最好; 配施 135 kg/hm<sup>2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 后, 随施氮量增加产量增加, 在 N<sub>270</sub> 时效果最好, 增产 21.56%。施磷肥处理与相应不施磷肥处理相比, 分别增产 6.21%~13.77%, 以 P<sub>135</sub>N<sub>90</sub> 处理增产效果最佳。按照设定的产量目标, 在常规不施磷肥时, 要达到 8700 kg/hm<sup>2</sup> 的产量目标, 氮肥的用量最少需要 270 kg/hm<sup>2</sup>; 而在配施磷肥时, 氮肥的需要量仅为 180 kg/hm<sup>2</sup>。氮肥利用率随施氮量的增加而降低, 磷肥利用率则随施氮量增加而提高, 至 P<sub>135</sub>N<sub>270</sub> 时达到最高。同时, 土壤耕层有机质增加 0.2~2.2 g/kg, 施磷处理有效磷提高 0.50~1.75 mg/kg, 不施磷处理有效磷则降低 0.25~1.07 mg/kg, 施氮处理水解氮提高 3.3~16.2 mg/kg。因此, 夏玉米要实现高产高效的目标, 在追施氮肥的同时, 需要配施适量的磷钾肥。

**关键词:** 玉米; 中低产田; 氮磷配施; 产量; 肥料利用

**中图分类号:** S513      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2011)10-0068-04

## Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer on Corn Growth and Fertilizer Use

WU Ji cheng<sup>1,2</sup>, YANG Yong hui<sup>1</sup>, KANG Yong liang<sup>3</sup>, TIAN Zhi hao<sup>3</sup>

(1. Institute of Plant Nutrition & Resource Environment Henan Academy of Agricultural Sciences

Zhengzhou 450002, China; 2. Yuanyang Scientific Observatory of Crops Using Water of Ministry of Agriculture,

Yuanyang 453514, China; 3. Yuzhou Agricultural Technology Extension and Service Center, Yuzhou 461670, China)

**Abstract:** To explore the effect of fertilization in low yielding fields in the dry hilly areas on soil fertility and corn yield, the experiment of nitrogen(0, 90, 180, 270, 360 kg/ha) and phosphorus(0, 135 kg/ha) fertilization was carried out in dry hillock in Yuzhou of Henan province. The results showed that the growth and development of corn could be improved by rational nitrogen and phosphorus ratio. Plant height increased with increasing nitrogen application under single nitrogen condition, and got to the highest at 180 kg/ha of nitrogen. The panicle length, effective panicle

收稿日期: 2011-05-30

基金项目: 国家“863”节水农业项目(2006AA100215); 河南省重大社会公益性科研项目(081100911600); 河南省省院科技合作项目(902106000009)

作者简介: 武继承(1965), 男, 河南通许人, 研究员, 博士, 主要从事节水农业、农业生态、土壤养分资源利用与管理等方面的研究工作。E-mail: wujc2065@126.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

length, grains and grain stem ratio reached maximum at 270 kg/ha of nitrogen. When 135 kg/ha of  $P_2O_5$  was combined, the plant height and panicle length increased with nitrogen application increased. The panicle location, effective panicle length, 100 grain weight and the grain number had the highest at 270 kg/ha of nitrogen. The phosphorus treatments improved the development of corn obviously compared to the corresponding treatment with no phosphorus. The plant height, the effective panicle length, the 100 grain weight and the grain number per ear increased by 3–10 cm, 0.26–0.45 cm, 0.5–3.0 g, 8.8–39.8 grains, respectively. The average yield increased by 5.81%–36.88% compared with the  $P_0N_0$  treatment, and the best one was the  $P_{135}N_{270}$  treatment. Under no phosphorus application, the yield increased by 5.81%–25.23% with the amount of nitrogen increased, with the  $P_0N_{360}$  treatment the best. After 135 kg/ha of  $P_2O_5$  was added, the production increased with nitrogen application increased, and got to the highest at  $N_{270}$ , increased by 21.56%. The yield of phosphorus treatments increased by 6.21%–13.77% compared to that of the corresponding treatment with no phosphate, and the best one was  $P_{135}N_{90}$ . According to the set production target of 8700 kg/ha, the amount of nitrogen fertilizer was at least 270 kg/ha without phosphate application, while the nitrogen requirement was only 180 kg/ha when 135 kg/ha of  $P_2O_5$  was applied. The efficiency of nitrogen utilization decreased with the increase of nitrogen applied, but the efficiency of phosphorus utilization increased, and reached the highest at  $P_{135}N_{270}$ . Meanwhile, the organic matter in cultivated soil was increased by 0.2–2.2 g/kg. The available phosphorus under phosphorus treatments was increased by 0.50–1.75 g/kg, and it reduced by 0.25–1.07 g/kg without phosphate. The content of hydrolysis nitrogen under nitrogen treatments was increased by 3.3–16.2 mg/kg. Therefore, corn required fertilization with reasonable phosphate and potassium fertilizer under the condition of nitrogen application in order to obtain high yield and profit.

**Key words:** Corn; Low yielding field; Nitrogen and phosphorus fertilizer; Yield; Fertilizer use

化肥对作物的增产效应是一个不争的事实,有研究表明,在我国化肥对作物的增产贡献作用达到了 40%~60%,其中氮肥的作用最大<sup>[1]</sup>。但是随着农业生产强度不断增加,对化肥的依赖性越来越大,并在不同区域出现了因施氮过量而造成环境污染等问题<sup>[2]</sup>。因此,探求玉米对氮磷钾的需求量和敏感量,掌握玉米的需肥规律,是建立玉米丰产平衡施肥技术体系的基础和关键。20 世纪 80 年代,部分学者结合我国的生产实际情况,提出了在玉米拔节期“一炮轰”的追肥方法和玉米施肥“前重后轻”的原则<sup>[3]</sup>。玉米施肥技术的研究,在重视秸秆还田、氮肥使用、玉米需肥量和土壤供氮特性与作物周年施肥<sup>[4-7]</sup>等不同技术的同时,更加注重了不同肥料配施氮肥利用效率<sup>[8-10]</sup>、玉米生育期氮肥基肥与追肥配比及分期施用<sup>[11-14]</sup>、配方施肥技术与模式<sup>[15-16]</sup>等方面,与小麦、水稻等作物相比,我国对玉米尤其是夏玉米的氮肥利用研究仍需加强。因此,结合国家核心区建设,开展了丘陵旱地玉米中低产田区氮磷配施试验研究,期望在保证粮食安全前提下,为节约用肥、提高氮磷肥料利用率提供有益的参考。

## 1 材料和方法

根据玉米需肥特征和试验地力情况与研究目的,试验考虑氮、磷 2 个肥料因素,其中磷设置 0、

135 kg/hm<sup>2</sup> 2 个水平,氮素设置 0、90、180、270、360 kg/hm<sup>2</sup> 5 个水平,即 CK( $P_0N_0$ )、 $P_0N_{90}$ 、 $P_0N_{180}$ 、 $P_0N_{270}$ 、 $P_0N_{360}$ 、 $P_{135}N_0$ 、 $P_{135}N_{90}$ 、 $P_{135}N_{180}$ 、 $P_{135}N_{270}$ 、 $P_{135}N_{360}$  等 10 个处理,小区面积 30 m<sup>2</sup>,重复 3 次,随机排列。试验用氮、磷、钾肥料分别为尿素(含 N 46%)、二铵(含 N 11%、含  $P_2O_5$  46%)、硫酸钾(含  $K_2O$  60%)。所有钾肥、磷肥和 50%氮肥一次性作底肥施入,50%氮肥在喇叭口期追施。

试验安排在禹州市郭连乡岗孙村砂壤质脱潮土上进行,耕层有机质 15.6 g/kg、全氮 0.86 g/kg、水解氮 54.3 mg/kg、速效磷 7.6 mg/kg、速效钾 112.3 mg/kg。试验用玉米品种为郑单 958,宽行行距 0.80 m,窄行行距 0.40 m,株距 0.25 m,播种密度 63900 株/hm<sup>2</sup>。播种日期为 6 月 3 日,统一施肥,统一管理。收获日期为 9 月 19 日。有机质和氮磷钾的分析方法分别为:土壤有机质采用 CNS 元素分析法测定,土壤速效氮用碱解蒸馏法测定,土壤速效磷采用  $NaHCO_3$  浸提—流动分析仪测定,土壤速效钾采用乙酸铵提取—ICP 测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对玉米生长发育的影响

从表 1 可以看出,不同的氮磷配施对玉米生长发育具有明显不同的影响。在不配施磷肥时,施氮处理与不施氮处理相比,无论是株高、穗长,还是百粒重和

穗粒数等,所有生育性状均有明显改善。其中玉米株高随施氮量增加而增加,在 180kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高,然后逐渐降低;穗位基本存在同样的趋势。穗长、有效穗长、穗粒数和粒茎比以 270kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高;百粒重则随施氮量增加而增加。

在配施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 135 kg/hm<sup>2</sup> 时,施氮处理与不施氮处理相比,无论是株高、穗长,还是百粒重和穗粒数等,所有生育性状也均有明显改善。其中玉米穗长随施氮量增加而升高,株高基本上存在同样的趋势;穗位、有效穗长、百粒重和穗粒数等均随施氮量

增加而增加,并在 270 kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高,其次则以 180 kg/hm<sup>2</sup> 纯氮处理为佳。施磷与不施磷相应处理相比,除 P<sub>135</sub> N<sub>90</sub> 处理穗长和 P<sub>135</sub> N<sub>360</sub> 百粒重外,其他处理的各生育性状均有明显改善,其中株高较 CK 增加 3~10 cm,穗位升高 2.8~22.7 cm,穗长增加 0.20~1.24 cm,有效穗长增加 0.26~0.45 cm,百粒重增加 0.5~3.0 g,穗粒数增加 8.8~39.8 粒,粒径比提高 0.9~1.5 个百分点。

由此可见,合理的氮磷配比对改善玉米生长发育具有积极效果。

表 1 不同氮磷比对玉米生长发育的影响

| 处理                                | 株高/cm | 穗位/cm | 穗长/cm | 有效穗长/cm | 百粒重/g | 穗粒数/粒 | 粒茎比/% |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| CK                                | 239.3 | 79.1  | 18.26 | 17.71   | 22.4  | 462.3 | 92.3  |
| P <sub>0</sub> N <sub>90</sub>    | 246.2 | 83.6  | 19.48 | 18.62   | 23.2  | 489.6 | 93.6  |
| P <sub>0</sub> N <sub>180</sub>   | 249.7 | 93.0  | 19.34 | 19.02   | 23.6  | 512.7 | 94.5  |
| P <sub>0</sub> N <sub>270</sub>   | 247.2 | 80.4  | 19.62 | 19.10   | 25.8  | 525.5 | 95.6  |
| P <sub>0</sub> N <sub>360</sub>   | 244.6 | 87.7  | 19.30 | 19.06   | 25.9  | 519.8 | 94.9  |
| P <sub>135</sub> N <sub>0</sub>   | 244.4 | 88.8  | 18.46 | 18.13   | 22.9  | 500.6 | 93.2  |
| P <sub>135</sub> N <sub>90</sub>  | 253.2 | 92.2  | 19.22 | 19.07   | 24.8  | 529.4 | 94.8  |
| P <sub>135</sub> N <sub>180</sub> | 252.7 | 95.8  | 19.78 | 19.34   | 26.6  | 545.2 | 95.3  |
| P <sub>135</sub> N <sub>270</sub> | 254.5 | 103.1 | 19.84 | 19.41   | 26.9  | 552.3 | 96.7  |
| P <sub>135</sub> N <sub>360</sub> | 254.6 | 93.4  | 20.54 | 19.32   | 24.3  | 528.6 | 96.4  |

2.2 不同处理对玉米产量的影响

从表 2 可以看出,不同氮磷配施对玉米产量的影响明显不同,与 CK 相比,各施肥处理平均增产 5.81%~36.88%,并以 P<sub>135</sub> N<sub>270</sub> 处理增产幅度最大,其次为 P<sub>135</sub> N<sub>360</sub> 处理。单施氮肥时,玉米产量随施氮量增加而增加,分别增产 5.81%~25.23%,并以 P<sub>0</sub> N<sub>360</sub> 处理最高,其次为 P<sub>0</sub> N<sub>270</sub> 处理。在配施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 135 kg/hm<sup>2</sup> 后,随施氮量增加产量增加,在 N<sub>270</sub> 时达到最高,然后逐渐下降,与 P<sub>135</sub> N<sub>0</sub> 相比,其增幅分别为 6.90%~21.56%;配施磷肥处理与相应不施磷肥处理相比,分别增产 6.21%~13.77%,以 P<sub>135</sub> N<sub>90</sub> 处理增产效果最佳。

表 2 不同氮磷比对玉米产量的影响

| 处理                                | 产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) | 比 CK<br>±1% | 比 P <sub>135</sub> N <sub>0</sub><br>±1% | 比相应不施<br>磷处理 ±1% |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------|--|------------------|
| CK                                | 7153.5                   |             |  |                  |
| P <sub>0</sub> N <sub>90</sub>    | 7569.0                   | 5.81        |  |                  |
| P <sub>0</sub> N <sub>180</sub>   | 8125.5                   | 13.58       |  |                  |
| P <sub>0</sub> N <sub>270</sub>   | 8820.0                   | 23.29       |  |                  |
| P <sub>0</sub> N <sub>360</sub>   | 8958.0                   | 25.23       |  |                  |
| P <sub>135</sub> N <sub>0</sub>   | 8055.0                   | 12.61       |  | 12.60            |
| P <sub>135</sub> N <sub>90</sub>  | 8611.5                   | 20.38       | 6.90                                     | 13.77            |
| P <sub>135</sub> N <sub>180</sub> | 9028.5                   | 26.20       | 12.08                                    | 11.11            |
| P <sub>135</sub> N <sub>270</sub> | 9792.0                   | 36.88       | 21.56                                    | 11.02            |
| P <sub>135</sub> N <sub>360</sub> | 9514.5                   | 33.00       | 18.11                                    | 6.21             |

按照设定的产量目标,在常规不施磷肥条件下,要达到 8700 kg/hm<sup>2</sup> 的产量目标,氮肥的用量最少需要 270 kg/hm<sup>2</sup>;而在配施磷肥时,氮肥的需要量仅为 180 kg/hm<sup>2</sup>。因此,夏玉米要获得高产,在进行氮素追肥时,需要配施一定量的磷肥;或者使用氮磷及氮磷钾和微量元素相结合的玉米专用肥。

2.3 不同处理对土壤耕层养分的影响

氮磷配施提高了土壤耕层的有机质含量(表 3),受产量和施肥量水平的影响,与不施肥处理相比,各施肥处理的土壤耕层有机质分别增加 0.2~2.2 mg/kg;施磷处理土壤耕层速效磷提高 0.50~1.75 mg/kg,不施磷处理土壤耕层速效磷则降低 0.25~1.07 mg/kg;施氮处理土壤耕层水解氮提高 3.3~16.2 mg/kg,土壤耕层速效 K 则呈现整体的下降趋势,只是因作物产量水平不同处理间降幅不一。因此,夏季玉米施肥应实施增磷补钾技术,以满足土壤培肥和作物高产的需要。

2.4 不同处理对肥料利用的影响

从表 3 还可以看出,氮磷配施对提高氮肥利用具有积极效果。与相应单施氮肥处理相比,氮肥利用率分别提高 3.64~6.68 个百分点,并以 P<sub>135</sub> N<sub>180</sub> 提高幅度最大。同时,磷肥利用表现为随着氮肥用量的增加而提高,并在 P<sub>135</sub> N<sub>270</sub> 处理时利用率达到最高,进一步说明了氮磷的合理配施在提高作物产量的同时,也有利于提高肥料的利用效率。

表 3 玉米收获期土壤耕层养分变化特征

| 处理                                | 有机质/<br>(g/kg) | 速效 P/<br>(mg/kg) | 水解 N/<br>(mg/kg) | 速效 K/<br>(mg/kg) | 总利用 N/<br>kg | 总利用 P/<br>kg | N 利用<br>率/% | P 利用<br>率/% |
|-----------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| CK                                | 15.5           | 12.05            | 52.0             | 98.4             | 9.10         | 7.08         |             |             |
| P <sub>0</sub> N <sub>90</sub>    | 15.7           | 11.80            | 62.4             | 95.0             | 16.29        | 9.01         | 63.16       |             |
| P <sub>0</sub> N <sub>180</sub>   | 16.4           | 11.32            | 61.8             | 95.3             | 23.57        | 9.99         | 49.08       |             |
| P <sub>0</sub> N <sub>270</sub>   | 17.0           | 11.65            | 57.7             | 91.9             | 31.35        | 11.81        | 42.58       |             |
| P <sub>0</sub> N <sub>360</sub>   | 16.1           | 10.98            | 55.3             | 93.3             | 37.70        | 11.58        | 36.34       |             |
| P <sub>135</sub> N <sub>0</sub>   | 16.0           | 12.84            | 65.9             | 96.8             | 10.79        | 16.34        |             | 44.92       |
| P <sub>135</sub> N <sub>90</sub>  | 17.0           | 12.55            | 66.7             | 98.3             | 18.93        | 20.01        | 68.31       | 55.03       |
| P <sub>135</sub> N <sub>180</sub> | 17.6           | 13.80            | 78.2             | 91.6             | 27.12        | 21.07        | 55.76       | 57.28       |
| P <sub>135</sub> N <sub>270</sub> | 17.7           | 13.70            | 65.9             | 96.5             | 34.59        | 22.04        | 47.96       | 59.16       |
| P <sub>135</sub> N <sub>360</sub> | 16.7           | 12.96            | 74.1             | 89.7             | 39.99        | 21.95        | 39.98       | 59.00       |

3 结论

1) 氮磷配施对玉米生长发育具有明显效果。单施氮肥,百粒重则随施氮量增加而增加;株高在 180 kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高,穗长、有效穗长、穗粒数和粒茎比则在 270kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高。配施磷肥后,玉米穗长、有效穗长、百粒重和穗粒数等均随施氮量增加而增加,在 270 kg/hm<sup>2</sup> 纯氮时达到最高。施磷处理与相应不施磷相应处理相比,株高、穗长、有效穗长增长、百粒重和穗粒数均有明显增加。

2) 氮磷配施对玉米增产效果明显。与对照相比,玉米增产 5.81%~36.88%,以 P<sub>135</sub>N<sub>270</sub> 处理效果最好;不施磷时,增产 5.81%~25.23%,以 P<sub>0</sub>N<sub>360</sub> 处理效果最好;配施磷后随施氮量增加产量增加,在 N<sub>270</sub> 时达到最高。施磷肥处理与相应不施磷肥处理相比,增产 6.21%~13.77%,以 P<sub>135</sub>N<sub>90</sub> 处理增产效果最佳。因此,夏玉米要获得高产,建议追施氮磷、氮磷钾或其与微量元素相结合的复合肥。

3) 合理氮磷配施可以提高土壤耕层养分,培育土壤。土壤耕层有机质较对照分别增加 0.2~2.2 g/kg,施磷处理有效磷提高 0.50~1.75 mg/kg,施氮处理水解氮提高 3.3~16.2 mg/kg,速效钾则呈现整体下降。因此,夏季玉米施肥应实施增磷补钾技术。

4) 氮磷配施有利于提高氮肥的利用效率,与单施氮肥相比,氮肥利用率提高 3.64~6.68 个百分点。同时合理的氮磷配施也有利于提高磷肥的利用率。

参考文献:

[ 1 ] 林葆,林继雄.长期施肥的作物产量和土壤肥力的变化 [C] //全国化肥试验网论文汇编.北京:中国农业科技出版社,1996.

[ 2 ] 张维理,田哲旭,张宁,等.我国北方农用氮肥造成地下

水硝酸盐污染的调查 [J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80-87.

[ 3 ] 付应春.夏玉米需肥规律的研究 [J]. 作物学报, 1982, 8 (1): 1-8.

[ 4 ] 张福锁,米国华,刘建安.玉米氮效率遗传改良与应用 [J]. 农业生物技术学报, 1997(2): 112-117.

[ 5 ] 何绪生,吕殿青,关中灌区夏玉米高产需肥量及土壤作物氮供需特点研究 [J]. 土壤肥料, 1998(5): 34-37.

[ 6 ] 武俊喜,陈新平,贾良良,等.冬小麦/夏玉米轮作中高肥力土壤的持续供氮能力 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 1-5.

[ 7 ] 霍竹,王璞,付晋峰.秸秆还田下两种氮肥施用方式对夏玉米生长特性的影响 [J]. 华北农学报, 2005, 20(1): 100-104.

[ 8 ] 宋永林,袁锋明,姚造华,等.不同肥料配比对夏玉米生物性状及产量影响的定位研究 [J]. 土壤肥料, 2001 (1): 31-33, 47.

[ 9 ] 黄绍敏,宝德俊,皇甫湘荣,等.长期定位施肥对玉米肥料利用率影响的研究 [J]. 玉米科学, 2006, 14(4): 129-133.

[ 10 ] 蔡祖聪,钦绳武.华北潮土长期试验中的作物产量、氮肥利用率及其环境效应 [J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 885-891.

[ 11 ] 郑惠玲,姬变英,武继承,等.氮肥分期施用对夏玉米生长发育和产量的影响 [J]. 河南农业科学, 2007 (10): 67-69.

[ 12 ] 李丙奇,孙克刚,和爱玲,等.潮土区氮肥不同基追比和种类对玉米产量和氮肥利用率的影响 [J]. 河南农业科学, 2009(10): 83-85, 124.

[ 13 ] 许勤,魏巍,陈筱彦,等.潮土区氮肥不同基追比和种类对玉米产量和氮肥利用率的影响 [J]. 同济大学学报:自然科学版, 2009, 37(10): 1414-1417.

[ 14 ] 王贺,白由路,杨俐苹,等.华北沙质潮土夏玉米“3414”肥效试验 [J]. 河北农业科学, 2010, 14(9): 41-45.

[ 15 ] 宋志伟,赵梦霞.豫东北潮土区夏玉米高产经济施肥最优模式研究 [J]. 河南农业科学, 1995(4): 21-23.

[ 16 ] 王培顺,王兴远,张显东,等.不同施肥模式对春玉米生长发育和产量的影响 [J]. 现代农业科技, 2011(13): 59-61.