

含硝化抑制剂复合肥对玉米的节肥增产效果研究

肖焱波¹, 杨丛梅¹, 高 强², 韩宝文³, 贾良良³

(1. 云南民族大学 化学与生物技术学院, 云南 昆明 650031; 2. 吉林农业大学 资源与环境学院, 吉林 长春 130118; 3. 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: 针对玉米传统施肥中分次施用且氮利用率低的问题, 2006 年在吉林、河北研究了新型稳定性长效复合肥 ENTEC 一次施肥对玉米产量的影响, 比较了农民习惯施肥与推荐施肥投入产出经济效益。研究表明: 推荐施肥比农民习惯施肥降低了氮肥用量, 玉米产量与习惯施肥相当或略有增加, 增产幅度 9%; 含硝化抑制剂复合肥一次施用即可满足玉米整个生育期的需求, 可减少施肥的劳动力投入, 经济效率高, 应用前景广阔。

关键词: 稳定性肥料; 农学效率; 偏生产力

中图分类号: S143.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2009)增刊-0191-04

Effect of ENTEC Stabilized Compound Fertilizer on Maize Yield

XIAO Yan-bo¹, YANG Cong-mei¹, GAO Qiang², HAN Bao-wen³, JIA Liang-liang³

(1. College of Chemistry and Biotechnology, Yunnan Nationalities University, Kunming 650031, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Jilin Agricultural University,

Changchun 130118, China; 3. Institute of Agro-Resources and Environment, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: ENTEC, abbreviation for ecological nitrogen technology, which is compound fertilizer with nitrate inhibitor from BASF Germany, can reduce nitrogen application rate by less nitrate leaching and save labor in European for many crops, but little experience in China maize production. In order to reduce nitrogen rate and save labor input in China maize production, field experiment was carried out in Jilin and Hebei to investigate the effects of ENTEC on yield increase for maize at main maize production areas, and benefits and cost at each site were estimated thereafter. The results showed that ENTEC increased maize yields over traditional fertilizer in Jilin with percentage at 9%, but kept the same yield of maize in Hebei. Rate of nitrogen of ENTEC applied was less than that of traditional fertilizer, and times of fertilizer application were reduced, which results in labor saving. Although cost of ENTEC was higher than traditional fertilizer, the benefit of ENTEC was also higher in Jilin which compensate for the higher cost of ENTEC input. In summary, that fertilize maize with ENTEC was economical viable which offers a new perspective for maize nutrients management.

Key words: Stabilized fertilizer; Agronomical efficiency; Partial fertilizer productivity

中国是世界上第二大玉米生产国, 2006 年全国种植面积达到 2 697 万 hm^2 , 单产突破 5 400 kg/hm^2 , 玉米是中国重要的粮食作物。中国同时还是氮肥的消费大国, 2006 年中国氮肥施用量超过 3 000 万 t (纯量), 化肥氮施用对发挥玉米的高产潜力起着非常重要的作用。然而随着氮肥施用量的迅速增加, 氮肥的农学效率降低, 由 20 世纪 60 年代的每 kg 氮

生产 20~30 kg 玉米, 降低到近来的 12.2 kg 玉米^[1], 氮肥利用率在 20%~30% 之间徘徊; 由于不合理施肥造成的水体污染、温室效应等环境问题愈来愈引起人们的关注, 高产地区正面临协调粮食稳产和环境保护的双重压力。

学界在提高玉米氮肥利用率方面做了很多有益的研究^[2-5], 但如何针对玉米生长发育特点提供一

收稿日期: 2009-03-07

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD87B04-01); 中德合作项目; 河北农科院博士基金项目(2008)

作者简介: 肖焱波(1969-), 男, 云南罗平人, 教授, 博士, 主要从事作物营养与施肥技术研究。

通讯作者: 贾良良(1975-), 男, 河北武强人, 博士, 副研究员, 主要从事作物营养与施肥研究。

次性施肥就能完成生长所需的全部养分供应的文献较少。在普通含铵态氮复合肥中加入硝化抑制剂,可以减少施肥用量,延长氮肥肥效,减少损失,进而提高氮肥利用率^[6-7],可以为解决玉米一次施肥的问题提供借鉴。在对玉米养分吸收规律、农户习惯施肥大量调查的基础上,本研究就河北、吉林主要玉米种植区习惯施肥和新型肥料推荐对玉米产量和经

表 1 供试土壤基本理化性质

Tab. 1 Physical and chemical characteristics of soils under experiments

试验地点 Sites	土壤类型 Soil type	pH (H ₂ O, 12.5:1)	有机质/(g/kg) OM	无机氮/(mg/kg) N _{min}	有效磷/(mg/kg) Available P	有效钾/(mg/kg) Available K
河北正定 Zhengding	褐土	7.8	11.3	127.9	24.9	113
吉林德惠 Dehui	黑土	6.5	18.5	17.79	19.4	140

1.2 试验设计

试验设 3 个处理。即不施肥(CK), 除不施氮外, 磷钾用量与习惯施肥相同; 习惯施肥(Tr), 推荐施肥(Re)。各处理 4 次重复, 小区面积 50 m^2 , 随机区组排列, 肥料品种及施肥量列于表 2。种植密度

表 2 试验肥料投入

Tab. 2 Fertilizer application rate

试验地点 Sites	习惯施肥 Farmers practice	稳定性复合肥推荐 Recommendation
	底肥 Basal application	第一次追肥 Topdressing
	一次性底肥 One application as basal	
河北正定 Zhengding	N 105, P ₂ O ₅ 63, K ₂ O 68	N 105
吉林德惠 Dehui	N 45, P ₂ O ₅ 75, K ₂ O 60	N 135

注: 氮肥为普通尿素, 磷肥采用 46% 含量的重过磷酸钙; 钾肥河北采用氯化钾($K_2O \geq 60\%$), 吉林采用硫酸钾($K_2O \geq 50\%$); 稳定性复合肥为加入硝化抑制剂的新型肥料。

Note: The N fertilizer was normal urea, the P fertilizer was triple superphosphate (TSP) with 46% P_2O_5 ; The K fertilizer used in Hebei was KCl ($K_2O \geq 60\%$) and in Jilin was K_2SO_4 ($K_2O \geq 50\%$), the stable fertilizer was the new type compound fertilizer with nitrate inhibitor.

玉米以小区收获单独计产,测定包含穗轴在内的原始产量。收获时剔除各小区最外侧两行和每行头尾各 1 m 后的测产区产量进行统计;测产区面积河北正定为 26.1 m^2 ,吉林德惠为 28.1 m^2 。计产后,从测产区另取 10 穗玉米作为小样风干后测定出籽率重,根据出籽率与整个小区总产量计算相应的收获产量;每小区另取 5 株植株(含果穗),烘干至恒重后测定籽/杆比,用此籽/杆比来确定秸秆产量,并粉碎后测定氮含量,以此计算吸氮量和氮肥利用率。

1.3 数据处理及计算

所有产量数据和分析测试数据输入 Excel 表格, 利用 SAS6. 12 统计分析软件的 ANOVA 程序进行显著性统计检验。有关氮肥生产力的几个指标计算如下:

$$\text{农学效率(AE)} = (\text{施氮处理产量} - \text{对照产量}) / \text{氮肥投入量};$$

氮肥偏生产力 (PFP) = 施氮处理产量 / 氮肥投入量:

$$\text{氮肥利用率 (N Recovery)} = (\text{施氮处理氮素吸收} - \text{对照处理氮素吸收}) / \text{施氮量}$$

济效益的影响进行分析,为稳定性长效复合肥在玉米生产上一次施用提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验点土壤类型

试验于 2006 年 4—9 月分别在河北、吉林进行, 供试土壤为褐土和黑土, 基本农化性状见表 1。

60 000 株/ hm^2 , 河北玉米品种蠡玉 16, 6 月 17 日播种, 7 月 3 日追肥, 10 月 29 日收获, 生育期 134 d; 吉林玉米品种先玉 335, 4 月 30 日播种, 6 月 29 日追肥, 10 月 12 日收获, 生育期 153 d。

$$\text{量} - \text{对照氮素吸收量}) / \text{氮肥投入量} \times 100\%。$$

2 结果与分析

2.1 不同处理对玉米产量及的影响

两个试验点习惯施肥和推荐都比不施氮增产(图1)。

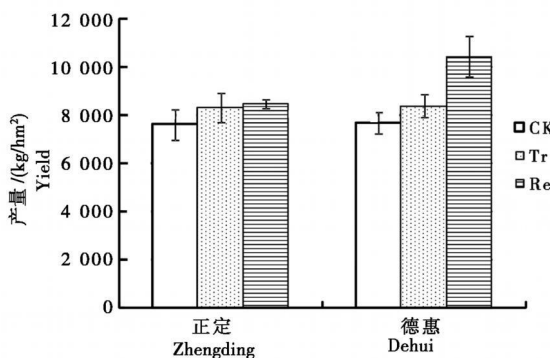


图 1 推荐施肥对玉米产量的影响

Fig. 1 Effects of fertilizer recommendation on yield of maize

河北正定点, 习惯施肥和推荐施肥间的籽粒产量均无差异, 但都显著高于对照处理, 推荐施肥在比

习惯施肥减少氮肥用量 43%的情况下(表 2)还可得到与习惯施肥略高的产量;吉林德惠点,推荐施肥比习惯施肥减少氮用量 33%,玉米比习惯施肥增产 9.1%;对比习惯施肥 2 次施肥,推荐施肥仅一次底肥就满足了玉米整个生育的养分需求,推荐施肥节约了人工。因此通过新型肥料的施用可减少施氮量,降低过量施氮对环境的风险,节约施肥的人工投入。

表 3 数据表明在获得相同或较高产量的同时,两个试验点习惯施肥的氮肥利用率都低于推荐,河北点氮肥利用率仅 6.6%,这与土壤长期施氮量高

引起土壤氮素累积有关,正定点播前土壤无机氮累积高达 128 kg/hm²,不施氮的玉米产量就可达 7 612 kg/hm²,习惯施肥的氮肥用量显然过量。两个试验点都显示推荐施肥的氮肥利用率高,与习惯施肥相比,正定和德惠的氮肥利用率分别增加 13.5 和 45.1 个百分点。氮肥生产率吉林高于河北,这与当地气候、品种及生育期有一定关系。两个试验点推荐施肥的偏生产力和农学效率都大大高于习惯施肥,这与推荐施肥的肥料中加入硝化抑制剂,减少氮的损失,同时保证了玉米铵态氮和硝态氮的协同营养,增加了氮的吸收有关。

表 3 推荐施肥对玉米氮肥利用率及氮肥生产率的影响

Tab. 3 Effects of fertilizer recommendation on nitrogen efficiency of maize

地点 Sites	处理 Treatment	玉米吸氮量/(kg/hm ²) N uptake of maize	氮回收率/% N recovery	偏生产力/(kg/kg) PFP	农学效率/(kg/kg) AE
河北正定 Zhengding	CK	177c	—	—	—
	Tr	192ba	6.6	39.6	3.88
	Re	202a	20.1	70.8	7.31
吉林德惠 Dehui	CK	116c	—	—	—
	Tr	152b	20.1	53.2	4.64
	Re	194a	65.2	87.1	14.20

2.2 玉米生长季 Nmin 动态变化情况

在正定试验点(图 2—A),夏玉米五叶期(7 月 2 日)所有施氮处理的土壤 Nmin 大约在 200 kg/hm²。但其中约有 2/3 的土壤 Nmin 集中在 30~90 cm 深层,这可能施受这一阶段连续的降雨影响造成的表层氮素的淋洗作用造成的。收获后,土壤 Nmin 残留与播前土壤 Nmin 相比大约增加了一倍,这是过量施氮造成的玉米季氮素残留,这一土壤残留无机氮通常会在下季冬小麦生长阶段被作物吸收或以淋洗、气体损失等形式而损失。

在德惠试验点(图 2—B),春玉米 5 叶期(6 月 20 日)所有施氮处理的土壤 Nmin 均在 100 kg/hm²

以上,显著高于不施氮肥处理(CK)的 Nmin(71.3 kg/hm²)。随着玉米的生长,吸氮量逐渐增加,土壤 Nmin 则呈下降趋势,玉米十叶期(7 月 11 日)各处理的土壤 Nmin 值分别比五叶期降低了 51.9%,33.6%和 38.8%,表明该时期是玉米吸氮高峰期,推荐施肥在此时的转化速率高于习惯施肥,可更好地满足玉米生长的需要。但在收获后(10 月 25 日),推荐肥的处理土壤 Nmin 值却低于习惯施肥的处理,说明肥料中无机氮当季大部分被吸收利用,而习惯施肥的无机氮当季尚有部分剩余,从玉米整个生育期肥料无机氮的转化速率来看,推荐施肥大于习惯施肥。

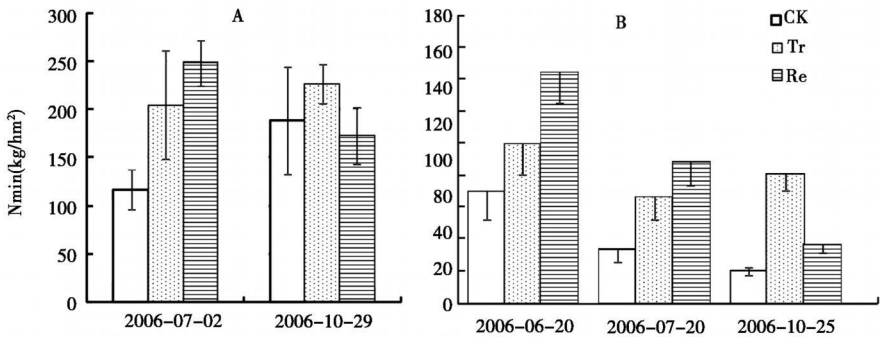


图 2 不同施肥条件下玉米关键生长期土壤 Nmin 动态变化情况

Fig. 2 Soil Nmin at critical growth stages of maize as affected by different fertilization program

2.3 不同施肥处理的投入产出分析

联合国粮农组织推荐用 VCR (Value—cost ratio) 指数来评价肥料的经济效益,它是施肥后增加农产

品所得产值与化肥支出的比值^[4]。稳定性长效复合肥单价比传统肥料高,其推荐施肥比习惯施肥增加了投入,用稳定性复合肥增加的玉米产值与稳定性

复合肥比习惯施肥多增加的支出相比所得的值就是 VCR, 当 VCR 为 >2 时推荐在经济上才是合理的。试验中玉米按 1 700 元/t, 尿素($N\geq 46\%$)以 2 200 元/t, 重钙($P_2O_5\geq 46\%$)以 1 800 元/t, 硫酸钾($K_2O\geq 50\%$)以 2 800 元/t, 氯化钾($K_2O\geq 60\%$)以 2 200 元/t, 稳定性复合肥(20—10—10 Cl)以 3 300 元/t 计, 计算出各试验点的 VCR 值列于表 4。

表 4 不同施肥方案下的投入产出经济分析

地点 Sites	稳定性复合肥 Recommendation		习惯施肥 Farmers practice		VCR
	产出	投入	产出	投入	
	Output	Input	Output	Input	
河北正定 Zhengding	14 438	1 980	14 147	1 500	0. 61
吉林德惠 Dehui	17 777	1 980	16 291	1 490	3. 03

表中数据显示, 吉林德惠施用稳定性复合肥经济上是合算的, 而河北正定的经济效益较低。河北正定经济效益低可能是长期过量施用氮肥导致环境中累积氮增加及随之而来的氮肥利用率低的结果, 习惯施肥的氮肥 VCR 值也仅为 1.2, 在此施氮量下经济上也是不合算的, 需进一步考虑减少施氮量的研究。

3 讨论与结论

解决氮肥利用率低、肥效期短的问题, 除了改进施肥方法、优化配方施肥、改进施肥技术和加强田间管理外, 还可通过在普通氮肥中加入硝化抑制剂或脲酶抑制剂, 对普通氮肥进行改性来解决。德国巴斯夫公司早在 20 世纪 60 年代就对氮肥的改性开展了研发, 欧洲由德国巴斯夫研发的含硝化抑制 DMPP 肥料已经开始批量生产并应用到农作物生产中^[8]。国内以沈阳应用生态研究所为主要研究力量的团队研发了氮肥增效剂, 从肥料改性来提供氮的利用率和延长肥效方面作了有益的尝试。

在本研究中含硝化抑制剂肥料一次底肥施用可达到习惯施肥相当或略高的产量, 而氮肥利用率远

高于习惯施肥。习惯施肥尿素中的氮, 施入土壤后在亚硝化单胞菌(*Nitrosomonas*)作用下最终都将被转化为硝态氮, 提供给作物生长的实际上是硝态氮营养^[3], 硝态氮容易淋失, 加上玉米生长期正值高温雨季, 淋失更容易发生^[7], 这是习惯施肥氮肥利用率低的部分原因。推荐施肥所用的肥料, 利用土壤胶体吸附铵离子正电原理, 在含铵态氮的复合肥中加入硝化抑制剂, 控制铵态氮向硝态氮的转化, 减少了硝态氮的淋失, 提供给玉米生长的是以铵态氮为主的混和营养, 促进了玉米生长^[6 7]。研究结果表明一次施用含硝化抑制剂的肥料可满足玉米生育期对养分的需求, 在降低氮用量的同时, 还可获得与习惯施肥相当或略高的玉米产量, 因此开发研究并推广施用新型肥料, 不失为解决氮肥施用不当的环境问题的手段之一。

参考文献:

[1] Jin J Y. 农业持续发展中的植物养分管理[M]. 南昌: 江西人民出版社, 2008: 9—18.

[2] 陈新平, 张福锁, 崔振岭, 等. 小麦—玉米轮作体系, 养分资源综合管理理论与实践[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006: 18—49.

[3] 肖焱波, 段宗颜, 苏凡, 等. 玉米不同种植方式氮肥合理施用研究[J]. 玉米科学, 2002, 10(1): 78—80.

[4] 陈新平, 周金池, 王兴仁, 等. 小麦—玉米轮作制中氮肥效应模型的选择—经济和环境效益分析[J]. 土壤学报, 2000, 37(3): 346—354.

[5] 高 强, 李德忠, 汪娟娟, 等. 春玉米一次性施肥效果研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(4): 125—128.

[6] Pasda G, Haehndel R, Zerulla W. Effect of fertilizers with new nitrification inhibitor DMPP (3, 4—dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops[J]. Biol Fertil Soils, 2001, 34: 85—97.

[7] 杜安刚, 巨晓棠, 张福锁, 等. 新型肥料 ENTEC 26 在土壤中的转化及其对玉米的增产效果[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(5): 47—51.

[8] Zenulla W, Barth T, Dressel J, et al. 3, 4—dimethylpyrazole phosphate (DMPP)—a new nitrification inhibitor for agricultural and horticultural[J]. Biol Fertil Soils, 2001, 4: 79—84.