

# 不同配方增效尿素对玉米生长及产量的影响

张弓长<sup>1</sup>, 蔡虎铭<sup>1</sup>, 钱程<sup>1</sup>, 刘广富<sup>1,2\*</sup>

(1. 金正大生态工程集团股份有限公司, 山东临沭 276700; 2. 农业部植物营养与新型肥料创制重点实验室, 山东临沭 276700)

**摘要** [目的]验证不同配方增效尿素在玉米上的肥效。[方法]以不施肥和普通尿素为对照,将添加不同增效剂配方的增效尿素1、增效尿素2对玉米进行追肥试验(共施肥4次,每次施肥量为225 kg/hm<sup>2</sup>),研究不同处理对玉米生长、籽粒产量和氮素吸收利用的影响。[结果]与不施肥处理相比,施加尿素均可显著改善玉米生物学性状,株高增加19~20 cm,茎粗增加0.09~0.16 cm,穗长增加1.6~5.2 cm,秃尖和颗粒不饱满玉米个数显著减少,其中以增效尿素1处理效果最佳。与不施肥处理相比,施加不同尿素处理玉米穗粒数降低,但颗粒更饱满,百粒重和鲜重均显著增加,不同尿素处理后增产6.49%~17.19%。与不施肥处理相比,施加尿素均可显著增加玉米氮素吸收量,且氮素表观利用率增加30.30%~54.19%。[结论]增效尿素在玉米及其他作物上具有广阔的推广应用前景。

**关键词** 增效尿素;玉米;产量;氮素利用率

**中图分类号** S506.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)34-0020-03

## Effects of Different Synergistic urea on the Growth and Yield of Maize

ZHANG Gong-chang<sup>1</sup>, CAI Hu-ming<sup>1</sup>, QIAN Cheng<sup>1</sup>, LIU Guang-fu<sup>1,2\*</sup> (1. Kingenta Ecological Engineering Corporation, Linshu, Shandong 276700; 2. Key Laboratory of Plant Nutrition and New Type Fertilizer, Ministry of Agriculture, Linshu, Shandong 276700)

**Abstract** [Objective] To verify the efficiency of urea in different formulations of corn fertilizer. [Method] In the control of non fertilization and common urea. Dressing synergistic urea 1 and synergistic urea 2 that add the different formula of the synergistic agent on corn dressing test (Total fertilization 4 times, each time the amount of fertilization was 15 kg/hm<sup>2</sup>). The effects of different treatments on maize growth, grain yield and nitrogen uptake and utilization were studied. [Result] The results showed that compared with no fertilization treatment, the application of urea could significantly improve the biological characteristics of maize. The plant height increased from 19 to 20 cm, the stem diameter increased from 0.09 to 0.16 cm, and the corn length increased from 1.6 to 5.2 cm, and the number of the bald tip and granule was significantly decreased, and the efficiency of the synergistic urea 1 treatment was the best. The number of grains per ear was decreased, but the grains were more plump, the percentage of grain weight and fresh weight were significantly increased after the treatment with different urea. Increase production by 6.49% to 17.19%, after different urea treatment. With no fertilizer treatment compared to urea could increase the uptake of Corn Nitrogen, and apparent nitrogen utilization rate is increased from 30.30% to 54.19%. [Conclusion] Reasonable development of new urea synergistic formula has a broad application prospect in corn and other crops.

**Key words** Synergistic urea; Corn; Yield; Nitrogen utilization rate

自20世纪60年代以来,国内外研究者致力于生产缓控释肥来提高尿素氮素利用率<sup>[1-3]</sup>。控释肥料能按照作物生长发育和需肥规律释放出氮素营养,但因其成本高,迄今在国内现行农业生产条件下难以大规模推广应用<sup>[4-5]</sup>。如何有效提高氮肥利用率是植物营养领域关注和研究的热点之一。陈倩等<sup>[6]</sup>研究表明,随着聚天冬氨酸用量(最高为400 mg/kg土)的增加,平邑甜茶对标记尿素的吸收量增加,且提高了标记氮素在平邑甜茶地上部的分配比例,同时减少了土壤氮素的损失量。由此推测聚天冬氨酸对NH<sub>4</sub><sup>+</sup>有一定的吸附作用,有利于尿素氮缓慢释放和养分的持续供应。Reeza等<sup>[7]</sup>研究表明,在中性土壤上,黄腐酸、腐殖酸分别或同时与尿素配施,铵态氮的挥发损失量比单施尿素减少13%~25%,且以两者混合施用的效果最明显,这与Rosliza等<sup>[8]</sup>的研究结果一致。笔者利用前期试验筛选出的几种增效剂和矿质元素组成不同配方的增效尿素,进行玉米田间追肥试验,以探讨增效尿素在提高氮肥利用率、延长肥效上的作用及不同配方增效尿素对玉米生长发育、籽粒产量的影响,以期今后增效尿素的生产及推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

**1.1.1 试验地概况**。田间试验于2015年11月—2016年2月在广东省英德市云岭镇走马坪试验基地进行。试验地土壤类型属于潮土,土壤质地为轻壤,耕层土壤pH 6.8,有机质18.36 g/kg,全氮1.21 g/kg,全磷0.82 g/kg,全钾21.33 g/kg。

**1.1.2 供试作物**。供试玉米品种为农大108。

**1.1.3 供试肥料**。<sup>15</sup>N-尿素(N 46%)、增效尿素,配方见表1。

**1.2 试验方法**。玉米处于吐丝期时,选取长势一致的玉米田块(50 cm×50 cm),小区面积7.0 m×1.0 m=7.0 m<sup>2</sup>,随机区组排列。共施肥4次,每次施肥量为225 kg/hm<sup>2</sup>,每个处理重复3次。2015年11月18日第一次施肥,每20 d追施一次,于2016年2月6日玉米成熟时收获,每小区随机取10株玉米进行农艺性状和产量的测定<sup>[9-11]</sup>。植株和籽粒风干后分别测定含氮量,按彭少兵等<sup>[12]</sup>、李方敏等<sup>[13]</sup>的方法计算氮肥利用率。

**1.3 数据分析**。采用Microsoft Excel 2007对数据进行处理,采用SPSS 11.5统计分析软件对数据进行差异显著性检验<sup>[14-16]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 不同配方尿素对玉米生物学性状的影响**。由表2可知,在株高、穗长、秃尖、颗粒不饱满玉米个数上,各种尿素处

**基金项目** 山东省自然科学基金项目(ZR2015QL009)。

**作者简介** 张弓长(1992-),男,云南施甸人,硕士研究生,研究方向:新型肥料研发及肥效。\*通讯作者,博士研究生,研究方向:柑橘套餐肥研发。

**收稿日期** 2016-10-12

理都能促进玉米生长,呈株高、穗长增加,秃尖、不饱满玉米个数降低的趋势。其中,增效尿素 1 效果最好,增效尿素 2 效果次之。增效尿素 1 处理比不施肥、尿素、增效尿素 2 处

理的株高分别增加 29、10、1 cm;穗长分别增加 5.2、2.5、1.6 cm;秃尖分别减少 3.1、1.8、0.7 cm;颗粒不饱满玉米个数分别减少 7、3、1 个。

表 1 尿素增效剂配方

Table 1 Formula of urea synergistic agent

处理 Treatment	聚天冬氨酸 Polyaspartic acid	黄腐酸钾 Fulvic acid potassium	硼酸 Boric acid	硫酸锌 Zinc sulfate	气溶胶 Aerosol	DMPP
尿素 Urea	0	0	0	0	0	0
增效尿素 1 Efficiency of urea 1	3	5	2	3	0.1	0.5
增效尿素 2 Efficiency of urea 2	5	10	4	5	0.1	0.5

表 2 不同配方尿素处理的玉米生物学性状

Table 2 Biological characters of maize treated with different urea

处理 Treatment	株高 Plant height//cm	茎粗 Thick stems//cm	穗长 Ear length//cm	秃尖 Bald tip//cm	颗粒不饱满玉米个数 The number of corn//个
不施肥 No fertilization	233 c	2.49 d	14.6 d	3.6 a	9 a
尿素 Urea	252 b	2.58 c	17.3 c	2.3 b	5 b
增效尿素 1 Efficiency of urea 1	262 a	2.65 a	19.8 a	0.5 d	2 c
增效尿素 2 Efficiency of urea 2	261 a	2.62 b	18.2 b	1.2 c	3 c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences between treatment at 0.05 levels.

**2.2 不同配方尿素对玉米产量的影响** 由表 3 可知,不施肥时,玉米穗粒数较多,但颗粒较小不饱满,百粒重反而最少。百粒重由高到低依次为增效尿素 1、增效尿素 2、尿素、不施肥。施用尿素、增效尿素 1、增效尿素 2 分别比不施肥处

理增产 740.4、1 960.95、1 000.5 kg/hm<sup>2</sup>,增幅达 6.49%、17.19%、8.77%。施用增效尿素 1、增效尿素 2 比尿素处理增产 1 220.55、260.10 kg/hm<sup>2</sup>,增幅达 10.05%、2.14%。以增效尿素 1 增产效果最好。

表 3 不同配方尿素处理的玉米产量

Table 3 Yield of different urea treated corn

处理 Treatment	穗粒数 Spike grain number //粒	百粒重 Hundred grain weight//g	鲜重 Fresh weight kg(10 株)	折合产量 Conversion yield kg/hm <sup>2</sup>	相比不施肥增产率 Compared with no fertilizer production rate//%	相比尿素增产率 Compared with urea increase production rate//%
不施肥 No fertilization	602 a	32.8 c	2.85 c	1 140.5 b	—	-6.10
尿素 Urea	546 d	38.5 b	3.10 b	1 246.10 ab	6.49	—
增效尿素 1 Efficiency of urea 1	560 c	38.7 a	3.34 a	1 366.65 a	17.19	10.05
增效尿素 2 Efficiency of urea 2	592 b	38.6 ab	3.04 b	1 240.20 ab	8.77	2.14

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences between treatment at 0.05 levels.

**2.3 不同配方尿素对玉米氮素吸收利用率的影响** 由表 4 可知,不同配方尿素处理的玉米茎秆吸氮量、籽粒吸氮量、吸氮总量均高于不施肥处理。说明施用尿素可以增加玉米对氮素的吸收。增效尿素 1 处理的吸氮量显著高于其他处理,吸氮总量比不施肥、尿素、增效尿素 2 处理分别增加了 106.76%、29.91%、4.74%。增效尿素 1 处理的氮素表观利用率也最高,比不施肥、尿素、增效尿素 2 处理分别增加了 54.19%、24.16%、4.75%。表明增效尿素 1 增效剂配方效果最好,具有脲酶抑制作用和硝化抑制作用,能延缓尿素水解速率,降低 NH<sub>3</sub> 的挥发损失,减少 NO<sub>3</sub>-N 的生成量,延长了尿素氮及其转化产物在土壤中的停留时间,有利于玉米植株对肥料氮素的吸收利用。而增效尿素 2 配方的聚天冬氨酸、黄腐酸钾、硼酸、硫酸锌添加量加倍时,效果反而不如增效尿素 1 好。

表 4 不同配方尿素处理的玉米氮素吸收利用率

Table 4 Nitrogen uptake and utilization rate of different urea treated corn

处理 Treatment	茎秆吸氮量 Stem N uptake kg/m <sup>2</sup>	籽粒吸氮量 The grain N uptake kg/m <sup>2</sup>	吸氮总量 Total N uptake g/小区	氮素表观 利用率 N apparent utilization//%
不施肥 No fertilization	13.95 d	28.06 d	42.01 d	—
尿素 Urea	23.25 c	43.61 c	66.86 c	30.03
增效尿素 1 Efficiency of urea 1	31.63 a	55.23 a	86.86 a	54.19
增效尿素 2 Efficiency of urea 2	31.10 b	51.83 b	82.93 b	49.44

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences between treatment at 0.05 levels.

### 3 结论

(1) 相比不施肥处理,追施尿素可改善玉米生物学性状,

株高、茎粗、穗长显著增加,秃尖和颗粒不饱满玉米个数显著减少。且添加聚天冬氨酸、黄腐酸钾、硼酸、硫酸锌的增效尿素效果优于普通尿素。说明追施尿素可有效供给玉米生长后期所需的氮素营养,增效剂和矿质元素的添加可增加肥效,促进玉米生长。收获时,施用增效尿素1的玉米各项指标最佳。

(2)各处理玉米百粒重折换产量后,产量由高到低依次为增效尿素1、增效尿素2、尿素、不施肥。增效尿素1产量最高,说明添加的聚天冬氨酸(3 kg/t)和黄腐酸钾(5 kg/t)以及玉米非常敏感的Zn对产量指标发挥了积极作用。增效尿素2虽长势稍差,但对玉米而言,饱满度和产量才是衡量肥效优劣的主要指标,可以通过适当降低聚天冬氨酸、黄腐酸钾或硫酸锌的添加量获得更优的效果。

(3)氮肥增效剂能为作物生长提供有机养分和微量元素<sup>[17]</sup>,且价廉、无毒、无污染,能明显抑制土壤脲酶活性、土壤亚硝化毛杆菌和硝化菌的活性以及铵态氮肥的硝化作用<sup>[18]</sup>,延缓尿素在土壤中的分解,降低尿素氮的转化速率,延缓尿素氮最高释放速率时间,减少NO<sub>3</sub>-N的形成、氨的挥发、硝态氮的淋溶和反硝化脱氮,增加土壤中NH<sub>4</sub><sup>+</sup>的积累。该试验结果表明,添加的聚天冬氨酸(3 kg/t)、黄腐酸钾(5 kg/t)及微量元素的增效尿素1能促进大田玉米的氮素吸收,显著提高氮肥的增产效应和氮素利用率,显示出增效尿素在大田中的应用潜力。

#### 参考文献

- [1] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策[J]. 土壤与环境,2000,9(1):1-6.  
[2] 闫湘. 我国化肥利用现状与养分资源高效利用研究[D]. 北京:中国农业

业科学院,2008.

- [3] PRAVEEN-KUMAR, BRUMME R. Alkylated ureas: Mineralization and evaluation as N source[J]. Fertilizer research, 1995, 4(2): 117-124.  
[4] 何绪生, 李素霞, 李旭辉, 等. 控效肥料的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 97-106.  
[5] 侯晓娜. 黄腐酸和聚天冬氨酸对蔬菜氮素吸收及肥料氮转化的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.  
[6] 陈倩, 李洪娜, 门永阁, 等. 不同聚天冬氨酸水平对盆栽平邑甜茶幼苗生长及<sup>15</sup>N-尿素利用与损失的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(1): 126-129.  
[7] REEZA A A, AHMED O H, MAJID N M N A, et al. Reducing ammonia loss from urea by mixing with humic and fulvic acids isolated from coal[J]. American journal of environmental sciences, 2009, 5(3): 420-426.  
[8] ROSLIZA S, AHMED O H, MAJID N M A. Controlling ammonia volatilization by mixing urea with humic acid, fulvic acid, triple superphosphate and muriate of potash[J]. American journal of environmental sciences, 2009, 5(5): 605-609.  
[9] 王红, 李放, 宋东涛, 等. 叶面喷施黄腐酸钾对夏玉米产量的影响[J]. 山东农业科学, 2014, 46(8): 87-89, 92.  
[10] 杨晶, 薛鸿雁, 孙晓丹, 等. 玉米施用增效尿素(碧晶氮肥增效剂)效果的探讨[J]. 农业开发与装备, 2013(3): 54-55.  
[11] 陈晋南, 张亚平, 杨庆锋, 等. 施用不同新型增效尿素对玉米主要性状及产量的影响[J]. 现代化农业, 2016(6): 11-12.  
[12] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1095-1103.  
[13] 李方敏, 樊小林, 陈文东. 控释肥对水稻产量和氮肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(4): 494-500.  
[14] 孙丽, 马友华, 何传龙, 等. 巢湖流域减量施肥对番茄产量品质和土壤硝态氮的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(25): 250-255.  
[15] 王进军, 黄瑞冬. 氮肥施用方式对玉米产量和肥效的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 222-225.  
[16] 刘音, 张升堂. 芹菜喷施氨基酸整合微肥生物学效应试验研究[J]. 陕西农业科学, 2003(4): 22-23, 29.  
[17] 张浩, 王正银, 徐卫红, 等. 复合氮肥增效剂对玉米利用尿素氮的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2003, 25(6): 535-538, 541.  
[18] 王正银, 徐卫红, 黄云, 等. 植物性脲酶抑制剂对作物营养和土壤特性的影响[J]. 核农学报, 2002, 16(2): 109-114.

(上接第6页)

- [9] 时向东, 刘国顺, 李广才, 等. 不同类型肥料对烤烟发育过程中土壤养分状况的影响[J]. 河南农业大学学报, 1999, 33(3): 235-237.  
[10] 郑宪滨, 刘国顺, 邢国强, 等. 腐殖酸对烤烟化学成分和经济性状的影响[J]. 河南农业科学, 2007(12): 43-45.  
[11] VAN RENSBURG L, KRÜGER G H J. Osmoregulation, monitored by pressure-volume tissue water component analysis, in cultivars of *Nicotiana tabacum* L. of different drought tolerance[J]. South African J Bot, 1994, 60(3): 139-144.  
[12] 董树亭, 王空军, 胡昌浩. 玉米品种更替过程中群体光合特性的演变[J]. 作物学报, 2000, 26(2): 200-204.  
[13] 杨兴有, 刘国顺, 伍仁军, 等. 不同生育期降低光强对烟草生长发育和

品质的影响[J]. 生态学杂志, 2007, 26(7): 1014-1020.

- [14] 邓春娟, 郭建斌, 高程达. 新型抗蒸腾叶面肥对叶片蒸腾速率的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(1): 113-116.  
[15] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual review of plant physiology, 1982, 33: 317-355.  
[16] EVANS J R. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. Plant physiology, 1983, 72(2): 297-302.  
[17] MORGAN J A. Growth and canopy CO<sub>2</sub> exchange rate of spring wheat as affected by nitrogen status[J]. Crop Science, 1988, 28(1): 95-100.  
[18] FREDERICK J R, CAMBERATO J J. Leaf net CO<sub>2</sub> exchange rate and associated leaf traits of winter wheat growth with various spring nitrogen fertilization rates[J]. Crop science, 1994, 34: 432-439.