

Effects of Different Kinds of Synergistic Urea on the Yield and Nitrogen Use Efficiency of Sweet Corn

Diwen Chen, Yong Jiang*, Wenling Zhou, Dachun Shen, Junhua Ao, Ying Huang, Zhenrui Huang, Qiwei Li

Sugarcane Industrial Research Institute of Guangzhou/Key Lab of Sugarcane Improvement & Bio-Refinery of Guangdong, Bioengineering Institute of Guangdong, Guangzhou Guangdong
Email: chendiwen@126.com, *gz510316@sina.com

Received: Jul. 6th, 2017; accepted: Jul. 21st, 2017; published: Jul. 24th, 2017

Abstract

A field experiment was conducted to determine the effects of different kinds of novel synergistic urea on yields and nitrogen use efficiency of sweet corn variety (Guangtian 2) in North Guangdong province of China. The results showed that corn yields in the treatment of humic acid urea were the highest, increased significantly (7.78%, $p < 0.05$) compared with that of common urea treatment. The protein and amino acid content of corn kernel under humic acid urea, Ju-Neng-Wang urea and controlled release urea treatments were significantly higher than that of common urea treatment. The humic acid urea, controlled release urea, Ju-Neng-Wang urea and zinc urea treatments could help the crop to increase nitrogen accumulation amount significantly compared with common urea treatment, and the N use efficiency was improved from 17.19% to 22.79%-24.56%. The humic acid urea treatment got the highest output and net income, followed by Ju-Neng-Wang urea, and the net income of humic acid urea treatment increased by 14.5% than common urea treatment. Taken together, application of humic acid urea and Ju-Neng-Wang urea could significantly enhance the yield and accumulation of N for sweet corn, improve the quality of sweet corn, and increase N use efficiency and net income.

Keywords

Sweet Corn, Synergistic Urea, Humic Acid Urea, Yield, Nitrogen Use Efficiency

不同新型增效尿素对甜玉米产量及氮素利用率的影响

陈迪文, 江永*, 周文灵, 沈大春, 敖俊华, 黄莹, 黄振瑞, 李奇伟

*通讯作者。

文章引用: 陈迪文, 江永, 周文灵, 沈大春, 敖俊华, 黄莹, 黄振瑞, 李奇伟. 不同新型增效尿素对甜玉米产量及氮素利用率的影响[J]. 农业科学, 2017, 7(4): 310-316. <https://doi.org/10.12677/hjas.2017.74041>

广东省生物工程研究所, 广州甘蔗糖业研究所/广东省甘蔗改良与生物炼制重点实验室, 广东 广州
Email: chendiwen@126.com, gz510316@sina.com

收稿日期: 2017年7月6日; 录用日期: 2017年7月21日; 发布日期: 2017年7月24日

摘要

在粤北以甜玉米品种广甜2号为试验材料, 研究不同新型增效尿素对甜玉米产量与氮素利用率的影响。结果表明: 施用腐植酸尿素的甜玉米产量最高, 显著高于普通尿素处理, 提高了7.78% ($p < 0.05$); 控失尿素、聚能网尿素和腐植酸尿素的蛋白质和氨基酸含量均显著高于普通尿素处理; 控释尿素、聚能网尿素、腐植酸尿素和含锌尿素处理的氮素累积量和氮素利用率均显著大于普通尿素处理, 氮素利用率从17.19%提高到22.79%~24.56%; 各处理中产值和净收益最高的是腐植酸尿素处理, 其次为聚能网尿素处理, 其中腐植酸尿素处理净收益比普通尿素处理提高14.5%。综合来看, 施用腐植酸尿素和聚能网尿素有利于增加甜玉米产量和氮素积累, 改善籽粒品质, 提高氮素利用率和增加净收益。

关键词

甜玉米, 增效尿素, 腐植酸尿素, 产量, 氮素利用率

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

甜玉米由于深受广大群众喜爱, 种植效益好, 目前我国种植面积逐步扩大, 主要种植区域分布在广东、广西、云南、福建等省份, 其中广东的种植面积占全国的 1/3 至 1/2 [1] [2]。甜玉米生长速度快, 80 天即可收获, 其对养分的需求量较大, 特别是氮素对甜玉米产量影响最大[3]。在生产中, 由于农民习惯偏施氮肥、过量施肥等不合理的施肥方式导致养分的利用率低、肥料资源浪费, 以及环境污染风险增加[4]。研发和施用新型增效氮肥是提高氮肥利用率的重要途径之一。目前对许多作物如水稻[5]、生姜[6]和小麦[7]等都有关于新型增效尿素应用的研究报道, 玉米上的研究主要集中在饲料玉米[8] [9] [10], 关于甜玉米的报道较少。控释尿素是通过复合材料对尿素进行改性, 利于农作物有效吸收, 减少养分流失[11] [12]。含锌尿素能同时满足作物氮和锌营养的需求, 提高作物产量和氮素利用率[8]。聚能网尿素含生物活性高分子物质, 能降低肥料分解速度, 延长肥效[10]。腐植酸与尿素结合可以抑制脲酶活性, 减缓尿素分解, 延长肥效, 同时腐植酸的生物活性能促进植物根系发育, 促进氮的吸收[13]。本研究选用控释尿素、聚能网尿素、腐植酸尿素、含锌尿素与普通尿素进行等量施用田间对比试验, 研究其对甜玉米产量及氮肥利用率的影响, 为以后新型增效尿素在研发及甜玉米生产上的应用提供参考借鉴。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

试验地位于广东省翁源县官渡镇南门坪, 地处广东北部, 属于中亚热带季风气候区, 年平均气温 20.6℃, 年平均降雨量 1693.9 毫米。土壤类型为砂壤, 土壤基本农化性质为: 有机质 12.45 g/kg、铵态氮

49.19 mg/kg、硝态氮 0.85 mg/kg、有效磷 96.79 mg/kg、速效钾 56.02 mg/kg、pH 4.70。

2.2. 试验材料

供试甜玉米品种：广甜 2 号，父母本均来源为美国超甜玉米与国内普通玉米自交系杂交回交改良后代。该品种苞大均匀，粗穗多行，出苗快而壮，株型半紧凑，茎粗抗倒，耐热抗病，高产稳产。

供试肥料品种：普通尿素(含 N 46.4%)、过磷酸钙(含 P_2O_5 16%)、氯化钾(含 K_2O 60%)、控失尿素(含 N 43.2%)、聚能网尿素(含 N 46.4%)、腐植酸尿素(含 N 46.0%，腐植酸 3.0%)、含锌尿素(含 N 43.2%、2% $ZnSO_4 \cdot H_2O$)、一水硫酸锌(含 $ZnSO_4 \cdot H_2O$ 97.5%)。其中所有尿素均为河南心连心公司生产并提供，过磷酸钙为湖北新洪磷化工公司出品，氯化钾为中化化肥公司出品。

2.3. 试验方法

试验设置 8 个处理，分别为：1) 无氮处理；2) 普通尿素(常规处理)；3) 控失尿素；4) 聚能网尿素；5) 腐植酸尿素；6) 含锌尿素；7) 控失尿素一次施肥；8) 常规尿素+等量锌(与处理 6 等量)。各个处理的过磷酸钙用量 1500 kg/公顷，氯化钾用量 450 kg/公顷，尿素用量除无氮处理不施外其他处理均施用 750 kg/公顷。尿素分两次按照 1:1 施用，磷肥一次性施用，钾肥分两次按照 3:2 施用，具体用量见表 1。试验小区随机排列，3 次重复。

栽培方式为双行单株起垄直播种植，大行行距、小行行距、株距分别为 90、40、35 cm，小区行长 10 米，共 6 行，面积 39 m^2 ，种植 186 株，折合约为 47,700 株/公顷。播种时间 2016 年 8 月 21 日，攻苗肥施用时间为 9 月 12 日，同时喷药 4.5% 高效氯氰菊酯杀虫 300 ml/公顷。攻穗肥施用为时间 10 月 11 日，同时喷药 4.5% 高效氯氰菊酯杀虫 300 ml/公顷。其他田间管理措施与生产一致。收获时间为 2016 年 11 月 12 日。

2.4. 田间取样与指标方法

调查项目包括：株高，单穗重，穗数，产量，品质，氮素利用率及经济效益等。每个小区随机取 6 个株生长正常的植株分成玉米穗、茎秆和叶片，在 105℃ 杀青 30 min，于 70℃ 烘干至恒重后称干重，粉碎过 0.15 mm 筛，样品经硫酸-双氧水消煮稀释后用于 N 养分含量测定[14]。玉米籽粒品质指标委托广东省农产品公共监测中心检测，氨基酸采用茚三酮比色法测定[15]，蛋白质含量采用开氏法测定[16]，脂肪采用气相色谱法测定[17]。

Table 1. The fertilizer application, proportion and dosage with different treatments

表 1. 不同处理的施肥种类、比例及用量

处理	尿素(kg/公顷)	过磷酸钙(kg/公顷)	氯化钾(kg/公顷)	一水硫酸锌(kg/公顷)
	攻苗肥 - 攻穗肥	攻苗肥 - 攻穗肥	攻苗肥 - 攻穗肥	攻苗肥 - 攻穗肥
无氮处理	0	1500-0	270-180	0
普通尿素	375-375	1500-0	270-180	0
控失尿素	375-375	1500-0	270-180	0
聚能网尿素	375-375	1500-0	270-180	0
腐植酸尿素	375-375	1500-0	270-180	0
含锌尿素	375-375	1500-0	270-180	0
控失尿素一次施肥	0-750	1500-0	270-180	0
普通尿素 + 等量锌	375-375	1500-0	270-180	12-12

2.5. 数据处理

数据采用 Excel2010 和 SPSS19.0 进行统计分析。氮素利用效率及经济效益相关指标计算公式如下：

氮素积累总量(kg/公顷) = 单位面积(公顷)收获时植株地上部各部分氮素积累量的总和

氮素农学效率(kg/kg) = (施肥区产量 - 空白区产量) / 施氮量

氮素利用率(%) = (施肥区作物氮积累量 - 空白区作物氮积累量) / 施氮量 × 100

氮肥偏生产力(kg/kg) = 产量 / 施氮量

产值(元/公顷) = 单位面积产量 × 甘蔗价格

净收益(元/公顷) = 产值 - 肥料投入 - 其他成本

3. 结果分析

3.1. 不同施肥处理对甜玉米产量及产量构成因子的影响

甜玉米鲜重产量结果如表 2 所示，无氮处理产量显著低于其他施氮肥处理，施氮处理中产量最高的是腐植酸尿素，显著高于普通尿素处理，相比普通尿素处理，提高幅度为 7.78%。聚能网尿素、控失尿素、含锌尿素和普通尿素 + 等量锌处理的产量与普通尿素无显著差异，而控失尿素一次施肥处理则显著降低。从各个产量构成因子来看，各施氮处理的各个产量构成因子并无统计学上的显著性差异，因此造成产量的显著差异原因可能是综合因素而不是某一个因子。对于产量最高的处理腐植酸尿素，其产量构成因子中单穗鲜重和穗行数是相对最高的。

3.2. 不同施肥处理对甜玉米品质的影响

不同处理对甜玉米的蛋白质、脂肪和氨基酸含量的影响结果如表 3 所示。不施氮处理蛋白质、脂肪和氨基酸含量显著低于其他处理。施氮处理中蛋白质含量最高的三个处理(控失尿素、聚能网尿素和腐植酸尿素)均显著高于普通尿素处理。脂肪含量最高的则是聚能网尿素处理，但各个施氮处理的脂肪含量差异不显著。氨基酸的含量差异与蛋白质含量一致，控失尿素、聚能网尿素和腐植酸尿素 3 个处理的氨基酸含量均显著高于普通尿素处理。

3.3. 不同施肥处理对甜玉米氮素利用率的影响

从表 4 可以看出，不同处理的氮素累积量存在显著差异，控释尿素、聚能网尿素、腐植酸尿素和含锌尿素处理的氮素累积量均显著大于普通尿素处理，最高的处理为腐植酸尿素，其次为聚能网尿素。氮素利用率则是除普通尿素 + 等量锌之外的处理全都显著高于普通尿素处理(17.19%)，提高到 21.28%~24.56%之间。至于氮肥农学效率和氮肥偏生产力，两个指标的情况类似，腐植酸尿素显著高于除聚能网尿素之外的任何处理，而控失尿素两个处理显著低于其他处理。

3.4. 不同施肥处理对经济效益的影响

不同施肥处理对经济效益的影响如表 5 所示。不同处理的肥料投入在 3690~4290 元/公顷之间，最低的为普通尿素处理，最高的为控失尿素，总成本也是相对应的。产值最高的为腐植酸尿素处理，其次为聚能网尿素处理，最低为控失尿素一次施肥处理。净收益最高的也是腐植酸尿素，其次为聚能网尿素处理，分别比普通尿素处理提高 14.5%和 5.5%，其余处理则低于普通尿素处理。

Table 2. Effects of applying different fertilizer on yield and its corresponding contributors
表 2. 不同施肥处理下甜玉米产量及其构成因子

处理	鲜重产量 (kg/公顷)	单穗鲜重 (g)	穗长 (mm)	秃尖长 (mm)	穗行数	每行粒数	百粒鲜重 (g)
不施氮	7935d	195.7b	17.2b	3.5a	12.0a	34.0a	34.3a
普通尿素	11690b	231.0a	17.0ab	3.0a	12.7a	33.3a	36.0a
控失尿素	10725bc	229.0a	17.3ab	2.3a	11.3a	35.0a	35.5a
聚能网尿素	12070ab	231.3a	18.3ab	2.8a	13.0a	36.3a	35.3a
腐植酸尿素	12600a	238.7a	18.5ab	3.0a	13.3a	35.7a	36.1a
含锌尿素	11820b	225.6a	18.3ab	3.3a	12.7a	33.0a	38.0a
控失尿素一次施肥	10545c	221.6a	17.8ab	2.5a	12.0a	33.7a	36.0a
普通尿素 + 等量锌	11645b	224.4a	19.2a	4.2a	12.3a	37.0a	36.4a

注：每列数字后面的字母不同则表示存在显著差异， $p < 0.05$ ，下同。

Table 3. Effects of applying different fertilizer on quality analysis of sweet corn
表 3. 不同施肥处理下甜玉米品质分析

处理	蛋白质(%)	脂肪(%)	氨基酸(%)
不施氮	7.90 d	3.66 b	7.13 d
普通尿素	9.71 c	4.09 ab	8.81 c
控失尿素	10.34 a	4.12 a	9.33 a
聚能网尿素	10.23 ab	4.47 a	9.23 ab
腐植酸尿素	10.34 a	4.12 a	9.33 a
含锌尿素	10.00 bc	4.08 ab	9.02 bc
控失尿素一次施肥	9.95 bc	4.20 a	8.98 bc
普通尿素 + 等量锌	9.91 c	4.09 ab	8.94 c

Table 4. Effects of applying different fertilizer on N use efficiency of sweet corn
表 4. 不同施肥处理下甜玉米的氮素利用率

处理	氮素积累量 (kg/公顷)	氮素利用率 (%)	氮肥农学效率 (kg/kg)	氮肥偏生产力 (kg/kg)
普通尿素	147.51	c	17.19	b
控失尿素	165.27	ab	23.78	a
聚能网尿素	167.27	ab	22.92	a
腐植酸尿素	172.94	a	24.56	a
含锌尿素	162.06	ab	22.79	a
控失尿素一次施肥	157.16	bc	21.28	a
普通尿素 + 等量锌	159.18	bc	20.57	ab

Table 5. Effects of applying different fertilizer on economic benefits of sweet corn
表 5. 不同施肥处理对经济效益的影响

	产量 (t/公顷)	肥料投入 (元/公顷)	总成本 (元/公顷)	产值 (元/公顷)	净收益 (元/公顷)
普通尿素	11,690	3690	13,690	23,380	9690
控失尿素	10,725	4290	14,290	21,450	7160
聚能网尿素	12,070	3915	13,915	24,140	10,225
腐植酸尿素	12,600	4103	14,103	25,200	11,098
含锌尿素	11,820	4103	14,103	23,640	9538
控失尿素一次施肥	10,545	4290	14,290	21,090	6800
普通尿素 + 等量锌	11,645	3915	13,915	23,290	9375

注：不同肥料价格分别按如下计算：普通尿素 1700 元/吨，控失尿素 2500 元/吨，聚能网尿素 2000 元/吨，腐植酸尿素 2250 元/吨，含锌尿素 1800 元/吨，控失尿素一次施肥 2500 元/吨，普通尿素+等量锌 2000 元/吨，过磷酸钙 800 元/吨，氯化钾 3700 元/吨，其他成本按 10,000 元/公顷，甜玉米市场价按照 2 元/kg 计算。

4. 讨论与结论

目前国内外对于不同类型增效尿素已有许多报道，主要种类有聚能网尿素[10]，腐植酸尿素[13]，包膜缓控释尿素[18]，氨基酸尿素和海藻尿素[5]等。本研究结果表明，试验所采用的聚能网尿素和腐植酸尿素与普通尿素相比，对甜玉米产量及氮肥利用率均有提高的作用。腐植酸尿素表现出的效果可能与其中添加的腐植酸有关，腐植酸作为一类具有生物活性的高分子有机物，在促进作物根系生长发育，提高作物产量和肥料利用率方面具有显著作用[6] [7] [14]，本试验地土壤有机质含量不高，施用腐植酸尿素的效果比较好。聚能网尿素是通过先进生产工艺可以实现对养分释放速度的有效控制，促进植株干物质积累，为作物更好地吸收利用养分提供保障[10]。本研究中除了普通尿素 + 等量锌处理外所有施肥处理氮素利用率均显著高于普通尿素处理。控释尿素和聚能网尿素通过包膜或改性等处理后一般具有缓控释功能，能显著提高氮素利用率[19]。腐植酸尿素和含锌尿素则是通过添加其他养分物质促进作物生长来增加作物对养分的吸收[8] [13]。

本研究主要结论如下：

1) 与普通尿素处理相比，腐植酸尿素处理的甜玉米产量得到显著提高，比普通尿素处理提高 7.78%；
 2) 控释尿素、聚能网尿素和腐植酸尿素能显著提高甜玉米籽粒蛋白质和氨基酸含量。
 3) 甜玉米施用腐植酸尿素、控释尿素处理、聚能网尿素和含锌尿素的氮素利用率均显著高于普通尿素处理，从 17.19% 提高到 21.28%~24.56%。
 4) 甜玉米产值和净收益最高的处理是腐植酸尿素，其次为聚能网尿素处理，腐植酸尿素处理的净收益比普通尿素处理提高 14.5%。综上所述，施用腐植酸尿素有利于增加甜玉米产量和氮素积累，改善籽粒品质，提高氮素利用率和增加收益，值得进一步推广应用。

基金项目

农业部植物营养与肥料重点实验室开放基金(APF2015021)资助。

参考文献 (References)

- [1] 胡建广, 王子明. 广东省甜玉米科研现状与发展趋势[J]. 玉米科学, 2007, 15(1): 150-152.
 [2] 彭智平, 刘建, 黄洁容, 等. 施用液体肥料对甜玉米产量和品质的影响[J]. 农业科技通讯, 2009(11): 82-84.

- [3] 陈建生, 徐培智, 唐拴虎, 等. 施肥对甜玉米物质形成累积特征影响研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 58-64.
- [4] Galloway, J.N. and Townsend, A.R. (2008) Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions and Potential Pollutions. *Science*, **320**, 889-892.
- [5] 李超英, 计小江, 吴春艳. 施用不同新型增效尿素对水稻产量和氮肥利用率的影响[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(2): 333-338.
- [6] 梁太波, 王振林, 刘兰兰, 等. 腐植酸尿素对生姜产量及氮素吸收、同化和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007(5): 903-909.
- [7] 刘艳丽, 丁方军, 张娟, 等. 活化腐植酸-尿素施用对小麦-玉米轮作土壤氮肥利用率及其控制因素的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(10): 1310-1319.
- [8] 刘红恩, 李金峰, 刘世亮, 等. 施用含锌尿素对夏玉米产量、氮素吸收及氮肥利用率的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 94-97.
- [9] 李兆君, 陆欣, 王申贵, 等. 腐植酸尿素对玉米产量及品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2004, 24(4): 322-324.
- [10] 郜峰, 冯梦喜, 卢维宏, 等. 聚能网尿素在玉米上的应用效果研究[J]. 化肥工业, 2015, 42(1): 73-76.
- [11] 张艳菲, 王晨阳, 李世莹, 等. 控失尿素养分释放特性研究[J]. 磷肥与复肥, 2017, 32(3): 11-12.
- [12] 王国文, 郭景丽, 姜瑛, 等. 施用控失尿素对土壤养分含量及水稻产量的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(10): 73-75.
- [13] 孙克刚, 张梦, 李玉顺. 腐植酸尿素对冬小麦增产效果及氮肥利用率的影响[J]. 腐植酸, 2016(3): 18-21.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 213-215.
- [15] 牛森. 作物品质分析[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [16] 白宝璋, 于漱琦, 田文勋, 等. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996.
- [17] 国家标准总局. GB2906-82 谷类, 油料作物种子粗脂肪测定方法[S]. 北京: 技术标准出版社, 1983.
- [18] 黄振瑞, 陈迪文, 江永, 等. 施用缓释肥对甘蔗干物质积累及氮素利用率的影响[J]. 热带作物学报, 2015, 36(5): 860-864.
- [19] 邵蕾, 王丽霞, 张民, 等. 控释肥类型及氮素水平对氮磷钾利用率的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(4): 170-175.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org