

## 不同品种缓控释肥对玉米产量性状·养分吸收及籽粒品质的影响

徐峰<sup>1</sup>, 钟文<sup>2</sup>, 胡昕<sup>2</sup>, 刘光磊<sup>1</sup> (1. 莒县农业农村局, 山东莒县 276599; 2. 山东省种子管理总站, 山东济南 250100)

**摘要** 以玉米品种明天 695 为研究对象, 设置常规施肥(处理①)、绿聚能复合肥(处理②)、中盐红四方玉米缓释肥(处理③)、金正大控释掺混肥(处理④)、鲁西脲甲醛复合肥(处理⑤)、辉煌灿烂控释型掺混肥(处理⑥)、不施氮肥(处理⑦)共 7 个处理, 研究在投入同等养分的前提下, 5 种缓控释肥对明天 695 产量性状、养分吸收和籽粒品质的影响。结果表明, 处理②和处理⑤的玉米产量、穗粒数、千粒重均显著高于其他处理, 玉米籽粒中 K 含量和秸秆中 N、P、K 含量也均较高; 5 种缓控释肥处理下的玉米籽粒中  $V_C$ 、可溶性糖、可溶性蛋白质含量均显著高于常规施肥处理。综合分析可知, 绿聚能复合肥和鲁西脲甲醛复合肥是当地玉米栽培缓控释肥的较好选择。

**关键词** 玉米; 缓控释肥; 产量性状; 养分吸收; 籽粒品质

中图分类号 S513 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)24-0172-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.24.041



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Different Slow and Controlled Release Fertilizers on Yield Traits, Nutrient Absorption and Kernel Quality of Corn

XU Feng<sup>1</sup>, ZHONG Wen<sup>2</sup>, HU Xin<sup>2</sup> et al (1. Juxian Agriculture and Rural Affairs Bureau, Juxian, Shandong 276599; 2. Shandong Provincial Seed Management Station, Jinan, Shandong 250100)

**Abstract** Taking the corn variety Mingtian 695 as the research object, conventional fertilization (treatment ①), Lvjuneng compound fertilizer (treatment ②), Zhongyanhongsifang corn slow-release fertilizer (treatment ③), Jinzhengda controlled-release blended fertilizer (treatment ④), Luxi urea formaldehyde compound fertilizer (Treatment ⑤), Canlanhuihuang controlled-release blended fertilizer (treatment ⑥), no nitrogen fertilizer (treatment ⑦), a total of 7 treatments were set up, under the premise of the same nutrient input, the effects of five slow-release fertilizers on the yield traits, nutrient absorption and grain quality of Mingtian 695 were studied. The results showed that the yield, number of grains per spike, and 1 000-grain weight of treatments ② and ⑤ were significantly higher than those of other treatments, and the content of K in grains and the content of N, P, and K in the stalks were also higher; the contents of  $V_C$ , soluble sugar and soluble protein in corn kernels under the treatments of 5 kinds of slow and controlled-release fertilizers were significantly higher than those of conventional fertilization treatments. According to comprehensive analysis, Lvjuneng compound fertilizer and Luxi urea formaldehyde compound fertilizer were better choices of slow and controlled release fertilizer for local corn cultivation.

**Key words** Corn; Slow and controlled release fertilizers; Yield trait; Nutrient absorption; Kernel quality

玉米是我国三大粮食作物之一, 具有生产周期短、营养价值高、附加值高等优点, 在我国粮食生产中占有重要地位<sup>[1]</sup>。目前, 我国在提高玉米产量方面主要是基于资源的高消耗和高投入, 普遍存在氮肥过量施用等不合理现象, 造成肥料利用效率低下, 并导致严重的土壤污染和环境污染等问题<sup>[2]</sup>。研究指出, 近 30 多年来, 我国粮食产量增长率超过 80%, 但施用化肥量的增长率超过 400%, 粮食产量的增加速度远赶不上施用化肥量的增加速度<sup>[3]</sup>; 还有研究指出, 我国玉米存在过量施用氮肥的现象, 但玉米对氮肥的利用率只有 30% 左右, 过量的氮肥施入土壤后有很大部分以氨气的形态排放至大气中, 对环境产生污染<sup>[4]</sup>。因此, 开发出高产、高效和生态的施肥技术具有重要意义。

缓控释肥可以通过多种调控机制来控制延缓养分的释放, 从而保证作物在生长期都可以获取养分, 既可以提高肥料利用效率, 又可以降低对环境的污染<sup>[5-6]</sup>。研究指出, 缓控释肥既可以使作物增产提质, 还可以在作物全生育期进行一次性基施, 节省了追肥需要的人工成本<sup>[7]</sup>。刘威等<sup>[8]</sup>研究指出, 缓控释肥减缓了氮素的损失, 提高了养分供应的合理性, 可以促进玉米生长。李东坡等<sup>[9]</sup>研究指出, 缓控释肥可以有效抑制氮素转化, 在玉米施肥期降低了土壤氨的挥发量, 延迟峰值出现时间。近年来, 虽然通过推广应用测土配

方施肥、穴播施肥等技术, 玉米产量得到了增加, 但玉米施肥量的增长幅度更大。因此, 玉米生产上推广应用缓控释肥具有重要的现实意义。目前, 关于缓控释肥在玉米生产上的应用研究较多, 但市场上不同种类的缓控释肥在不同地点的应用效果存在不同程度的差异<sup>[10-11]</sup>。基于此, 笔者研究了不同品种缓控释肥在玉米生产上的应用效果, 以期对山东省玉米科学施肥和高产种植提供技术支持。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 田间试验于 2019 年在山东省日照市莒县进行。试验地属暖温带亚湿润季风气候, 年平均气温 12.6 °C, 年平均降水量 739.6 mm, 年日照时数平均 2 227.6 h, 年无霜期平均 182 d。试验地土壤类型为褐土, 具有较好的灌溉条件, 前茬作物为小麦。表层(0~30 cm)土壤基本理化性状: pH 6.9, 有机质 12.3 g/kg, 碱解氮 52.7 mg/kg, 速效磷 27.6 mg/kg, 速效钾 130.4 mg/kg。

**1.2 试验材料** 供试作物为玉米, 品种为明天 695。供试肥料: 尿素(N 40%)、重过磷酸钙( $P_2O_5$  46%)、氯化钾( $K_2O$  60%)、缓释肥 1(绿聚能复合肥, N- $P_2O_5$ - $K_2O$  为 27-9-9)、缓释肥 2(中盐红四方玉米缓释肥, N- $P_2O_5$ - $K_2O$  为 26-11-12)、缓释肥 3(金正大控释掺混肥, N- $P_2O_5$ - $K_2O$  为 26-10-12)、缓释肥 4(鲁西脲甲醛复合肥, N- $P_2O_5$ - $K_2O$  为 26-6-8)、缓释肥 5(辉煌灿烂控释型掺混肥料, N- $P_2O_5$ - $K_2O$  为 28-5-9), 肥料均为市售。

**1.3 试验设计** 试验共设置 7 个处理, 处理①: 常规施肥, 2

**作者简介** 徐峰(1973—), 男, 山东莒县人, 高级农艺师, 从事农作物新品种、新技术推广应用研究。

**收稿日期** 2021-08-23; **修回日期** 2021-09-06

次施肥, 1/3 为基肥, 2/3 在大喇叭口期追肥, 施 N 量 240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 126 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>; 处理②: 缓释肥 1, 一次性施肥, 施 N 量 240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 126 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>; 处理③: 缓释肥 2, 一次性施肥, 施 N 量 240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 126 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>; 处理④: 缓释肥 3, 一次性施肥, 施 N 量 240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 126 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>; 处理⑤: 缓释肥 4, 一次性施肥, 施 N 量 240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 126 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>; 处理⑥: 缓释肥 5, 一次性施肥, 施 N 量 240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 126 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>; 处理⑦: 不施氮肥, 仅施磷肥、钾肥, 一次性施肥, 施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 126 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>, 作为对照(CK)。

采用小区试验, 小区面积为 24 m<sup>2</sup> (6 m×4 m)。基肥均匀撒施到小区后用旋耕机旋耕 3 遍。玉米行距 0.60 m、株距 0.25 m, 各小区均播种 10 行。2019 年 6 月 15 日播种, 9 月 29 日收获。

#### 1.4 测定项目与方法

**1.4.1 玉米产量性状。**玉米收获后, 待自然风干后再进行考种, 测定穗粒数、千粒重, 产量按照各小区单独计算并记录数据。

**1.4.2 玉米籽粒养分含量和秸秆养分含量。**玉米收获后, 选取具有代表性的 5 株玉米, 3 次重复, 均置于 105 ℃ 的烘箱中杀青 30 min, 然后于 80 ℃ 条件下烘干至恒重, 称取并记录玉米茎、叶的干物质量, 根据株距和行距折合计算出玉米秸秆干物质量, 然后将重复的籽粒和秸秆进行单独粉碎, 再测定养分含量。参照文献[11]的方法, 全氮含量测定采用凯氏定氮法, 全磷含量测定采用钒钼黄比色法, 全钾含量测定采用火焰光度法。

**1.4.3 玉米籽粒品质。**玉米收获后, 剥掉籽粒, 将新鲜籽粒用打浆机打成浆状。参照文献[12]的方法, V<sub>c</sub> 含量测定采用 α, 6-二氯酚靛酚法, 可溶性糖含量测定采用硫酸蒽酮比色法, 可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 比色法。

**1.5 数据处理** 试验数据均采用 Excel 2010、SPSS 20.0 进行统计和分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对玉米产量性状的影响** 由表 1 可知, 产量方面, 处理①~⑥均高于未施氮肥的处理⑦(CK), 且差异显著, 处理⑤最高, 较常规施肥的处理①增加约 14.83%; 处理②和处理④也高于常规施肥的处理①, 且处理②与处理①间差异达显著水平; 处理③和处理⑥均低于常规施肥的处理①, 但差异均未达显著水平。穗粒数方面, 处理①~⑥均高于未施氮肥的处理⑦(CK), 处理⑤最高, 较常规施肥的处理①增加约 6.90%; 处理②和处理④也高于常规施肥的处理①, 且处理②与处理①间差异达显著水平; 处理③和处理⑥均低于常规施肥的处理①。千粒重方面, 处理①~⑥均高于未施氮肥的处理⑦(CK), 且差异显著, 处理⑤最高, 较常规施肥的处理①增长约 8.08%; 处理②、④、⑥也高于常规施肥的处理①; 处理③低于常规施肥的处理①。

表 1 不同处理对玉米产量性状的影响

Table 1 Effects of different treatments on maize yield characters

处理 Treatment	穗粒数 Number of grains per panicle	千粒重 1 000-grain weight g	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>
①	707.56±1.14 b	362.81±9.27 b	9 458.25±275.40 b
②	750.62±13.84 a	378.85±10.44 a	10 412.55±355.05 a
③	693.66±16.57 b	359.79±9.26 b	9 179.70±258.01 b
④	709.85±12.55 b	367.12±11.24 b	9 567.90±232.35 b
⑤	756.36±12.88 a	392.11±9.35 a	10 860.90±266.25 a
⑥	704.59±1.04 b	366.40±12.04 b	9 435.85±291.45 b
⑦(CK)	678.80±8.28 c	348.04±9.13 c	8 494.86±123.56 c

注: 同列不同小写字母表示差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference ( $P < 0.05$ )

**2.2 不同处理对玉米籽粒养分含量的影响** 由表 2 可知, 籽粒 N 含量方面, 处理①、②、④、⑤、⑥均高于未施氮肥的处理⑦(CK), 处理⑥最高, 显著高于处理②~⑤; 处理③、⑤含量较低, 显著低于常规施肥的处理①含量; 处理②、④含量显著低于常规施肥的处理①含量。籽粒 P 含量方面, 处理①~⑥均显著高于未施氮肥的处理⑦(CK), 处理①~⑥之间差异均不显著。籽粒 K 含量方面, 处理①~⑥均显著高于未施氮肥的处理⑦(CK), 处理⑤含量最高, 其他处理间差异均不显著。

表 2 不同处理对玉米籽粒养分含量的影响

Table 2 Effects of different treatments on nutrient content of maize kernels %

处理 Treatment	N	P	K
①	1.32±0.04 a	0.26±0.03 a	0.24±0.02 b
②	1.30±0.01 b	0.26±0.02 a	0.27±0.01 b
③	1.26±0.02 c	0.25±0.01 a	0.26±0.02 b
④	1.29±0.02 b	0.26±0.02 a	0.25±0.02 b
⑤	1.27±0.04 c	0.26±0.01 a	0.32±0.01 a
⑥	1.34±0.02 a	0.26±0.02 a	0.26±0.02 b
⑦(CK)	1.26±0.01 c	0.18±0.01 b	0.21±0.01 c

注: 同列不同小写字母表示差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference ( $P < 0.05$ )

**2.3 不同处理对玉米秸秆养分含量的影响** 由表 3 可知, 秸秆 N 含量方面, 处理⑤含量最高, 且均显著高于其他处理。秸秆 P 含量方面, 处理②、⑤含量较高, 且均显著高于其他处理。秸秆 K 含量方面, 处理②、⑤含量较高, 且均显著高于其他处理。

表 3 不同处理对玉米秸秆养分含量的影响

Table 3 Effects of different treatments on the nutrient content of corn stalks %

处理 Treatment	N	P	K
①	0.83±0.03 b	0.10±0.02 b	0.20±0.02 b
②	0.83±0.01 b	0.15±0.02 a	0.22±0.01 a
③	0.79±0.01 b	0.09±0.01 b	0.19±0.02 c
④	0.82±0.02 b	0.08±0.02 b	0.17±0.02 d
⑤	1.03±0.08 a	0.14±0.01 a	0.23±0.01 a
⑥	0.81±0.09 b	0.08±0.02 b	0.20±0.02 b
⑦(CK)	0.69±0.01 c	0.06±0.01 c	0.15±0.01 e

注: 同列不同小写字母表示差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference ( $P < 0.05$ )

**2.4 不同处理对玉米籽粒品质的影响** 由表4可知,  $V_c$  含量方面, 处理②~⑥均显著高于常规施肥的处理①, 处理②含量最高。可溶性糖含量方面, 处理②~⑥均显著高于常规施肥的处理①, 处理③含量最高。可溶性蛋白质方面, 处理②~⑥均显著高于常规施肥的处理①, 处理④含量最高。处理②~⑥的  $V_c$ 、可溶性糖、可溶性蛋白质含量差异均不显著。

表4 不同处理对玉米籽粒品质的影响

Table 4 Effects of different treatments on corn kernel quality

处理 Treatment	$V_c$ g/kg	可溶性糖 Soluble sugar %	可溶性蛋白质 Soluble protein mg/g
①	5.09±0.67 b	1.58±0.11 b	5.58±0.67 b
②	6.65±0.84 a	1.99±0.20 a	6.19±0.54 a
③	6.10±0.70 a	2.68±0.46 a	6.10±0.82 a
④	6.31±0.82 a	2.14±0.43 a	7.20±0.47 a
⑤	6.43±0.67 a	2.33±0.46 a	6.55±0.60 a
⑥	6.35±0.79 a	2.41±0.32 a	6.24±0.51 a
⑦(CK)	5.54±0.76 a	1.88±0.21 b	3.35±0.22 c

注: 同列不同小写字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference ( $P < 0.05$ )

### 3 结论与讨论

该试验结果表明, 5种缓控释肥处理条件下, 仅绿聚能复合肥和鲁西脲甲醛复合肥处理的玉米产量显著高于常规施肥处理, 而其他3种缓控释肥处理条件下的产量与常规施肥处理的产量均较为接近, 差异均不显著; 仅绿聚能复合肥和鲁西脲甲醛复合肥处理的玉米穗粒数和千粒重显著高于常规施肥处理, 而其他3种缓控释肥处理条件与常规施肥处理差异均不显著。这表明绿聚能复合肥和鲁西脲甲醛复合肥可以通过改变玉米穗粒数和千粒重来增加玉米产量。赵营等<sup>[13]</sup>研究指出, 施用不同种类的缓控释肥均可以提高玉米产量, 且与施用普通复合肥的产量均差异显著。刘红江等<sup>[14]</sup>研究表明, 相对于施用普通尿素, 不同类型缓控释肥可以在提高水稻产量的基础上, 降低农田地表面径流氮素流失量和水稻氮素偏流失率。刘莘等<sup>[15]</sup>研究表明, 6种缓控释肥均具有不同程度的增产、增效作用, 主要是通过增加玉米千粒重、穗粒数来达到增产的效果。以上研究与该研究结果基本一致, 但该研究中除绿聚能复合肥和鲁西脲甲醛复合肥处理外, 其他3种缓控释肥在增产方面效果不理想, 这可能与试验地的土壤条件以及不同缓控释肥的原料、控释机制等差异有关。

氮、磷、钾在作物的代谢过程中参与蛋白质和糖类等物质的代谢, 具有重要作用, 氮、磷、钾含量增加可以促进作物秸秆中干物质转运至籽粒, 增加作物产量。作物籽粒中钾含

量增加还可以促进糖类和蛋白质的合成, 可以在一定程度上增加作物的千粒重和产量。侯红乾等<sup>[16]</sup>研究表明, 施用缓控释肥可以促进水稻产量的提高, 增加水稻植株对氮素的吸收, 减少氮素的损失。金丹丹等<sup>[17]</sup>研究指出, 施用缓控释肥可以延长养分的释放周期, 改善水稻生长关键阶段氮代谢的能力, 起到保穗增穗的作用, 通过增加水稻的穗粒数、结实率和千粒重来达到增产的效果。这与该研究结果较为一致。

该试验结果表明, 5种缓控释肥处理下玉米籽粒中  $V_c$ 、可溶性糖、可溶性蛋白质含量均显著高于常规施肥处理, 且绿聚能复合肥有利于增加玉米籽粒中  $V_c$  含量, 中盐红四方玉米缓释肥有利于增加玉米籽粒中可溶性糖含量, 鲁西脲甲醛复合肥有利于增加玉米籽粒中可溶性蛋白质含量。不同种类的缓控释肥会通过不同的方式来实现控释, 其产生的氮素形态和比例会存在一定的差异, 这可能会影响玉米籽粒中  $V_c$ 、可溶性糖、可溶性蛋白质含量, 具体的作用机理还需要深入研究。综合上述讨论, 建议在当地推广使用绿聚能复合肥和鲁西脲甲醛复合肥。

### 参考文献

- [1] 李阔, 熊伟, 潘婕, 等. 未来升温 1.5°C 与 2.0°C 背景下中国玉米产量变化趋势评估[J]. 中国农业气象, 2018, 39(12): 765-777.
- [2] 张世博, 施龙建, 俞春涛, 等. 江苏省玉米生产情况调研与分析[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(6): 1410-1418.
- [3] 刘维, 李祎君, 何亮, 等. 基于 SPI 判定的东北春玉米生长季干旱对产量的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(22): 121-127.
- [4] 陈先敏, 梁效贵, 赵雪, 等. 历年国审玉米品种产量和品质性状变化趋势分析[J]. 中国农业科学, 2018, 51(21): 4020-4029.
- [5] 周翔, 陈上, 何川, 等. 覆膜和控/缓释肥互作对春玉米生长与氮素利用的影响[J]. 农业机械学报, 2019, 50(8): 321-330.
- [6] 徐辰峰. 不同类型缓控释肥对水稻南粳 9108 氮素利用的影响[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(3): 156-159.
- [7] 李前, 秦裕波, 孔丽丽, 等. 不同类型的缓/控释肥对玉米氮素吸收及土壤速效氮的影响[J]. 玉米科学, 2017, 25(4): 123-128.
- [8] 刘威, 周剑雄, 谢媛圆, 等. 控释尿素条施深度对鲜食玉米田间氨挥发和氮肥利用率的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1295-1302.
- [9] 李东坡, 王志杰, 梁成华, 等. 缓释尿素氮肥在玉米苗期的养分释放特点[J]. 中国土壤与肥料, 2007(1): 34-37.
- [10] 董强, 吴得峰, 党廷辉, 等. 黄土高原南部不同减氮模式对春玉米产量及土壤硝态氮残留的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 856-863.
- [11] 张华艳, 牛灵安, 郝晋珉, 等. 秸秆还田配施缓控释肥对土壤养分和作物产量的影响[J]. 土壤通报, 2018, 49(1): 140-149.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [13] 赵营, 刘晓彤, 罗健航, 等. 缓/控释肥条施对春玉米产量、吸氮量与氮平衡的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2020(5): 34-39.
- [14] 刘红江, 郭智, 郑建初, 等. 不同类型缓控释肥对水稻产量形成和稻田氮素流失的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(4): 783-789.
- [15] 刘莘, 李庆凯, 林海涛, 等. 不同缓控释肥品种对玉米养分吸收、氮肥利用率及产量的影响[J]. 江西农业学报, 2020, 32(4): 73-77.
- [16] 侯红乾, 冀建华, 刘益仁, 等. 缓/控释肥对双季稻产量、氮素吸收和平衡的影响[J]. 土壤, 2018, 50(1): 43-50.
- [17] 金丹丹, 官亮, 李波, 等. 2种缓/控释肥对滨海盐碱地区水稻产量及氮代谢的影响[J]. 水土保持学报, 2020, 34(4): 334-339.