# 控释尿素对春玉米产量、氮素回收率及农学效率的影响

刘双全 姬景红 李玉影 佟玉欣 郑 雨 李 杰 刘 颖 张明怡 韩 光 (黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所,黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室,黑龙江省肥料工程技术研究中心, 黑龙江哈尔滨,150086)

摘要:为明确控释尿素对春玉米的产量、氮素回收率及农学效率的影响,2011-2015年在黑龙江省哈尔滨市民主乡示范园区进行了5点次田间小区试验。结果表明,控释尿素能够提高春玉米产量、氮素回收率及氮素农学效率。相同氮肥用量条件下,采用控释尿素与普通尿素配合一次基施与普通尿素分次施用玉米产量相似。100%氮肥用量下,处理3(60%控释尿素)、处理4(75%控释尿素)与处理2(普通尿素分次施用)产量相似,80%氮肥用量下,处理6(60%控释尿素)、处理7(75%控释尿素)与处理5(普通尿素分次施用)产量相似,说明控释尿素与普通尿素(控释尿素占比例60-75%)配合一次基施效果较好。单从增产角度来看,普通尿素与控释尿素以25%和75%的比例混合施用效果较好,但各氮素处理间产量之间差异不显著,从氮素回收率和农学效率来考虑,80%氮肥用量下,普通尿素与控释尿素以40%和60%的比例混合施用效果较好,这种施肥方式在黑龙江省玉米生产上是可以推广和借鉴的氮素管理方式。

关键词: 控释尿素, 春玉米, 产量, 氮素回收率, 氮素, 农学效率

氮是玉米生长发育所必需的营养元素。近年来, 随着 化肥投入量的增加, 肥料增产能力和利用率下降的现象相 当普遍[1-2]。合理施用氮肥对于提高玉米产量、氮肥利用 率、减轻环境压力具有重要意义[3]。而氮肥的合理施用除 了要确定适宜的氮肥用量外,还应注重肥料的施用时期和 形态[4]。包膜肥料的研究和应用为解决上述问题提供了新 的途径[5]。与普通尿素相比, 控释氮肥具有养分释放缓慢、 作物吸收多的特点,使用控释肥可以显著提高氮肥利用率 [6],免去追肥环节,在生产上具有较高的应用价值。目前, 很多研究者研究了缓控释尿素施用对作物产量、肥料利用 率的影响。曹宁等 [7] 的研究表明,以硅藻土为载体的控 释尿素替代普通尿素,一次性基施的施肥方式替代基肥加 追肥是可行的,能达到省工、增效的目的,尿素分次施用 和控释尿素处理分别比尿素一次性施用处理玉米产量增加 23.48% 和 17.70%, 氮肥利用效率提高 17.33% 和 17.58 %。李伟等[8]的研究结果表明,控释掺混肥对夏玉米增产 效果显著, 能显著提高夏玉米氮素积累量, 较常规施肥处 理的氮素积累量提高 7.88%-20.29%, 氮素利用效率增加 9.59%-24.69%。目前,关于黑龙江省春玉米施用控释尿 素效果的报道较少[9-10]。以往研究多集中在控释肥施用对 夏玉米的产量及肥料利用率的影响上,而对于气候、土壤 条件完全不同的春玉米控释尿素施用效果, 尤其是对土壤

氮素损失、平衡方面尚缺乏进一步深入研究。目前,黑龙江省玉米氮肥施用主要采用一次基肥一次追肥的施肥方式(40%氮肥做基肥,60%氮肥做追肥),由于玉米生育后期植株较高,机械追肥困难,采用缓控释肥与普通尿素混合一次性施肥能否达到相似的产量效果,亟需试验研究和验证。因此,本文旨在明确控释尿素在黑龙江省玉米主产区应用效果及对氮素回收率的影响,为该区控释尿素的合理施用以及玉米简化高效施肥提供理论依据和技术支撑。

# 1 材料与方法

#### 1.1 试验地点

2011-2015年试验设在黑龙江省哈尔滨市民主乡土壤肥料与环境资源研究所示范园区。

#### 1.2 供试材料

供试土壤为黑土,供试土壤基本化学性质见表 1。

供试肥料: 氮肥为市场销售的普通尿素(BU,含N 46%),磷肥为重过磷酸钙(含 $P_2O_5$ 46%),钾肥为氯化钾(含 $K_2O$ 60%)。控释尿素(CRU)由中国农科院提供的美国加阳公司生产的树脂包膜尿素(含N44%),控释期为90天。

表 1 0-30cm 土层供试土壤基本化学性质						
年份	рН	有机质	碱解 N	Olsen–P	速效 K	
		$g \cdot kg^{-1}$	$^{-}$ mg·kg $^{-1}$			
2011	5.99	36.0	136.5	35.8	148	
2012	6.54	33.1	122.6	48.2	183.0	
2013	6.65	34.8	125.7	42.8	176.2	
2014	6.76	35.2	120.6	40.2	158.6	
2015	6.68	34.8	105.1	30.4	149.2	

供试玉米品种: 2011年供试玉米品种为育 258, 密 度为 5.0 万株·hm<sup>-2</sup>; 2012 年供试玉米品种为龙单 42, 密度为 5.5 万株·hm<sup>-2</sup>: 2013 年供试玉米品种为德美亚 3 号,密度为7.5万株·hm<sup>-2</sup>;2014年供试玉米品种为郑单 958, 密度为 6.0 万株·hm<sup>-2</sup>; 2015 年供试玉米品种为龙高 L2, 密度为 6.0 万株·hm<sup>-2</sup>。

#### 1.3 试验设计

试验设7个处理(见表2),3次重复,随机区组排列, 小区面积40平方米。

17日播种, 9月27日收获; 2014年4月30日播种, 9月 30 日收获, 2015年4月30日播种, 10月9日收获。

#### 1.4.4 测定方法

常规方法[11]分析土壤 pH 及养分含量,植株和籽粒 样品于 105 ℃杀青 30 分钟, 70 ℃烘干, 称重, 凯氏法测 定样品中全氮含量。

#### 1.5 数据分析及计算公式

试验数据用 Excel 2007 和 SPSS 13.0 统计分析。

表 2 试验处理及养分用量 / kg·hm <sup>-2</sup>					
处理	具体施肥方案	N	$P_2O_5$	$K_2O$	
处理 1	不施 N 肥, N0	0	67.6	71	
处理 2	RU, 40% 播前基施, 60% 拔节期追肥	178	67.6	71	
处理 3	60%CRU+40%RU, 一次施用(基肥)	178	67.6	71	
处理 4	75%CRU+25%RU,一次施用(基肥)	178	67.6	71	
处理 5	80%N, RU, 40% 播前基施, 60% 拔节期追肥	142.4	67.6	71	
处理 6	80%N, 60%CRU+40%RU, 一次施用(基肥)	142.4	67.6	71	
处理 7	80%N, 75%CRU+25%RU, 一次施用(基肥)	142.4	67.6	71	

#### 1.4 样品采集与田间管理

#### 1.4.1 土壤样品采集

试验播种前和收获后按 S 点取样法采集土壤样品,取 样部位为垄台坡的侧面。每小区用土钻取5钻,取后立即 放入封口袋中,取样深度为0-30厘米。

#### 1.4.2 植株样品采集

玉米成熟后,取小区中间4垄测产;采集各小区代表 性玉米 5 株测定植株含氮量。

#### 1.4.3 田间管理

正常田间管理。2011年4月27日播种,9月28日收 获; 2012年5月5日播种, 10月3日收获; 2013年5月

产量(kg·hm<sup>-2</sup>)(14%含水量)=[60穗玉米总粒 重(公斤)/60 × 密度(万株·hm<sup>-2</sup>)/10] × 0.14/ 籽粒 含水量(%)

氮肥回收率(NUE%)=(施氮区地上部分吸氮量-不施氮肥区地上部吸氮量)/施氮量×100;

氮肥农学效率 (ANUE)(kg·kg-1)=(施氮区产量-不施氮区产量)/施氮量:

# 2 结果与分析

#### 2.1 控释尿素对玉米产量的影响

2011-2015年五点试验结果表明(表3),在相同磷 肥和钾肥水平上,与处理1(不施氮)相比,各施氮处理 均增加玉米产量。相同氮肥用量条件下,采用控释尿素 与普通尿素配合一次基施与普通尿素分次施用玉米产量 相似。100% 氮肥用量下, 处理 3 (60% 控释尿素)、处 理 4 (75% 控释尿素)与处理 2 (普通尿素分次施用)产 量相似:80% 氮肥用量下,处理6(60% 控释尿素)、处 理7(75% 控释尿素)与处理5(普通尿素分次施用)产 量相似,说明合理的控释尿素与普通尿素(控释尿素占比 例 60-75%)配合一次基施效果较好。从增产角度来看, 普通尿素与控释尿素分别以25%和75%的比例混合施用 效果较好, 但各氮素处理间产量之间差异不显著。

## 2.2 控释尿素对玉米氮素回收率和氮农学效率的影响

相同氮肥用量条件下(100%、80%氮肥用量),控释 尿素处理玉米植株氮素回收率和氮素农学效率均高于普通 尿素处理的(表4)。普通尿素分别以25%和40%的比例 与控释尿素混合施用效果均好干单施用普通尿素处理的, 但各氮素处理间产量之间差异不显著。

从氮素回收率和农学效率来考虑,80% 氮肥用量下, 普通尿素与控释尿素分别以40%和60%的比例混合施用 效果较好,这种施肥方式在黑龙江省玉米生产上是可以推 广和借鉴的氮素管理方式。

## 3 讨论

氮肥管理的最终目的是既保证作物高产,又能达到经 济效益和环境效益的统一[12]。本文通过五年定点田间试 验研究结果表明,黑龙江春玉米施 N 178 kg·hm<sup>-2</sup>条件下, 适宜的控释氮肥掺混比例为40-75%。控释尿素比例不同, 主要是由于不同试验设置的控释尿素比例有所差异, 另外 也与试验所用控释尿素种类、土壤肥力、气候等有关。夏 伟光等[13] 采用田间试验方法研究了控释尿素不同施用条 件对冬小麦产量、氮素利用和经济效益的影响,无论是产 量效应还是氮素利用效应,树脂包膜控释尿素(CRU)处 理总体优于普通尿素(PU)处理,尤其树脂包膜控释尿 素和普通尿素配施(60%CRU+40%PU)效果最佳。本 试验结果也表明,100%普通尿素效果并不理想,易造成 玉米生长的前期可供应氮量高于玉米实际需求量,一方面 造成肥料氮素的浪费和环境污染风险,另一方面使得玉米 生长后期氮素养分供应不足,造成植株脱肥,影响产量的 提高。采用控释尿素与普通尿素一次性基施效果较好的原 因主要是由于黑龙江省早春气候相对冷凉, 玉米植株小, 对养分需求量低,一次性施肥中施用的 25-40% 的普通尿

表 3 不同施氮处理对玉米产量的影响 / kg·hm <sup>-2</sup>						
处理	具体施肥方案	产量	增产	增产率 (%)		
处理 1	不施 N 肥, N0	7228				
处理 2	RU, 40% 播前基施, 60% 拔节期追肥	10102	2875	39.8		
处理 3	60%CRU+40%RU,一次施用(基肥)	10468	3241	44.8		
处理 4	75%CRU+25%RU,一次施用(基肥)	11227	4000	55.3		
处理 5	80%N, RU, 40% 播前基施, 60% 拔节期追肥	10028	2800	38.7		
处理 6	80%N, 60%CRU+40%RU, 一次施用(基肥)	10732	3504	48.5		
处理 7	80%N, 75%CRU+25%RU, 一次施用(基肥)	10492	3265	45.2		

表 4 不同施氮处理玉米的氮素回收率和氮农学效率的影响					
处理	具体施肥方案 -	氮素回收率	增加	氮素农学效率	增加
		(%)		(公斤/公斤)	
处理1	不施 N 肥, N0				
处理 2	RU, 40% 播前基施, 60% 拔节期追肥	31.0		16.0	
处理 3	60%CRU+40%RU,一次施用(基肥)	35.4	4.4	17.9	1.3
处理 4	75%CRU+25%RU,一次施用(基肥)	32.6	1.6	17.4	1.4
处理 5	80%N, RU, 40% 播前基施, 60% 拔节期追肥	30.2		13.5	
处理 6	80%N, 60%CRU+40%RU, 一次施用(基肥)	37.4	7.2	18.4	4.9
处理 7	80%N, 75%CRU+25%RU, 一次施用(基肥)	37.2	7.0	16.7	3.2

高致洛肥 2017年 5月总第38期

素足以保证玉米生育前期对氮素养分的需求; 而随着玉米 植株的生长,至拔节期对氮素需求量增加,结合黑龙江省 雨热同季的气候特征,此时60-75%的控释尿素和部分盈 余的普通尿素同时发挥作用,满足玉米对氮素的需求,另 外, 控释尿素具有缓慢释放的特点, 在生育后期也能够维 持玉米对氮素养分的需求。

4.2 从玉米氮素回收率及氮素农学效率综合考虑, 80% 氮肥用量下,普通尿素与控释尿素分别以40%和 60% 的比例混合施用效果较好,这种施肥方式在黑龙江省 玉米生产上是可以推广和借鉴的氮素管理方式。

# 4 结论

4.1 在相同磷、钾肥水平上,普通尿素与控释尿素分 别以25%和75%的比例混合施用效果较好,但各氮素处 理间产量之间差异不显著。

## 参考文献

- [1] 张夫道,王玉军.我国缓/控释肥料的现状和发展方向[J].中 国土壤与肥料, 2008(4):1-4.
- [2] 樊小林, 刘芳, 廖照源, 等. 中国控释肥料研究的现状和展望 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 463-473.
- [3] Mosisa W, Marianne B, Gunda S, et al. Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids[J]. Crop Sci, 2007, 47:519-528.
- [4] 薛高峰,张贵龙,孙焱鑫,等.包膜控释尿素(追施)对冬小 麦生长发育及土壤硝态氮含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2):377-384.
- [5] 衣文平,孙哲,武良,等.包膜控释尿素与普通尿素配施对冬 小麦生长发育及土壤硝态氮的影响[J]. 应用生 态学报, 2011, 22(3):687-693.
- [6] 杜君,孙克刚,张运红,等. 控释尿素对水稻生理特性、氮肥 利用率及土壤硝态氮含量的影响.农业资源与环境学报,2016, 33(2)134-141.
- [7] 曹宁,陈志怡,闫飞,等.控释尿素对玉米产量、氮肥利用率及

- 土壤氮素的影响 [J]. 吉林农业大学学报, 2012, 34(1):86-89.
- [8] 李伟,李絮花,唐慎欣,等. 控释掺混肥对夏玉米产量及 土壤硝态氮和铵态氮分布的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(6):68-71, 91.
- [9] 郑雨,唐树梅,李玉影,等.控释尿素对黑龙江省玉米氮肥利 用率及产量的影响 [J]. 玉米科学, 2014, 22(1):127-131.
- [10] 姬景红,李玉影,刘双全,等. 控释掺混肥对春玉米产量、光 合特性及氮肥利用率的影响. 土壤通报, 2015, 46(3):669-675.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [12] Cui Z L, Zhang F S, Chen X P, et al. On farm estimation of indige-nous nitrogen supply for site specific nitrogen management in the North China plain[J]. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 2008, 81: 37-47.
- [13] 夏伟光,武际,高凤梅,等. 控释尿素不同施用条件下冬 小麦产量和氮素利用效应[J]. 农业资源与环境学报,2014, 31(1):38-44.