

施用控释尿素对黑龙江省春玉米产量和效益及氮素利用率的影响

姬景红,李玉影,刘双全,佟玉欣

(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/黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为明确黑龙江省玉米施用控释尿素的效果及适宜比例,通过两年3点次田间试验,研究相同氮肥用量条件下,不同比例包膜控释尿素(100%、75%、60%、45%、30%)与普通尿素混合施用对春玉米产量、经济效益及氮肥效率的影响。结果表明:随着控释氮肥施用比例的增加玉米籽粒产量、经济效益及肥料利用率均呈现出先增加后降低的趋势。与100%普通尿素一次性基施相比,控释尿素施用比例100%、75%、60%、45%、30%的处理平均增加玉米产量6.5%、13.9%、13.6%、10.4%和7.3%;增加经济效益108、1 686、1 782、1 371、967元·hm⁻²;氮肥农学效率分别增加3.5、7.5、7.4、5.6和3.9 kg·kg⁻¹;氮肥利用率分别增加8.2、14.2、10.5、7.0和3.1个百分点。可见,在黑龙江省春玉米生产中,控释尿素与普通尿素混合一次性基施时,以60%~75%的控释尿素施用比例,玉米增产幅度、效益及氮肥效率较高。

关键词:控释尿素;春玉米;产量;效益;氮肥利用率

中图分类号:S513.062;S147.22 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)05-0030-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.05.0030

合理施用氮肥是增加玉米产量、提高肥料利用率、减少环境污染的重要保障措施。控释肥料能够控制养分释放速率,因此,施用控释尿素是提高氮肥利用率和作物产量的有效途径^[1]。控释尿素与普通尿素掺混后作基肥一次性施用,理论上可以满足玉米对氮素的需求,达到增产、节肥和省工的效果^[2],该措施已成为大田玉米生产中推广应用的一个方向^[3]。李伟等^[3]在山东省夏玉米上

的试验结果表明,控氮比50%处理最佳,显著提高玉米产量和氮肥利用率,分别比对照提高9.43%和24.69%。孙克刚等^[4]在河北省夏玉米的试验结果表明,玉米产量和氮肥利用率以70%控释尿素+30%普通尿素处理最好,第1年和第2年玉米产量分别比普通尿素处理增产16.2%和16.2%;氮肥利用率分别为5.39%和54.5%。目前,关于控释尿素施用对夏玉米的产量及肥料利用率的影响研究较多,而黑龙江省春玉米施用控释尿素效果的报道较少^[5-6]。因此,本文通过研究不同控释尿素施用比例对春玉米产量及氮肥利用率的影响,明确黑龙江省玉米施用控释尿素的效果及适宜比例,为该区玉米生产氮肥的简化合理施用提供一定的理论依据。

收稿日期:2016-04-05

基金项目:黑龙江省农业科技创新工程资助项目(2014ZD021);国家科技支撑计划资助项目(2015BAD23B05-06);IPNI资助项目(NMBF-Heilongjiang-2015);国际合作资助项目(2014DFA31820)

第一作者简介:姬景红(1979-),女,黑龙江省哈尔滨市人,博士,副研究员,从事土壤肥力与植物营养研究。E-mail: jinghong_98@163.com.

Abstract: In order to make sure the effect of straw returned to different soil depths for soil microbial biomass carbon(MBC) and microbial biomass nitrogen(MBN), five soil depths, for surface mulch(the maize straw on the soil surface, 0 cm stand for), the treatment of straw returned to soil depth of 10 cm(10 cm stand for), the treatment of straw returned to soil depth of 20 cm(20 cm stand for), the treatment of straw returned to soil depth of 30 cm(30 cm stand for), the treatment of straw returned to soil depth of 40 cm(40 cm stand for). The result showed that after 120 days of maize straw returned to soil, there was a trend of wavy for soil microbial biomass carbon and nitrogen content. The content of MBC surface mulch(0 cm) was lower than others, between 76~250 mg·kg⁻¹, the treatment of 10 cm was highest than others which between 133~422 mg·kg⁻¹, and the treatment of 20, 30, 40 cm were 134~328 mg·kg⁻¹, 101~245 mg·kg⁻¹, 71~294 mg·kg⁻¹. The content of MBN in treatment of surface mulch and 10 cm treatment were high than other treatments, which between 2~83 mg·kg⁻¹, and treatment of 20 and 30 cm were in the 11~50 mg·kg⁻¹, 40 cm were 4~33 mg·kg⁻¹. Compared with the content of MBC, MBN of upper layer, middle layer and lower layer in each treatment after the straw returned to the different soil depths, value of the lower layer was higher than others.

Keywords: straw returned to soil; depths; microbial biomass carbon and nitrogen

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试肥料 氮肥(BU)为市售普通尿素(含N 46%);控释尿素(CRU)为美国 Agriuln 公司生产的树脂包膜尿素(含 N 44%),控释期 90 d;磷肥为重过磷酸钙(含 P₂O₅ 46%),钾肥为氯化钾(含 K₂O 60%)。

1.1.2 供试品种 2013 年哈尔滨和双城供试玉米品种分别为德美亚 3 号和利民 33;2014 年供试玉米品种为郑单 958。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 2013 年试验地点为哈尔滨市

民主乡现代农业示范园区、双城市双城镇中兴村;2014 年试验地点为哈尔滨市民主乡现代农业示范园区。试验设 7 个处理(见表 1),3 次重复,随机区组排列,小区面积 39 m²。氮磷钾肥作基肥一次性施入。土壤类型为黑土,供试土壤基本化学性质见表 2。

1.2.2 测定项目及方法 试验前采集 0~20 cm 土层土壤样品(S 点取样法),垄台坡的侧面取样,采用常规方法分析土壤基本化学性质^[7];收获时,每小区采集 60 穗玉米进行测产。各小区选取 5 株代表性植株,分秸秆和籽粒,于 105 ℃杀青 0.5 h,70 ℃烘干,称重,样品中全氮采用凯氏法测定。

表 1 各处理养分施用量

Table 1 The amount of fertilizer in different treatments

编号 No.	处理 Treatments	N/ (kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ / (kg·hm ⁻²)	K ₂ O/ (kg·hm ⁻²)	肥料投入成本/(元·hm ⁻²) Cost
1	N0	0	67.5	60	875
2	BU 100%	180	67.5	60	1775
3	CRU100%	180	67.5	60	2593
4	CRU75%+BU25%	180	67.5	60	2389
5	CRU60%+BU40%	180	67.5	60	2266
6	CRU45%+BU55%	180	67.5	60	2143
7	CRU30%+BU70%	180	67.5	60	2020

BU 普通尿素,CRU 控释尿素。

BU-common urea,CRU-controlled release urea.

表 2 土壤基本化学性质

Table 2 The chemical properties of soil in the experiments

年份 Year	地点 Locations	pH	有机质/(g·kg ⁻¹) O. M	速效 N/(mg·kg ⁻¹) Available N	速效 P/(mg·kg ⁻¹) Available P	速效 K/(mg·kg ⁻¹) Available K
2013	哈尔滨民主乡	6.65	34.8	125.7	42.8	176.2
	双城中兴村	6.61	37.3	165.5	30.8	160.3
2014	哈尔滨民主乡	6.76	35.2	120.6	40.2	158.6

氮肥利用率(NUE%)=(施氮肥小区的植株地上部吸氮量-不施氮肥小区的植株地上部吸氮量)/氮施用量×100;

氮肥农学效率(ANUE)(kg·kg⁻¹)=(施氮小区的产量-不施氮小区的产量)/氮施用量。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2007 和 SPSS 13.0 进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 控释尿素对春玉米产量和效益的影响

2013-2014 年哈尔滨和双城两地的试验结果表明,控释尿素(CRU)与普通尿素(BU)的施用比例对玉米产量和效益具有显著的影响(见表

3)。与普通尿素单独施用相比(处理 2),一定比例的控释尿素与普通尿素混合施用能够显著增加玉米产量,且经济产量和生物产量均随着控释尿素施用比例的增加呈现出先增加后降低的趋势,以控释尿素比例占 60%~75%的处理玉米增产幅度较高。与 100%BU(处理 2)相比,氮肥用量相同的条件下,控释尿素施用比例 100%(处理 3)、75%(处理 4)、60%(处理 5)、45%(处理 6)、30%(处理 7)的处理平均增加玉米产量 6.5%、13.9%、13.6%、10.4%和 7.3%;增加经济效益 108、1 686、1 782、1 371、967 元·hm²。施用不同比例的控释尿素(处理 3、处理 4、处理 5、处理 6、

处理 7)在哈尔滨(2013 年和 2014 年)试验点玉米增产幅度为 6.0%~18.4%,增收 137~2 749 元·hm²;在双城试验点,玉米增产幅度为 6.0%~12.9%,增收-94~1 402 元·hm²(见表 3)。可见,黑龙江省不同地区适宜的控释尿素施用比例略有不同,控释尿素与普通尿素混合作基肥一次性施用时,以 45%~75%的控释尿素比例为宜,尤其是 60%~75%的控释尿素施用比例效果更佳。

2.2 控释尿素对氮肥利用效率的影响

2013 年、2014 年哈尔滨和双城两地试验结果均表明,玉米吸氮量、氮肥农学效率、氮肥利用率均受控释尿素施用比例的影响(见表 4)。施氮处理玉米吸氮量、氮肥农学效率和氮肥利用率显著高于不施氮处理,各施氮处理中以 100%普通尿素处理最低。玉米吸氮量、氮肥农学效率、氮肥利用率基本上随着控释尿素施用比例的增加呈先增

加而后降低。各处理间的氮肥农学效率及氮肥利用率均存在显著差异,哈尔滨试验点(2013 年和 2014 年)氮肥农学效率范围为 11.1~22.1 kg·kg⁻¹,氮肥利用率范围为 22.2%~43.1%;双城试验点(2013 年)氮肥农学效率范围为 10.0~17.0 kg·kg⁻¹,氮肥利用率范围为 24.5%~37.9%。控释尿素施用比例为 100%(处理 3)、75%(处理 4)、60%(处理 5)、45%(处理 6)、30%(处理 7)的各处理比 100%施用普通尿素的处理 2,氮肥农学效率分别平均增加 3.5、7.5、7.4、5.6 和 3.9 kg·kg⁻¹;氮肥利用率分别平均增加 8.2、14.2、10.5、7.0 和 3.1 百分点。综合以上数据分析,适宜的控释尿素施用比例会促进玉米的氮素吸收,提高氮肥利用效率;各处理中以 45%~75%的控释尿素施用比例效果较好,尤其是 60%~75%的控释尿素施用比例效果更佳。

表 3 不同处理玉米产量和经济效益

Table 3 Yield and profit of maize in different treatments

序 号 No.	处理 Treatments	2013 哈尔滨 Harbin			2013 双城 Shuangcheng			2014 哈尔滨 Harbin		
		产量/ (kg·hm ⁻²)	增产/% Increase rate	增益/ (元·hm ⁻²) Profit	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	增产/% Increase rate	增益/ (元·hm ⁻²) Profit	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	增产/% Increase rate	增益/ (元·hm ⁻²) Profit
		Yield	rate	Profit	Yield	rate	Profit	Yield	Increase	Profit
1	N0	7448 d	—	—	7946 f	—	—	8058 d	—	—
2	BU 100%	9442 c	—	—	9753 e	—	—	10174 c	—	—
3	CRU100%	10154 b	7.5 b	137 c	10337 d	6.0 d	-94 d	10785 bc	6.0 c	282 d
4	CRU75%+BU25%	10423 ab	10.4 a	907 b	11009 a	12.9 a	1402 a	12042 a	18.4 a	2749 a
5	CRU60%+BU40%	10687 a	13.2 a	1554 a	10824 ab	11.0 ab	1241ab	11864 a	16.6 a	2551 a
6	CRU45%+BU55%	10398 ab	10.1 a	1206 ab	10645 bc	9.1 bc	1091bc	11387 ab	11.9 b	1815 b
7	CRU30%+BU70%	10190 b	7.9 b	1002 b	10445 cd	7.1 c	902 c	10865 bc	6.8 c	998 c

普通尿素、控释尿素、三料、氯化钾的价格分别为 2.3、4.2、3.1、4.2 元·kg⁻¹;2013 和 2014 年玉米价格为 1.8 元·kg⁻¹。表中增产率和效益增量是以处理 2 为对照进行计算的。
The price of urea,control urea,triple superphosphate,potassium chloride were 2.3,4.2,3.1,4.2,1.8 yuan·kg⁻¹, respectively. Increasing yield rate and economic profit increment were calculated by compared applying 100% urea treatment (treatment 2).

表 4 不同控氮比处理对玉米氮素利用效率的影响

Table 4 Effects of different treatments on N use efficiency of maize

序 号 No.	处理 Treatments	2013 哈尔滨 Harbin			2013 双城 Shuangcheng			2014 哈尔滨 Harbin		
		吸氮量/ (kg·hm ⁻²)	农学效率/ (kg·kg ⁻¹)	氮肥利 用率/%	吸氮量/ (kg·hm ⁻²)	农学效率/ (kg·kg ⁻¹)	氮肥利 用率/%	吸氮量/ (kg·hm ⁻²)	农学效率/ (kg·kg ⁻¹)	氮肥利 用率/%
		Absorbing N amount	AEN	NUE	Absorbing N amount	AEN	NUE	Absorbing N amount	AEN	NUE
1	N0	128.1 e	—	—	140.3 c	—	—	127.6 e	—	—
2	BU 100%	176.3 d	11.1 c	26.8 e	184.4 b	10.0 d	24.5 d	167.7 d	11.8 c	22.2 d
3	CRU100%	192.3 b	15.0 b	35.7 bc	197.5 ab	13.3 c	31.8 b	182.6 abc	15.2 b	30.6 bc
4	CBU75%+BU25%	205.7 a	16.5 ab	43.1 a	208.6 a	17.0 a	37.9 a	191.0 a	22.1 a	35.2 a
5	CRU60%+BU40%	198.7 ab	18.0 a	39.2 ab	200.5 a	16.0 ab	33.4 ab	184.7 ab	21.1 a	31.7 ab
6	CRU45%+BU55%	188.7 bc	16.4 ab	33.7 cd	199.6 a	15.0 b	32.9 b	177.6 bc	18.5 ab	27.8 bcd
7	CRU30%+BU70%	182.3 cd	15.2 b	30.1 d	189.4 b	13.9 bc	27.3 c	173.2 bcd	15.6 b	25.3 cd

3 结论

相同氮肥用量下,与普通尿素单独施用相比,施用一定比例的控释尿素会增加玉米的产量、经济效益、氮素吸收量、氮肥农学效率和氮肥利用效率,随着控释尿素施用比例的增加各项指标均呈现出先增加而后降低的趋势。

控释尿素比例为 100%、75%、60%、45%、30% 的处理比 100% 普通尿素处理分别平均增加玉米产量 6.5%、13.9%、13.6%、10.4% 和 7.3%;增加经济效益 108、1 686、1 782、1 371、967 元·hm⁻²。

控释尿素比例为 100%、75%、60%、45%、30% 的处理与 100%BU 处理相比,氮肥农学效率分别平均增加 3.5、7.5、7.4、5.6 和 3.9 kg·kg⁻¹;氮肥利用率分别平均增加 8.2、14.2、10.5、7.0 和 3.1 百分点。

综合考虑黑龙江玉米产量、效益、氮肥农学效率、氮肥利用率,控释尿素与普通尿素混合作基肥

一次性施用,以 60%~75% 的控释尿素施用比例效果最佳,不同地区适宜的控释尿素施用比例略有不同。

参考文献:

[1] Poesen J, Lavee H. Rock fragments in top soils: Significance and processes[J]. Catena, 1994, 23: 1-28.

[2] 杨俊刚, 曹兵, 徐秋明, 等. 包膜控释肥料在旱地农田的应用研究进展与展望[J]. 土壤通报, 2010, 41(2): 494-500.

[3] 李伟, 李絮花, 李海燕, 等. 控释尿素与普通尿素混施对夏玉米产量和氮肥效率的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 699-706.

[4] 孙克刚, 和爱玲, 李丙奇. 砂姜黑土区控释尿素与普通尿素掺混对小麦—玉米轮作定位产量及氮肥利用率的影响[J]. 磷肥与复肥, 2010, 25(2): 63-64.

[5] 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.

[6] 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[J]. 土壤通报, 2015, 46(3): 669-675.

[7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.

Effect of Controlled-Release Urea on Grain Yield, Profits and Nitrogen Use Efficiency of Spring Maize

Ji Jing-hong, Li Yu-ying, Liu Shuang-quan, Tong Yu-xin

(1. The Key Lab of Soil Environment and Plant Nutrition, Research Center of Fertilizer Engineering and Technology of Heilongjiang Province, Institute of Soil Fertilizer and Environment Resources Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: The effect of different mixing rate (100%, 75%, 60%, 45%, 30%) of controlled-released urea (CRU) and urea (BU) with the equality of nitrogen fertilization every treatment on grain yield, economic profits and nitrogen use efficiency of spring maize were studied through three field experiments in two years. The results showed that with the increase of proportion of CRU, grain yield, economic profits and nitrogen use efficiency were increased firstly and then gradually decreased. Compared with 100% BU as basic fertilizer treatment, grain yield of applying CRU with mixing ratio of 100%, 75%, 60%, 45%, 30% could be increased by 6.5%, 13.9%, 13.6%, 10.4%, 7.3%, respectively; economic profits improved by 108, 1 686, 1 782, 1 371, 967 yuan·hm⁻², respectively; agriculture N efficiency be increased by 3.5, 7.5, 7.4, 5.6 and 3.9 kg·kg⁻¹, respectively; and nitrogen use efficiency be improved by 8.2, 14.2, 10.5, 7.0, 3.1 percentage point, respectively. This applying fertilizer method could save labor cost of top dressing and mechanical cost, and it could be applied on maize production in Heilongjiang province. The mixing rate of 60% CRU to 75% CRU was benefit to maize yield, profit and nitrogen use efficiency, which should be the appropriate range on spring maize in Heilongjiang province.

Keywords: controlled-released urea; spring maize; yield; profit; nitrogen use efficiency