

控释尿素在湖北棉花上的应用效果研究

鲁剑巍 李小坤

(华中农业大学资源与环境学院, 湖北 武汉, 430070)

摘要: 华中农业大学资环学院在湖北武穴和荆州两地安排的试验结果表明,在常规施氮量每亩 20 公斤等氮量条件下,控释尿素一次基施处理和控释尿素和普通尿素配合一次基施处理比普通尿素基施增产 8.3%–29.6%,增产幅度超过当地多年研究形成和普遍接受的普通尿素基肥加 3 次追肥的处理。控释尿素的农学效率也明显高于等氮量的普通尿素处理。益多宝控释尿素比普通尿素增产和省工的优势十分明显。

试验中设置了 0–25 公斤/亩的控释氮用量试验,结果表明随着控释氮用量的增加,籽棉产量逐渐增加。在武穴试点上,棉花产量与控释氮施用量呈线性关系,说明试验最高 CRU 控释氮量 25 公斤/亩尚未达到最高产量施氮量,继续增加控释氮用量,可能还有增产的潜力;但是在荆州试点上,氮素用量从每亩 20 公斤增加到 25 公斤,籽棉产量没有显著增加。表明在供试地区,实现棉花最高产量的控释尿素施氮量大约在 20–25 公斤/亩。

与普通尿素比较,控释尿素明显增加了氮素养分的吸收利用,在常规氮肥用量(20 公斤 N/亩)条件下,控释尿素一次基施处理的 N 素利用率(当季回收率)比普通尿素基施处理增加了 5.5–16.4 个百分点,比普通尿素基追结合 4 次施肥的处理也提高了 3.3–14.8 个百分点。在武穴试点上,控释尿素与普通尿素配合一次基施处理的 N 素利用率比普通尿素处理增加了 17.0 个百分点,比普通尿素基追结合 4 次施肥的处理也提高了 14.8 个百分点。控释尿素氮素利用率显著提高。

关键词: 控释尿素;棉花;施肥;肥料利用率

前言

长江流域是我国棉花的主产区之一,湖北省是产棉大省,棉花是湖北省的主要经济作物。近二十年来由于棉区高产品种的推广和肥料施用量的增加,导致肥料的利用率不断下降,在施肥成本不断提高的同时,也增加了环境面源污染的风险。为了有效减少和控制化肥的用量,特别是氮素化肥的用量,华中农业大学资环学院与加拿大加阳公司(Agrium)合作,以加阳公司生产的缓控释尿素为材料,在湖北省的武穴市和荆州市产棉区开展了棉花缓控释尿素的肥效试验,研究结果如下。

1 材料与方 法

1.1 试验地点与供试土壤

本试验于 2010 年 4 月–11 月在湖北省武穴市和荆州市两地进行,以研究控释尿素(CRU)在棉花上的施用效

果。武穴点试验安排在武穴市龙坪镇朱河村、荆州点试验安排在荆州区菱角湖管理区保障大队棉产区。各试验点基础土壤理化性状如下表:

1.2 试验设计

试验共设 11 个处理,分别为:(1)对照(PK);(2)尿素分期施用 N20;(3)尿素一次性施用 N20;(4)控释尿素 N10;(5)控释尿素 N15;(6)控释尿素 N20;(7)控释尿素 N25;(8)尿素一次性施用 N15;(9)60%控释肥+40%尿素配合施用(N15);(10)60%控释肥+40%尿素配合施用(N20);(11)尿素分期施用 N25。各处理 3 次重复。

处理中右下角的数字表示氮肥用量,单位为千克/亩。各处理的磷、钾和硼肥的施用量分别为 P_2O_5 6 千克/亩、 K_2O 12 千克/亩、硼砂 1 千克/亩。肥料品种分别为过磷酸钙、氯化钾和硼砂,全部一次性基施。第 2 和第 11 处理尿素按 30%–20%–30%–20% 的比例分别以基肥、

试验点	pH	有机质	全氮	碱解氮	速效磷	速效钾
		(克/公斤)		(毫克/公斤)		
武穴	8.8	35.6	1.52	115.3	17.8	95.4
荆州	8.9	32.4	1.23	110.1	17.7	131.7

苗肥、蕾肥和花铃肥施用。普通氮肥肥料品种为尿素，含 N 46%。控释尿素由 Agrium 公司提供，含 N 44%。

试验小区面积为 20 平方米。武穴试验点棉花品种为 EK288，2010 年 5 月 27 日施基肥，5 月 29 日移栽，密度为 1600 株 / 亩；荆州试验点棉花品种为鄂杂棉 27F1，2010 年 4 月 16 日营养钵育苗，5 月 10 日移栽，密度为 1400 株 / 亩。

武穴试验点于 2010 年 8 月 15 日和 9 月 15 日调查控释尿素施用对棉花生长的影响，并在 9 月 15 日取植株样品。荆州试验点于 2010 年 7 月 15 日和 9 月 9 日调查控释尿素施用对棉花生长的影响，并在 9 月 9 日取植株样品。将各试验点所取棉株分茎秆、叶片、棉壳、棉絮和根系 5 部分测定含氮量，计算植株氮素吸收量和肥料利用率。适时收花，各小区单独计产。

1.3 计算公式

氮肥农学效率 = (施氮处理产量 - 不施氮处理产量) / 氮肥用量。

氮肥肥料利用率 = (施氮处理作物吸氮量 - 不施氮处理吸氮量) / 氮肥施用量 × 100。

2 结果与分析

2.1 控释尿素施用的棉花生长的影响

(1) 武穴试验点

移栽后 76 天对棉花进行第 1 次调查 (表 1)。可以看出，氮肥的施用明显促进了棉花的生长，株高、果枝数、蕾数、花数、小桃数和总果节数均有一定程度的增加。

表 1 8 月 15 日第 1 次调查结果

处理	株高 (厘米)	果枝数 蕾数 花数 小桃数 成桃数 脱落 总果节数							脱落率 (%)
		(个 / 株)							
1 CK	110.7	13.9	39.3	1.1	1.8	0.2	4.8	47.2	10.2
2 尿素分次施用 (N ₂₀)	138.3	15.8	54.0	1.7	3.9	0.6	6.1	66.3	9.3
3 尿素一次性施用 (N ₂₀)	133.3	16.4	56.3	2.3	4.2	0.7	9.7	73.3	13.3
4 CRU (N ₁₀)	113.0	14.6	41.9	1.9	2.6	0.3	5.1	51.8	9.9
5 CRU (N ₁₅)	131.0	15.2	46.3	2.1	4.6	1.0	6.1	60.1	10.1
6 CRU (N ₂₀)	139.0	15.8	48.7	1.6	1.9	1.2	7.7	61.2	12.6
7 CRU (N ₂₅)	145.0	16.2	60.9	5.5	4.8	1.4	6.2	78.8	7.9
8 尿素一次性施用 (N ₁₅)	130.3	15.0	42.5	1.5	2.9	0.4	6.8	54.0	12.6
9 60%CRU+40% 尿素 (N ₁₅)	134.7	15.3	40.5	1.3	2.2	0.8	5.5	50.3	10.9
10 60%CRU+40% 尿素 (N ₂₀)	136.0	15.8	54.3	1.3	3.7	1.0	5.8	66.1	8.8
11 尿素分次施用 (N ₂₅)	138.0	15.5	57.5	0.9	0.9	1.3	6.2	66.8	9.2

注：成桃数 = 青桃 + 絮桃；
脱落 = 落蕾 + 落花 + 落桃；
总果节数 = 蕾数 + 花数 + 小桃数 + 成桃数 + 脱落。

表 2 9 月 15 日第 2 次调查结果

处理	株高 (厘米)	果枝数 蕾数 花数 小桃数 成桃数 脱落 总果节数							脱落率 (%)
		(个 / 株)							
1 CK	121.0	16.4	14.3	0.9	7.1	22.9	45.0	90.2	49.9
2 尿素分次施用 (N ₂₀)	144.0	17.6	11.2	1.4	8.5	34.7	47.0	102.9	45.7
3 尿素一次性施用 (N ₂₀)	139.0	17.9	9.3	0.9	8.5	36.1	47.6	102.5	46.5
4 CRU (N ₁₀)	128.3	16.8	10.0	0.9	8.7	26.7	49.5	95.9	51.7
5 CRU (N ₁₅)	138.0	17.3	7.9	0.7	6.1	28.9	54.9	98.4	55.8
6 CRU (N ₂₀)	143.0	17.8	9.1	0.9	6.9	36.3	48.3	101.5	47.6
7 CRU (N ₂₅)	150.0	18.8	8.3	2.7	7.6	39.7	54.9	113.2	48.5
8 尿素一次性施用 (N ₁₅)	137.0	17.1	10.4	1.8	10.5	31.1	43.5	97.4	44.7
9 60%CRU+40% 尿素 (N ₁₅)	135.7	17.4	8.5	1.3	7.3	29.0	52.0	98.1	53.0
10 60%CRU+40% 尿素 (N ₂₀)	143.3	17.7	12.1	0.7	9.1	34.7	52.6	109.2	48.2
11 尿素分次施用 (N ₂₅)	144.0	18.3	12.8	1.1	8.5	38.0	49.9	110.3	45.2

移栽后 106 天对棉花进行第 2 次调查 (表 2)。CRU (N₂₅) 处理各生长指标和尿素分期施用处理相比显著增加。

(2) 荆州试验点

移栽后 65 天对棉花进行第 1 次调查 (表 3)。可以看出, 氮肥的施用促进了棉花的生长, 株高、果枝数、蕾数均有一定程度的增加, 但该时期的花数和小桃数变化不大。

移栽后 120 天对棉花进行第 2 次调查 (表 4)。可以看出, 氮肥的施用明显促进了棉花的生长, 株高、果枝数、蕾数、花数、小桃数和总果结数均有一定程度的增加。



2.2 施用控释尿素 (CRU) 对棉花产量的影响

2.2.1 CRU 施用效果

试验处理 (1)、(4)、(5)、(6) 和 (7) 为控释尿素 (CEU) 用量试验。可以看出 (图 1), 在武穴试验点, 不同用量 CRU 处理均可显著增加籽棉产量, 增幅

为 21.3–84.3%。棉花产量与 CRU 施用量呈线性关系, 说明试验最高 CRU 用量设置过低, 棉花还有增产潜力。荆州试验点, 各 CRU 处理也显著提高棉花产量, 增幅为 31.8–70.6%。棉花产量与 CRU 施用量呈线性加平台关系, 当施用量小于 20 千克/亩时, 籽棉产量随 CRU 施用量的

表 3 7 月 15 日第 1 次调查结果

处理	株高 (厘米)	果枝数 蕾数 花数 桃数			
		(个/株)			
1 CK	45.3	7.5	8.6	0.1	—
2 尿素分次施用 (N ₂₀)	47.0	8.3	10.1	0.1	0.1
3 尿素一次性施用 (N ₂₀)	52.3	9.1	12.0	0.3	0.1
4 CRU (N ₁₀)	51.7	8.0	10.1	0.1	0.1
5 CRU (N ₁₅)	51.3	7.9	10.0	0.1	—
6 CRU (N ₂₀)	58.3	8.8	13.8	0.2	—
7 CRU (N ₂₅)	51.7	8.6	11.6	0.1	0.1
8 尿素一次性施用 (N ₁₅)	49.3	8.6	11.1	0.3	0.3
9 60%CRU+40% 尿素 (N ₁₅)	53.7	7.3	13.3	0.1	—
10 60%CRU+40% 尿素 (N ₂₀)	53.3	9.3	12.7	0.3	0.3
11 尿素分次施用 (N ₂₅)	55.0	7.7	13.4	0.1	0.2

表 4 9 月 9 日第 2 次调查结果

处理	株高 (厘米)	果枝数 蕾数 花数 小桃数 成桃数 脱落 总果节数 脱落率							
		(个/株)							(%)
1 CK	75.0	14.7	6.7	0.4	3.3	10.7	28.3	49.4	57.4
2 尿素分次施用 (N ₂₀)	86.0	17.0	9.3	0.9	5.3	15.8	30.3	61.7	49.1
3 尿素一次性施用 (N ₂₀)	84.0	17.0	6.7	0.4	4.3	15.3	28.3	55.1	51.4
4 CRU (N ₁₀)	84.0	17.0	7.0	0.6	4.3	13.7	30.7	56.3	54.5
5 CRU (N ₁₅)	89.7	17.7	8.3	0.5	4.3	17.7	32.3	63.2	51.2
6 CRU (N ₂₀)	100.7	19.0	13.0	1.2	10.7	20.3	47.0	92.2	51.0
7 CRU (N ₂₅)	101.3	19.0	13.0	1.5	10.3	19.7	45.3	89.8	50.5
8 尿素一次性施用 (N ₁₅)	78.7	15.7	7.3	0.6	4.7	13.7	32.0	58.2	55.0
9 60%CRU+40% 尿素 (N ₁₅)	87.3	17.3	8.3	0.9	7.0	15.7	31.7	63.6	49.8
10 60%CRU+40% 尿素 (N ₂₀)	93.3	17.7	10.0	1.1	5.7	14.3	38.0	69.1	55.0
11 尿素分次施用 (N ₂₅)	91.7	18.0	10.7	1.2	6.3	18.3	36.7	73.2	50.1

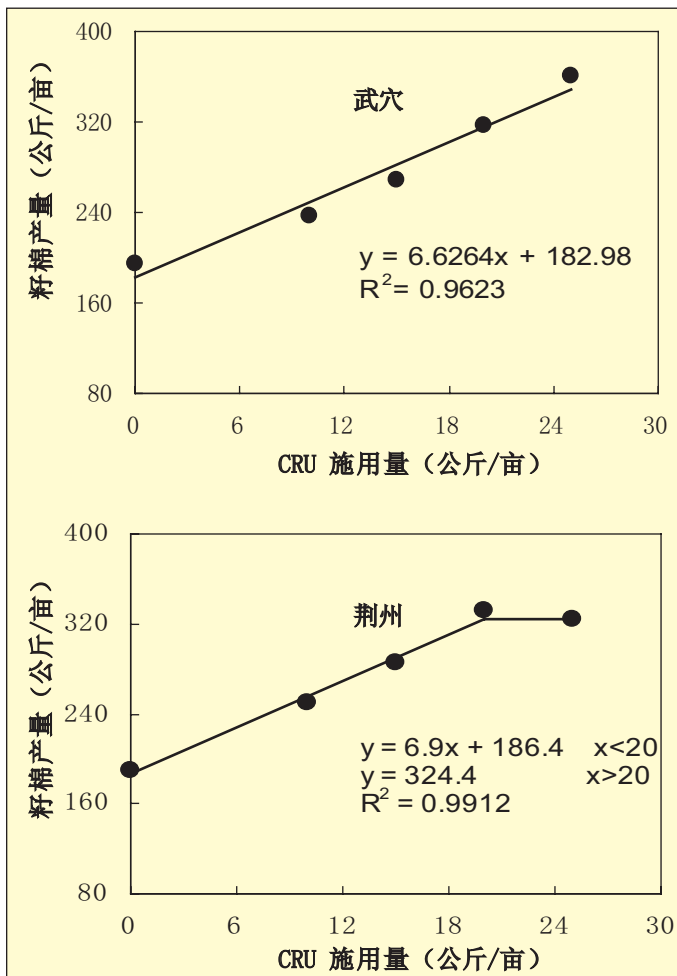


图1 控释尿素施用对籽棉产量的影响

增加而增加；当 CRU 用量高于 20 千克/亩，籽棉产量趋于稳定，为 324.4 千克/亩。

2.2.2 等量 CRU 与尿素对比试验

试验处理(1)、(2)、(3)、(6)和(10)为等氮量(N₂₀)条件下，CRU 和普通尿素对比试验，产量结果如表 5 所示。不同施氮处理均可显著增加籽棉产量。与尿素分期施用处理相比，武穴点和荆州点尿素一次性施用处理棉花分别减产 7.0% 和 13.9%；CRU 处理分别增产 1.7% 和 11.7%；60% CRU+40% 尿素配合施用处理分别增产 0.8% 和 6.9%。

2.2.3 不同用量 CRU 和尿素施用效果比较

试验处理(2)、(8)、(5)、(9)、(10)和(11)为不同氮肥用量条件下，CRU 和普通尿素施用效果试验，产量结果如表 6 所示。与尿素分期施用(N₂₀)处理相比，减少氮肥用量，尿素一次性施用(N₁₅)、CRU(N₁₅)和 60%CRU+40% 尿素配合施用(N₁₅)处理的棉花产量均显著降低，但 CRU 处理的降低幅度要小于普通尿素处理。

与尿素分期施用(N₂₀)处理相比，增加氮肥用量，尿素分期施用(N₂₅)和 CRU(N₁₅)处理产量显著增加，说明棉花是一种需氮量很高的作物。

表 5 等量控释尿素和普通尿素施用效果比较

处理	武穴			荆州		
	籽棉产量 (千克/亩)	增产	增幅 (%)	籽棉产量 (千克/亩)	增产	增幅 (%)
对照	195.5	--	--	195.5	--	--
尿素分期施用(N ₂₀)	312.0	116.5	59.6	312.0	116.5	59.6
尿素一次性施用(N ₂₀)	290.2	94.7	48.4	290.2	94.7	48.4
CRU(N ₂₀)	317.4	121.9	62.4	317.4	121.9	62.4
60%CRU + 40% 尿素(N ₂₀)	314.4	118.9	60.8	314.4	118.9	60.8

表 6 不同用量控释尿素和普通尿素施用效果比较

处理	武穴			荆州		
	籽棉产量 (千克/亩)	增产	增幅 (%)	籽棉产量 (千克/亩)	增产	增幅 (%)
尿素分期施用(N ₂₀)	312.0			297.7		
尿素一次性施用(N ₁₅)	263.1	-48.9	-15.7	234.5	-63.2	-21.2
CRU(N ₁₅)	268.5	-43.5	-13.9	255.0	-42.7	-14.3
60%CRU + 40% 尿素(N ₁₅)	267.5	-44.5	-14.3	251.2	-46.5	-15.6
尿素分期施用(N ₂₅)	344.6	32.6	10.5	318.7	21.0	7.1
CRU(N ₂₅)	360.3	48.3	15.5	323.7	26.0	8.7

2.3 氮肥农学效率

武穴试验点的低氮肥用量 (N15) 条件下, CRU 处理氮肥农学效率和普通尿素处理相比变化不大, 高氮肥用量 (N25 或 N25) 条件下, CRU 处理氮肥农学效率与尿素处理相比显著提高 (表 7)。

荆州试验点与武穴试验点不同, 低氮肥用量条件下, CRU 处理氮肥农学效率与尿素处理相比显著提高。高氮肥用量 (N25) 条件下, CRU 处理氮肥农学效率也有增加的趋势, 如果继续提高氮肥用量, CRU 处理氮肥农学效率显著降低, 这可能与该试验点棉花产量水平较低有关。

常规氮肥用量 (N20) 条件下, 尿素分期施用处理氮肥利用率与尿素一次性施用处理相比, 武穴和荆州两试验点肥料利用率分别提高 2.2% 和 6.8% (表 8)。控释氮肥处理 (CRU) 与尿素一次性施用处理相比, 肥料利用率提高 5.5% 和 16.4%; 与尿素分期施用处理相比提高 3.3% 和 9.6%。

3 讨论

(1) 两试验点棉花产量结果差异较大 (武穴产量较高, 荆州产量偏低), 可能与棉花品种不同有关。也可能与武

表 7 不同施氮处理的氮肥农学效率

处理	武穴		荆州	
	籽棉产量 (千克/亩)	农学效率 (公斤/公斤 N)	籽棉产量 (千克/亩)	农学效率 (公斤/公斤 N)
1 CK	195.5		195.5	
2 尿素分次施用 (N ₂₀)	312.0	5.8	312.0	5.8
3 尿素一次性施用 (N ₂₀)	290.2	4.7	290.2	4.7
4 CRU (N ₁₀)	237.1	4.2	237.1	4.2
5 CRU (N ₁₅)	268.5	4.9	268.5	4.9
6 CRU (N ₂₀)	317.4	6.1	317.4	6.1
7 CRU (N ₂₅)	360.3	6.6	360.3	6.6
8 尿素一次性施用 (N ₁₅)	263.1	4.5	263.1	4.5
9 60%CRU+40% 尿素 (N ₁₅)	267.5	4.8	267.5	4.8
10 60%CRU+40% 尿素 (N ₂₀)	314.4	5.9	314.4	5.9
11 尿素分次施用 (N ₂₅)	344.6	6.0	344.6	6.0

表 8 不同施氮处理棉花吸氮量及氮肥利用率

处理	养分吸收量 (千克/亩)		肥料利用率 (%)	
	武穴	荆州	武穴	荆州
对照	71.9	25.6	--	--
尿素分期施用 (N ₂₀)	123.7	75.2	17.3	16.5
尿素一次性施用 (N ₂₀)	117.1	54.7	15.1	9.7
CRU (N ₂₀)	133.6	104.0	20.6	26.1
60%CRU + 40% 尿素 (N ₂₀)	168.0	56.8	32.1	10.4

2.4 氮肥吸收利用率

常规氮肥用量 (N20) 条件下, 尿素分期施用处理 N 养分吸收量与尿素一次性施用相比, 武穴和荆州两试验点分别增加 5.7% 和 37.5% (表 8)。CRU 处理 N 养分吸收量与尿素一次性施用处理相比, 两试验点分别增加 14.1% 和 90.0%, 与尿素分期施用处理相比, 分别增加 8.0% 和 38.3%。

穴种植模式和习惯有关。武穴试验点属棉花高产创建区, 整个生育期进行了 5 次化学调控, 分别于 6 月 22 日、7 月 17 日、8 月 17 日、9 月 3 日和 9 月 18 日兑水喷施缩节胺 0.5 克/亩、1.0 克/亩、1.5 克/亩、3 克/亩和 3.5 克/亩; 另外为了防虫喷施农药 13 次。另一方面, 两试验点棉花产量较往年均有一定程度的减产, 可能于本年度气候反常

有关：移栽后气温低，不利于棉株的生长发育；6月中旬至7月初，持续高温干旱天气达25天，对棉花蕾期生长发育不利；7月份，连降暴雨，降雨量达330毫米，对棉花开花结铃极为不利，授粉不良，脱落严重，有脱肥表现，明显影响生殖生长；9月中旬至10月底又出现频繁低温，不利吐絮。

(2) 两试验点的肥料吸收利用率均偏低，可能与取样时间有关。因为棉花收获特点与其它作物不同，采用的是适时收获，而且可能先后要摘7次花，所以取样时间安排在即将摘花的时候，可能并不是棉花的最大养分吸收期。另一方面，也可能与取样前打营养枝和打顶有关，损失了部分生物量，导致实测养分吸收偏低。因此，本报告中的肥料利用率只能相对比较各施肥处理在特定时期的结果。

4 结论

(1) 氮肥的施用能显著提高棉花产量。棉花产量随着CRU施用量的增加而增加，武穴试验点最佳施用量在25千克/亩，荆州试验点最佳施用量为20千克/亩。

(2) CRU施用效果与尿素分期施用处理相比略有增产，但与一次性施用处理相比显著增产。CRU和尿素配合施用与单施CRU相比效果相当。

(3) 减少CRU用量，棉花产量显著降低。增加CRU用量，不同试验点表现不同，高产区(武穴)仍有增产的趋势，普通棉产区(荆州)产量趋于稳定。

(4) CRU施用可减少施肥次数，提高氮肥农学利用效率和肥料吸收利用率。

