

# 缓释尿素对滴灌棉田土壤无机氮及其产量的影响

李 玮<sup>1</sup>, 冶 军<sup>1</sup>, 郑继亮<sup>2</sup>, 岳艳军<sup>2</sup>

(1. 石河子大学农学院资源与环境科学系, 新疆 石河子 832003;

2. 新疆心连心能源化工有限公司, 新疆 玛纳斯县 832200)

**摘要:** 通过田间试验,研究了基施缓释尿素占总氮量 20%、50% 和 100% 对棉田土壤无机氮分布、积累以及棉花产量、氮素吸收利用及农田氮素平衡的影响,明确缓释尿素能否在滴灌棉花上施用,并探讨其施用的适宜基施比例。结果表明,施用缓释尿素可显著提高土壤硝态氮和铵态氮含量,其中各缓释尿素处理的土壤硝态氮含量较不施氮处理分别提高 189.27%、195.58% 和 112.70%。施肥处理土壤无机氮积累量均表现为富集现象,不施氮处理则表现为负积累效应。土壤无机氮含量随基施比例的增加而降低,而土壤氮素表现损失量和氮素盈余量随基施比例的增大均为先降后增的趋势。棉花产量、氮肥利用率和农学效率均随缓释尿素基施比例的增大表现出先增加后降低的趋势,缓释尿素是通过增加棉花单株结铃数或单铃重来实现增产的。综上,本试验条件下,缓释尿素占总氮量 50% 作基肥的滴灌棉花产量及氮肥利用率较高,土壤氮素表现损失量较低。

**关键词:** 滴灌; 棉田; 缓释尿素; 无机氮; 产量

**中图分类号:** S143 **文献标志码:** A

## Effects of slow-release urea on soil inorganic N and yield in drip-irrigated cotton field

LI Wei<sup>1</sup>, YE Jun<sup>1</sup>, ZHEN Ji-liang<sup>2</sup>, YUE Yan-jun<sup>2</sup>

(1. Department of Resources and Environmental Science, College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China;

2. Xinjiang XLX Energy Chemical Co., Ltd, Manasi, Xinjiang 832200, China)

**Abstract:** The objective of this experiment was to study the effect of slow-release urea fertilizer on soil inorganic N distribution, N accumulation, residual N concentration, yield, N use efficiency, and the N balance. Findings from this study can be used to determine if slow-release urea can be applied to drip-irrigated cotton and to decide the optimum application rate at planting. The results showed that the concentration of  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  and  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  significantly increased by using slow-release urea, and the content of nitrate nitrogen in the soil treated with slow-release urea increased by 189.27%, 195.58% and 112.70% respectively. The accumulation amount of inorganic nitrogen in the soil in fertilization treatment showed the enrichment phenomenon, and the negative accumulation effect was shown in the treatment of nitrogen fertilizer. The content of inorganic nitrogen in soil decreased with the increase of the proportion of base fertilizer, while the apparent N loss and the increase of the percentage of nitrogen surplus decreased first and then increased. Cotton yield, nitrogen use efficiency and agronomic efficiency increased first and then decreased with the increase in the proportion of base fertilizer of slow-release urea, and the yield was attributed to the increase in the boll number and boll weight of cotton. In conclusion, under the experimental conditions, with slow-release urea being 50% of the total nitrogen, the yield of drip-irrigated cotton and nitrogen use efficiency were higher, and apparent N loss was lower.

**Keywords:** drip irrigation; cotton field; slow-release urea; inorganic nitrogen; yield

尿素是我国主要的化学氮肥品种,占氮肥总消耗量的 65% 左右,其活性强,损失途径多,肥效期短,氮肥利用率普遍较低<sup>[1-2]</sup>。据研究,全国大田作

物氮肥当季平均利用率仅在 30% ~ 35%<sup>[3-4]</sup>。新疆是中国最大的优质棉产地,氮肥是新疆棉花生产重要的养分限制因子之一<sup>[5]</sup>,所以在新疆滴灌棉花

生产上,以随水追施普通尿素或以尿素为主成分的滴灌专用肥为主。然而,这样会导致氮肥以氨挥发、反硝化、淋洗等途径大量流失<sup>[6]</sup>,既造成巨大的经济损失,又给生态环境和人类健康带来潜在的危害。

缓释氮肥兼顾了环境保护和农业生产,其释放时间长,不但可有效地减少肥料养分的流失,提高肥料利用率,减少施肥量,而且能降低施肥对环境的污染<sup>[7-8]</sup>。长期以来中国传统农业特别重视基肥的施用,而氮肥基施也是确保作物高产稳产以及培肥地力的重要手段。缓释尿素作基肥施用,在旱地农业及普通畦灌、沟灌条件下优势显著。据报道,施用缓释肥料可以提高氮肥利用率达 10%~20%<sup>[9]</sup>,尤其对水稻、棉花、小麦、玉米等大田作物具有明显增产的效果<sup>[10-13]</sup>。但是,目前在新疆北部以滴灌为主的水肥一体化生产模式中,由于滴灌随水施肥能提高肥料的利用率,少量施用基肥或不施基肥的现象很普遍。然而,基肥在作物未进行滴灌施肥的苗期能发挥较大的作用。针对这些问题,缓释尿素在滴灌棉花上作基肥施用是否可行,仍存在一定的疑问。因此,本研究通过大田施肥试验,研究不同基施比例的缓释尿素对滴灌棉田土壤无机氮累积,棉花产量,氮肥利用率及土壤氮素平衡的影响,以期为滴灌条件下棉花施用缓释尿素可行性及适宜的基施比例提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验于 2015 年在新疆石河子市天业化工生态示范园进行,土壤类型为灌耕灰漠土,质地为壤土,pH 8.66,有机质 20.79 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 0.86 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷 17.44 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 354 mg·kg<sup>-1</sup>。供试作物为棉花(品种:新陆早 48 号)。供试肥料:尿素(CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>):N 46%;重过磷酸钙:含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%;硫酸钾(K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):含 K<sub>2</sub>O 50%;缓释尿素:由新疆天业化工能源化工有限公司提供,含 N 44%,控失率大于 35%。

### 1.2 试验设计

试验设 5 个处理,每个处理重复 4 次,共 20 个试验小区,小区面积 25.3 m<sup>2</sup>。棉花于 2015 年 4 月 29 日播种,采用一膜两管四行,棉花播种密度 30 万株·hm<sup>-2</sup>。采取“干播湿出”,播种后滴出苗水 750 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>。棉花生长期期间灌水 7 次,每次灌水间隔 8 天,灌水量 514 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,6 月 10 日滴第一水,8 月初停水,总灌水量 3 600 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>。各处理在棉花生长期期间追肥分五次随水滴入,从第二次灌水开始,第六

次灌水结束,每次施肥量相同。其余田间管理措施同当地大田。

表 1 试验地 0~100 cm 土层土壤基础理化性状

Table 1 Physicochemical properties of the soil in the experimental plot (0~100 cm depth)

土层 Soil layer /cm	容重 Bulk density /(g·cm <sup>-3</sup> )	硝态氮 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N /(mg·kg <sup>-1</sup> )	铵态氮 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N /(mg·kg <sup>-1</sup> )
0~20	1.18	13.37	4.27
20~40	1.36	13.40	2.92
40~60	1.34	11.91	2.79
60~80	1.47	10.57	3.93
80~100	1.54	9.80	4.13

试验在施氮量 310 kg·hm<sup>-2</sup>下,以不同基施用量的缓释尿素搭配追施普通尿素,缓释尿素用量分别占总施氮量的 20%、50%、100%,同时设置两组对照,即不施氮处理和普通尿素基施处理。分别为:

1) 不施氮肥(N<sub>0</sub>),只施磷、钾肥;

2) 普通尿素(U<sub>20</sub>),基施普通尿素 20%+追施普通尿素 80%;

3) 缓释尿素(CU<sub>20</sub>),基施缓释尿素 20%+追施普通尿素 80%;

4) 缓释尿素(CU<sub>50</sub>),基施缓释尿素 50%+追施普通尿素 50%;

5) 缓释尿素(CU<sub>100</sub>),缓释尿素 100%基施。

其中,U<sub>20</sub>为当地农民习惯施肥基施比例,各处理磷、钾肥均等量(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg·hm<sup>-2</sup>,K<sub>2</sub>O 45 kg·hm<sup>-2</sup>)作基肥一次性施入。

### 1.3 样品采集和测定

在棉花播种前、收获后采集 0~100 cm 深度的土样,每 20 cm 为一层,用烘干法测定土壤容重和含水量,2 mol·L<sup>-1</sup> KCl 浸提-比色法测定铵态氮含量,紫外分光光度法测定硝态氮含量。

在棉花成熟期取地上部新鲜样品,用烘干法测定各器官干物质重,凯氏定氮法测定植株全氮。同时进行测产,并实收计产。

### 1.4 数据分析与计算

文中相关参数计算公式如下<sup>[14-15]</sup>

$$\text{土壤无机氮量}(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \sum_{i=1}^n 15 \times (h \times \beta \times c1 \div 10) + \sum_{i=1}^n 15 \times (h \times \beta \times c2 \div 10)$$

式中, $h$  为土层厚度(cm); $\beta$  为土壤容重(g·cm<sup>-3</sup>); $c1$  为土壤铵态氮含量(mg·kg<sup>-1</sup>); $c2$  为土壤硝态氮含量(mg·kg<sup>-1</sup>)。

$$\text{土壤无机氮积累量}(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{收获后土壤无}$$

机氮含量 ( $N_{\min}$ ) - 初始土壤无机氮总量 ( $N_{\min}$ );

土壤氮素矿化量 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) = 不施氮区地上部分吸氮量 + 不施氮肥区土壤无机氮含量 ( $N_{\min}$ ) - 不施氮土壤起始无机氮 ( $N_{\min}$ );

土壤氮素表观损失量 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) = 施氮量 + 播前土壤起始无机氮 ( $N_{\min}$ ) + 土壤氮素矿化量 - 作物携出 - 收获后土壤无机氮含量 ( $N_{\min}$ );

氮盈余量 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) = 收获后土壤残留无机氮 ( $N_{\min}$ ) + 土壤氮素表观损失量;

氮收获指数 (%) = (籽粒吸氮量/植株吸氮量)  $\times 100$ ;

氮肥利用率 (%) = (施氮区植株吸氮量 - 不施氮区植株吸氮量)/施氮量  $\times 100$ ;

氮肥农学效率 ( $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = (施氮区产量 - 不施氮区产量)/施氮量。

试验数据用 SPSS 17.0 和 Excel 2003 软件进行处理和统计分析, LSD 法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤无机氮分布、积累及残留的变化

#### 2.1.1 收获期土壤硝态氮和铵态氮的氮垂直分布

收获期土壤硝态氮和铵态氮的氮垂直分布如图 1 所示, 土壤  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  主要分布在 0~60 cm 土层, 而 60 cm 以下土层  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量相对较低。各施肥处理土壤  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量在 0~100 cm 土层均显著高于  $\text{N}_0$ , 缓释尿素处理随基施比例的增加 0~60 cm 土层土壤  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量表现为先增加后降低, 60~100 cm 土层各处理无明显差异。  $\text{U}_{20}$ 、 $\text{CU}_{20}$ 、 $\text{CU}_{50}$  和  $\text{CU}_{100}$  处理 0~100 cm 土层  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  平均含量较  $\text{N}_0$  分别增加了 140.97%、189.27%、195.58% 和 112.70%。

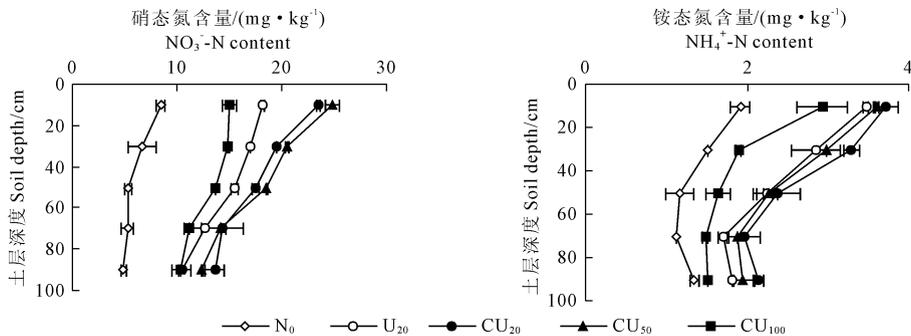


图 1 棉花收获期 0~100 cm 土层铵态氮和硝态氮含量

Fig. 1 Distribution of soil  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  and  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  within the 0~100 cm depth at cotton harvest under treatment of slow-release urea

各施肥处理  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  主要积累于 0~40 cm 土层, 40 cm 以下土层  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量差异不显著, 但均大于  $\text{N}_0$  处理。

2.1.2 土壤无机氮积累 图 2 为各处理土壤无机氮积累情况。施用缓释尿素和普通尿素均能影响 0~100 cm 土壤的无机氮积累量, 不同处理土壤无机氮积累量表现为  $\text{CU}_{20}$ 、 $\text{CU}_{50} > \text{U}_{20} > \text{CU}_{100} > \text{N}_0$ , 不施肥处理为负积累, 其余处理土壤无机氮均呈正积累, 其中,  $\text{CU}_{20}$ 、 $\text{CU}_{50}$  处理土壤无机氮积累量较  $\text{U}_{20}$  高 61.03% 和 63.76%。

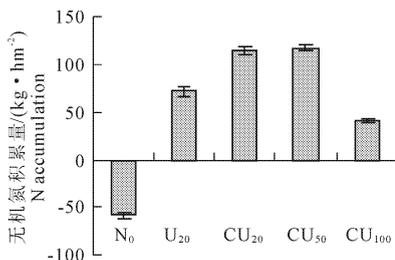


图 2 不同处理对 0~100 cm 土壤无机氮积累的影响

Fig. 2 Mineral N accumulation within 0~100 cm depth under the treatments

2.1.3 土壤无机氮含量 结果表明, 各施肥处理土壤无机氮含量均显著高于  $\text{N}_0$  处理, 与对照相比,  $\text{CU}_{100}$  处理土壤无机氮含量最低,  $\text{CU}_{20}$  和  $\text{CU}_{50}$  处理较高, 均达到显著水平 (表 2)。各施肥处理较不施肥处理土壤无机氮含量增幅为 98%~172%, 其中, 0~40 cm 土层土壤无机氮最多, 80~100 cm 最少。

### 2.2 棉花植株干物质及氮素积累动态

图 3 为棉花植株干物质和氮素积累动态, 在棉花整个生育期内, 各施肥处理干物质积累量均呈“S”曲线, 并且随着生育期的进程植株干物质积累量逐渐增加, 在收获期达到最大。其中, 各处理的干物质积累量自初花期以后出现分异, 并且各施氮处理显著高于不施氮处理。棉花地上部氮素积累趋势与生物量动态基本一致, 随生长发育表现为逐渐增加的趋势。各处理在初花期前植株氮素吸收量无显著差异, 而在之后施肥处理开始显著增加, 与此同时不施氮处理氮素吸收量最低, 说明土壤中氮素仅能够满足棉花早期生长的需要。

表 2 不同处理对土壤无机氮含量的影响/(kg·hm<sup>-2</sup>)

Table 2 Soil inorganic N concentrations in different soil depths at harvest under the treatments

处理 Treatments	土层深度 Soil depth					平均 Average
	0 ~ 20 cm	20 ~ 40 cm	40 ~ 60 cm	60 ~ 80 cm	80 ~ 100 cm	
N <sub>0</sub>	24	22	17	19	19	20d
U <sub>20</sub>	51	54	48	42	38	47b
CU <sub>20</sub>	64	62	53	48	49	55a
CU <sub>50</sub>	67	64	56	47	44	56a
CU <sub>100</sub>	42	46	41	37	36	41c
平均 Average	50A	49A	43B	39C	37C	

注:同一列数值后的不同小写字母表示不同处理差异达 5% 显著水平,同一列数值后的不同大写字母表示不同土层间差异达 5% 显著水平。

Note: Values within a column followed by a different lowercase letter indicate significant difference at the 5% level. Values within a row followed by different uppercase letters indicate significant difference at the 5% level.

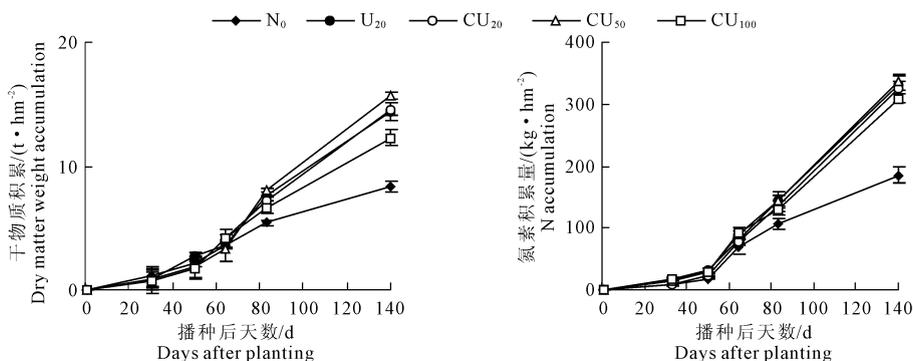


图 3 棉花地上部干物质及氮素积累动态

Fig.3 Accumulation trends of dry matter of aerial cotton and accumulation trends of N under treatment of slow-release urea fertilizer

### 2.3 棉花产量及氮肥利用率

2.3.1 棉花产量及其构成因子 表 3 可以看出,等施氮量下,缓释尿素处理棉花保苗株数以 CU<sub>100</sub>处理最少,说明氮肥一次性投入会影响棉花出苗;施氮均显著提高棉花单株结铃数,以 CU<sub>100</sub>处理最多。各施肥处理棉花单铃重均显著高于不施氮处理, CU<sub>50</sub>处

理最高,其余处理间无显著差异。缓释尿素处理间棉花产量随基施比例的增大先增加后降低,其中 CU<sub>50</sub>处理产量最高,比 U<sub>20</sub>处理增产 8.40%;但基施比例为 20%时,缓释尿素与普通尿素处理间产量差异不显著。

表 3 不同处理对棉花产量及其构成因素的影响

Table 3 Yield and yield components of cotton under treatment of slow-release urea

处理 Treatments	株数 Density/(万株·hm <sup>-2</sup> )	单株结铃 Bolls per plant/个	单铃重 Boll weight/g	产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )
N <sub>0</sub>	16.80a	4.42c	4.10b	3.05d
U <sub>20</sub>	16.20a	6.00b	5.27ab	5.12ab
CU <sub>20</sub>	16.20a	5.81b	5.31ab	5.00b
CU <sub>50</sub>	15.30ab	6.60a	5.50a	5.55a
CU <sub>100</sub>	12.60b	6.93a	5.14ab	4.48c

注:同一列数值后的不同小写字母表示不同基施比例间差异达 5% 显著水平。下同。

Note: Values within a column followed by a different lowercase letter are significantly different at the 5% level. The same below.

2.3.2 棉花氮肥利用率 不同处理下的棉花氮肥利用率如表 4。施用氮肥能显著提高棉花氮收获指数,不施氮处理最低。相比于对照处理, CU<sub>20</sub>处理的

氮肥利用率和氮肥农学效率差异均不显著; CU<sub>50</sub>处理的氮肥利用率和氮肥农学效率分别高出 4.18% 和 20.60%,而 CU<sub>100</sub>处理均最低。同时,缓释尿素处

理间相比, CU<sub>50</sub>处理比 CU<sub>20</sub>和 CU<sub>100</sub>处理氮肥利用率高 4.18% 和 24.37%, 氮肥农学效率高 28.25% 和 74.14%。

表 4 不同处理下的棉花氮肥利用率

Table 4 Nitrogen use efficiency under treatment of slow-release urea

处理 Treatments	氮收获指数 Harvest index/%	氮肥利用率 Return efficiency/%	氮肥农学效率 Agronomy efficiency / (kg·kg <sup>-1</sup> )
N <sub>0</sub>	68.00c	—	—
U <sub>20</sub>	87.05a	46.67b	6.70b
CU <sub>20</sub>	86.73ab	45.47c	6.30b
CU <sub>50</sub>	88.44a	48.62a	8.08b
CU <sub>100</sub>	86.38b	39.68d	4.64c

## 2.4 土壤氮素平衡

在本试验中计算氮素平衡时,将土壤无机氮所在层次定义为 0~100 cm 深度,假定施氮区与不施氮区土壤矿化氮量相同,且不考虑降雨带入土壤中

的氮素量。

表 5 为棉花收获期土壤氮素平衡。结果表明,在氮素总输入项中,氮素总输入量除 N<sub>0</sub> 外均一致;在氮素输出项中,棉花氮素积累量随基施比例增加先增加后降低,而氮肥表观损失量则呈相反趋势,其中 CU<sub>20</sub>和 CU<sub>50</sub>处理氮的表观损失量均为负值,表明作为基肥的一部分被土壤固持的肥料氮又重新释放了出来,由于基施的肥料氮被耕翻进入土壤中,因而这部分氮素可能主要是通过生物固定或粘土矿物固定进入了土壤有机氮或固定态铵组分。土壤氮素含量表现为随基施比例的增加而降低。土壤氮素氮盈余量随基施比例的升高表现为先降低后增加的趋势,不施氮肥处理氮素盈余量最低为 103 kg·hm<sup>-2</sup>, CU<sub>100</sub>处理最高为 290 kg·hm<sup>-2</sup>。同时, U<sub>20</sub>、CU<sub>20</sub>、CU<sub>50</sub>和 CU<sub>100</sub>处理土壤无机氮含量分别占盈余氮总量的 86.94%、101.47%、106.11% 和 70.00%,表明盈余的氮素主要是保留在土壤中而不是通过损失进入环境,从而降低了环境污染风险。

表 5 不同处理下的土壤氮素平衡

Table 5 Soil N balance under treatment of slow-release urea fertilizer

处理 Treatments	氮素输入 Nitrogen input/(kg·hm <sup>-2</sup> )			氮素输出 Nitrogen output/(kg·hm <sup>-2</sup> )			氮素盈余 N rate / (kg·hm <sup>-2</sup> )
	起始氮 Starting N	施氮量 N surplus	矿化氮 Mineralized N	作物吸收 Uptake	土壤无机氮 Inorganic N	氮素表观损失 Apparent loss of N	
N <sub>0</sub>	161	0	127	185d	102d	0	103d
U <sub>20</sub>	161	310	127	330b	233b	35b	268b
CU <sub>20</sub>	161	310	127	326b	276a	-4c	272b
CU <sub>50</sub>	161	310	127	336a	278a	-16d	262c
CU <sub>100</sub>	161	310	127	308c	203c	87a	290a

## 3 讨论

在干旱与半干旱地区土壤中,硝态氮是土壤有效氮素的主要存在形式,其含量在一定程度上反映出土壤氮素的丰缺<sup>[16]</sup>。本试验结果表明,缓释尿素处理随基施比例的增加 0~60 cm 土层土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量呈先增后减。同时,不施氮处理土壤无机氮积累量最低,出现亏缺,表现为负积累效应,基施比例为 100% 时次之;基施比例为 20% 和 50% 时,土壤无机氮积累量显著增加,表现为富集现象。本研究表明,土壤无机氮含量随基施比例的增大而显著降低,尤其是缓释尿素 100% 作基肥处理最低,这可能是缓/控释肥用量过多时,大部分肥料态氮在棉花生长后期释放,而此时棉花进入生长衰弱期,根系吸收能力降低,从而导致大量肥料氮经淋洗或反硝化等途径损失出土壤-作物体系<sup>[17]</sup>,但究其具体去向还有待进一步研究。

本研究得出,缓释尿素处理滴灌棉花干物质和氮素积累量均随生育期进程持续增加,未出现脱肥现象。胡伟<sup>[18]</sup>研究表明,缓/控释氮肥处理的棉花干物质积累量大于普通氮肥,且后期的养分供应相对充足和持久。焦晓光等<sup>[19]</sup>研究分析,缓释尿素比常规尿素在水稻抽穗后期氮肥提供的多,进而加快了抽穗至成熟期的干物质积累,而其又与产量呈极显著正相关关系。

本研究表明,施用缓释尿素增加棉花单株结铃数或单铃重,缓释尿素处理间棉花产量随基施比例的增大先增后降,以缓释尿素 50% 基施产量最高,与普通尿素处理相比增产 8.40%。陈宏坤<sup>[20]</sup>等在黄淮海棉区研究发现,相同施氮量下,施用不同比例控释尿素的处理籽棉产量比全部施用普通尿素处理均显著增加。本研究还表明,缓释尿素 50% 基施处理棉花氮肥利用率比 20% 和 100% 基施处理高 4.18% 和 24.37%, 氮肥农学效率高 28.25% 和

74.14%。缓释尿素处理棉花氮肥利用率随基施比例的增大先升后降。可能是因为当基肥量为 20%，追肥量过大时，普通尿素速效氮释放过快，与棉花养分吸收不同步，导致氮素较多的残留于土壤以及通过各种途径损失，进而肥料利用率较低<sup>[21-22]</sup>。

土壤氮素平衡是评估田间氮素表现损失的有效方法<sup>[23-24]</sup>。本研究试验结果表明，滴灌条件下，棉田土壤氮素表现损失量随缓释尿素基施比例的增加而先降后增，过多的施用基肥或追肥会增加氮素的损失。氮素盈余量也表现出与之类似的趋势，然而盈余的氮素主要是保留在土壤中而不是通过损失进入环境，这与熊又升<sup>[25]</sup>等的研究结论一致，所以施用缓释尿素可以降低环境污染的风险。

## 4 结 论

施用缓释尿素能提高棉田土壤无机氮含量，降低氮素表现损失，缓释尿素处理较普通尿素处理高 61.03% ~ 63.76%。同时，施用适宜基施比例的缓释尿素不但可以保证作物的生长，而且能获得较高的肥料利用率。基施缓释尿素占总氮量 50% 处理比 20% 和 100% 处理的氮肥利用率高 4.18% 和 24.37%，氮肥农学效率高 28.25% 和 74.14%。在本研究条件下，滴灌棉花基施缓释尿素占总氮量 50% 为优。

## 参 考 文 献:

- [1] 赵秉强,杨相东,李燕婷,等.我国新型肥料发展若干问题的探讨[J].磷肥与复肥,2012,27(3):1-4.
- [2] 高祥照,马文奇,崔 勇,等.我国耕地土壤养分变化与肥料投入状况[J].植物营养与肥料学报,2000,6(4):363-369.
- [3] 朱兆良.中国土壤氮素研究[J].土壤学报,2008,45(5):779-783.
- [4] 赵秉强,张福锁,廖宗文,等.我国新型肥料发展战略研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(5):536-545.
- [5] 张 炎,王讲利,毛端明,等.新疆棉花平衡施肥技术发展现状[J].土壤肥料,2003(4):7-10.
- [6] Nosengo N. Fertilized to death[J]. Nature, 2003,425:894-895.
- [7] 陈剑秋,陈宏坤,张 民,等.控失复合肥田间养分释放特征及

对土壤硝态氮和铵态氮累积的影响[J].水土保持学报,2011,25(4):110-115.

- [8] 闫 湘,金继运,何 萍,等.提高肥料利用率技术研究进展[J].中国农业科学,2008,41(2):450-459.
- [9] 王向峰,刘树庆,宁国辉.缓/控释肥料的氮素利用率及控制效果研究[J].华北农学报,2006,21:38-41.
- [10] 张福锁,崔振岭,王激清,等.中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J].植物学通报,2007,24(6):687-694.
- [11] 胡 伟,张 炎,胡国智,等.控释尿素与普通尿素对棉花生长、养分吸收和产量的影响[J].新疆农业科学,2010,47(7):1402-1405.
- [12] 王 恒,姜亦梅,赵兰坡.控释尿素对吉林春玉米产量和氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2011,27(5):126-129.
- [13] 于淑芳,杨 力,张 民,等.控释尿素对小麦、玉米产量及土壤氮素的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(9):1744-1749.
- [14] 刘学军,赵紫娟,巨晓棠,等.基施氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J].生态学报,2002,22(7):1122-1128.
- [15] 侯秀玲.棉田土壤硝态氮实时变化规律及氮素平衡初步研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2006.
- [16] 胡明芳,田长彦,吕昭智,等.氮肥施用量对新疆棉花产量及植株和土壤中硝态氮含量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(4):63-68.
- [17] 成艳红,武 琳,钟义军,等.控释肥对稻草覆盖红壤花生产量及土壤有效氮平衡的影响[J].土壤学报,2014,(2):306-313.
- [18] 胡 伟.控释氮肥对棉花植株和土壤氮素含量及产量的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2010.
- [19] 焦晓光,梁文举.施用控释尿素后土壤尿素氮的转化及其对产量的影响[J].农业系统科学与综合研究,2003,(4):297-299.
- [20] 陈宏坤,李 博.掺混型控释肥对棉花产量及氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2012,28(3):213-217.
- [21] 易镇邪,王 璞,陶洪斌,等.氮肥基/追比对华北平原夏玉米生长发育与水、氮利用的影响 II.夏玉米氮素累积、转运与土壤无机氮动态[J].中国生态农业学报,2008,(1):86-90.
- [22] 郑成岩,于振文,王西芝,等.灌水量和时期对超高产小麦氮素积累、分配和转运及土壤硝态氮含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(6):1324-1332.
- [23] 曹雯梅,刘松涛,郑贝贝,等.小麦高产及超高产优化管理模式对氮素吸收分配、土壤硝态氮累积及产量的影响[J].核农学报,2013,(10):1567-1574.
- [24] 耿计彪,张 民,李成亮,等.控释氮肥对盆栽棉花产量及土壤养分状况的影响[J].棉花学报,2015,(5):401-407.
- [25] 熊又升,陈明亮,何圆球,等.包膜尿素对芹菜产量、品质及氮素平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,(1):104-109.

(上接第 142 页)

- [22] 李建军.测土配方施肥技术规范[M].北京:科技文化出版社,2006:332-334.
- [23] 曾木祥,张玉洁.秸秆还田对农田生态环境的影响[J].农业环境与发展,1997,(1):1-7.
- [24] 官 亮,孙文涛,王聪翔,等.玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J].玉米科学,2008,16(2):122-124.
- [25] 吴荣美.秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对玉米资源利用

效率及土壤质量的影响[D].兰州:兰州大学,2011.

- [26] 王 应,袁建国.秸秆还田对农田土壤有机质提升的探索研究[J].山西农业大学学报,2007,27(6):120-126.
- [27] 江永红,宇振荣,马永良.秸秆还田对农业生态系统及作物生长的影响[J].土壤通报,2005,32(5):209-213.
- [28] 王允青,郭熙盛.不同还田方式作物秸秆腐解特征研究[J].中国生态农业学报,2008,16(3):607-610.