

## 施用不同种类尿素对大豆氮素积累及氮素利用率的研究

谷思玉<sup>1</sup>, 刘爽<sup>1</sup>, 孙佳玥<sup>1</sup>, 刘昌盛<sup>2</sup>, 汪睿<sup>1</sup>, 王海江<sup>1</sup>, 刘晓冰<sup>3</sup>

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 农垦浩良河肥厂, 黑龙江 伊春 153103; 3. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**通过田间试验,按尿素种类和施肥量共设7个处理,研究控释尿素对大豆农艺性状、含氮量及产量的影响。结果表明:与普通尿素相比,多肽尿素、长效缓释尿素、大颗粒尿素、硫包衣尿素提高了大豆干物质、氮素积累量、氮肥利用率及产量。多肽尿素、长效缓释尿素低氮处理对大豆干物质、氮素积累量、氮肥利用率的影响最为明显,鼓粒期干物质质量分别比普通尿素提高了11.1、18.1 g,氮素积累总量比普通尿素增加了 $0.83 \pm 1.11 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ,氮肥利用率比普通尿素增加了10.73%和15.16%;多肽尿素高氮量处理、长效缓释尿素低氮处理对大豆的增产效果最为显著,分别比普通尿素增加9.5%和11.0%。

**关键词:**大豆;尿素;氮素积累;氮肥利用率

中图分类号:S143.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2013)05-0655-04

## Effects of Different Types of Urea on Nitrogen Accumulation and Nitrogen Use Efficiency of Soybean

GU Si-yu<sup>1</sup>, LIU Shuang<sup>1</sup>, SUN Jia-yue<sup>1</sup>, LIU Chang-sheng<sup>2</sup>, WANG Rui<sup>1</sup>, WANG Hai-jiang<sup>1</sup>, LIU Xiao-bing<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Haolianghe Fertilizer Factory, Yichun 153103, China; 3. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150030, China)

**Abstract:** A field experiment with 7 treatments of different types of urea and several nitrogen rates was conducted to study the effects of controlled-release urea on soybean agronomic characteristics, nitrogen contents and seed yield. Polypeptide urea (PU), long-acting sustain-released urea (LSU), large granule urea and sulfur-coated urea improved the dry matter, nitrogen accumulation, nitrogen use efficiency (NUE) and seed yield compared to the common urea. The treatments of  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  PU and LSU increased dry matter, total accumulated nitrogen and NUE obviously, and at the pod filling stage, the three indexes increased by 11.1 and 18.1  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 0.83 and 1.11  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 10.73% and 15.16%, respectively. The treatments of  $75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  PU and  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  LSU had best yield-increasing effect, and seed yield increased by 9.5% and 11.0%, respectively.

**Key words:** Soybean; Urea; Nitrogen accumulation; Nitrogen use efficiency

作为限制植物生长和产量形成、改善产品品质的首要营养元素,氮素直接或间接地参与大豆主要生理过程<sup>[1-2]</sup>。氮素是目前农业生产中投入最多的肥料,但肥料利用率较低,我国氮肥当季利用率仅为33.3%,比发达国家低10%~15%<sup>[3]</sup>。生产上应用的氮肥种类较多,传统的氮肥主要是尿素,其具有氮素含量高、易溶于水等优点<sup>[6]</sup>,但施用尿素容易造成水域和大气污染。近年来应用较多的是缓释氮肥、多肽氮肥、大颗粒氮肥和包膜氮肥。缓释肥料的施用,既可提高肥料利用率,又能降低施肥成本<sup>[3]</sup>,其研制和施用,已引起国内外广泛的关注<sup>[4-5]</sup>,且肥料中氮素对农业生态环境的压力较小<sup>[7]</sup>。本文涉及的几种尿素是通过添加长效缓释剂、增加表面积、包膜等技术控制尿素在土壤中的

转化和形态。研究这些尿素对氮素利用率的影响,对比不同种类氮肥的作用效果,已成为氮肥研究的发展方向之一。本试验旨在为合理应用尿素、提高肥料的利用率和有效防止环境污染方面提供技术支持和参考数据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验设计

试验于2012年5~9月在东北农业大学试验园区进行,土壤类型为黑土,土壤有机质 $13.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 $90.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $7.93 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $169 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、pH7.6。供试大豆品种为东农42;供试肥料:普通尿素(N:46%)、多肽尿素(N:46%)、长效缓释尿素(N:46%)、大颗粒尿素(N:

收稿日期:2013-05-21

基金项目:黑龙江省科技厅指导项目(GC12B104);黑龙江省回国基金项目(LC201021);东北农业大学与农垦浩良河肥厂合作项目(2012);中科院对外合作重点项目(HTSI07)。

第一作者简介:谷思玉(1964-),女,副教授,主要从事土壤肥力与修复研究。E-mail:gusiuyu777@163.com。

通讯作者:刘晓冰(1963-),男,研究员,主要从事土壤与作物栽培研究。E-mail:liuxb@neigae.ac.cn。

46%)、硫包衣尿素(N:37%)、磷酸二铵(N:18%,  $P_2O_5$ :46%)、硫酸钾( $K_2O$ :50%)。

采用完全随机区组设计,3次重复,3行区,行长10 m,垄间距0.7 m,小区面积210 m<sup>2</sup>。设置8个氮肥处理(表1),所有处理磷钾肥施用量相同,即  $P_2O_5$  300 kg·hm<sup>-2</sup>,  $K_2O$  150 kg·hm<sup>-2</sup>。

表1 肥料与施肥方案

Table 1 Fertilizers and fertilization scheme

处理 Treatment	方案 Scheme
CK	无尿素
P1	普通尿素,75 kg·hm <sup>-2</sup>
T1	多肽尿素,75 kg·hm <sup>-2</sup>
T2	多肽尿素,60 kg·hm <sup>-2</sup>
H1	长效缓释尿素,75 kg·hm <sup>-2</sup>
H2	长效缓释尿素,60 kg·hm <sup>-2</sup> ,按85%基施15%追肥施入
D1	大颗粒尿素,75 kg·hm <sup>-2</sup>
S1	硫包衣尿素,75 kg·hm <sup>-2</sup>

表中施氮量为每公顷纯氮施用量。

The fertilizer application in the table is pure nitrogen amount per hectare.

## 1.2 测定项目与方法

1.2.1 样品采集 分别于大豆苗期、分枝期、开花期、结荚期、鼓粒期,对每个小区各处理选取5株长势均匀的植株进行全株取样,取回后测定地上部生物量、氮含量;于大豆成熟期,每个处理取5株植株进行考种,分别测定株高、主茎节数、茎粗、单株荚数和百粒重。同时实收小区中间1 m<sup>2</sup>植株进行测产,并折算成公顷产量。

1.2.2 测定方法 植株干物质质量测定:将植株洗净后根、茎、叶、荚果和籽粒分别装袋,90℃杀青30 min后,于70℃烘至恒重并称干重。

植物全氮测定:采用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮-流动分析仪,分别测定植株根、茎、叶、荚果和籽粒的氮含量。

氮肥吸收利用率(nitrogen recovery efficiency, NRE,%):施氮区与不施氮区植株氮素积累总量之差占施氮量的百分比。

氮素积累总量(total nitrogen accumulation, TNA,g·m<sup>-2</sup>):单位面积植株地上部分(叶、茎和荚)氮素积累量的总和。

氮肥农学效率(nitrogen agronomy efficiency, NAE):施氮区与不施氮区大豆产量之差与施氮量之比,即单位施氮量的产量增加量。

## 1.3 数据分析

采用Excel 2003和DPS 7.05进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对大豆各生育时期的地上部干物质质量的影响

由图1可知,大豆苗期各处理大豆植株干物质质量之间差别不大。分枝期植株干物质质量增长较快,各处理间出现明显差异,与P1相比,T1的干物质增加量最高,为60%。开花期S1的干物质质量低于P1,D1干物质质量最高,较P1增加0.21 g。结荚期各处理干物质质量较前一时期增长幅度较大,P1的增加量最小,为68.5%,T1的增加量最高,为73.9%。进入鼓粒期后,各处理干物质积累量有了更大幅度的提高,其中H2的干物质质量最高,达63.9 g,P1的干物质质量最小,为50.9 g。同等施氮量处理相比较H2>T2,T1>H1>D1>S1>P1。H2增幅较大的主要原因是进行了追肥处理。多肽尿素和长效缓释尿素具备养分释放缓慢、持续供氮能力强的特点,因而有利于大豆鼓粒期干物质的积累。

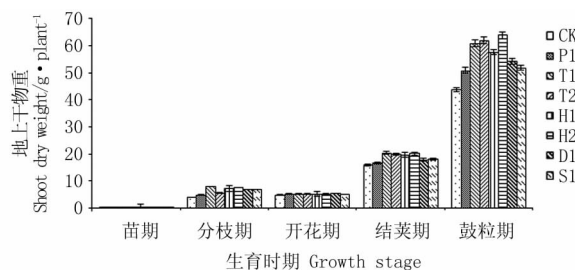


图1 不同施肥处理下大豆地上部干物质积累

Fig.1 The effect of different treatments on shoot dry matter accumulation

### 2.2 不同处理对大豆各生育时期氮素积累量的影响

由表2可知,苗期各处理大豆氮素积累量显著高于对照(CK),H1的增加率最多,为31.71%,P1的增加量最小,为18.29%。分枝期各处理氮素积累量差别明显,与对照相比T2增加最多,为95.20%,P1的增加量最小,为15.72%。开花期其他种类尿素处理氮素积累量显著高于普通尿素处理,且T1的株氮素积累量最高,达105.9 mg。结荚期各处理氮素积累量差别趋势逐渐稳定,与对照相比H2的增加率最高,为14.77%,P1的增加率最低为2.82%;同等施氮水平比较,S1、H2株氮素积累量最高,分别为262.2,268.9 mg。鼓粒期各处理大豆氮素积累量差异明显,与对照相比,H2的增加率最大,为10.86%,P1的增加率最小,为1.38%;同等施

氮水平比较,T1、H2 株氮素积累量最高,分别为 924.2,942.5 mg。各处理的植株氮含量随着大豆生育期的进行,均呈逐渐增加趋势,在鼓粒期达到最大值,且施用多肽尿素、长效缓释尿素、大颗粒尿素和硫

包衣尿素处理氮素积累量显著高于普通尿素处理和对照,说明其可以促进大豆对营养元素的吸收,从而提高大豆产量。

表 2 不同处理大豆各生育时期植株氮素积累状况

Table 2 The impact of different treatments on nitrogen accumulation(mg·plant<sup>-1</sup>)

处理 Treatment	苗期 Seedling	分枝期 Branching	开花期 Flowering	结荚期 Podding	鼓粒期 Seed filling
CK	8.2 f	22.9 f	70.6 c	234.3 e	850.2 h
P1	9.7 e	26.5 e	69.1 c	240.9 d	861.9 g
T1	10.4 abc	42.7 ab	105.9 a	262.2 b	924.2 b
T2	10.5 ab	44.7 a	96.3 b	253.1 c	918.1 c
H1	10.8 a	40.1 b	95.1 b	251.1 c	900.9 d
H2	10.0 cde	40.8 b	96.1 b	268.9 a	942.5 a
D1	9.9 cde	31.4 d	93.4 b	247.8 c	887.1 e
S1	10.3 de	36.0 c	93.2 b	262.4 b	879.2 f

2.3 不同处理对大豆产量构成因素的影响

由表 3 可知,不同种类尿素对大豆产量构成因素的影响不同。与对照相比,各处理在株高、单株荚数、空瘪率、百粒重、产量等方面均有显著差异。其他种类尿素处理的株高间差异不显著,但显著高于对照和普通尿素处理;从单株荚数上看,所有其他种类尿素处理的数量都高于普通尿素处理,与对照相比,T1 和 D1 的增加率最高,同为 16.67%,P1 的增加率最小,为 8.33%;对于空瘪率,其他种类尿素处理显著低于普通尿素和对照,其中 H2 的空瘪率最低,为 22.6%;各施氮处理百粒重较对照有明显提高,H2 的增长率

最大,为12.65%,且仅有其与 P1 处理有显著差异,提高了 7.04%;各施氮处理产量较对照均有显著增加,增产率分别为 9.15%、19.4%、17.6%、13.6%、21.0%、12.4%、10.9%。同等施氮水平 T1 和 H2 的产量最高,分别为 3 722 和 3 773 kg·hm<sup>-2</sup>。不同种类尿素下大豆产量的表现:H2>T1>H1>S1>D1>T2>P1。由此看来,不同种类尿素的施用可以改善产量构成因子并提高产量,多肽尿素和长效缓释尿素可以增加大豆的单株荚数和百粒重,降低空瘪率,为大豆高产奠定基础。其中单株荚数、百粒重的增加是增产的主要原因。

表 3 不同处理大豆产量构成因素比较

Table 3 Comparison on the yield components of soybean under different treatments

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	单株荚数 Pods per plant	空瘪率 Empty rate/%	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/kg·hm <sup>-2</sup>	比对照增产 Increasment to CK/kg	增产率 Yield increase rate/%
CK	95 c	48 c	25.7 a	20.2 c	3117 d	—	—
P1	101 b	52 b	24.9 ab	21.3 b	3399 ed	282	9.1
T1	103 a	56 a	23.8 c	22.0 ab	3722 a	605	19.4
T2	102 ab	54 ab	23.6 c	21.5 b	3666 bc	549	17.6
H1	103 a	54 ab	24.3 bc	21.9 b	3542 b	425	13.6
H2	103 a	53 ab	22.6 d	22.8 a	3773 a	656	21.0
D1	103 a	56 a	24.1 bc	21.7 b	3504 b	387	12.4
S1	102 ab	55 a	23.7 c	21.4 b	3456 b	339	10.9

2.4 不同处理对氮肥利用效率的影响

由表 4 可知,与普通尿素相比,其他种类尿素处理的氮肥吸收利用效率分别提高 43.59%、50.57%、25.26%、71.44%、18.71%、4.48%。其中,H2 对于提高氮肥利用率的效果最好,S1 的效果最不明显。不同种类尿素处理同等施氮水平相比较:T1、H2 的氮肥农学利用效率最高,分别为 10.50

和 15.20;各处理氮肥农学效率表现为 H2>T1>H1>S1>D1>T2>P1。各施氮处理下大豆氮积累量均大于对照。同等施氮水平中,T1、H2 的氮素积累总量最高,分别为 13.86 和 14.14 g·m<sup>-2</sup>。说明多肽尿素和长效缓释尿素能够有效促进大豆植株氮的吸收并提高氮肥利用效率。

表 4 不同施肥处理对大豆氮肥利用率的影响

Table 4 The effect of different treatments on nitrogen use efficiency

处理 Treatment	氮肥吸收利用率 NRE/%	氮肥农学效率 NAE	氮素积累总量 TNC/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$
CK	—	—	11.13
P1	21.22	1.29	13.03
T1	30.47	10.50	13.86
T2	31.95	11.00	13.77
H1	26.58	5.23	13.51
H2	36.38	15.20	14.14
D1	25.19	4.14	13.38
S1	22.17	2.97	13.31

### 3 结论与讨论

不同种类尿素的施用在促进植株对营养因子的吸收和改善大豆产量性状方面都有明显的作用。试验数据表明,大豆干物质积累规律与氮积累规律大体一致,各种尿素的施用都有利于提高大豆植株特别是生育后期的干物质质量和氮素积累量。其中,施用多肽尿素和长效缓释尿素对于大豆植株的干物质质量和氮素积累量明显优于施用普通尿素。与刘丽君等<sup>[8]</sup>、倪丽等<sup>[9]</sup>研究结果相一致。

多肽尿素是在尿素形成过程中,在尿液中加入聚天门冬氨酸,经蒸发器浓缩造粒而成的尿素,是以仿生多肽为核心的肥料增效产品。多肽尿素能控制氮的流失、挥发,提高氮的利用率,还能起到缓释、长效的作用并且提高农作物对于氮磷钾的吸收。长效缓释尿素是利用脲酶抑制剂、硝化抑制剂及氨稳定剂构成的长效缓蚀剂,能控制尿素在土壤中的转化与形态,有效控制氮肥的挥发、淋溶及反硝化损失,并且控制铵态氮与硝态氮在土壤中的生成比例,达到氮肥长效、高效的目的。在相同施氮量水平下,多肽尿素高氮量处理较对照增产19.4%,长效缓释尿素追肥处理较对照增产21.0%,产量分别比普通尿素处理增加了323和347  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[10]</sup>,与刘忠新等<sup>[11]</sup>的研究结果类似。

本研究发现多肽尿素、长效缓释尿素、大颗粒尿素、硫包衣尿素能够显著提高作物对于氮素的利用效率。其中,适当的追肥处理对于促进作物对氮肥的吸收效果十分显著。同等氮量水平中,多肽尿素对于氮肥利用效率的提高有着更显著的效果。

### 参考文献

- [1] Spaeth S C, Sinclair T R. Variation in nitrogen accumulation and distribution among soybean cultivars [ *Glycine max*, genotypes ] [ J ]. Field Crops Research, 1983, 1: 1-12.
- [2] Sinclair T R, de Wit C T. Photosynthate and nitrogen requirement for seed production by various crops [ J ]. Science, 1975, 18: 565-567.
- [3] 符建荣. 控释氮肥对水稻的增产效应及提高肥料利用率的研究 [ J ]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(2): 145-152. ( Fu J R. The study on the effect of controlled release nitrogen fertilizer on rice yield and improving fertilizer use efficiency [ J ]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2001, 7(2): 145-152. )
- [4] 樊小林, 廖宗文. 控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率 [ J ]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(3): 219-223. ( Fan X L, Liao Z W. The effect of controlled release fertilizer on balanced fertilization and improving fertilizer use efficiency [ J ]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2001, 7(2): 145-152. )
- [5] 何绪生, 李素霞. 控释肥料的研究进展 [ J ]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 97-106. ( He X S, He S X. The study on the controlled release fertilizer [ J ]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1998, 4(2): 97-106. )
- [6] 于经元, 白书培. 缓释化肥概况 [ J ]. 化肥工业, 1999, 26(5): 15-19. ( Yu J Y, Bai S P. General situation of slow-release chemical fertilizers [ J ]. Journal of the Chemical Fertilizer Industry, 1999, 26(5): 15-19. )
- [7] 陆欣. 土壤肥料学 [ M ]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002. ( Lu X. Soil fertilizer science [ M ]. Beijing: China Agricultural University Press, 2002. )
- [8] 刘丽君, 孙聪姝, 刘艳, 等. 氮肥对大豆结瘤及叶片氮素积累的影响 [ J ]. 东北农业大学学报, 2005, 36(2): 133-137. ( Liu L J, Sun C S, Liu Y, et al. Effect of nitrogen on nodule-forming and nitrogen concentration in soybean leaves [ J ]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 36(2): 133-137. )
- [9] 倪丽, 章建新, 金加伟, 等. 氮肥施用对高产大豆根系、干物质积累及产量的影响 [ J ]. 新疆农业大学学报, 2004, 27(2): 36-39. ( Ni L, Zhang J X, Jin J W, et al. Effect of nitrogen on root system dry mater accumulation and yield of high-yield soybean [ J ]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2004, 27(2): 36-39. )
- [10] 焦晓光, 罗盛国, 刘元英. 施用控释尿素对大豆吸氮量及产量的影响研究 [ J ]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 100-103. ( Jiao X G, Luo S G, Liu Y Y. Effect of release-controlled urea application on the N uptake and yield of soybean [ J ]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2004, 12(3): 100-103. )
- [11] 刘忠新, 孙磊, 吴英. 控释肥对大豆产量影响的研究 [ J ]. 大豆科技, 2009(5): 32-33. ( Liu Z X, Sun L, Wu Y. Effect of control released fertilizers on the yield of soybean [ J ]. Soybean Science & Technology, 2009(5): 32-33. )