

# 不同控释肥品种对大白菜产量、氮素吸收和品质的影响

曹 兵<sup>1</sup>, 徐秋明<sup>1</sup>, 李亚星<sup>1</sup>, 胡学军<sup>2</sup>, 秦 岭<sup>2</sup>, 杨宜斌<sup>1</sup>

(1 北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100089; 2 北京市昌平区土肥站, 北京 102200)

**摘要:** 采用田间试验研究了不同控释氮肥品种(脲醛、线型和S型包衣尿素)一次性基施对大白菜产量、氮肥利用率和品质的影响。与常规施氮措施中尿素 300 kg/hm<sup>2</sup> 的施用量相比, 脲醛、线型和S型包衣尿素的施氮量分别为 300, 240(减量 20%)和 225 kg/hm<sup>2</sup>(减量 25%), 其中S型包衣尿素处理中的化学氮肥由 33% 的普通尿素和 67% 的S型包衣尿素均匀混合而成。结果表明: 在大白菜上施用氮肥(有机肥和化肥)均会不同程度地增产, 其中施用有机肥增产 8.22%, 在有机肥的基础上施用化学氮肥的增产效果不明显, 普通尿素、脲醛、线型和S型包衣尿素分别增产 1.15%, 4.27%, 4.62% 和 4.97%。有机氮的利用率为 33.0%, 在有机肥基础上施用化学氮肥的利用率降低, 普通尿素的氮肥利用率不到 1%, 脲醛、线型和S型包衣尿素的氮肥利用率分别为 8.9%, 13.1% 和 8.4%。施氮对大白菜的品质影响不大, 各处理的鲜菜硝酸盐和 Vc 含量差异不明显。

**关键词:** 大白菜; 脲醛; 包衣尿素; 产量; 品质; 氮肥利用率

中图分类号: S634.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2006)03-0041-05

## Effects of Different Controlled Release Fertilizer Types on Yield, N Uptake, and Quality of Chinese Cabbage

CAO Bing<sup>1</sup>, XU Qiurming<sup>1</sup>, LI Yaxing<sup>1</sup>, HU Xuejun<sup>2</sup>,  
QIN Ling<sup>2</sup>, YANG Yibin<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100089, China; 2. Soil and Fertilizer Station, Changping District, Beijing Municipality, Beijing 102200, China)

**Abstract:** Field experiments were conducted to investigate the impacts of different controlled release fertilizer types with single basal application on yield, NUE, quality of Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*). Controlled release fertilizers included urea formaldehyde, linear and sigmoid coated urea. Comparing to conventional N application rate of 300 kg/ha as urea, urea formaldehyde, linear and sigmoid coated urea were applied at rates of 300, 240(20% reduction) and 225 kg/ha(25% reduction) respectively, and in the treatment with sigmoid coated urea, applied chemical N fertilizer is a mixture including 33% of urea and 67% of sigmoid coated urea. The results showed that N application (organic manure or chemical N fertilizer) increased the yield of Chinese cabbage, organic manure addition resulted in 8.22% yield increase, however, on the basis of organic manure, the yield was not increased remarkably with chemical N fertilization, the yield with urea, urea formaldehyde, linear and sigmoid coated urea increased 1.2%, 4.27%, 4.62% and 4.97% respectively. NUE of organic manure was 33.0%, whereas, on the basis of organic manure, NUE decreased with chemical N fertilization, NUE with urea was lower than 1%, for urea formaldehyde, linear and sigmoid coated urea, NUE was 8.9%, 8.4% and 13.1% respectively. N fertilization had negligible impact on quality of Chinese cabbage, no significant difference of nitrate and vitamin C content was observed among all the treatments.

**Key words:** Chinese cabbage; Urea formaldehyde; Coated urea; Yield; Quality; NUE

收稿日期: 2005-12-21

基金项目: 北京市科委项目(955421700); 国家科技部攻关项目(2002BA516A03); 北京市科技新星项目(2005B37)

作者简介: 曹 兵(1970-), 男, 湖北公安人, 助理研究员, 在读博士, 主要从事新型缓控释肥研究与开发工作。

蔬菜作物具有根系浅、吸收能力弱、喜高肥水、奢侈吸收等营养特性,因此蔬菜作物的需肥量和菜地施肥量相对较高<sup>[1,2]</sup>。当前,在蔬菜生产中普遍存在着过量投入化肥以追求高产的现象,其结果则是蔬菜增产幅度逐年下降,肥料利用率低下和经济效益不高,以及蔬菜品质和风味下降,更为严重的是造成菜地土壤退化、环境污染严重等问题,其中氮的问题特别突出<sup>[1~4]</sup>。因此,为了实现蔬菜生产的高产、优质、安全无公害和可持续发展,必须加强菜地合理施肥措施的研究。

控释肥因具有养分释放与作物吸收同步的特点而成为提高氮肥利用效率和减少环境污染的有效途径之一<sup>[5,6]</sup>。许多研究表明,控释肥不仅能满足高产优质的需要,还具有作物全生育期肥料一次性基施和节省追肥所需的劳动力投入、减少肥料用量、提高氮肥利用率并减少环境污染等优点<sup>[7~12]</sup>。

从 20 世纪末以来,在科技部等相关部委的资助下,我国对控释肥料的研究迅速升温,目前国内有多家科研院校开展各种控释肥料的研制、开发与评估,但由于我国目前控释肥的研制大多停留在试验室和小试阶段,真正开始大规模生产和推广的产品不多<sup>[13]</sup>。本研究以我国北方露地栽培面积最大的蔬菜作物大白菜为试材,在北京郊区采用田间小区试验,就 3 种控释肥(脲醛、线型和 S 型包衣尿素)对大白菜产量、氮肥利用率和品质的影响进行了研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计

田间试验于 2004 年在昌平区南邵镇张各庄村绿都蔬菜基地进行,试验地为壤质潮褐土,耕层土壤有机质含量为 17.8 g/kg,全氮 1.08 g/kg,碱解氮 89.6 mg/kg,有效磷(Olsen P) 72 mg/kg,有效钾(NH<sub>4</sub>OAc-K) 109 mg/kg。

设计为氮素单因素试验,小区面积 33.06 m<sup>2</sup>,3 次重复。共设 6 个处理,分别是不施氮对照(ck)、有机肥对照(Mck)、常规施氮(N 300 kg/hm<sup>2</sup>,U300)、脲醛处理(N 300 kg/hm<sup>2</sup>,UF300)、线型包衣尿素处理(N 240 kg/hm<sup>2</sup>,L240)和 S 型包衣尿素处理(N 225 kg/hm<sup>2</sup>),其中 S 型包衣肥料处理中的化学氮肥由 33% 的普通尿素和 67% 的包衣尿素均匀混合而成,3 个控释肥处理的氮肥均一次性基肥。所有处理施入等量磷钾肥,磷肥为普钙,用量 135 kg/hm<sup>2</sup>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>),钾肥为氯化钾,用量 135 kg/hm<sup>2</sup>(K<sub>2</sub>O),除了

不施氮对照外,其他处理均施入 7.5 t/hm<sup>2</sup> 烘干鸡粪(含氮量 1.23%)。鸡粪和磷钾肥均作底肥施用,常规施氮处理的尿素 1/3 作基肥、1/3 在莲座期(09-03)穴施,1/3 在结球期(09-28)随水撒施。播种前整地,然后将各处理所需肥料均匀撒施后起单垄。

大白菜生长期分别在 8 月 8 日、8 月 15 日、8 月 25 日、9 月 3 日、9 月 15 日、9 月 20 日、10 月 5 日和 10 月 18 日采用畦灌浇水 8 次,每次浇水量 450 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。另外,试验期间还分别在 8 月 20 日、8 月 30 日、9 月 5 日、9 月 15 日和 10 月 5 日进行了 5 次病虫害防治。

大白菜品种为北京新 3 号,8 月 6 日播种,8 月 28 日定苗,11 月 1 日收获。试验所用 3 种控释肥均由北京市农林科学院营资所提供,脲醛、线型包衣尿素和 S 型包衣尿素的含氮量分别为 30%、41.9% 和 39.5%。线型包衣尿素的初期溶出率为 5.34%,溶出期(养分累积溶出达 80%)为 60 d。S 型包衣尿素的抑制期为 30 d(累积溶出在 10% 以下所需时间),溶出期为 78 d。线型包衣尿素为大型生产设备制造,脲醛和 S 型包衣尿素为小型试验设备制造。

### 1.2 田间取样和分析

1.2.1 田间条件下包膜尿素的溶出过程 称取 5 g 包膜尿素缝合在孔径约为 1 mm 的塑料网袋中(共 18 袋,取样时每次 3 袋),播种时将这些网袋一同置于地下 10 cm 土壤中,分别在播种后 7, 14, 21, 34, 55, 87 d 取样。样品取出后用自来水漂洗干净、擦干、磨碎肥料颗粒并用 PDAB 法测定包膜肥料中残留氮量<sup>[14]</sup>,随后计算出溶出氮量。大白菜生长期平均气温由昌平区气象站提供。

1.2.2 大白菜产量和氮肥利用率 收获时将一半小区内的大白菜全部收割,称重获得各小区大白菜生物量,同时在各小区内取 3 棵大白菜测定荒菜和净菜质量,并计算净菜率。各小区在收获的大白菜中挑选 2 棵,带回实验室分别测定鲜质量、干质量和含氮量。用差减法计算氮肥利用率。

1.2.3 鲜菜硝酸盐和 Vc 含量测定 采用紫外分光光度法和 2,6-二氯靛酚法分别测定鲜菜的硝酸盐和 Vc 含量。

1.2.4 大白菜形态参数测定 在各小区选取 5 棵大白菜,分别测定大白菜的株高、叶展、球径。单株质量则为各小区收获总产量和收获株数的比值。

1.2.6 数据处理 采用 SPSS 中单因素 ANOVA 程序对数据进行方差分析和多重比较,5% 显著水平。

## 2 结果与分析

### 2.1 田间条件下包衣尿素的溶出过程

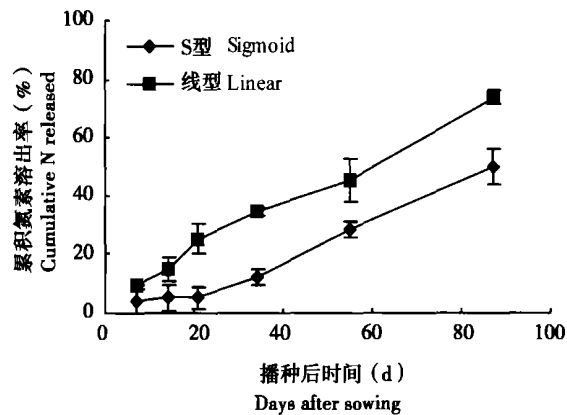


图1 田间条件下线型和 S 型包衣尿素在土壤中的氮素溶出过程

Fig.1 Nitrogen release course of linear and sigmoid coated urea under field condition

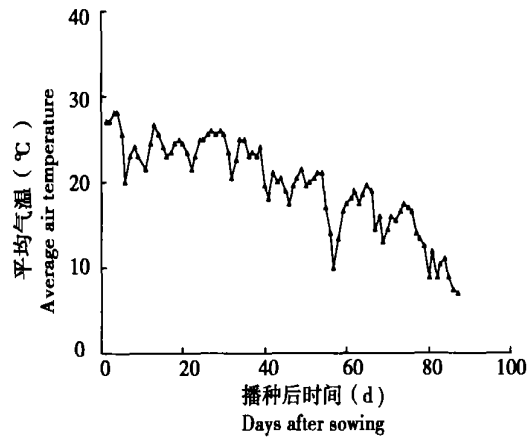


图2 大白菜生长期的气温变化

Fig.2 Pattern of air temperature during the Chinese cabbage growing season

线型和 S 型包衣尿素在田间土壤中的氮素溶出过程见图 1,从图 1 可以看出,2 种包衣尿素在田间条件下的溶出期均高于水中溶出期(25℃,累积溶出达到 80% 所需时间)。由于包衣控释肥在介质中的养分溶出速度主要受温度影响,温度高则溶出速度快且溶出期短,反之则溶出速度降低且溶出期变长。在本试验中,大白菜生长期大部分时间的平均气温低于水中测试所用的 25℃,而且越到后期气温越低(图 2)。线型和 S 型包衣尿素在水中溶出 80% 分别需要 65 和 76 d,而在田间条件下,线型和 S 型包衣尿素在大白菜生长期内的氮素累积溶出分别为 73.7% 和 53% (图 1)。从本试验结果看,选择 65 d 左右的线型包衣尿素比较合理,因为其养分溶出基

本能控制在大白菜生育期内;S 型包衣尿素的溶出期则过长,该肥料的养分溶出期明显长于大白菜生长期。

### 2.2 大白菜产量、吸氮量和氮肥利用率

表 1 不同处理的大白菜产量、吸氮量和氮肥利用率

Tab.1 Chinese cabbage yield, N uptake and nitrogen utility efficiency (NUE) of different treatments			
处理 Treatment	蔬菜产量 (t/ hm <sup>2</sup> ) Biomass	吸氮量 ( kg/ hm <sup>2</sup> ) N uptake	氮肥利 用率(%) NUE
ck	144.5±9.5 a	209.06±16.33 a	
Mck	156.4±5.0 ab	239.49±9.46 ab	33.0
C300	158.2±9.8 ab	242.34±19.46 ab	0.95*
UF300	163.1±12.5 b	266.31±34.39 c	8.94*
L240	163.6±10.0 b	271.02±18.38 c	13.14* (17.7) #
S225	164.2±3.4 b	258.38±6.54 c	8.40* (12.5) #

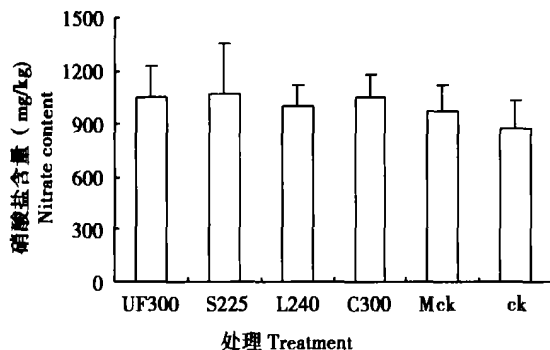
注: \* 与 Mck 处理比较; # 相对氮肥利用率; 不同字母表示处理间 5% 水平上的差异显著性,下同  
\* Note: Compared with Mck treatment; # Relative NUE; Different letters indicate significant at 5% level, same as follows

表 1 显示,施用氮肥(有机肥和化肥)对大白菜均有一定的增产效果,但由于该菜地土壤肥力偏高(不施氮对照大白菜产量达到 145 t/hm<sup>2</sup>),因此氮肥的增产幅度并不太大,如产量最高的 S 型包衣尿素处理与不施氮对照的差异也仅为 13.6%,从表 1 还可以看出,有机肥对大白菜的增产效果更好(增产 8%),在有机肥的基础上施用化肥氮的增产效果较小,如 C300 处理比 Mck 处理每公顷多施用 300 kg 氮肥,但增产幅度仅为 1.2%,相对来说,控释氮肥对大白菜的增产效果更好,脲醛、线形包衣尿素和 S 型包衣尿素 3 种控释肥比普通尿素的大白菜产量分别增加 4.9、5.4 和 6.0 t/hm<sup>2</sup>,而且均显著高于不施氮对照。在 3 种控释氮肥中,线形和 S 型包衣尿素的效果更好,这 2 个处理在氮肥用量比普通尿素分别降低 20% 和 25% 的条件下,大白菜产量更高。施氮处理的大白菜吸氮量均高于不施氮对照,其中 3 个控释肥处理与不施氮对照的大白菜吸氮量差异显著,其中 L240 处理的大白菜吸氮量最高(表 1)。此外,从表 1 还可以看出,有机肥氮的利用率最高,为 33.0%,而以有机肥处理(Mck)作为对照,4 个施用化肥氮处理的氮肥利用率偏低,其中 C300 处理的氮肥利用率甚至不足 1%,3 个控释肥处理的氮肥利用率明显高于普通尿素。由于在试验结束时,线型和 S 型包膜尿素的氮素溶出率分别为 74% 和 53%,若以溶出氮计算氮肥利用率,则这两个处理的氮肥利用率分别为 17.7% 和 12.5%。因此,若选用溶出期

更合适的包衣尿素(在大白菜结球中后期至少溶出 80%),则氮肥利用率还将明显增加。另外,6 个处理的净菜率基本一样,均为 85%。

### 2.3 鲜菜的硝酸盐和 Vc 含量

图 3 显示,6 个处理的大白菜硝酸盐含量差异



不大,虽然施氮处理(有机肥和化肥)的硝酸盐含量均比不施氮对照高,但差异不明显且都在合理范围。各处理的鲜菜 Vc 含量与硝酸盐一致,即不施氮对照最低,施氮处理略高,处理间差异不明显。从本试验的结果来看,施肥对大白菜品质的影响不明显。

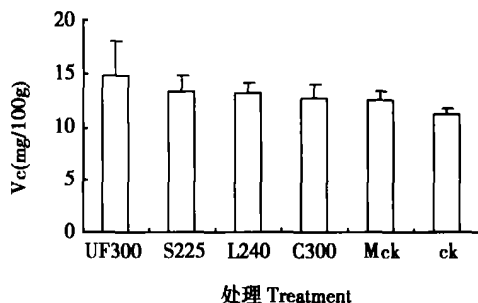


图 3 不同处理的大白菜硝酸盐和 Vc 含量

Fig. 3 Nitrate and Vc content of Chinese cabbage

### 2.4 不同处理的大白菜个体差异

施肥对成熟大白菜单株外形参数影响不大,各处理的大白菜株高、球径和叶展比较接近,处理间的差异均未达到显著性水平(表 2)。另外,从表 2 还

可以看出,虽然各施氮处理的大白菜单株质量均比不施氮对照有所增加,但只有施用 S 型包衣尿素的处理大白菜单株质量显著高于不施氮对照。

表 2 大白菜单株参数

Tab. 2 Plant parameter of Chinese cabbage

处理 Treatment	株高(cm) Height	球径(cm) Diameter	叶展(cm) Leave span	单株质量(kg) Weight per plant
ck	47.33±1.01 a	16.97±0.06 a	78.60±1.44 a	4.21±0.20 a
Mck	47.77±1.86 a	17.03±0.40 a	78.60±2.36 a	4.47±0.29 ab
C300	47.87±2.34 a	17.27±0.51 a	79.27±1.03 a	4.51±0.34 ab
UF300	47.86±2.11 a	17.53±0.35 a	76.53±2.30 a	4.73±0.24 ab
L240	47.53±0.99 a	17.47±0.50 a	79.40±2.62 a	4.65±0.39 ab
S225	47.60±0.53 a	17.50±0.69 a	79.73±3.32 a	4.88±0.27 b

## 3 讨论

本试验结果表明,施氮虽然不同程度地增加了大白菜产量,但增产幅度不大,说明在试验地肥力水平偏高的情况下,氮素已不是作物生长和产量形成的主要限制因子,在这种情况下,施氮反而会增加氮素损失及对环境的污染<sup>[4]</sup>。

有研究表明,温度和水分对包衣控释肥养分溶出的影响分别占 83% 和 11%,而其他土壤因子及其交互作用只占 1% 以下<sup>[5]</sup>,当土壤含水量高于田间最大持水量的 40% 时,包衣控释肥在土壤中的养分溶出基本不受土壤水分状况的影响,并且当包衣控释肥颗粒在土表 10 cm 以下时,其养分溶出也不受土壤含水量的影响<sup>[15]</sup>。由于本试验中包衣尿素采用撒施后起垄的方法以及大白菜生长期浇水比较

频繁,因此,土壤水分状况应不会影响包衣控释肥的养分溶出速度和溶出期,而温度则是导致包衣控释肥养分溶出速度降低和溶出期变长的决定因素,特别是在播种 60 d 以后,平均气温低于 20℃,而且越往后气温越低(图 3),试验期间 2 种包衣尿素的溶出期均较 25℃ 水中测试结果更长,其中线型包衣尿素的溶出过程较好,大白菜生长期内的养分溶出达到 73.7%,而 S 型包衣尿素的溶出期过长,试验期间仅溶出 53%,这样不仅使得肥料溶出高峰落后于大白菜生长阶段的吸氮高峰,客观上降低了肥料的利用效率,而且残余肥料在大白菜收获后溶出还可能增加环境风险,因为控释肥在作物生长期内某一时段过度释放或作物收获后的“拖尾”现象均会降低其利用效率并产生潜在的环境危害<sup>[6]</sup>。因此,在研制控释专用肥时必须综合考虑作物吸肥特性、气候和

土壤因子对控释肥溶出速度和溶出期的影响<sup>[16]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 李晓林, 张福锁, 米国华. 平衡施肥与可持续优质蔬菜生产 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001.
- [2] 李俊良. 莱阳、寿光两种不同种植模式中蔬菜施肥问题的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2001.
- [3] 张维理, 田哲旭, 张 宁, 等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查 [J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80– 87.
- [4] 刘宏斌, 李志宏, 张维理, 等. 露地栽培条件下大白菜氮肥利用率与硝态氮淋溶损失研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 286– 291.
- [5] Shoji S. MEISTER: Controlled release fertilizers Properties and Utilization [M]. Sendai: Konno Printing Co Ltd, 1999. 59– 104
- [6] Shaviv A. Advances in controlled release fertilizers [J]. Advances in Agronomy, 2001, 71: 1– 49.
- [7] Shoji S, Delgado J, Mosier A, *et al.* Use of controlled release fertilizers and nitrification inhibitors to increase nitrogen use efficiency and to conserve air and water quality [J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 2001, 32 (7; 8): 1051– 1070.
- [8] Shoji S, Kanno H. Use of polyolefin coated fertilizers for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions [J]. Fertilizer Research, 1994, 39: 147– 152.
- [9] Kosuge S, Higashi T, Saigusa M. Effect of controlled availability fertilizers on tomato cultivation by single basal application [J]. Jpn J Soil Sci Plant Nutr, 2001, 72 (5): 621– 625.
- [10] Cheng W, Nakajima Y, Sudo S, *et al.* N<sub>2</sub>O and NO emissions from a field of Chinese cabbage as influenced by band application of urea or controlled release fertilizers [J]. Nutrient Cycling in Agro ecosystems, 2002, 63: 231– 238.
- [11] Watanabe T, Ishikawa T, Minami K. Mitigation of nitrous oxide emission by controlled availability fertilizer and nitrification inhibitor [J]. Jpn J Soil Sci Plant Nutr, 1999, 70 (6): 747– 753.
- [12] 郑圣先, 刘德林, 聂 军, 等. 控释氮肥在淹水稻田土壤上的去向及利用率 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2): 137– 142.
- [13] 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.
- [14] 山添文雄. 详细肥料分析法 [M]. 东京: 养贤堂, 1976. 60– 67.
- [15] Eiji Fujisawa, Tomoji Hmenyu. A mechanism of nutrient release from resin coated fertilizers and its estimation by kinetic methods. 7. Simulation of nutrient release from coated fertilizers as influenced by soil moisture [J]. Jpn J Soil Sci Plant Nutr, 2000, 71 (6): 607– 614.
- [16] Takahashi M. Innovation of fertilizer application by using controlled release fertilizers, 5 application of fertilizer in vegetable planting (2) [J]. Jpn J Soil Sci Plant Nutr, 1998, 69 (3): 303– 309.