

# 控释复合肥对结球甘蓝产量、品质和养分吸收的影响

倪小会<sup>1</sup>, 许俊香<sup>1</sup>, 佟二健<sup>2</sup>, 杨俊刚<sup>1</sup>, 曹 兵<sup>1</sup>

(1. 北京市农林科学院 植物营养与资源研究所, 北京 100097; 2. 北京市房山农科所, 北京 102446)

**摘 要:** 通过田间试验对比研究了控释复合肥和普通复合肥对结球甘蓝产量及品质的影响。结果表明: 相比常规施肥, 在减少 N、P、K 用量 50% 的情况下控释复合肥显著增加了甘蓝产量, 其中荒菜产量提高 20.3%, 净菜产量提高 16.9%。施用控释复合肥显著降低了甘蓝叶片硝酸盐含量, 其中外叶降低 23.6%, 内叶降低 26.4%; 控释复合肥显著增加了甘蓝的养分吸收量, N、P 和 K 吸收量分别增加 20.6%、20.3% 和 20.6%。在甘蓝生长期, 施用控释复合肥的处理表层土壤 (0~20 cm) 硝态氮含量远低于常规施肥的土壤, 减少了硝酸盐淋洗损失风险。

**关键词:** 控释复合肥; 接触施肥; 结球甘蓝; 产量; 品质

**中图分类号:** S 635.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)13-0009-03

控释肥料自 20 世纪 90 年代以来在我国农业、肥料制造业等行业和相关领域备受关注。由于控释肥料体现了纵、横向平衡施肥的原理, 因而能提高肥料利用效率。相关研究表明, 水稻一次性基施控释肥与传统水稻栽培相比, 氮肥利用率提高 22~70 个百分点<sup>[1-2]</sup>, 玉米施用控释肥可提高氮肥利用率 3~7 个百分点<sup>[3-4]</sup>。控释肥较速效性肥料养分释放缓慢均匀, 养分释放和吸收同步进行, 被认为是目前农业生产水平下提高肥料利用率、减轻氮肥污染以及减少资源浪费的有效途径之一。控释肥按照其养分释放模式可分为 S 型和 L 型。L 型控释肥没有明显的滞后阶段。S 型控释肥溶出阶段分为抑制期和溶出期<sup>[5]</sup>, 抑制期内养分溶出量很少, 据此可将这种肥料单独施用或与其它肥料按一定比例混配施于作物根部或与种子直接接触而不会烧苗或烧根, 这种新的施肥方式称为接触施肥, 养分释放与作物养分吸收同步, 确保作物对肥料的高效利用。

结球甘蓝为喜肥作物, 苗期需肥量相对较少, 莲座期和结球前期养分需求量高 (氮、磷、钾吸收量均达到最大值), 而且此时养分供应是否充足影响结球的形成进而影响甘蓝产量<sup>[6]</sup>。目前常规施肥方式以底肥和 3 次追肥为主, 这种施肥方式生产效率和经济效益并不高, 而且追肥增加了劳动成本。

根据结球甘蓝对养分吸收前期少、中后期高的特征, 该研究选取 S 型养分释放模式的控释肥进行试验, 旨在寻求一种既能提高生产效率和经济效益又可减少劳动力投入且操作简便的施肥方法, 并探索 S 型控释肥在蔬菜上进行接触性育苗的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在北京市房山农业科学研究所日光温室内进行, 基础土样化学性状为: 全氮 0.16%, 速效磷 250.8 mg/kg, 速效钾 298.6 mg/kg, 有机质 3.58%, pH 8.0。

供试结球甘蓝为春甘 99。

### 1.2 试验设计

试验包括常规施肥处理 (CF300) 和控释复合肥处理 (PCF150), 常规施肥处理所用肥料为撒可富复合肥 (N : P : K = 16 : 8 : 20), 控释复合肥为聚合物包膜肥料 (北京市农林科学院植物营养与资源研究所研制)。肥芯与常规施肥处理相同, 包膜率 11.5%, 在 25℃ 净水中溶出 80% 为 95 d。常规施肥处理氮肥用量 N 300 kg/hm<sup>2</sup>, 其中 40% 作底肥, 60% 做追肥 (分 3 次追); 控释复合肥处理的 N、P、K 用量为常规施肥处理的 50%, 其中 20% 在育苗时与育苗基质混匀后播种, 其余的 80% 控释肥在定植时作为底肥施入。每个处理 15 个畦 (畦面积为 7.2 m<sup>2</sup>), 3 次重复, 随机排列。

### 1.3 试验方法

幼苗株高: 幼苗定植前随机选取 22 株测量株高。叶绿素含量: 幼苗定植前随机选取 22 株采用 SPAD-502 叶绿素仪测定叶绿素含量。幼苗叶面积: 幼苗定植前随机选取 22 株, 量取最大叶片的叶长, 根据叶长与叶面积的经验函数  $y = 0.5256x^2 + 0.0859x + 0.2999$  ( $x$  为最大叶长, 单位 cm,  $y$  为叶面积, 相关系数  $r = 0.9579$ ) 计算叶

第一作者简介: 倪小会 (1975-), 女, 助理农艺师, 现从事控释肥料分析测试工作。E-mail: nixiaohui7510@yahoo.com.cn。

通讯作者: 曹兵 (1970-), 男, 副研究员, 现从事控释肥研制工作。E-mail: caobing@baafs.net.cn。

基金项目: 延迟释放型作物专用肥研制与应用资助项目 (D0706004040131)。

收稿日期: 2010-03-26

面积<sup>[12]</sup>。结球甘蓝产量:测定荒菜和净菜产量。取样时每个重复随机取 33 株称重,然后换算为单株产量,再根据种植密度换算为单位面积产量。结球甘蓝品质:包括叶片硝酸盐(外叶和可食部分)、水溶性糖(可食部分)、VC(可食部分),分别采用紫外分光光度法、蒽酮比色法和 2,6-二氯酚比色法测定。土壤硝态氮含量:在不同生育期取距根部 10 cm 和 20 cm 的表层土壤(0~20 cm)测定土壤硝态氮,采用紫外分光光度法测定。采用 SAS 软件对数据进行单因素方差分析,5%显著水平。

2 结果与分析

2.1 幼苗长势

从表 1 可以看出,采用控释复合肥接触施肥的幼苗株高和叶绿素含量均显著高于常规育苗,分别提高 13.0%和 16.2%,而且直到幼苗定植前均没有发生烧苗现象,长势良好,说明控释肥接触施肥不但不会对种子和幼苗产生不利影响,而且还有利于增加株高和叶绿素指标。常规肥料作为种肥,通常需要与种子隔开一定距离(侧施于种侧 3~5 cm、深 5~8 cm;或层施于种下 10 cm;或开沟覆土)<sup>[7-8]</sup>,若在很小的容器内与种子或幼苗接触施肥,常会导致根系生长受阻或直接发生氨毒,影响植株的正常生长发育<sup>[9]</sup>。因而在肥料接触育苗方面,控释肥通常优于常规肥料。有研究表明,甜瓜幼苗移栽时采用控释肥接触施肥(将幼苗直接蹲坐在肥料上)也没有发生烧苗现象,而且控释肥接触施用还有利于增加甜瓜产量和提高肥料利用率<sup>[10]</sup>。相比常规育苗,采用控释肥接触育苗没有显著增加叶面积。

表 1 幼苗生长情况

处理	株高 Height	叶绿素含量	叶面积 Leaf
Treatment	of plant/cm	SPAD 值	area/cm <sup>2</sup>
		Chlorophyll content	
常规育苗			
Conventional seedbed	6.08 a	29.0 a	47.8 a
控释肥接触育苗			
Controlled release fertilizer seedbed	6.87 b	33.7 b	47.3 a

2.2 控释复合肥对甘蓝产量、养分吸收和品质的影响

从图 1 可看出,相比常规施肥处理,施用控释复合肥显著增加了荒菜和净菜的产量( $P<0.05$ ),其中荒菜增产 20.3%,净菜增产 16.9%。施用控释肥还显著提高了甘蓝的氮、磷和钾吸收量(约 20%)。说明控释肥的养分供给模式和全程适时的供应量均优于常规施肥处理,虽然控释肥 N、P、K 用量与常规施肥相比减少 50%,但是依然获得了较高的产量和养分吸收量。一方面是由于控释肥养分释放缓慢,释放的少量养分在土壤中的转化与作物对养分的吸收同步进行,有效减少了氮素损失(氨挥发和硝态氮淋溶)以及磷钾固定,充分体现了控释肥的养分高效;有研究表明,控释肥能促进水稻生育中、

后期叶片硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶活性,从而提高叶片的氮同化能力,促进作物产量的提高<sup>[11]</sup>,在该研究中控释肥用量较常规施肥减少 50%条件下仍能增加产量和养分吸收量,表明控释肥具有更高的肥料效应,因此在实际生产中,可适当考虑减少控释肥用量以达到降低成本提高经济效益的目的。不仅如此,控释肥在作物生长期内全程一次性施肥,较常规施肥(底施 1 次,追施 3 次)相比减少了追肥次数,降低了劳动力投入,提高了劳动效率。

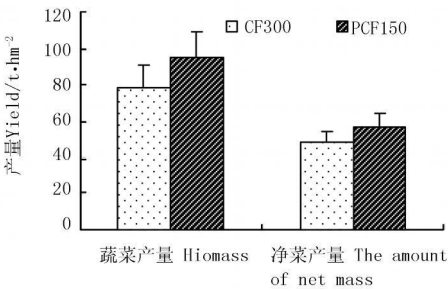


图 1 不同处理的甘蓝产量

Fig.1 The yield cabbage with different treatments

表 2 不同施肥处理养分吸收量

Table 2 The amount of nutrient absorption with different treatments

处理	吸 N	吸 P	吸 K
Treatment	/kg·hm <sup>-2</sup>	/kg·hm <sup>-2</sup>	/kg·hm <sup>-2</sup>
CF300	150.9 b	21.6 b	199.6 b
PCF150	182.0 a	26.0 a	240.7 a

硝酸盐、水溶性糖和 VC 含量的高低是衡量蔬菜营养品质好坏的重要指标,其含量高低决定着蔬菜营养价值进而影响蔬菜的商品价值。含过量硝酸盐的蔬菜被人食用后在人体内会转化为亚硝酸盐进而危害人类健康。在该试验中,控释肥处理和常规施肥处理的甘蓝叶片(包括内叶和外叶)硝酸盐含量均没有超过国家叶菜类硝酸盐的相关标准 3 000 mg/kg (GB19338-2003),但是外叶硝酸盐含量超过了国外一些国家的标准,比如瑞士 875 mg/kg,奥地利 1 500 mg/kg,俄罗斯 900 mg/kg。该研究中施用控释肥较常规施肥相比显著降低了叶片硝酸盐的含量,其中外叶硝酸盐含量降低 23.6%,内叶降低 26.4%(表 3)。2 个处理的甘蓝水溶糖和 VC 含量差异不大。

表 3 甘蓝品质

Table 3 The quality of cabbage

处理	外叶硝酸盐	内叶硝酸盐	水溶糖	VC
Treatment	Nitrate of external leaf /mg·kg <sup>-1</sup>	Nitrate of inner leaf/mg·kg <sup>-1</sup>	soluble sugar/%	/mg·(100g) <sup>-1</sup>
CF300	1 561 a	407 a	3.39 a	30.8 a
PCF150	1 192 b	300 b	3.30 a	28.6 a

2.3 施用控释肥对土壤硝态氮的影响

从图 2 可看出,试验期间常规施肥处理的表层土壤

(0~20 cm)硝态氮含量始终处于较高水平,而施用控释肥的表层土壤(0~20 cm)硝态氮含量则远低于前者,并且达到显著水平。主要有二方面的原因:控释肥氮素释放持续而缓慢,养分释放、转化及养分吸收同时进行,避免了氮素在土壤中的大量积累;该试验中,施用控释肥促进了植株对氮素的吸收(表2),更多的氮转移到了作物体内,有效降低了硝态氮在土壤中的积累。二方面原因共同作用从而降低了土壤中硝态氮的含量。常规施肥处理的土壤硝态氮含量一直处于较高水平,土壤中硝态氮含量过高必然会增加硝态氮淋洗损失风险,因此常规施肥导致的硝态氮淋洗损失风险明显高于控释肥。

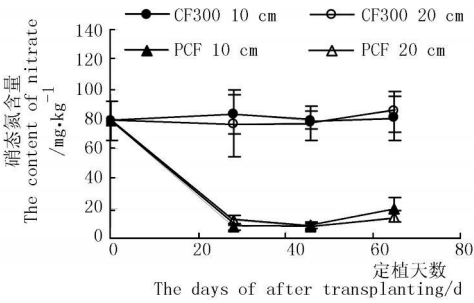


图2 表层土壤(0~20 cm)硝态氮含量动态变化  
Fig.2 NO<sub>3</sub> N content pattern of topsoil (0~20 cm) during cabbage growing season

注:图2中10 cm和20 cm代表取样点距根的水平距离。  
Note: the value of "10 cm" and "20 cm" means the distance of sampling point from crop root.

3 结论

与常规育苗相比,控释肥接触育苗没有发生烧苗现象,而且增加了幼苗的株高和叶片叶绿素含量。相比常规施肥处理,在减少肥料用量一半的情况下,控释肥显著增加了甘蓝荒菜和净菜的产量,其中荒菜增产20.3%,

净菜增产16.9%,氮、磷、钾养分吸收量分别增加20.6%、20.3%和20.6%。施用控释肥较常规施肥相比显著降低了叶片硝酸盐含量,其中外叶硝酸盐含量降低23.6%,内叶降低26.4%。试验期间常规施肥处理的表层土壤(0~20 cm)硝态氮含量始终处于较高水平,而施用控释肥的表层土壤(0~20 cm)硝态氮含量则远低于前者,并且达到显著水平。

参考文献

[1] 鲁艳红,纪雄辉,郑圣先等.施用控释氮肥对减少稻田氮素径流损失和提高水稻氮素利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(3):490-495.  
[2] 曹兵,徐秋明,任军,等.延迟释放型包衣尿素对水稻生长和氮素吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):352-356.  
[3] 易镇邪,王璞,陈平平,等.氮肥类型对夏玉米氮素吸收和利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(3):472-478.  
[4] 曹兵,李亚星,徐凯,等.不同释放期的包衣尿素在夏玉米上应用效果研究[J].土壤通报,2009,40(3):621-624.  
[5] Shoji S D. MEISTER-Controlled release fertilizers [M]. Japan: Konno Printing Company Ltd. Sendai, 1999.  
[6] 周光华.蔬菜优质高产栽培的理论基础[M].济南:山东科学技术出版社,1999:289-323.  
[7] 黄艳胜.种肥对玉米种子萌发与幼苗生长的影响[J].黑龙江农业科学,2009(5):71-73.  
[8] 林昌华,白由路,罗国安,等.氮磷钾肥对结球甘蓝商品性状及其产量的影响[J].中国农学通报,2009,24(6):329-334.  
[9] 司东霞,胡树文,陈清,等.控释肥料不同用量对黄瓜幼苗生长及养分吸收的影响[J].园艺学报,2009,36(1):53-58.  
[10] 许俊香,徐秋明,倪小会,等.包膜尿素对甜瓜产量、氮素吸收和氮肥利用率的影响[J].华北农学报,2009,24(3):215-218.  
[11] 聂军,肖剑,戴平安,等.控释氮肥对水稻氮代谢关键酶活性及糙米蛋白质含量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2003,19(4):318-321.  
[12] 朱雨薇,卜崇兴,朱月林.蛭石添加无土栽培有机缓释肥进行黄瓜育苗的试验研究[J].上海农业学报,2006,22(1):72-74.

Effects of Controlled Release Compound Fertilizer on Yield, Quality and Nutrient Uptake of Cabbage

NI Xiao-hui<sup>1</sup>, XU Jun-xiang<sup>1</sup>, TONG Er-jian<sup>2</sup>, YANG Jun-gang<sup>1</sup>, CAO Bing<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Nutrition and Resource, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097; 2. Institute of Agricultural Sciences of Fangshan District, Beijing 100115)

**Abstract:** Field experiments was conducted to study the effects of different fertilizer types (compound fertilizer and controlled release compound fertilizer) on yield, quality and nutrient uptake of cabbage. The results showed that controlled release compound fertilizer with 50% N, P, K rate reduction significantly increased the yield of cabbage in comparison to compound fertilizer (raw biomass and economic yield increased 20.3% and 16.9%, respectively). Controlled release compound fertilizer markedly decreased nitrate content of leaf with 23.6% reduction of outer layer leaf and 26.4% reduction of inner layer leaf compared to compound fertilizer. Meanwhile, controlled release compound fertilizer significantly increased nutrient uptake of cabbage, in which N, P and K uptake increased by 20.6%, 20.3% and 20.6%, respectively. In addition, nitrate content of surface soil (0~20 cm soil layer) with controlled release compound fertilizer was remarkably lower than that of compound fertilizer during cabbage growing period, which means reduction of nitrate leaching risk.

**Key words:** controlled release compound fertilizer; contact application; cabbage; yield; quality