

DOI:10.11937/bfyy.201514045

# 肥料增效剂对白菜农学效应的影响

冯浩杰<sup>1,2</sup>, 刘善江<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. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271000)

**摘 要:**以“京夏王”白菜和肥料增效剂为试验材料,通过田间小区试验,研究了肥料增效剂分别在氮肥、磷肥不同施用量下对白菜产量、肥料利用率、品质的影响。结果表明:肥料增效剂可以大幅提高白菜产量,相同氮肥施用量条件下使用肥料增效剂可提高白菜产量 11.99%,相同磷肥施用量条件下使用肥料增效剂可提高白菜产量 7.40%;肥料增效剂能明显提高氮、磷肥料利用率,氮肥利用率提升 12.38%,磷肥利用率提升 5.34%;肥料增效剂可降低白菜硝态氮含量,使白菜品质得到一定提升。

**关键词:**肥料增效剂;白菜;产量;肥料利用率;品质

**中图分类号:**S 634.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)14-0174-04

目前,我国每年化肥施用量折纯量达4 300 万 t,占全球化肥使用量的 1/3,居世界第一<sup>[1]</sup>。我国用占全球 9%的土地消耗了占世界总量 32%的化肥<sup>[2]</sup>,肥料的大量损失不仅降低了肥料的经济效益,而且给生态环境带来了巨大的负面效应。过量未被利用的化肥,或残留在土壤中,或通过径流、淋溶等方式进入水体,造成了严重的环境污染,影响着整个生态系统的质量和平衡<sup>[3]</sup>。因此,提高肥料利用率,保证农产品产量和品质,减少化肥对环境产生的危害是我国农业可持续发展面临的重要课题<sup>[4]</sup>。

肥料增效剂是一种能够活化土壤理化性质,促进作物对肥料充分吸收利用的新型农化制剂<sup>[5]</sup>,可以提高肥料利用率,减少化肥的施用量。从国内外的研究来看,目前使用的肥料增效剂物质主要是植物激素、酶制剂或微生物、粘土矿物等<sup>[6]</sup>,提高肥料利用率的效果不甚理

想。以聚丙烯酸钾等水溶性高分子材料为主要原料的肥料增效剂,能改善土壤理化性状,增加氮、磷肥在土壤中移动速率和移动距离,提高土壤对氮、磷素的吸附,增强作物对养分的吸收。现以白菜和肥料增效剂为试材,研究施用该类型肥料增效剂对白菜产量、品质以及肥料利用率的影响,以期对白菜等作物推广使用该产品提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2013 年 8—11 月在北京通州区垡头村东蔬菜基地进行。该基地属大陆性季风气候区,年平均降雨量 620 mm,年平均气温 11.3℃,无霜期 180~200 d。供试土壤为潮土,质地粘重,地势平坦。试验前取 0~20 cm 表层土壤混合样品,土样风干处理、过筛后备用测定。供试土壤主要理化性状见表 1。

表 1

供试土壤基本理化性状

Table 1

Properties of soil used for the experiment

项目 Item	全氮含量 Total N content /(g · kg <sup>-1</sup> )	有机质含量 Organic matter content /(g · kg <sup>-1</sup> )	铵态氮含量 Ammonium N content /(mg · kg <sup>-1</sup> )	硝态氮含量 Nitric N content /(mg · kg <sup>-1</sup> )	有效磷含量 Available P content /(mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾含量 Available K content /(mg · kg <sup>-1</sup> )	EC 值 EC value /(mS · m <sup>-1</sup> )	pH 值 pH value
土壤	1.15	16.5	5.69	36.9	5.4	101	16	8.16

**第一作者简介:**冯浩杰(1990-),男,硕士研究生,研究方向为土壤改良与环境质量监测。E-mail:zihuanfenghaojie@163.com.

**责任作者:**刘善江(1965-),男,硕士,研究员,现主要从事土壤改良及肥料与农产品安全等研究工作。E-mail:lishanjiang@263.net.

**基金项目:**北京市农业科技资助项目(2014010);北京市农林科学院科技创新能力建设专项资助项目(KJCX20140302)。

**收稿日期:**2015-03-30

### 1.2 试验材料

供试白菜“京夏王”,由北京市农林科学院蔬菜研究中心培育;生长势强,耐热、耐湿能力强,产量较高,抗病性强,适宜夏季种植。

供试肥料:尿素(N 46.6%);磷酸一铵(N 12%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60%);硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%);过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16%);肥料增效剂由北京瑞泰丰禾生态科技有限公司提供。

### 1.3 试验方法

分别在氮肥、磷肥不同施用量下,研究增效剂对白

菜农学效应的影响,分为氮肥试验和磷肥试验 2 部分,各设 5 个处理,每处理设 3 次重复,共 30 个试验小区;对照为不施氮肥或不施磷肥。试验小区面积 50 m<sup>2</sup>,采用随机排列分布。具体试验处理设置见表 2。

表 2 试验设计

Table 2 Design of experiments

编号 Number	处理 Treatment	养分投入 Nutrient input/(kg·hm <sup>-2</sup> )			增效剂 Synergist /(kg·hm <sup>-2</sup> )
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
对照I	不施氮肥	0	120.0	240.0	0
处理 1	氮肥常规用量	240.0	120.0	240.0	0
处理 2	氮肥常规用量+10%增效剂	240.0	120.0	240.0	78.0
处理 3	氮肥减量 30%+10%增效剂	168.0	120.0	240.0	66.0
处理 4	氮肥减量 40%+10%增效剂	144.0	120.0	240.0	61.5
对照II	不施磷肥	240.0	0	240.0	0
处理 5	磷肥常规用量	240.0	120.0	240.0	0
处理 6	磷肥常规用量+10%增效剂	240.0	120.0	240.0	78.0
处理 7	磷肥减量 30%+10%增效剂	240.0	84.0	240.0	73.5
处理 8	磷肥减量 40%+10%增效剂	240.0	72.0	240.0	64.5

注:肥料增效剂用量按各处理施肥总量的 10%计算,与肥料掺混施入田间小区。

Note: Fertilizer synergist dosage according to different treatment 10% of fertilizer application quantity calculation, fertilizer synergist and fertilizer blending into the field plot.

播种前用施肥总量的 60%作底肥条施,开沟深度为 10 cm;施肥总量的 40%在大白菜结球期追肥,均匀撒施。8 月 6 日播种,定植后种植密度为 2 880 棵/667m<sup>2</sup>,其它管理同当地生产田。11 月 8 日收获测产,采收结束后测定白菜全氮、全磷、可溶性糖、还原性维生素 C 含量等指标。

#### 1.4 项目测定

土壤全氮含量测定采用半微量凯氏法;有机质含量

表 3 肥料增效剂在不同施氮量下对白菜产量的影响

Table 3 Effect of fertilizer synergist on Chinese cabbage yield under different N application rate

编号 Number	I	II	III	667 m <sup>2</sup> 产量均值 Average yield/kg	比对照I增产 Increase production compare with CKI/%	比处理 1 增产 Increase production compare with treatment 1/%
对照I	7 310.8	7 200.0	7 864.6	7 458.4 c	—	—
处理 1	8 707.0	9 304.6	8 160.0	8 723.8 b	16.97	—
处理 2	10 214.0	9 346.7	9 748.8	9 769.8 a	30.99	11.99
处理 3	9 516.5	9 159.2	9 304.6	9 326.7 ab	25.05	6.91
处理 4	9 381.2	9 259.3	8 983.5	9 208.0 ab	23.45	5.54

注:同列的不同字母表示差异显著(P<0.05)。以下同。

Note: The different letters within the same column mean statistical significant difference (P<0.05). The same below.

2.1.2 肥料增效剂在不同施磷量下对白菜产量的影响 磷肥能促进白菜根系的生长,增强白菜对其它营养元素的吸收,进而促进产量的增加。表 4 显示了肥料增

表 4 肥料增效剂在不同施磷量下对白菜产量的影响

Table 4 Effect of fertilizer synergist on Chinese cabbage yield under different P application rate

编号 Number	I	II	III	667 m <sup>2</sup> 产量均值 Average yield/kg	比对照II增产 Increase production compare with CKII/%	比处理 5 增产 Increase production compare with treatment 5/%
对照II	8 363.1	8 418.5	7 735.7	8 172.4 c	—	—
处理 5	8 292.2	8 972.3	9 249.2	8 837.9 ab	8.14	—
处理 6	9 354.6	9 395.3	9 728.0	9 492.6 a	16.15	7.40
处理 7	8 992.7	9 351.7	9 133.2	9 159.2 ab	12.07	3.63
处理 8	8 604.1	9 381.2	9 470.8	9 152.0 ab	11.99	3.55

测定采用重铬酸钾氧化-容量法;铵态氮含量测定采用靛酚蓝比色法;硝态氮含量测定采用酚二磺酸比色法;有效磷含量测定采用 NaHCO<sub>3</sub> 浸提-钼锑抗比色法;速效钾含量测定采用醋酸铵浸提-火焰光度法;EC 值、pH 值(水土比 5:1)测定采用电位法。

各试验小区单独计产,随机选取 3 行,去根、称单株重,以单株重平均值乘以种植密度为各小区产量。每小区取 8 棵白菜制成混合样品测定白菜品质指标;浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消化后,用流动注射分析仪测定全氮和全磷含量;可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法;还原性维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法;硝态氮含量测定采用硝基水杨酸比色法。

#### 1.5 数据分析

试验数据均采用 Excel 和 SPSS 17.0 软件进行处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 肥料增效剂对白菜产量的影响

2.1.1 肥料增效剂在不同施氮量下对白菜产量的影响 长期以来,施用氮肥一直是农业获得高产的重要措施<sup>[7]</sup>。充足的氮肥供应能促进大白菜叶球的形成,从而达到提高大白菜产量的目的<sup>[8]</sup>。由表 3 可知,施用肥料增效剂可增加白菜产量且达到差异显著水平(P<0.05);处理 2 比处理 1 产量提升 1 046 kg/667m<sup>2</sup>,增产 11.99%。处理 3、处理 4 比处理 1 产量提升 602.9、484.2 kg/667m<sup>2</sup>,但处理间产量未达差异显著水平(P<0.05)。

效剂在不同施磷量下对白菜产量的影响。数据表明,处理 6、7、8 较处理 5 白菜分别增产 654.7、321.3、314.1 kg/667m<sup>2</sup>,增产率分别为 7.40%、3.63%、3.55%,

其中处理 6 增产效果最好,但均未达到显著性差异水平( $P<0.05$ )。施用肥料增效剂情况下,处理 7、8 较处理 6 产量增加 333.4、340.6 kg/667m<sup>2</sup>,处理间差异不显著( $P<0.05$ )。

## 2.2 肥料增效剂对白菜肥料利用率的影响

2.2.1 肥料增效剂对白菜氮肥利用率的影响 由表 5 可知,处理 2、3、4 与处理 1 相比较,白菜全氮含量在

表 5 不同处理对白菜氮肥表观利用率的影响

Table 5 Effect of different treatments on apparent N recovery efficiency of Chinese cabbage

编号 Number	I	II	III	全氮 Total N/% Average of total N/%	氮肥表观利用率 Apparent N recovery efficiency/%
对照I	2.62	2.50	2.62	2.58b	—
处理 1	2.74	2.66	2.82	2.74a	23.10b
处理 2	2.75	2.67	2.69	2.70ab	35.48ab
处理 3	2.68	2.70	2.84	2.74a	48.12a
处理 4	2.69	2.85	2.72	2.75a	47.45a

2.2.2 肥料增效剂对白菜肥料磷肥利用率的影响 从表 6 可以看出,处理 5、6、7、8 白菜全磷含量在 0.42%~0.46%,处理间全磷含量差异不显著,可以看出肥料增效剂提高磷肥利用率不是通过提高白菜全磷含量来实现

表 6 不同处理对白菜磷肥表观利用率的影响

Table 6 Effect of different treatments on apparent N recovery efficiency of Chinese cabbage

编号 Number	I	II	III	全磷 Total P/% Average of total P/%	磷肥表观利用率 Apparent P recovery efficiency/%
对照II	0.37	0.36	0.32	0.35b	—
处理 5	0.42	0.43	0.53	0.46a	9.23c
处理 6	0.41	0.43	0.49	0.44a	14.57b
处理 7	0.44	0.35	0.46	0.42ab	18.13a
处理 8	0.40	0.46	0.51	0.46a	23.05a

## 2.3 肥料增效剂对白菜品质的影响

表 7 显示了不同处理对白菜品质的影响。可溶性糖含量和还原性维生素 C 含量是评价白菜营养价值的重要指标,可溶性糖是人类营养中最重要的糖源,而还原性维生素 C 对于人体具有提高免疫力、预防心脏病等作用。从表 7 可以看出,氮肥试验中,可溶性糖和还原性维生素 C 含量变化趋势相同,并且均以处理 1 最高,但处理间差异不显著( $P<0.05$ )。磷肥试验中,可溶性

表 7 不同处理对白菜品质的影响

Table 7 Effect of different treatments on the quality of Chinese cabbage

		可溶性糖	还原性维生素 C	硝态氮
编号		Soluble	Reductive vitamin C	Nitric nitrogen
Number		sugar/%	/(mg·kg <sup>-1</sup> )	/(mg·kg <sup>-1</sup> )
氮肥 试验	对照I	5.38a	436.33a	126.10b
	处理 1	5.83a	453.67a	228.00a
	处理 2	5.41a	452.33a	150.67ab
	处理 3	5.19a	450.33a	221.00a
	处理 4	5.30a	436.00a	167.00ab
磷肥 试验	对照II	4.28a	455.67a	150.67a
	处理 5	4.54a	399.00b	225.10a
	处理 6	4.73a	412.33b	184.33a
	处理 7	4.86a	451.00a	159.33a
	处理 8	4.74a	440.67a	195.47a

2.70%~2.75%(以样品的干基计算),处理间差异不显著( $P<0.05$ )。处理 1、2、3、4 的氮肥表观利用率表现出随氮肥用量先增后减的趋势,其中,处理 3 氮肥表观利用率最高,达到 48.12%;处理 2、4 次之,处理 1 最低。处理 1、2 比较可见,在同样的常规施氮量上,施用肥料增效剂可以提升肥料利用率 12.38 个百分点,但处理间肥料利用率差异不显著( $P<0.05$ )。

的。处理 5、6、7、8 磷肥表观利用率呈现出不断提高的趋势,其中:处理 8 磷肥表观利用率最高,达到 23.05%;处理 5、6 比较,同等常规施磷量下使用肥料增效剂提升磷肥利用率 5.34%,处理间差异显著( $P<0.05$ )。

糖含量表现出先增后减的趋势,处理 7 可溶性糖含量最高,达到 4.86%;还原性维生素 C 含量未表现出一致规律,处理 5、6 还原性维生素 C 含量偏低,对照II还原性维生素 C 值最高。

白菜属于易富集硝酸盐的叶菜类作物,硝酸盐对人体具有很大的危害,我国对蔬菜中的硝酸盐制定了限量标准。测定白菜硝态氮含量是了解白菜硝酸盐含量的重要指标,从表 7 可以看出,氮肥试验中处理 1 较对照I硝态氮含量大幅上升,处理间达显著性差异( $P<0.05$ );处理 2、3、4 均低于处理 1 硝态氮含量,但处理 1、3 硝态氮含量均在 220 mg/kg 以上且处理间差异不显著( $P<0.05$ )。

## 3 结论与讨论

肥料增效剂可以显著增加白菜产量。常规氮肥施用量下,使用肥料增效剂可使白菜产量提升 11.99%;常规磷肥施用量下,使用肥料增效剂可使白菜产量提升 7.41%。氮、磷肥减量+增效剂处理的白菜产量较氮、磷肥常规用量处理产量分别提升 5.54%~6.91%、3.55%~3.63%,肥料增效剂可以减少肥料成本投入,提高单位肥料的经济效益。

肥料增效剂可以明显提高氮肥、磷肥表观利用率。氮、磷肥试验中,氮、磷肥表观利用率的变化趋势基本一致。氮肥表观利用率表现出随氮肥用量先增后减的趋势;常规氮肥用量下,施用肥料增效剂可使氮肥表观利用率提升 12.38%,而氮肥减量+增效剂处理氮肥表观利用率得到 25.02%的大幅提升,并且白菜产量降幅较小,说明肥料增效剂可以在筛选出最优肥料用量前提下,获得产量和肥料利用率的双重提升。

肥料增效剂使白菜品质得到一定程度的提升。各处理白菜可溶性糖含量高低不尽一致,且处理间差异不显著,肥料增效剂对白菜可溶性糖含量影响不大;白菜还原性维生素 C 含量得到提升,但未表现出一致的规律性;白菜硝酸盐含量降低,施用增效剂处理硝态氮含量均低于不施增效剂处理,说明肥料增效剂降低了硝酸盐在白菜内的累积。

## 参考文献

- [1] 杨青林,桑利民,孙吉茹,等.我国肥料利用现状及提高化肥利用率的方法[J].山西农业科学,2011,39(7):690-692.
- [2] 李庆远,朱兆良,于天仁.中国农业持续发展中的肥料问题[M].南昌:江西科学技术出版社,1998:3-5.
- [3] 宁清同,王丽香.我国农业化肥污染防治制度初探[J].行政与法,2012(11):74-79.
- [4] 李正西,马长山,钱明理.肥料增效剂-绿丰源应用效果分析[J].耕作与栽培,2009(2):64-65.
- [5] 王军,陈双臣,邹志荣.肥料增效剂对大棚番茄产量、品质的影响[J].陕西农业科学,2004(2):33-65.
- [6] 逢焕成,梁业森,吴江.大豆施用肥料增效剂的效果[J].土壤肥料,2005(4):22-24.
- [7] 刘学军,巨晓棠,张福锁.减量施氮对冬小麦-夏玉米种植体系中氮利用与平衡的影响[J].应用生态学报,2004,25(3):458-462.
- [8] 张海涛,倩王,金刘,等.不同施肥处理对黄淮地区大白菜产量及养分利用率的影响[J].河南农业大学学报,2012,46(4):392-396.

## Effect of Fertilizer Synergist on Agronomic of Chinese Cabbage

FENG Haojie<sup>1,2</sup>, LIU Shanjiang<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097; 2. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271000)

**Abstract:** Chinese cabbage 'Jing Xia Wang' and fertilizer synergist were used as the test materials, and the field plot experiment was conducted to explore the effect of fertilizer synergist on the yield and quality of Chinese cabbage and fertilizer utilization ratio according to the different application amounts of N and P fertilizer. The results showed that the fertilizer synergist increased output of Chinese cabbage. Under the condition of same amount of nitrogen fertilizer, fertilizer synergist increased the output of Chinese cabbage by 11.99%. However, under the condition of same amount of phosphate fertilizer, fertilizer synergist increased the output of Chinese cabbage by only 7.40%. Fertilizer synergist significantly improved the utilization ratio of nitrogen and phosphate fertilizer by 12.38% and 5.34%, respectively. In addition, fertilizer synergist decreased nitrate content in Chinese cabbage to improve its quality to some extent.

**Keywords:** fertilizer synergist; Chinese cabbage; yield; fertilizer utilization ratio; quality

## 梨树八月份管理技术要点

### 知识窗

- 1 采收 “巴梨”、“二十世纪”、“八月酥”、“翠伏梨”、“幸水”、“红香水”等中熟品种采收,晚熟品种做好采收准备。
- 2 肥料管理 幼树骨干枝开角和拿枝,结果树吊枝和顶枝,并控制氮肥、增施磷钾肥。早熟品种施基肥,6~10年生树每株 150~200 kg;盛果期大树,每株 200~300 kg。采前不再使用波尔多液,以免污染果面。
- 3 病虫害防治 上中旬全园喷洒 20.67%万兴乳油 2 000 倍液(或 50%乙生可湿性粉剂 600 倍液)+2.5%保得乳油 2 000 倍液(或 52.25%农地乐乳油 1 500 倍液)+10%吡虫啉可湿性粉剂 2 500 倍液,防治桃小食心虫、梨黄粉蚜、康氏粉蚧、梨黑斑病、黑星病、轮纹病、炭疽病等,特别注意此期为套袋梨黄粉蚜和康氏粉蚧防治的第三关键时期,应继续巩固防治。中下旬全园喷洒 75%猛杀生干悬浮剂 800 倍液(或 50%多菌灵可湿性粉剂 600 倍液)+52.25%农地乐乳油 1 500 倍液+20%杀铃脲悬浮剂 6 000 倍液,防治梨小食心虫、桃小食心虫、梨黄粉蚜、毛虫类、梨黑斑病、黑星病、轮纹病、炭疽病等。此期是中国梨品种最后一次喷波尔多液。日韩梨应注意和加强黑斑病的防治。在树干周围绑草,引诱梨小食心虫在此越冬,待落叶前将草解下烧掉。

(摘自:辽宁金农网)