

## 水溶肥中添加聚天冬氨酸和黄腐酸钾对芹菜产量及经济效益的影响

张弓长<sup>1</sup>, 蔡虎铭<sup>1</sup>, 钱程<sup>1</sup>, 刘广富<sup>1,2\*</sup>

(1. 金正大生态工程集团股份有限公司, 山东临沭 276700; 2. 农业部植物营养与新型肥料创制重点实验室, 山东临沭 276700)

**摘要** [目的]明确聚天冬氨酸(PASP)和黄腐酸钾(FA)在芹菜上的施用效果。[方法]以冲施清水及金正大 20-20-20 水溶肥作为对照,将 0.20% FA、0.50% PASP、0.20% FA 与 0.50% PASP 复配增效剂添加到金正大 20-20-20 水溶肥中对芹菜进行冲施,研究不同处理对芹菜农艺性状、产量和经济效益的影响。[结果]与空白对照相比,冲施水溶肥和水溶肥中添加 PASP 和 FA 及复配使用均可明显改善芹菜的农艺性状,提高芹菜的产量和经济效益。株高增加 6.50~15.00 cm,茎粗增加 0.43~0.60 cm,单株重增加 0.07~0.23 kg,产量提高 14.50%~48.66%。其中,以 0.50% PASP 与 0.20% FA 复配处理效果最好,经济效益最高,比冲施金正大 20-20-20 水溶肥收益增加 40 380 元/hm<sup>2</sup>。[结论]水溶肥中添加 PASP 和 FA 在芹菜及其他蔬菜上有广阔的应用前景。

**关键词** 聚天冬氨酸;黄腐酸钾;水溶肥;产量;经济效益

**中图分类号** S606+.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)33-0103-03

### Effects of Water Soluble Fertilizers on the Yield and Economic Benefits of Celery by Adding Polyaspartic Acid and Fulvic Acid Potassium

ZHANG Gong-chang<sup>1</sup>, CAI Hu-ming<sup>1</sup>, QIAN Cheng<sup>1</sup>, LIU Guang-fu<sup>1,2\*</sup> (1. Kingenta Ecological Engineering Corporation, Linshu, Shandong 276700; 2 Key Laboratory of Plant Nutrition and New Type Fertilizer, Ministry of Agriculture, Linshu, Shandong 276700)

**Abstract** [Objective] The aim was to study effects of polyaspartic acid and fulvic acid potassium on celery. [Method] With clear water and 20-20-20 water soluble fertilizer as control, applying 20-20-20 water soluble fertilizer on celery by adding 0.20% fulvic acid potassium, 0.50% polyaspartic acid, 0.20% fulvic acid potassium and 0.50% polyaspartic acid compound agent, effects of different treatments on agronomic characters, yield and economic benefits of celery were studied. [Result] Compared with clear water, applying water soluble fertilizer and adding fulvic acid potassium, polyaspartic acid, and compound agent could obviously improve celery traits, improve celery yield and economic benefits. Plant height was increased by 6.50-15.00 cm, stem diameter was increased by 0.43-0.60 cm, single plant weight was improved by 0.07-0.23 kg, plot yield was improved by 14.50%-48.66%. Among which, the compound agent had the best effect, economic benefit was highest, the benefit was increased by 40 380 yuan/hm<sup>2</sup> compared with 20-20-20 water soluble fertilizer. [Conclusion] Applying water soluble fertilizer on celery and other vegetables by adding fulvic acid potassium, polyaspartic acid had broad application prospects.

**Key words** Polyaspartic acid; Fulvic acid potassium; Water soluble fertilizer; Yield; Economic benefit

近年来,聚天冬氨酸(PASP)被认为是一种环保型肥料添加剂,它能促进植物对养分的吸收及根系的生长,健壮植株,增强抗逆性,达到根深叶茂、改善品质的效果。梅庆慧<sup>[1]</sup>研究表明,在田间条件下,叶面喷施 PASP 50~150 mg/L,能不同程度地提高水稻、油菜、青菜和花菜的产量。张小燕等<sup>[2]</sup>研究发现,叶面喷施 PASP 20~60 mg/L 可以显著提高紫花苜蓿草产量,同时对其株高、叶面积等生物学性状也有促进作用。张洪生等<sup>[3]</sup>在盆栽条件下进行玉米干旱胁迫试验,结果表明,PASP 能在一定程度上改善土壤水分状况,促进玉米根系的生长,增强玉米苗期的抗旱性。黄腐酸具有改良土壤、增进肥效、刺激生长、促进抗逆、改善品质五大作用。李冉等<sup>[4]</sup>研究发现,不同产地(新疆、江西、山西)的风化煤腐殖酸与氮、磷、钾肥配施可提高小白菜的氮含量和氮肥的当季利用率,腐殖酸会直接或间接地影响养分的吸收。肖艳等<sup>[5]</sup>研究发现,使用 100 mg/L 黄腐酸浸种,可减少盐分胁迫和水分胁迫对冬小麦种子的伤害,提高种子的发芽率和种子活力。Sladký<sup>[6]</sup>研究发现,黄腐酸的浓度为 100~300 g/mL 时,能促进黄瓜地上部和根部的生长及其叶片数和成花数的增加。李绪行等<sup>[7]</sup>研究发现,小麦喷施黄腐酸可降低蒸腾强度,增加气孔的扩散阻力,从而提高小麦的保水能力。Amin-

ifard 等<sup>[8]</sup>研究表明,黄腐酸能提高辣椒的辣椒素、类胡萝卜素、总可溶物的含量和可滴定酸度,在一定程度上能改善作物品质。黄腐酸钾(FA)是一类以植物渣体为原料,经生物发酵制取的类煤化黄腐酸物质。它集成分、性能、价格三大优势为一体,成为煤化黄腐酸的最佳替代品。PASP 和 FA 在促进蔬菜生长和改善蔬菜品质方面作用明显,因此大力推广 PASP 和 FA 应用于蔬菜种植方面具有重要意义。笔者通过在大棚芹菜上冲施添加 PASP 和 FA 的水溶肥,筛选出最佳配比,以期为该肥料在芹菜及其他蔬菜上的大面积推广应用提供科学依据。

#### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验在广东省英德市大湾镇吴仿头芹菜大棚进行,该大棚土壤基本理化性状:有机质含量 19.00 g/kg,全氮 1.55 g/kg,速效磷 11.00 mg/kg,速效钾 53.00 mg/kg。属中等肥力水平土壤。

**1.2 供试材料** 供试作物为芹菜,品种为文图拉西芹。供试肥料为金正大 20-20-20 大量元素水溶性肥料(N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O ≥ 60.00%,含硝态氮 4.00%,微量元素 0.20%~3.00%)。增效剂为 FA 和 PASP,pH 分别为 2.32 和 7.67。

**1.3 试验方法** 共设 6 个处理,具体设计见表 1。于 2014 年 9 月 5 日第 1 次施肥,每 7 d 追肥 1 次,共施肥 5 次,每个地块每次施肥 1 kg(按 150 kg/hm<sup>2</sup>水溶肥标准)。2014 年 10 月 15 日对所有处理的大棚芹菜进行分区收割,测量并记录大棚芹菜的株高、茎粗、茎数、单株重及小区产量<sup>[9-11]</sup>。小区内其他管理措施按照单一差异原则保持一致。

**基金项目** 山东省自然科学基金项目(ZR2015QL009)。

**作者简介** 张弓长(1992-),男,云南施甸人,助理农艺师,硕士,从事新型肥料研发及肥效研究工作。\*通讯作者,农艺师,博士,从事柑橘套餐肥研发工作。

**收稿日期** 2016-09-14

表1 各处理施肥方案

Table 1 Fertilization scheme in each treatment

处理号 Treatment No.	处理 Treatment	试验设计 Experiment design
①	空白对照	不施肥
②	无增效剂对照	金正大 20-20-20 水溶肥
③	FA 增效剂	0.20% FA + 金正大 20-20-20 水溶肥
④	PASP 增效剂	0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥
⑤	FA、PASP 复配增效剂	0.20% FA + 0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥
⑥	减半 FA、PASP 复配增效剂	0.10% FA + 0.25% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥

**1.4 数据分析** 采用 Microsoft Excel 2007 软件对数据进行处理,采用 SPSS 11.5 统计分析软件对数据进行差异显著性检验<sup>[12-14]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 不同施肥处理对芹菜农艺性状的影响** 由表 2 可知,与处理①、②相比,各处理芹菜成熟时其株高、茎数、单株重均表现出不同程度的增加。从株高来看,处理③、④显著高于处理②,处理⑤、⑥显著高于处理③、④,且处理⑤显著高于处理⑥。与处理②相比,处理③、④、⑤、⑥的株高增加了 2.84~8.50 cm。从茎粗来看,不同处理间差异不大,处理④、

表2 不同施肥处理芹菜的农艺性状

Table 2 The agronomic characters of celery in different fertilization treatments

处理 Treatment	株高 Plant height cm	茎粗 Stem diameter cm	茎数 Number of stems 个/株	单株重 Single plant weight kg
①	55.33 e	2.67 b	7.33 c	0.46 e
②	61.83 d	3.10 a	10.33 b	0.53 d
③	64.67 c	3.10 a	11.33 ab	0.57 c
④	65.33 c	3.13 a	11.67 ab	0.58 c
⑤	70.33 a	3.27 a	13.00 a	0.69 a
⑥	67.83 b	3.13 a	11.67 ab	0.61 b

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference among treatments at 0.05 level.

表4 不同施肥处理芹菜的经济效益

Table 4 The economic benefits of celery in different fertilization treatments

处理 Treatment	毛收益 Gross income 元/hm <sup>2</sup>	用肥成本 Cost of fertilizer 元/hm <sup>2</sup>	经济收益 Economic benefits 元/hm <sup>2</sup>	增收 Income increasing // 元/hm <sup>2</sup>					增收率 Income increasing rate // %					
				与处理 ①相比 Comparison with treatment ①	与处理 ②相比 Comparison with treatment ②	与处理 ③相比 Comparison with treatment ③	与处理 ④相比 Comparison with treatment ④	与处理 ⑥相比 Comparison with treatment ⑥	与处理 ①相比 Comparison with treatment ①	与处理 ②相比 Comparison with treatment ②	与处理 ③相比 Comparison with treatment ③	与处理 ④相比 Comparison with treatment ④	与处理 ⑥相比 Comparison with treatment ⑥	
①	118 275	0	104 775											
②	135 435	2 700.0	119 235	14 445					13.79					
③	146 070	2 702.4	129 855	25 080	10 620				23.93	8.91				
④	147 135	2 722.5	130 905	26 130	11 670	1 050			24.94	9.79	0.81			
⑤	175 845	2 725.5	159 615	54 840	40 380	29 760	28 710	20 265	52.33	33.87	22.91	21.93		14.54
⑥	155 565	2 712.0	139 350	34 575	20 115	9 495	8 445		33.00	16.87	7.31	6.45		

注:芹菜价格按照 1.50 元/kg 计算,毛收益=理论产量×1.50 元/kg。肥料价格:20-20-20 大量元素水溶肥 18.00 元/kg;PASP 30.00 元/kg;FA 8.00 元/kg。经济收益:各处理其他成本(人工、种子、除草、打药、灌溉、覆膜等)均为 13 500 元/hm<sup>2</sup>,经济收益(元/hm<sup>2</sup>)=毛收益-用肥成本-900。

Note: The celery price is calculated according to 1.50 yuan/kg, gross income = theoretical yield × 1.50 /kg. Fertilizer prices are as follows: 20-20-20 large elements water soluble fertilizer 18.00 yuan /kg; PASP30.00 yuan/kg; FA8.00 yuan/kg. Economic benefits: the other costs (labor, seeds, weeding, insecticide irrigation, film, etc.) are 13 500 yuan/hm<sup>2</sup>, economic income yuan/hm<sup>2</sup> = gross income - fertilizer cost - 900.

⑤、⑥比处理②增加了 0.03~0.17 cm。从茎数来看,处理⑤显著高于处理②,处理③、④、⑤、⑥比处理②增加了 1.00~2.67 根。从单株重来看,各处理的变化趋势与株高一致,处理③、④、⑤、⑥比处理②增加了 0.04~0.16 kg。综上,与处理①、②相比,PASP 和 FA 处理均可增加大棚芹菜的株高、茎数和单株重,其中以处理⑤效果最佳。

经实地观察,冲施添加 PASP 和 FA 的水溶肥后大棚芹菜生长均匀整齐,茎粗基本一致,叶柄肥厚,颜色翠绿,商品性较好;而处理①、②大棚芹菜的植株大小不一,整齐度差,商品性较差。综上,添加了 PASP 和 FA 的水溶肥对大棚芹菜的株高、茎粗、单株重具有明显的改善作用。

**2.2 不同施肥处理对芹菜产量的影响** 由表 3 可知,与处理①相比,处理②、③、④、⑤、⑥增产 14.50%~48.66%。方差分析表明,不同处理间显著差异。各处理产量从大到小依次为处理⑤、⑥、④、③、②、①。处理③、④均显著高于处理②,说明在水溶肥中单一地添加 PASP 或 FA 均能显著提高大棚芹菜产量,且添加 PASP 的效果更佳。处理⑤的产量最高,达 117 227.40 kg/hm<sup>2</sup>,且显著高于其余处理。因此,大棚芹菜适宜的肥料为 0.20% FA + 0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥。

表3 不同施肥处理芹菜的产量

Table 3 The yield of celery in different fertilization treatments

处理 Treatment	测定面积 Determined area m <sup>2</sup>	实测产量 Determined yield kg	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	增产率 Yield increas- ing rate %
①	0.42	3.30	78 854.85 f	—
②	0.41	3.70	90 289.05 e	14.50
③	0.43	4.15	97 375.05 d	22.11
④	0.43	4.25	98 088.30 c	24.39
⑤	0.42	4.90	117 227.40 a	48.66
⑥	0.43	4.45	103 708.95 b	31.52

**2.3 不同施肥处理对芹菜经济效益的影响** 根据各施肥处理的理论产量,计算各处理的毛收益和经济收益。由表 4 可知,各处理的经济收益从高到低依次为处理⑤、⑥、④、③、②、①。处理⑤较处理①的收益增加 54 840 元/hm<sup>2</sup>,增收率

达 52.33% ; 比处理②的收益增加 40 380 元/hm<sup>2</sup>, 增收率达 33.87% ; 比处理③的收益增加 29 760 元/hm<sup>2</sup>, 增收率达 22.91% ; 比处理④的收益增加 28 710 元/hm<sup>2</sup>, 增收率达 21.93% ; 比处理⑥的收益增加 20 265 元/hm<sup>2</sup>, 增收率达 14.54% 。

### 3 结论与讨论

(1) 追施水溶肥处理可使芹菜的株高、茎粗、茎数均显著高于不施肥处理, 而添加 PASP 和 FA 的芹菜长势更好。这说明施用水溶肥可有效供给芹菜生长所需的营养元素<sup>[15-18]</sup>, PASP 和 FA 可增加肥效<sup>[19-20]</sup>, 促进芹菜营养生长。收获时, 0.20% FA + 0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥处理的芹菜株高、茎粗、茎数均高于其他处理。

(2) 各处理芹菜单株鲜重与理论产量保持一致的趋势, 从大到小依次为 0.20% FA + 0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥、0.10% FA + 0.25% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥、0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥、0.20% FA + 金正大 20-20-20 水溶肥、金正大 20-20-20 水溶肥、不施肥处理。0.20% FA + 0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥处理可使芹菜显著增产的原因: 一方面, 金正大 20-20-20 水溶肥含有丰富的氮、磷、钾和作物生长必需的微量元素; 另一方面, 0.20% FA 与 0.50% PASP 的添加促进了芹菜的生长, 改善了芹菜的品质。从产量上看, 水溶肥中添加 0.50% PASP 增产效果要优于 0.20% FA 的效果。收获时, 施用 0.20% FA 与 0.50% PASP 复配的金正大 20-20-20 水溶肥处理的芹菜各项指标均显著高于其他处理, 对芹菜生长具有明显的促进作用。

(3) 0.20% FA + 0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥处理的芹菜经济收益最大, 比不施肥和金正大 20-20-20 水溶肥、0.20% FA + 金正大 20-20-20 水溶肥、0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥、0.10% FA + 0.25% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥处理分别增收 54 840、40 380、29 760、28 710、20 265 元/hm<sup>2</sup>, 增收率分别为 52.33%、33.87%、22.91%、21.93%、14.54%。可见, 0.20% FA +

0.50% PASP + 金正大 20-20-20 水溶肥处理成本投入较大, 收益也最大, 今后应在生产中大面积推广应用。

### 参考文献

- [1] 梅庆慧. 环保型聚合物 PASP 在农业上的应用研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2005.
- [2] 张小燕, 马晖玲, 马政生. 聚天门冬氨酸对紫花苜蓿生物学性状及产量的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(8): 114-118.
- [3] 张洪生, 井涛, 赵美爱, 等. 聚天冬氨酸和保水剂对干旱条件下玉米幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 59-62.
- [4] 李冉, 封朝晖. 不同产地的腐植酸对小白菜养分利用的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(1): 59-63.
- [5] 肖艳, 曹一平. 黄腐酸、水杨酸浸种对冬小麦种子活力的影响[J]. 腐植酸, 2005(1): 23-26.
- [6] SLADKÝ Z. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants[J]. Biologia plantarum, 1959, 1(2): 142-150.
- [7] 李绪行, 殷蔚蕙, 邵利楣, 等. 黄腐酸增强小麦抗旱能力的生理生化机制初探[J]. 植物学通报, 1992, 9(2): 44-46.
- [8] AMINIFARD M H, AROIEE H, NEMATI H, et al. Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality[J]. African journal of biotechnology, 2012, 11(68): 13179-13185.
- [9] LI Y, WANG T, LI J, et al. Effect of phosphorus on celery growth and nutrient uptake under different calcium and magnesium levels in substrate culture[J]. Horticultural science, 2010, 37(3): 99-108.
- [10] 熊汉琴, 王朝辉, 陈修斌. 芹菜施钾效应研究[J]. 陕西农业科学, 2006(6): 12-14.
- [11] 潘听党. 芹菜施用有机水溶性肥料的增产效果[J]. 农技服务, 2009, 26(5): 65.
- [12] 孙丽, 马友华, 何传龙, 等. 巢湖流域减量施肥对番茄产量品质和土壤硝态氮的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(25): 250-255.
- [13] 王进军, 黄瑞冬. 氮肥施用方式对玉米产量和肥效的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 222-225.
- [14] 刘音, 张升堂. 芹菜喷施氨基酸螯合微肥生物学效应试验研究[J]. 陕西农业科学, 2003(4): 22-23, 29.
- [15] 陈晔, 肖丽霞, 刘建刚. 水溶肥料在小白菜上的应用肥效试验报告[J]. 上海农业科技, 2014(2): 99, 101.
- [16] 鲁艳红, 廖育林, 谢坚, 等. 双季稻种植下洞庭湖区不同类型土壤连续施用控释氮肥的效应研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(7): 170-176.
- [17] 张莉. 大量元素水溶肥料在白菜上的肥效试验探讨[J]. 吉林农业, 2013(10): 17.
- [18] 姚建武, 艾绍英, 王艳红, 等. 尿素、碳铵及其配施有机肥对叶菜连续种植的效应[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 241-244.
- [19] 冷一欣, 芮新生, 何佩华. 施用聚天冬氨酸增加玉米产量的研究[J]. 玉米科学, 2005, 13(3): 100-102.
- [20] 陈倩, 李洪娜, 门永阁, 等. 不同聚天冬氨酸水平对盆栽平邑甜茶幼苗生长及<sup>15</sup>N-尿素利用与损失的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(1): 126-129.
- [21] 肖文, 姜红石. MS/MS 的原理和 GC/MS/MS 在环境分析中的应用[J]. 环境科学与技术, 2004, 27(5): 26-28.
- [22] 王成云, 刘彩明, 施钦元, 等. 超声萃取/气相色谱-串联质谱法同时测定皮革制品中 20 种邻苯二甲酸酯类增塑剂[J]. 分析测试学报, 2012, 31(12): 1550-1555.
- [23] 李凤华, 姜大峰, 李蔚, 等. 固相萃取、同位素稀释气相色谱-质谱法测定食用油中 23 种邻苯二甲酸酯[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(18): 2617-2621.
- [24] 刘晓毅, 蒋可心, 石维妮. 国内外食品接触材料中邻苯二甲酸酯类塑化剂迁移限量对比分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 397-399, 446.

(上接第 89 页)

- [8] 常宇文, 李伟, 周相娟, 等. 食品中邻苯二甲酸酯的测定: GB/T 21911-2008. [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] 徐幸, 杨卫花, 赵浩军, 等. 气相色谱-串联质谱法测定不同酒类食品中 17 种邻苯二甲酸酯[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(3): 877-882.
- [10] 丁春瑞, 赵建勇. GPC-GC-MS/MS 测定植物油中邻苯二甲酸酯类化合物[J]. 中国油脂, 2016, 41(1): 64-67.
- [11] 祝伟霞, 刘亚风, 袁萍, 等. 液相色谱-串联质谱法测定纺织品中 18 种邻苯二甲酸酯类化合物[J]. 理化检验(化学分册), 2013(2): 156-160.