



腐植酸复合肥对芹菜生长、产量及品质的影响

刘会丽 姜瀚原 罗冬贵

拉多美科技集团股份有限公司 广州 511453

摘要: 为了探明芹菜施用高塔腐植酸复合肥中腐植酸的适宜含量,以“四季小香芹”为试验材料,采用盆栽试验,研究了不同腐植酸含量的高塔复合肥对芹菜生长、产量及品质的影响。结果表明:与不施肥处理相比,施肥处理均能显著提高芹菜的株高、单株分枝数、产量、品质,产量提高了39.24~44.12 g/株,增产率93.34%~104.9%,单株分枝数提高了1.1~3.4个/株,Vc含量提高了22.2~40.4 mg/kg,可溶性糖含量提高了0.58%~1.43%。腐植酸含量 $\geq 2\%$ 的高塔复合肥均优于常规复合肥,显著提高了芹菜的单株分枝数和产量,并在一定程度上改善品质性状,其中产量提高了2.84~4.88 g/株,增产率在3.49%~6.00%,单株分枝数提高了1.4~2.3个/株,Vc含量提高了12.1~18.2 mg/kg,可溶性糖含量提高了0.23%~0.85%,硝酸盐含量降低了23.8~31.4 mg/kg,且效果随着腐植酸含量的增加而增加。

关键词: 腐植酸;复合肥;芹菜;产量;品质性状

中图分类号: TQ444.6, S636.3 文章编号: 1671-9212(2024)01-0050-04

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.01.007

Effects of Humic Acid Compound Fertilizers on the Growth, Yield and Quality of Celery

Liu Huili, Jiang Hanyuan, Luo Donggui

Lardmee Technology Group Co. Ltd., Guangzhou, 511453

Abstract: In order to determine the appropriate content of humic acid in high-tower humic acid compound fertilizer applied to celery, “four seasons parsley” was used as test material and a pot experiment was conducted to study the effects of high-tower compound fertilizer with different humic acid contents on the growth, yield and quality of celery. The results showed that, compared to the non-fertilized treatment, the fertilized treatment could significantly increase the plant height, number of branches per plant, yield, and quality of celery. The yield was increased by 39.24~44.12 g/plant (93.34%~104.9%), the number of branches per plant was increased by 1.1~3.4 per plant, the Vc content was increased by 22.2~40.4 mg/kg, and the soluble sugar content was increased by 0.58%~1.43%. High-tower compound fertilizers with humic acid contents of $\geq 2\%$ were better than conventional fertilizers, which increased significantly the number of branches and yield of celery, and improved the quality traits to a certain extent. The yield was increased by 2.84~4.88 g/plant, and the yield was increased in the range of 3.49%~6.00%, the number of branches per plant was increased by 1.4~2.3 per plant, the Vc content was increased by 12.1~18.2 mg/kg, the soluble sugar was increased by 0.23%~0.85%, and the nitrate content was decreased by 23.8~31.4 mg/kg, and the effects was increased with the increase of humic acid content.

Key words: humic acid; compound fertilizer; celery; yield; quality traits

[收稿日期] 2023-11-10

[作者简介] 刘会丽,女,1992年生,农化师,主要从事产品研发及试验推广工作,E-mail: liuhl@lardmee.cn。



腐植酸复合肥中含有的腐植酸,可以改良土壤结构、促进植物生长发育、增强抗逆性、改善营养状况,具有巨大的应用价值和开发前景^[1-3]。在农业生产过程中,腐植酸经常与不同肥料配施用于玉米、水稻、大豆等多种农作物,使其增产并已经取得了较好的效果^[4]。其他研究结果表明,腐植酸对植物生长的促进效应受腐植酸结构特征、添加量和供试植物种类等因素的影响^[5]。杨丽辉等^[6]针对不同的腐植酸复混肥对芹菜产量和养分积累进行研究,探索复混肥料中适合芹菜的腐植酸用量;王小宇等^[7]发现腐植酸水溶肥可以明显改善作物性状,提高作物的产量和经济效益。

本研究为验证高塔工艺不同腐植酸含量复合肥中腐植酸的适宜用量,开展了盆栽试验,以期为高塔腐植酸复合肥在芹菜上的推广应用及高塔复合肥的腐植酸添加量提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 供试时间、地点

试验于2022年3月25日—5月26日在广东省广州市拉多美科技股份有限公司温室大棚内开展。

3月25日进行育苗,4月17日当芹菜苗长有3~4片叶片时移入12×10 cm的塑料钵中,每钵移栽1株,4月28日第一次施肥各0.3 g/钵,5月5日第二次施肥0.3 g/钵,5月12日第三次施肥0.3 g/钵,5月19日第四次施肥0.3 g/钵,5月26日采收试验结束。试验期间,除肥料种类不同外,其他管理措施一致。

试验基质:园土:营养土=1:1。所用基质有机质含量30.1 g/kg,速效氮含量25.6 mg/kg,有效磷含量8.8 mg/kg,速效钾含量195.6 mg/kg,土壤pH值为6.24。

1.2 试验材料

供试肥料:腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15,总腐植酸含量≥1%)、腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15,总腐植酸含量≥2%)、腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,

配比为15-15-15,总腐植酸含量≥3%)、腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15,总腐植酸含量≥4%)、常规复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15)。5种肥料除总腐植酸含量有差异外,其他原料、工艺一致。以上肥料均由拉多美科技股份有限公司生产提供。

供试作物:芹菜,品种为“四季小香芹”。

1.3 试验方法与设计

试验共设6个处理,每个处理5次重复。

处理1(T1):腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15,总腐植酸含量≥1%);

处理2(T2):腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15,总腐植酸含量≥2%);

处理3(T3):腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15,总腐植酸含量≥3%);

处理4(T4):腐植酸复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15,总腐植酸含量≥4%);

处理5(T5):常规复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥45%,配比为15-15-15);

处理6(CK):不施肥。

1.4 测试项目与方法

农艺性状:于芹菜试验期间每隔7天对全部处理的株高、单株分枝数、叶绿素相对含量(SPAD值)进行测定。

株高:单独记录每个处理每个植株的株高,取平均值,采用直尺进行测量,从芹菜基部至芹菜正常伸展状态下的最高处。

单株分枝数:单独记录每个处理每株芹菜的分枝数,取平均值。

SPAD值:选取长势基本一致的叶片,采用SPAD仪进行测量,量取全部植株,单独记录每个处理的数据,计平均值。

产量:按照每盆实收进行计产,单独记录每个处理的数据,取平均值。

鲜样品质指标分析:收获时从每个处理选择3株芹菜制备为样品,测定Vc、可溶性糖、硝酸盐含量。

Vc含量:采用2,6-二氯酚酚滴定法测定(GB/T 6195-1986)。



可溶性糖含量：采用硫酸 - 苯酚比色法测定 (GB/T 36056-2018)。

硝酸盐含量：采用紫外分光光度法测定^[8]。

1.5 试验数据处理

采用 Excel 2019 进行数据处理，采用 SPSS 27.0 进行数据分析，LSD 法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对芹菜农艺性状的影响

由表 1 可知，与 CK 相比，各施肥处理对芹菜

的株高、单株分枝数、SPAD 值均有一定的促进作用，对单株分枝数的促进效果优于 SPAD 值、株高，施肥后 21 天，株高增长了 13.8~15.8 cm，单株分枝数增长了 1.1~3.4 个 / 株，SPAD 值提高了 2.7~6.7。

与 T5 (常规复合肥) 相比，随着腐植酸含量的增加，高塔腐植酸复合肥促进效果增加，在株高、SPAD 值方面无显著性差异；在单株分枝数方面，施肥后 21 天，除 T1 处理外，其他高塔腐植酸复合肥处理显著优于 T5 处理，单株分枝数增长了 1.4~2.3 个 / 株，以 T4 处理的效果最佳。

表 1 不同处理对芹菜农艺性状的影响

Tab.1 Effects of different treatments on agronomic traits of celery

处理	第一次施肥 (移栽 11 天)			第二次施肥 (施肥后 7 天)			第三次施肥 (施肥后 14 天)			第四次施肥 (施肥后 21 天)		
	株高 (cm)	单株分枝数 (个 / 株)	SPAD 值	株高 (cm)	单株分枝数 (个 / 株)	SPAD 值	株高 (cm)	单株分枝数 (个 / 株)	SPAD 值	株高 (cm)	单株分枝数 (个 / 株)	SPAD 值
T1	8.2a	3.3a	32.4a	14.5a	5.0a	36.4a	22.7a	7.0a	39.2a	37.0a	10.1cd	39.9a
T2	8.3a	3.2a	33.9a	14.2a	5.2a	35.9a	23.0a	7.6a	39.8a	36.9a	10.6bc	40.2a
T3	8.2a	3.3a	32.8a	14.6a	5.3a	37.1a	23.2a	7.8a	41.2a	37.4a	10.9ab	41.8a
T4	8.2a	3.4a	32.6a	15.1a	5.1a	36.9a	24.0a	8.1a	42.3a	37.1a	11.5a	42.6a
T5	8.3a	3.3a	32.9a	14.3a	4.8a	36.4a	20.3a	6.4a	38.6a	35.4a	9.2d	38.6a
CK	8.3a	3.4a	33.1a	13.1a	4.1a	35.1a	16.7b	5.6b	36.2b	21.6b	8.1e	35.9b

注：表中数据为平均值，同列数字后面不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，下同。

2.2 不同处理对芹菜产量的影响

由表 2 可知，与 CK 相比，各施肥处理均能显著提高芹菜的产量，增产量 39.24~44.12 g / 株，增产率 93.34%~104.9%；与 T5 处理 (常规复合肥) 相比，腐植酸含量 $\geq 2\%$ 的高塔复合肥处理 (T1~T4) 均能显著提高芹菜产量，增产量 2.84~4.88 g / 株，增产率 3.49%~6.00%，呈现 T4>T3>T2>T1。对产量数据进行方差分析和多重比较，各施肥处理与 CK 均存在显著性差异；T4 与 T3 处理差异不显著，与 T1、T5 处理具有显著性差异；T3 与 T2 处理差异不显著，与 T5 处理具有显著性差异；T2 与 T1 处理差异不显著；T5 与 T1 处理差异不显著。

说明施肥处理能显著提高芹菜的产量，其中施用不同腐植酸含量的高塔复合肥的芹菜增产效果优

于常规复合肥的芹菜增产效果，与常规复合肥相比，腐植酸含量 $\geq 2\%$ 的高塔腐植酸复合肥具有显著优势。

2.3 不同处理对芹菜品质的影响

由表 3 可知，与 CK 相比，T1~T5 处理能显著提高芹菜的 Vc、可溶性糖，Vc 含量提高了 22.2~40.4 mg/kg；可溶性糖含量提高了 0.58%~1.43%；与 T5 处理 (常规复合肥) 相比，不同腐植酸含量的高塔复合肥处理均能提高芹菜的 Vc、可溶性糖含量并降低芹菜的硝酸盐含量，Vc 含量提高了 6.9~18.2 mg/kg，可溶性糖含量显著提高了 0.11%~0.85%，硝酸盐含量显著降低了 22.3~31.4 mg/kg；当腐植酸含量 $\geq 2\%$ 时，高塔复合肥处理均能显著提高芹菜的 Vc、可溶性糖含量



并降低芹菜的硝酸盐含量, Vc 含量提高了 12.1~18.2 mg/kg, 可溶性糖含量提高了 0.23%~0.85%, 硝酸盐含量降低了 23.8~31.4 mg/kg, 且效果随着腐

植酸含量的增加而增加。说明适宜腐植酸含量的高塔腐植酸复合肥对芹菜品质的提升具有显著的效果。

表 2 不同处理对芹菜产量的影响

Tab.2 Effects of different treatments on yield of celery

处理	产量 (g/株)	比 CK 增产率 (%)	比 T5 增产率 (%)
T1	82.66 ± 1.772bc	96.62	1.70
T2	84.12 ± 0.760ab	100.10	3.49
T3	85.04 ± 0.826a	102.28	4.63
T4	86.16 ± 1.469a	104.95	6.00
T5	81.28 ± 1.431c	93.34	—
CK	42.04 ± 2.659d	—	—

表 3 不同处理对芹菜品质性状的影响

Tab.3 Effects of different treatments on quality traits of celery

处理	Vc 含量 (mg/kg)	硝酸盐含量 (mg/kg)	可溶性糖含量 (%)
T1	101.2 ± 3.905ab	60.1 ± 3.915b	4.23 ± 0.215b
T2	106.4 ± 5.663a	58.6 ± 7.343b	4.35 ± 0.125b
T3	109.4 ± 6.122a	54.3 ± 3.568b	4.68 ± 0.276ab
T4	112.5 ± 5.704a	51.0 ± 5.991b	4.97 ± 0.115a
T5	94.3 ± 1.952b	82.4 ± 4.368a	4.12 ± 0.232c
CK	72.1 ± 2.163c	52.3 ± 4.838b	3.54 ± 0.132d

3 结论与讨论

在本试验条件下可知, 与 CK 相比, 不同施肥处理均能促进芹菜生长, 提高芹菜的产量、品质, 与同配比常规复合肥相比, 不同腐植酸含量的高塔复合肥均具有一定的优势。

在农艺性状方面, 与 CK 相比, 不同腐植酸含量高塔复合肥能促进芹菜株高、单株分枝数的增长, 且促进作用显著。腐植酸对植物生长的作用有生长素的类似效应, 在一定条件下可以刺激植物生长, 这也是腐植酸的主要生理作用。

从产量方面来说, 与常规复合肥相比, 不同腐植酸含量的高塔复合肥的增产率在 1.70%~6.00%, 1% 腐植酸含量的高塔复合肥未达到显著性差异, 2%~4% 腐植酸含量的高塔复合肥达到显著性差异, 说明腐植酸含量越高, 促进效果越显著。这可能是

因为腐植酸含有酚羟基、羧基等活性官能团, 能促进植物体内酶活性的增加, 使呼吸强度、光合作用强度有所提高, 对物质的合成、运转、积累有利^[9]。此外, 施用腐植酸肥料还可促进土壤有机碳进行代谢循环^[10]。

人体所需要的 Vc 主要来源于水果、蔬菜, 而 Vc 具有抗坏血病、抗感冒、保护细胞等功能。许多研究证明, 蔬菜中含有大量的硝酸盐, 且硝酸盐在体内会被还原成亚硝酸盐, 亚硝酸盐有毒且易致癌^[11]。不同腐植酸含量的高塔复合肥能够提高芹菜的 Vc、可溶性糖含量、降低硝酸盐含量。

腐植酸对植物生长的促进效果因腐植酸的来源、浓度、植物生长环境、植物类型和腐植酸的施用方式而异。就本试验而言, 针对芹菜, 不同腐植酸含量的高塔复合肥间存在一定的差异, 腐植酸含量越高促进效果越好。考虑到 (下转第 66 页)

