

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.21513

氨基酸水溶肥对番茄产量和品质的影响

李伟, 张磊*, 徐勤政, 张广忠, 宋艳, 李元峰

(史丹利农业集团股份有限公司 / 山东省绿色肥料技术创新中心, 山东 临沭 276700)

摘要: 利用低温脱水工艺对氨基酸发酵尾液进行干燥生产固体氨基酸水溶肥料增效物质。将其与普通水溶肥混合, 制备氨基酸水溶肥料。在田间试验条件下研究氨基酸水溶肥料对番茄生长的影响。设置等量 NPK 普通水溶肥料 (CF)、等量 NPK 氨基酸水溶肥料 (AF)、减量 20%NPK 普通水溶肥料 (4/5CF)、减量 20%NPK 氨基酸水溶肥料 (4/5AF) 4 个处理, 研究氨基酸水溶肥对设施番茄产量、品质及经济效益的影响。结果表明, 与 CF 处理相比, AF、4/5CF、4/5AF 处理分别增产 11.23%、-3.59%、2.62%; 通过平均隶属函数值得出氨基酸水溶肥可以显著提高番茄果实品质, 以可溶性糖和维生素 C 含量的提升最为明显, 较 CF 处理平均分别提高 29.4% 和 8.25%, AF 处理和 4/5AF 处理较 CF 处理经济效益每公顷分别增加 52533.0 和 12049.5 元。氨基酸水溶肥 NPK 减量 20% 仍可确保增产, 且其果实品质优于普通水溶肥。

关键词: 氨基酸; 水溶肥料; 番茄; 产量; 品质

番茄栽培广泛、消费量大, 在蔬菜生产中占有重要地位^[1]。但近年来, 由于化肥的大量投入, 带来高产的同时, 也产生了土壤板结、土壤盐化、碱化、酸化, 植物根系难以下扎、果实品质下降的现象, 直接影响生态环境和菜农的切身利益, 减肥迫在眉睫。水溶肥料占设施番茄肥料总投入的一半以上。因其养分配比的科学性、养分形态的多样性、根层养分的实时性、根际养分的空间有效性以及功能物质对根系养分保持和吸收的提高^[2], 节水节肥, 是实现减肥增效的重要肥料品种。

氨基酸作为一种功能性物质, 不仅能够调节作物生长发育^[3-4]、提高作物产量^[5-6]、改善作物品质^[7]、提高作物对养分的吸收^[8], 还可提高多种逆境条件下作物抗逆能力^[9], 既可作为生物刺激素等单独使用^[10-11], 也可作为生物活性类增效物质与肥料配合施用, 促进作物对养分的吸收利用, 提高养分利用率, 发挥多重增效作用, 应用越来越广泛^[12], 李金鑫^[13]研究发现, 氨基酸增效复合肥常规施肥可实现玉米增产 7% 左右, 小麦增产 12% 左右, 减肥 20% 小麦、玉米基本不减

产; 甘良等^[14]研究指出, 氨基酸配方肥在减肥 39% 条件下香蕉依然可以增产 27%, 品质也有相应提升; 王子宁^[15]研究指出, 水培条件下等氮量施用氨基酸肥料可以提高番茄产量 40% 左右。目前就氨基酸肥料减肥增效的报道多集中在氨基酸复合肥方面, 氨基酸水溶肥减肥增效尚缺乏系统研究。为此, 本研究以除盐精制的氨基酸发酵尾液为原料, 利用低温脱水工艺制备固体氨基酸增效材料, 与普通水溶肥复配制备相应的氨基酸水溶肥, 在田间试验条件下, 研究常规施肥及减肥条件下对设施番茄生长发育和果实品质的影响, 以期氨基酸水溶肥在减肥增效推广应用提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2019 年 7 月 20 日至 11 月 30 日在中国农业科学院德州实验站禹城试验基地温室大棚中进行。试验地点位于华北平原中东部, 36° 50' N, 116° 34' E, 属暖温带半湿润季风气候。供试土壤为轻质盐化潮土, 土壤基本性状: 有机质 15.4 g/kg, 全氮 0.46 g/kg, 有效磷 105.4 mg/kg, 速效钾 190.7 mg/kg, pH 7.7。

试验作物为番茄, 品种为罗拉。

氨基酸功能物质的主要原料为氨基酸发酵尾液, 通过添加一定量的中微量元素, 经底喷流化床

收稿日期: 2021-09-26; 录用日期: 2023-06-10

基金项目: 2022 年山东省重点研发计划 (科技示范工程) (2022 SFGC0305)。

作者简介: 李伟 (1983-), 博士, 农艺师, 主要从事新型肥料研究与应用工作。E-mail: lw0536@126.com。

通讯作者: 张磊, E-mail: zhanglei@shidanLi.cn。

干燥制备而得,全水溶,总游离氨基酸量 15.0%,有机质含量 18.4%, N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 11.2%、1.7%、3.8%, B 和 Zn 含量分别为 1.2% 和 1.3%, pH 4.0 (水样比为 250:1), Na⁺ 含量 1.2%, Cl⁻ 含量 0.3%。氨基酸水溶肥由普通水溶肥添加 5% 的氨基酸功能物质而得。试验时用肥量按大量元素和中微量元素一致的原则设计,养分投入量以含量高的为准,如氨基酸水溶肥氮含量低于普通水溶肥,则在进行追

肥时,氨基酸水溶肥用尿素补充氮肥至与普通水溶肥氮含量一致,其他元素类似,分别以三聚磷酸钾、氯化钾、硼酸、一水硫酸锌补足。

尿素 (N 46.4%), 三聚磷酸钾 (P₂O₅ 46%, K₂O 52%), 氯化钾 (K₂O 60%), 硼酸 (B 17.4%), 一水硫酸锌 (Zn 35%)。

试验用水溶肥具体养分含量见表 1。

表 1 不同水溶肥养分含量 (%)

肥料类别	氮磷钾比例 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	养分含量						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	B	游离氨基酸	有机质
普通水溶肥	20-20-20	20.20	19.30	21.00	1.20	0.80	—	—
	18-10-26	18.50	9.40	24.20	1.20	0.80	—	—
氨基酸水溶肥	20-20-20	19.75	18.42	20.14	1.20	0.83	0.75	0.92
	18-10-26	18.14	9.02	23.18	1.20	0.83	0.75	0.92

1.2 试验设计

试验设置 4 个处理: (1) NPK 普通水溶肥 (CF); (2) 等量 NPK 氨基酸水溶肥 (AF); (3) NPK 减量 20% 的普通水溶肥 (4/5CF); (4) NPK 减量 20% 的氨基酸水溶肥 (4/5AF)。小区面积为 10.5 m × 0.6 m, 重复 3 次, 共设 12 个试验小区, 随机区组排列。小区间开沟隔离, 试验区外围设有保护行。

施肥与管理: 试验前统一撒施基肥 (肥料由史丹利公司提供), 每公顷用量为商品有机肥 6000 kg, 复合肥 (15-15-15) 1500 kg, 深翻起垄, 垄高 20 cm, 宽 60 cm, 间距 1 m, 株距 40 cm。双行栽培 (每小区 54 株), 果实留 6 穗打顶。番茄坐果期和膨果期冲 2 次平衡型 (20-20-20) 水溶肥, 初果期和盛果期冲 5 次高钾型 (18-10-26) 水溶肥, 常规施肥量处理每次用量 (NPK 总量) 为 75 kg/hm², 减肥处理每次用量 (NPK 总量) 为 60 kg/hm², 氨基酸水溶肥中, 氨基酸功能物质的添加量均为 5%。冲施前先将肥料倒入水池中充分混匀, 然后使用冲水泵冲施于行间, 各试验小区冲水量一致, 冲肥在 8:00—10:00 进行。棚内日常管理按当地习惯, 试验期间采摘 5 茬番茄果实。

1.3 测定项目与方法

在田间肥效试验过程中, 每次收获时对番茄果实进行分批计产。盛果期测定植株的株高、茎粗、叶片的叶绿素含量以及番茄果实的可溶性糖、可滴

定酸、维生素 C 等品质指标。

株高、茎粗: 盛果期选取 10 株测定取平均值获得; 果实产量: 初果期到拉秧期整个生育时期采摘果实累积相加; 叶绿素含量: 盛果期选取靠近下穗果的叶片用叶绿素测定仪测定, 每个处理选取 10 株植株; 果实品质: 盛果期每个处理选取 6 株植株, 每株采摘 1 个成熟度一致的下穗果测定, 其中果实可溶性糖测定采用蒽酮比色法^[16], 可溶性固形物测定采用手持糖度计法^[17], 维生素 C 含量测定采用 2, 6-二氯酚酚滴定法^[18], 可滴定酸测定采用酸碱中和滴定法, 果实综合品质以果实营养指标的隶属函数平均值表示, 计算方法参照高方胜等^[19]的方法。隶属函数值 $X(\mu) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, X 为番茄果实成熟时某一品质指标测定值, X_{max} 为所有处理该指标的最大值, X_{min} 为所有处理该指标的最小值。

试验数据采用 Excel 2003 和 SAS 8.0 进行统计分析并作图, 使用最小显著差异法 (LSD 法) 对处理间差异进行显著性检验 (0.05 水平)。

2 结果与分析

2.1 对番茄长势和产量的影响

由表 2 可知, 施用氨基酸水溶肥可以显著增加番茄茎粗, 对株高虽有增加趋势, 但未达到显著差异水平, 对叶绿素含量影响较小, 其值大小可能受施肥量影响较大, 减肥处理的叶绿素含量较常规

施肥都有所降低, 差异不显著。氨基酸水溶肥在相同肥料用量的情况下, 有增加单果重的趋势, 但未达到显著差异水平。氨基酸水溶肥可显著增加番茄产量, 常规施肥中, 氨基酸水溶肥处理的

番茄产量较普通水溶肥处理增加 12852.0 kg/hm², 增产 11.23%, 减量施肥中, 普通水溶肥减肥处理 (4/5CF) 减产 3.59%, 氨基酸水溶肥减肥处理 (4/5AF) 增产 2.62%。

表 2 不同施肥处理对番茄长势与产量的影响

处理	株高 (m)	茎粗 (mm)	叶绿素含量 (mg/kg)	单果重 (g)	产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)
CF	1.39 ± 0.22a	10.68 ± 2.34b	37.2 ± 3.4a	215.32 ± 6.92ab	114484.5 ± 798.0b	—
AF	1.44 ± 0.21a	13.80 ± 1.27a	37.4 ± 4.3a	220.48 ± 10.12a	127336.5 ± 1141.5a	11.23
4/5CF	1.38 ± 0.18a	10.45 ± 1.69b	36.8 ± 2.6a	202.23 ± 9.91b	110379.0 ± 1323.0c	-3.59
4/5AF	1.42 ± 0.25a	12.45 ± 2.09a	36.9 ± 3.9a	214.23 ± 12.34ab	117486.0 ± 687.0ab	2.62

注: 表中同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同。

2.2 对番茄品质的影响

相同肥料用量条件下, 施用氨基酸水溶肥较普通水溶肥可以显著提高番茄的维生素 C、可溶性糖含量, 平均分别提高 8.25% 和 29.44%, 对可滴定酸和可溶性固形物含量没有显著影响, 其中氨基酸水溶肥减肥处理的番茄果实品质指标也未降低, 可溶性糖与维生素 C 含量较普通水溶肥处理分别提高 14.19% 和 6.67%。进一步从变异系数来看, 施用氨基酸水溶肥对可溶性糖含量影响较大, 其值为

16.16%, 对维生素 C 和可滴定酸含量的影响次之, 其值分别为 4.73% 和 4.28%, 可溶性固形物含量影响最小, 其值为 0.87%。为了综合反映不同处理的果实品质, 采用模糊数学的隶属函数值对番茄的品质指标进行综合评价, 4 个处理的隶属函数平均值由大到小依次为 AF>4/5AF>CF>4/5CF, 说明施用氨基酸功能水溶肥可以提高番茄品质, 即便在施肥量减量情况下, 品质依然高于普通水溶肥常规施肥处理, 具有减肥提质的特点。

表 3 不同施肥处理对番茄果实品质的影响

处理	维生素 C (mg/100 g)	可滴定酸 (%)	可溶性糖 (%)	可溶性固形物 (%)	平均隶属函数值
CF	135.2 ± 12.3b	0.28 ± 0.02a	1.55 ± 0.23a	3.24 ± 0.54a	0.56
AF	148.3 ± 16.2a	0.26 ± 0.06a	1.80 ± 0.29a	3.26 ± 0.48a	0.75
4/5CF	135.0 ± 11.3b	0.28 ± 0.04a	1.24 ± 0.18b	3.20 ± 0.33a	0.25
4/5AF	144.2 ± 9.7a	0.26 ± 0.03a	1.77 ± 0.19a	3.20 ± 0.26a	0.66
平均值	140.68	0.27	1.60	3.24	—
变异系数 CV (%)	4.73	4.28	16.16	0.87	—

2.3 经济效益分析

由表 4 可知, 氨基酸水溶肥价格偏高, 与普通水溶肥相比, 常规施肥每公顷肥料成本增加 840 元, 减量施肥减少 45 元, 基本与普通水溶肥料常规施肥成本相同; 氨基酸水溶肥的增产效果显著,

常规施肥量的氨基酸水溶肥处理的纯收入最高, 为 524218.5 元/hm², 较 CF 处理增加 52533.0 元/hm², 减量施肥时, 普通水溶肥处理和氨基酸水溶肥处理的纯收入分别为 463591.5 和 493441.5 元/hm², 较 CF 处理每公顷分别增加收入 -16644.0 和 12049.5 元。

表 4 不同施肥处理对番茄经济效益的影响

处理	肥料成本 (元/hm ²)	番茄产量 (kg/hm ²)	番茄收入 (元/hm ²)	纯收入 (元/hm ²)	较 CF 增加 (元/hm ²)
CF	9750	114484.5 ± 798.0b	480835.5 ± 3351.0b	471685.5 ± 2982.0b	—
AF	10590	127336.5 ± 1141.5a	534813.0 ± 4794.1a	524218.5 ± 2813.1a	52533.0
4/5CF	8550	110379.0 ± 1323.0c	463591.5 ± 5556.0c	455041.5 ± 2884.5c	-16644.0
4/5AF	9705	117486.0 ± 687.0ab	493441.5 ± 2886.0ab	483735.0 ± 2779.5b	12049.5

注: 商品有机肥 1500 元/t, 复合肥 3500 元/t, 普通水溶肥 12000 元/t, 氨基酸水溶肥 18000 元/t; 番茄 4.2 元/kg, 各处理中除肥料投入不同外, 其他各项投入 (如整地、浇水、打药、管理、用工等) 均相同, 此处不计。

3 讨论

肥料效果的差异除受自身原料及工艺的影响外,很大程度上受增效物质的影响。氨基酸作为一种增效物质,可以优化产品的养分释放、转化、移动过程,减少损失和防止固定退化,改善作物根际土壤环境,调动根系的吸收功能等,综合调控“肥料-作物-土壤”系统,实现化肥养分高效利用^[20],在作物增产和品质提升方面已有广泛的应用,欧洲的生物刺激素联盟、中国的化肥增值技术创新联盟、中国生物刺激素联盟等都有类似物质的生产与推广。

研究发现,外源氨基酸不仅可以促进氮、磷、钾等营养元素吸收,增强植物的氮素代谢和光合作用,促进作物生长,也能缓解逆境条件对作物的不利影响。葛体达等^[21]通过在水培营养液中添加氨基酸试验表明:氨基酸被番茄直接吸收后能提高体内硝酸还原酶和谷氨酸脱氢酶等氮代谢酶的活性,增加木质部、韧皮部汁液中总氮含量,促进番茄对氮素的吸收、利用,从而提高番茄体内氮含量。于会丽等^[6]试验表明,叶面喷施氨基酸对提高小油菜对氮素、磷素、钾素的吸收均有促进作用。外源氨基酸能够通过抗氧化酶系统和渗透调节途径改善植物的生理特性,显著提高植物的耐盐性,从而缓解盐胁迫对植物生长发育的抑制作用^[9],不同施用方式下,氨基酸的增产作用都比较突出。于会丽等^[6]通过叶面喷施氨基酸,发现其可显著提高小油菜产量,与不喷施对照相比干重增幅高达25%;通过土施,发现小白菜地上部鲜重增幅在13%以上^[7]。目前查到的文献发酵尾液利用方面研究多集中在味精生产过程中产生的谷氨酸发酵尾液,张健等^[22]将谷氨酸发酵尾液添加到水溶肥后提高番茄产量9%以上,李志坚等^[5]利用谷氨酸制备的氨基酸磷肥能够增强小麦对磷素的吸收利用,提高磷肥表观利用率49%~66%。

本试验结果表明,氨基酸水溶肥可以显著提高番茄的产量,这与许猛等^[23]、张健等^[24]使用氨基酸在小白菜、番茄等作物上的研究结果一致。常规肥料用量下,氨基酸水溶肥较普通水溶肥增产11.23%,减肥20%时,氨基酸水溶肥处理仍可增产2.62%,而普通水溶肥处理则减产3.59%。氨基酸水溶肥可以明显提升番茄果实品质,尤其可以提升维生素C和可溶性糖含量,常规施肥每公顷可增加经济效益52533.0元,减量施肥条件下

仍可增加12049.5元。由此可见,氨基酸水溶肥在减肥20%的条件下,可以实现减肥不减产,甚至产量较普通水溶肥产量仍有提高,品质没有因减肥而降低,实现了减肥增效提质的效果。

本试验所用固体氨基酸增效物质,为氨基酸发酵尾液经除盐低温干燥所得,含有谷氨酸、脯氨酸、赖氨酸等10多种氨基酸,氨基酸含量丰富,并且含有大量的糖类物质,可以为作物直接吸收利用,为作物生长提供碳源和能源物质,促进作物根系生长,进而促进作物对养分的吸收利用,提高作物产量。由于肥效的发挥受施肥和土壤条件等综合因素的影响,在本试验条件下,氨基酸水溶肥可减肥增效提质,但是连续多年施用效果如何,需进一步评估。

4 结论

在本试验条件下,氨基酸水溶肥可以显著提高番茄果实品质,其中对可溶性糖和维生素C含量提升最为明显,较普通水溶肥处理平均分别提高29.4%和8.25%。氨基酸水溶肥NPK减量20%仍可确保增产,果实品质优于普通水溶肥。

参考文献:

- [1] 郑伟. 番茄主产区农户生产投入产出调查分析[J]. 农村经济与科技, 2019, 461(9): 120-122.
- [2] 陈清, 张强, 常瑞雪, 等. 我国水溶性肥料产业发展趋势与挑战[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6): 1642-1650.
- [3] 任志广, 杨立均, 龚治翔, 等. 不同小分子有机物对烤烟生理特性、碳氮代谢及烟叶品质的影响[J]. 植物生理学报, 2017, 53(7): 1225-1233.
- [4] Walchliu P, Liu L H, Remans T, et al. Evidence that l-glutamate can act as an exogenous signal to modulate root growth and branching in *Arabidopsis thaliana* [J]. *Plant & Cell Physiology*, 2006, 47(8): 1045-1057.
- [5] 李志坚, 林治安, 赵秉强, 等. 增效磷肥对冬小麦产量和磷素利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(6): 1329-1336.
- [6] 于会丽, 林治安, 李燕婷, 等. 喷施小分子有机物对小油菜生长发育和养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(6): 1560-1568.
- [7] Lei Z, Xue M Y, De C G, et al. Effects of poly- γ -glutamic acid (γ -PGA) on plant growth and its distribution in a controlled plant-soil system [J]. *Scientific Reports*, 2017, 7(1): 6090-6103.
- [8] Halpern M, Bar-Tal A, Ofek M, et al. The use of biostimulants

- for enhancing nutrient uptake [J]. *Advances in Agronomy*, 2015 (130): 141-174.
- [9] Colla G, Nardi S, Cardarelli M, et al. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture [J]. *Scientia Horticulturae*, 2015 (196): 28-38.
- [10] Calvo P, Nelson L, Kloepper J W. Agricultural uses of plant biostimulants [J]. *Plant & Soil*, 2014, 383 (1-2): 3-41.
- [11] 自由路. 植物生物刺激素 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2017.
- [12] 赵秉强. 传统化肥增效改性提升产品性能和功能 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2016, 22 (1): 1-7.
- [13] 李金鑫. 增效复混肥料在玉米小麦上的应用效果 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2019.
- [14] 甘良, 高伟, 阮云泽, 等. 香蕉氨基酸配方肥及减肥增效的研究 [J]. *中国南方果树*, 2022, 51 (3): 105-108, 113.
- [15] 王子宁. 氨基酸肥料与化肥配施对设施番茄产量与品质及氮素效应的研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.
- [16] 赵世杰, 史国安, 董新纯, 等. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [17] 肖艳辉, 何金明, 陈明威, 等. 不同栽培基质对番茄长势植株、果实品质及产量的影响 [J]. *北方园艺*, 2011 (4): 9-11.
- [18] 鲍士旦. 土壤农业化学分析 [M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [19] 高方胜, 王磊, 徐坤. 砧木与嫁接番茄产量品质关系的综合评价 [J]. *中国农业科学*, 2014, 47 (3): 605-612.
- [20] 赵秉强. 化肥产品创新与产业绿色转型升级 [J]. *磷肥与复肥*, 2019, 34 (10): 3.
- [21] 葛体达, 姜武, 宋世威, 等. 无机氮和氨基酸态氮处理对番茄幼苗木质部和韧皮部汁液中矿质养分的影响 [J]. *园艺学报*, 2009, 36 (3): 347-354.
- [22] 张健, 李絮花, 李燕婷, 等. 氨基酸发酵尾液在水溶肥料中的应用及其效果 [J]. *中国土壤与肥料*, 2017 (4): 66-71.
- [23] 许猛, 袁亮, 李伟, 等. 复合氨基酸肥料增效剂对 NaCl 胁迫下小白菜种子萌发和苗期生长的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2018, 24 (4): 992-1000.
- [24] 张健, 李燕婷, 袁亮, 等. 氨基酸发酵尾液可促进樱桃番茄对水溶肥料氮素的吸收利用 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2018, 24 (1): 114-121.

Effect of amino acid water soluble fertilizer on tomato yields and qualities

LI Wei, ZHANG Lei*, XU Qin-zheng, ZHANG Guang-zhong, SONG Yan, LI Yuan-feng (Stanley Agriculture Group Co. Ltd., Shandong Green FertiLizer Technology Innovation Center, Linshu Shandong 276700)

Abstract: Low temperature dehydration process was used to produce solid amino acid water soluble fertilizer additive with tail liquid of amino acid fermentation, and amino acid water-soluble fertilizer was prepared by mixing this synergistic substances with ordinary water-soluble fertilizer. A field experiment was conducted to study the effects of amino acid water soluble fertilizer on the growth of tomato. There was four treatments in the experiment, including the conventional water soluble fertilizer treatment (CF), amino acid water solution treatment with equivalent NPK (AF), conventional water soluble fertilizer with 20% reduction in NPK (4/5CF), and amino acid water solution with 20% reduction in NPK (4/5AF). Compared with CF treatment, the yield of AF, 4/5CF, 4/5AF treatment increased by 11.23%, -3.59%, 2.62%, respectively. Amino acid water soluble fertilizer significantly improved the quality of tomato fruit, and the content of soluble sugar and vitamin C content was most increased obviously by an average of membership function method. Compared with CF treatment, sugar and vitamin C contents were increased by 29.4% and 8.25%, respectively, economic benefits of AF and 4/5 AF treatments were 52533.0 and 12049.5 yuan/hm², respectively. Amino acid water soluble fertilizer with NPK reduced by 20% could ensure better yield and fruit quality than those of the common water soluble fertilizer.

key words: amino acid; water soluble fertilizer; tomato; yield; quality