

## 叶面喷施含氨基酸水溶肥料在辣椒和豇豆上的肥效<sup>①</sup>

王蓓<sup>1,2</sup>, 高旭<sup>1</sup>, 王甜甜<sup>1</sup>, 王东升<sup>1,2</sup>, 谢约翰<sup>1</sup>, 巩子毓<sup>1,3</sup>, 李荣<sup>1\*</sup>, 沈其荣<sup>1</sup>

(1 国家有机类肥料工程技术研究中心, 农业部长江中下游植物营养与肥料重点实验室, 江苏省有机废弃物资源化高技术研究重点实验室, 江苏省有机固体废弃物资源化协同创新中心, 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 南京市蔬菜科学研究所, 南京 210042; 3 南京秦邦吉品农业开发有限公司, 南京 211516)

**摘要:**以辣椒(苏椒5号博士王)和豇豆(夏杰)为材料, 研究叶面喷施利用废弃猪毛研制的含氨基酸水溶肥料在辣椒和豇豆上的应用效果。本试验分两季进行, 设3个处理: 不喷施任何肥料(CK1)、喷施清水(CK2)和喷施含氨基酸水溶肥料(AA)。田间试验结果表明: 对辣椒和豇豆叶片喷施含氨基酸水溶肥料能有效促进辣椒和豇豆植株的生长, 提高辣椒和豇豆果实的品质, 同时叶面喷施含氨基酸水溶肥料还改变了辣椒和豇豆种植土壤中可培养微生物的数量。与不喷施、喷施清水处理相比, 喷施含氨基酸水溶肥料显著提高了辣椒和豇豆的产量。从第一季看, 辣椒的增产幅度分别为12.0%和10.8%, 豇豆的增幅分别为10.3%和8.9%; 从第二季看, 辣椒的增幅分别达到13.5%和12.5%, 豇豆的增产幅度分别是18.9%和14.7%, 与第一季相比, 第二季增产幅度有所提升。由此, 利用废弃猪毛研制的含氨基酸水溶肥料叶面喷施能够有效促进设施辣椒和豇豆的产量, 研究结果可为废弃猪毛的资源化利用和设施蔬菜的高效栽培提供理论依据。

**关键词:** 含氨基酸水溶肥料; 叶面喷施; 辣椒; 豇豆; 产量

**中图分类号:** S145.2 **文献标识码:** A

蔬菜的设施栽培能有力保障我国的蔬菜供应, 缓解生产季节性和消费均衡性之间的矛盾, 生产出各种名特优蔬菜、时令蔬菜和反季节蔬菜, 满足社会不同消费水平的需求, 同时为农民增产增收、提高经济效益发挥重要作用<sup>[1]</sup>。在实际生产过程中为获得高产, 生产者大量施用化肥, 这在一定程度上提高了农作物产量, 但随着化肥施用量的不断增加, 出现了土壤结构被破坏, 有机质含量下降, 江河、湖泊等水体的富营养化, 农产品质量下降等生态环境问题<sup>[2]</sup>。因此, 开发能够部分替代化肥的新型肥料, 从而有效控制化肥施用量显得非常有必要。

水溶肥料是指通过水稀释或溶解, 用于叶面喷施、灌溉施肥、无土栽培、浸种蘸根等用途的液体或固体肥料, 包括含氨基酸水溶肥料、大量元素水溶肥料、微量元素水溶肥料、有机水溶肥料等多种类型<sup>[3]</sup>。水溶肥料易溶于水, 能够被作物迅速吸收, 补充其所需的养分, 见效快, 具有提高肥料利用率、节能环保、

节约水肥、省时省工、成本低廉等特点<sup>[4-6]</sup>。本试验主要对含氨基酸水溶肥料在辣椒和豇豆上的应用效果进行研究。

含氨基酸水溶肥料作为一种新型的肥料, 主要以废弃猪毛、畜禽羽毛为原料, 通过高温酸解, 螯合其他微量元素制成, 能够补充作物生长所需的各种营养元素, 不仅节约原料成本, 而且处理了屠宰场的废弃物, 实现了废弃物的循环利用, 保护了生态环境, 对于促进农业可持续发展意义重大。氨基酸水溶肥料又称氨基酸叶面肥, 主要是通过叶面喷施的方式给植物补充养分。而叶面施肥具有吸收快、针对性强、用量少、养分利用率高和经济效益高等优点, 因此在作物生长过程中应用越来越广泛<sup>[7]</sup>。有研究表明, 喷施含氨基酸水溶肥料对于促进作物生长, 提高作物的产量和品质有明显的效果<sup>[8-10]</sup>。

本实验室成功利用酸解工艺, 资源化屠宰场下脚料研制出农用氨基酸, 并联合江阴市联业生物科技有

基金项目: 国家高技术发展计划(863计划)项目(2013AA102802), 中央高校基本科研业务费专项资金项目(KYZ2015197和KYCYL201502), 国家自然科学基金项目(31572212), 南京市科技计划项目(201505041), 江苏省有机废弃物资源化高技术研究重点实验室开放基金项目(BM201101301), 国家大学生创新训练项目(201510307025)和青蓝工程项目资助。

\* 通讯作者(lirong@njau.edu.cn)

作者简介: 王蓓(1990—), 女, 江苏南京人, 硕士, 助理农艺师, 主要从事含氨基酸水溶肥料的应用效果研究。E-mail: 823191753@qq.com

限公司,利用此氨基酸研制出含氨基酸水溶肥料,但肥料的促生效应亟待研究。本研究选择设施蔬菜中的辣椒和豇豆作为供试作物,进行叶面喷施新型含氨基酸水溶肥料的田间试验,通过测定其植株长势、果实产量和品质等指标,研究该新型含氨基酸水溶肥料的肥效,以期为废弃猪毛的资源化利用和设施蔬菜的高效栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试作物为辣椒(苏椒 5 号博士王)和豇豆(夏杰)。苏椒 5 号博士王为江苏省农业科学院蔬菜研究所引进的设施辣椒栽培新品种<sup>[11]</sup>,豇豆品种夏杰是南京市蔬菜科学研究所培育的豇豆新品种<sup>[12]</sup>。

供试含氨基酸水溶肥料,由江阴市联业生物科技有限公司生产,氨基酸含量 100 g/L,微量元素(Fe+Mn+Cu+Zn+B+Mo) 20 g/L。该肥料由屠宰场下脚料猪毛经高温酸解后,螯合微量元素制成。有机肥由南通惠农生物有机肥有限公司提供,总养分 50 g/kg,有机质 450 g/kg;复合肥由安徽省司尔特肥业股份有限公司生产,N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O 450 g/kg,3 种养分等量。

### 1.2 试验设计

叶面喷施含氨基酸水溶肥料在辣椒上的两季肥效田间试验,分别于 2014 年 8 月至 11 月和 2015 年 3 月至 7 月进行。豇豆上的两季肥效田间试验进行时间分别为 2014 年 7 月至 10 月和 2015 年 4 月至 6 月。田间试验均在南京市蔬菜科技园现代化温室内进行,地点位于江苏省南京市江宁区横溪街道。该地属北亚热带湿润气候,夏季多暴雨,气温高,湿度大;年平均气温 15.4 °C,年均降水量 1 106 mm,7 月至 8 月极端最高气温有时高达 40 °C,一般在 35 °C 左右<sup>[13]</sup>。

辣椒和豇豆的两季田间试验均设 3 个处理:常规对照(CK1)。基肥:有机肥施用量为 6 000 kg/hm<sup>2</sup>,复合肥施用量 750 kg/hm<sup>2</sup>,不使用叶面肥和调节剂。

清水对照(CK2)。每次以同叶面喷施处理等量清水同时期喷施,其他施肥措施同处理。含氨基酸水溶肥料(AA)。每次使用含氨基酸水溶肥料每 100 ml 兑水 100 kg(即稀释 1 000 倍)喷施。第一季辣椒喷施时间为 2014 年 8 月 19 日,8 月 24 日,8 月 29 日和 9 月 3 日;第二季辣椒喷施时间为 2015 年 4 月 8 日,4 月 15 日,4 月 22 日和 4 月 29 日。第一季豇豆喷施时间为 2014 年 8 月 4 日,8 月 9 日,8 月 14 日和 8 月 19 日;第二季豇豆喷施时间为 2015 年 4 月 15 日,

4 月 22 日,4 月 29 日和 5 月 6 日。其他施肥措施同处理。每个处理设 3 次重复,共 9 个小区,随机区组设计,小区面积 20 m<sup>2</sup> 以上,长宽比 2:1。喷施时间为下午 4 点以后或阴天进行。在辣椒生长期使用甲基阿维菌素甲酸盐、吡虫啉、乐果、阿维菌素、高效氯氰菊酯、多菌灵、苏云金杆菌可湿性粉剂和康宽进行杀虫杀菌;而豇豆则主要用菜蛾敌、苦参碱和灭蝇胺对青虫、锈病以及潜叶蝇进行防治。辣椒于定植 35~50 d 后开始计产;豇豆在出苗 40~60 d 后开始测定产量。

### 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 生物学性状及产量的测定** 分别选用直尺、得威斯游标卡尺和 TYS-A 型叶绿素测定仪测定植株株高、茎粗和 SPAD 值。所有指标每小区取 10 株植株进行测定,取平均值。自果实成熟时,分批次采收辣椒和豇豆,每小区全部商品果汁重,对整个生育期进行累计计产。

**1.3.2 土壤中可培养微生物数量的测定** 土体土壤的获得方法:每个小区随机取 10 株植株,能从粘在植株根系抖落下来的所有土壤均为土体土。根际土壤的获得方法:抖落所有粘在植株根系上的土壤后,将根剪至 3 cm 长小段,按每 10 g 根放入 90 ml 无菌水的三角瓶内,30 °C,170 r/min 振荡 20 min 后,超声 20 min,将洗脱在无菌水中的土壤进行离心,获得的土壤即为植株的根际土壤<sup>[14]</sup>。采用稀释平板计数法测定土体和根际土壤中细菌、真菌和放线菌的数量。细菌培养采用牛肉膏蛋白胨固体培养基<sup>[15]</sup>,真菌采用马丁-孟加拉红培养基<sup>[16]</sup>,放线菌采用高氏一号培养基<sup>[15]</sup>。细菌和放线菌于 30 °C 培养箱中分别培养 36 h 和 48 h 后计数,真菌于 28 °C 培养箱培养 72 h 后计数。微生物数量以每克土壤的干重计算,以 cfu/g 干土表示。

**1.3.3 果实品质的测定** 对辣椒和豇豆的盛果期(田间采收 3 次以后取样)和挂果末期(田间最后 1 次采收之前取样)的果实品质进行测定。每个小区选择长势基本一致的 6 株植株,采集果实带回实验室后,立即进行样品处理,分别测定果实中可溶性糖(斐林试剂法<sup>[17]</sup>)、蛋白质(考马斯亮蓝法<sup>[18]</sup>)、硝酸盐(高效液相色谱法<sup>[19-20]</sup>)以及 Vc 的含量(高效液相色谱法<sup>[19-20]</sup>)。

### 1.4 数据分析

试验所得数据采用 SPSS22.0 软件进行分析,差异显著性采用单因素方差分析评价,显著性水平设为 0.05,多重比较采用最小显著极差法(LSD)。数据整理和平均值、标准差等计算以及图形的绘制均使用

Excel 2007 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶面喷施氨基酸水溶肥对辣椒和豇豆生物学性状的影响

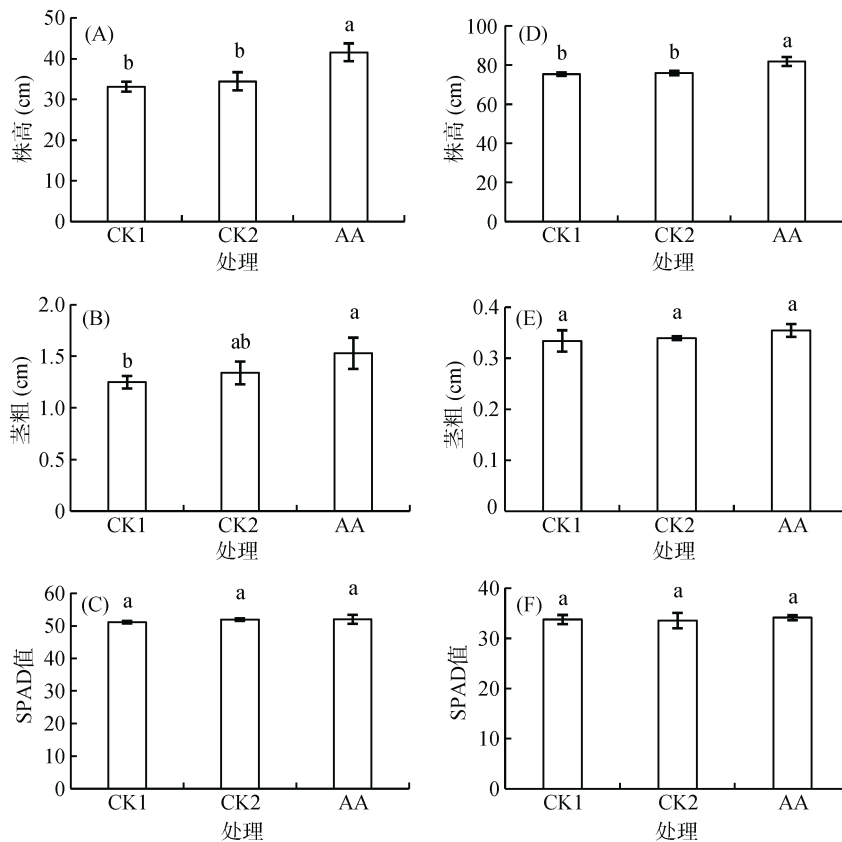
从图 1 可知,在第一季中,喷施氨基酸叶面肥的 AA 处理中辣椒和豇豆的株高显著高于 CK1(不喷施)和 CK2(喷施清水),而 CK1 和 CK2 之间无显著差异。在辣椒茎粗上,AA>CK2>CK1,AA 和 CK1 之间差异显著;在豇豆茎粗上,三者之间无显著性差异。辣椒和豇豆,AA 处理和对照间的 SPAD 值均无显著性差异。

在第二季中(图 2),AA 处理辣椒和豇豆的株高

和茎粗均显著高于 CK1 和 CK2,而 CK1 和 CK2 之间无显著性差异。辣椒和豇豆,AA 处理和对照间的 SPAD 值均无显著性差异。两季试验表明,喷施含氨基酸水溶肥料能够促进辣椒和豇豆植株的生长。

### 2.2 叶面喷施氨基酸水溶肥对辣椒和豇豆品质的影响

从表 1 可知,在第一季中,无论是辣椒还是豇豆,AA 处理的可溶性糖和蛋白含量均显著高于 CK1 和 CK2,CK1 和 CK2 间差异不显著。辣椒果实的硝酸盐含量上各处理间无显著性差异,但豇豆果实的硝酸盐含量 AA 处理显著低于 CK1 和 CK2;Vc 含量上,AA 处理与对照间无显著性差异。



(图 A、B、C 为辣椒的结果,图 D、E、F 为豇豆的结果;CK1:不喷施处理,CK2:喷施清水处理,AA:喷施含氨基酸水溶肥料处理;柱图上方不同小写字母表示处理间差异在  $P<0.05$  水平上显著;下同)

图 1 第一季不同处理对辣椒和豇豆株高、茎粗和叶绿素的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on plant heights, stem diameters and SPAD values of pepper and cowpea in the first season

### 2.3 叶面喷施氨基酸水溶肥对辣椒和豇豆产量的影响

由表 2 可知,在第一季中,辣椒产量 AA 处理比 CK1 显著增产 5 397 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度达到 12.0%;比 CK2 显著增产 4 902 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度达到 10.8%。CK2 比 CK1 增产 495 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度 1.1%,两者无显著差异。豇豆产量 AA 处理比 CK1 显著增产

1 799 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度达到 10.3%;比 CK2 显著增产 1 574 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度达到 8.9%。CK2 比 CK1 增产 225 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度 1.3%,两者无显著差异。

在第二季中,辣椒产量 AA 处理比 CK1 显著增产 5 748 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度达到 13.5%;比 CK2 显著增产 5 373 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度达到 12.5%。CK2 比 CK1 增产 375 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度 0.9%,两者间无明显差异。

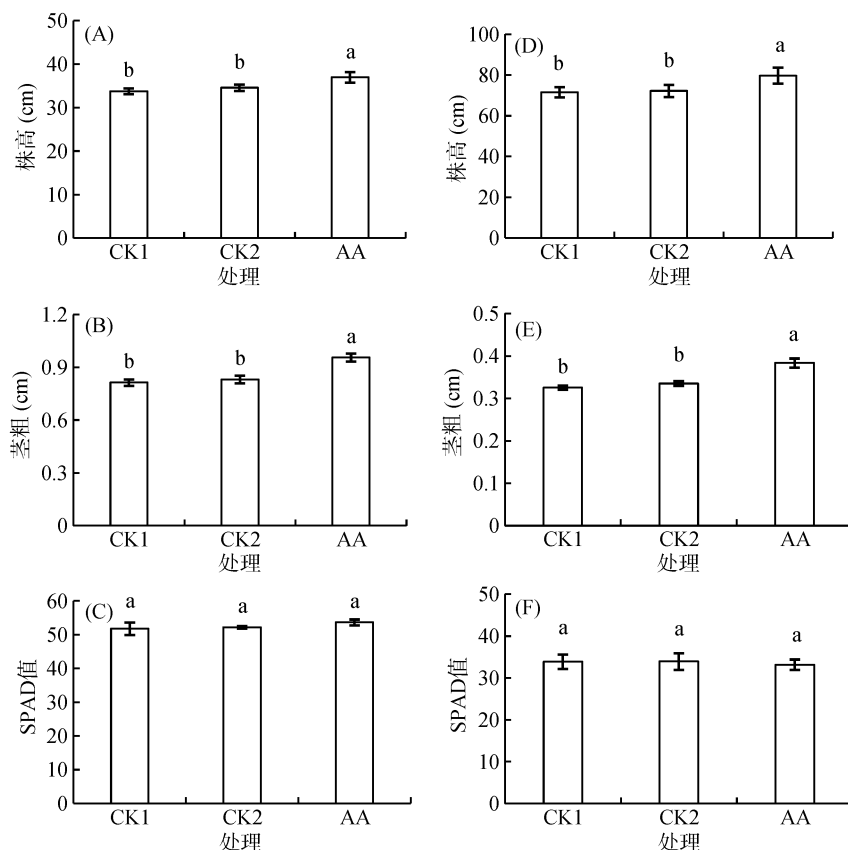


图 2 第二季不同处理对辣椒和豇豆株高、茎粗和叶绿素的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on plant heights, stem diameters and SPAD values of pepper and cowpea in the second season

表 1 不同处理对辣椒、豇豆品质的影响

Table 1 Effects of different treatments on quality of pepper and cowpea

蔬菜品种	处理	可溶性糖含量(mg/g)	蛋白含量(mg/g)	硝酸盐含量(mg/kg)	Vc 含量(mg/kg)
辣椒	CK1	55.93 ± 1.79 b	11.99 ± 0.78 b	418.08 ± 21.18 a	209.86 ± 16.07 a
	CK2	55.87 ± 2.37 b	11.90 ± 0.60 b	415.83 ± 1.47 a	202.22 ± 19.03 a
	AA	63.63 ± 1.23 a	14.87 ± 1.12 a	423.79 ± 9.81 a	222.90 ± 18.67 a
豇豆	CK1	37.01 ± 1.23 b	7.17 ± 0.08 b	419.69 ± 0.93 a	62.64 ± 3.12 a
	CK2	37.13 ± 1.46 b	7.10 ± 0.31 b	419.57 ± 2.56 a	62.84 ± 1.26 a
	AA	43.16 ± 0.45 a	9.16 ± 1.07 a	413.57 ± 2.97 b	65.31 ± 1.62 a

注：同列不同小写字母表示同一品种不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平上显著；下同。

豇豆产量 AA 处理比 CK1 显著增产 3 523 kg/hm<sup>2</sup>，增产幅度达到 18.9%；比 CK2 显著增产 2 849 kg/hm<sup>2</sup>，增产幅度达到 14.7%。CK2 比 CK1 增产 675 kg/hm<sup>2</sup>，增产幅度 3.6%，两者间无明显差异。因此，叶面喷施含氨基酸水溶肥料能有效提高辣椒和豇豆的产量。

#### 2.4 叶面喷施氨基酸水溶肥对土壤可培养微生物数量的影响

从表 3 可知，在辣椒土体土的细菌和真菌数量上，AA 处理和对照间无显著性差异，AA 处理具有

高于 CK1 和 CK2 的细菌数量和较低的真菌数量；AA 处理在放线菌数量上显著高于 CK1 和 CK2。AA 处理在辣椒根际土的细菌数量上显著高于 CK1 和 CK2；真菌和放线菌数量上，与对照间无显著性差异，但具有较低的真菌数量和更高的放线菌数量。

从表 4 可以看出，在豇豆土体土的细菌、真菌和放线菌数量上，AA 处理和对照间无显著性差异，但无论是细菌还是放线菌，AA 处理均高于 CK1 和 CK2，真菌数量则是小于 CK1 和 CK2。在豇豆根际

土的细菌和放线菌数量上, AA 处理和对照间无显著性差异, 但 AA 处理的数量均高于 CK1 和 CK2; 从

真菌数量看, AA 处理显著低于 CK1, CK2 与 AA、CK1 相比无显著性差异。

表 2 不同处理对辣椒、豇豆产量的影响  
Table 2 Effects of different treatments on yields of pepper and cowpea

种植季	蔬菜品种	处理	小区产量 (kg/m <sup>2</sup> )	折合单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	与 CK1 相比		与 CK2 相比	
					增产量(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率(%)	增产量(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率(%)
第一季	辣椒	CK1	4.50 b	44 980				
		CK2	4.55 b	45 475	495	1.1		
		AA	5.04 a	50 377	5 397	12.0	4 902	10.8
	豇豆	CK1	1.75 b	17 466				
		CK2	1.77 b	17 691	225	1.3		
		AA	1.93 a	19 265	1 799	10.3	1 574	8.9
第二季	辣椒	CK1	4.26 b	42 572				
		CK2	4.29 b	42 947	375	0.9		
		AA	4.83 a	48 320	5 748	13.5	5 373	12.5
	豇豆	CK1	1.87 b	18 666				
		CK2	1.93 b	19 340	67	3.6		
		AA	2.22 a	22 189	3 523	18.9	2 849	14.7

表 3 不同处理对辣椒种植土壤可培养微生物数量的影响  
Table 3 Effects of different treatments on culturable microbe quantities in pepper soils

土壤	处理	细菌( $\times 10^6$ cfu/g 干土)	真菌( $\times 10^4$ cfu/g 干土)	放线菌( $\times 10^5$ cfu/g 干土)
土体	CK1	22.67 $\pm$ 3.79 a	18.13 $\pm$ 3.51 a	18.33 $\pm$ 1.29 b
	CK2	23.07 $\pm$ 6.15 a	17.80 $\pm$ 4.83 a	19.30 $\pm$ 1.41 b
	AA	27.17 $\pm$ 7.06 a	13.30 $\pm$ 4.96 a	22.97 $\pm$ 1.70 a
根际	CK1	91.00 $\pm$ 25.03 b	57.33 $\pm$ 30.17 a	104.33 $\pm$ 21.46 a
	CK2	93.33 $\pm$ 20.82 b	65.00 $\pm$ 25.63 a	112.33 $\pm$ 22.48 a
	AA	175.33 $\pm$ 54.60 a	37.67 $\pm$ 24.09 a	167.67 $\pm$ 56.61 a

表 4 不同处理对豇豆种植土壤可培养微生物数量的影响  
Table 4 Effects of different treatments on culturable microbe quantities in cowpea soils

土壤	处理	细菌( $\times 10^6$ cfu/g 干土)	真菌( $\times 10^4$ cfu/g 干土)	放线菌( $\times 10^5$ cfu/g 干土)
土体	CK1	8.20 $\pm$ 3.80 a	20.57 $\pm$ 6.75 a	12.60 $\pm$ 2.12 a
	CK2	7.87 $\pm$ 3.13 a	23.07 $\pm$ 9.48 a	14.97 $\pm$ 3.48 a
	AA	14.70 $\pm$ 5.31 a	19.33 $\pm$ 3.79 a	16.53 $\pm$ 3.68 a
根际	CK1	210.33 $\pm$ 93.77 a	128.00 $\pm$ 39.89 a	175.00 $\pm$ 90.54 a
	CK2	220.67 $\pm$ 96.62 a	97.33 $\pm$ 18.77 ab	192.67 $\pm$ 66.01 a
	AA	296.67 $\pm$ 97.13 a	59.00 $\pm$ 22.91 b	208.33 $\pm$ 45.65 a

### 3 讨论

植物吸收养分的方式主要分为根部吸收和叶片吸收。而植物叶片对养分的吸收主要通过植物叶面气孔和叶表面角质层的亲水小孔, 同时叶片可通过胞间连丝进行主动吸收把营养物质输送到植物体内。通过在植物叶片喷施水溶肥料, 能为植物生长发育提供其所需的养分, 促进作物生长, 从而促进作物增产增质<sup>[7]</sup>。自研

究发现无菌根北极莎草能直接吸收利用氨基酸, 对植物能够吸收氨基酸的研究越来越多, 关于氨基酸能促进作物生长的报道也越来越多<sup>[21-24]</sup>。本研究通过辣椒和豇豆两季田间试验发现, 相比于不喷施和喷施清水的对照, 喷施利用废弃猪毛为原料的酸解液螯合微量元素制成的含氨基酸水溶肥料, 显著提高了辣椒和豇豆株高、产量和品质。先前研究表明, 在常规土壤施肥的基础上, 叶面喷施含氨基酸水溶肥料比对照常规

施肥的黄瓜增产 6 720 kg/hm<sup>2</sup>，增幅达到 13.3%，有效提高了黄瓜的产量<sup>[25]</sup>；氨基酸生物液肥在促进大豆早熟、提高产量上有显著的效果<sup>[26]</sup>；氨基酸肥料处理能提高芸豆荚果中游离氨基酸和可溶性蛋白含量<sup>[27]</sup>；喷施氨基酸叶面肥能提高大豆种子 Vc、可溶性糖、游离氨基酸和蛋白质含量<sup>[8]</sup>。本研究结果与上述含氨基酸水溶肥料效果研究的报道一致，表明新研制的含氨基酸水溶肥料能够有效促进作物的生长，提高作物产量和品质。

土壤微生物作为根际生态系统的重要组成部分，是土壤中物质转化、能量流动及生物化学反应的发动机。土壤微生物群落结构组成及其变化在一定程度上反映了土壤肥力及致病能力<sup>[28]</sup>，同时也是衡量生态系统稳定和健康的一个重要指标<sup>[29]</sup>。本研究在获得产量品质效应的同时，初步研究了叶面喷施含氨基酸水溶肥料对土壤可培养微生物数量的影响。有研究发现，不同连作年限的花生田和黄瓜连作土壤中，真菌的数量随连作年限的增加而上升，细菌和放线菌的数目随连作年限增加而减少<sup>[30]</sup>，表明连作障碍土壤中真菌数量会增加，而细菌和放线菌数量会下降。有些学者研究认为，利用不同施肥模式导致土壤抑病能力的产生，与土壤中细菌和放线菌数量的增加和真菌数量的减少有关<sup>[31]</sup>。同时有研究表明，富含氨基酸的酸解羽毛粉能促进根际土中细菌、放线菌的增殖，从而抑制病原真菌的繁殖<sup>[32]</sup>。综上，本研究初步表明，叶面喷施猪毛为原料的酸解液螯合微量元素制成的含氨基酸水溶肥料，能够有效改变连作造成的土壤微生物群落。

#### 4 结论

叶面喷施以猪毛为原料的酸解液螯合微量元素制成的含氨基酸水溶肥料，能够有效提高辣椒和豇豆的株高和茎粗，有效促进辣椒和豇豆的生长。同时该含氨基酸水溶肥料显著提高了辣椒和豇豆的可溶性糖和蛋白含量，降低了豇豆的硝酸盐含量，有效改善了辣椒和豇豆的品质。叶面喷施含氨基酸水溶肥料，能够有效改变连作造成的土壤微生物群落。与不喷施、喷施清水处理相比，喷施含氨基酸水溶肥料还显著提高了辣椒和豇豆的产量：大田试验第一季辣椒的增产幅度分别为 12.0% 和 10.8%，豇豆的增幅分别为 10.3% 和 8.9%；第二季辣椒的增幅分别达到 13.50% 和 12.51%，豇豆的增产幅度分别是 18.9% 和 14.7%。综上，叶面喷施含氨基酸水溶肥料能有效促进设施辣椒和豇豆的生长，改善果实的品质，显著提高作物的

产量，同时改变了种植土壤的可培养微生物数量。

#### 参考文献：

- [1] 王小龙, 韩玉, 陈源泉. 基于能值分析的无公害设施蔬菜生产系统效率和可持续性评价[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2136-2145
- [2] 张金锦, 段增强. 设施菜地土壤次生盐渍化的成因、危害及其分类与分级标准的研究进展[J]. 土壤, 2011, 43(3): 361-366
- [3] 王莹, 史振声, 王志斌, 等. 植物对氨基酸的吸收利用及氨基酸在农业中的应用[J]. 中国土壤与肥料, 2008(1): 6-11
- [4] 庞淑婷, 董元华. 不同叶面肥对番茄植株生理生化及烟粉虱种群生态的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(4): 465-473
- [5] 任忠秀, 聂立水, 张强, 等. 含 5-氨基乙酰丙酸等养分水溶肥料对月季生长、开花及体内养分元素含量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(4): 60-64
- [6] 庄舜尧, 曹志洪. 叶面肥的研究与发展[J]. 土壤, 1998, 30(5): 230-234
- [7] 李燕婷, 李秀英, 肖艳, 等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 162-172
- [8] 段春慧, 申明. 氨基酸肥料对大豆叶片光合作用与产量的影响[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(4): 15-20
- [9] 张翠翠, 杨首乐, 寇长林, 等. 基于灰色关联度分析对新型水溶肥料在花生喷施效果的优选[J]. 土壤通报, 2012(12): 1486-1490
- [10] 张树生, 杨兴明, 黄启为, 等. 施用氨基酸肥料对连作条件下黄瓜的生物效应及土壤生物性状的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 689-694
- [11] 孙月轩, 钱勤英. 设施辣椒新品种苏椒 5 号博士王[J]. 上海蔬菜, 2007(3): 32-33
- [12] 王强, 王夏, 孙菲菲. 豇豆新品种—夏杰[J]. 上海蔬菜, 2015(5): 27
- [13] 毛久庚. 南京地区设施蔬菜栽培实用技术[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2011: 8
- [14] 张杨, 文春燕, 赵买琼, 等. 辣椒根际促生菌的分离筛选及生物育苗基质研制[J]. 南京农业大学学报, 2015, 38(6): 950 - 957
- [15] 沈萍, 范秀容, 李广武主编. 微生物学实验(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002
- [16] 范秀容, 沈萍, 李广武. 微生物学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 67-72
- [17] 杨林娥, 彭晓光, 杨庆文, 等. 斐林试剂法测定还原糖方法的改进[J]. 中国酿造, 2010(5): 160-161
- [18] Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72: 248-254
- [19] Filson P B, Dawson-Andoh B E. Characterization of sugars from model and enzyme-mediated pulp hydrolyzates using high-performance liquid chromatography coupled to evaporative light scattering detection[J]. Bioresource Technology, 2009, 100: 6661-6664

- [20] Ouchemoukh S, Schweitzer P, Bey M B, et al. HPLC sugar profiles of Algerian honeys[J]. *Food Chemistry*, 2010, 121: 561–568
- [21] Chapin F S, Moilanen L, Kielland K. Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge[J]. *Nature*, 1993, 361: 150–153
- [22] 陈贵林, 高绣瑞. 氨基酸和尿素替代硝态氮对水培不结球白菜和生菜硝酸盐含量的影响[J]. *中国农业科学*, 2002, 35(2): 187–191
- [23] Gunes A, Inal A, Aktas M. Reducing nit rate content of NET grown winter onion plants by partial replacement of NO<sub>3</sub> with amino acid in nutrient solution [J]. *Scientia Horticulturae*, 1996(65): 203–208
- [24] Gunes A, Post W N K, Kirkby E A, et al. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NET grown winter lettuce[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 1994, 17(11): 1929–1938
- [25] 王学君, 韩广津, 董晓霞. 含氨基酸水溶肥料对黄瓜产量和经济效益的影响[J]. *山东农业科学*, 2011(5): 64–65
- [26] 赵景泉, 潘忠华. 三康氨基酸生物液肥对大豆产量的影响[J]. *中国林副特产*, 2001, 58(3): 6
- [27] 孙新娥, 申明, 王中华, 等. 两种叶面肥对日光温室芸豆叶片光合作用和果实品质的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2011, 34(3): 37–43
- [28] 魏巍, 许艳丽, 朱琳, 等. 长期施肥对黑土农田土壤微生物群落的影响[J]. *土壤学报*, 2013, 50(3): 159–167
- [29] 周德平, 褚长彬, 范洁群, 等. 不同种植年限设施芦笋土壤微生物群落结构与功能研究[J]. *土壤*, 2014, 46(6): 1076–1082
- [30] 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(6): 1005–1008
- [31] Shen Z Z, Zhong S T, Wang Y G, et al. Induced soil microbial suppression of banana fusarium wilt disease using compost and biofertilizers to improve yield and quality. *European Journal of Soil Biology*, 2013, 57: 1–8
- [32] Luo J, Ran W, Hu J, et al. Application of Bio-organic fertilizer significantly affected fungal diversity of soils [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2010, 74(6): 2039–2048

## Effects of Foliar Spraying of Water Soluble Fertilizer Containing Amino Acids on Growth of Pepper and Cowpea

WANG Bei<sup>1,2</sup>, GAO Xu<sup>1</sup>, WANG Tiantian<sup>1</sup>, WANG Dongsheng<sup>1,2</sup>, XIE Yuehan<sup>1</sup>,  
GONG Ziyu<sup>1,3</sup>, LI Rong<sup>1\*</sup>, SHEN Qirong<sup>1</sup>

(1 *National Engineering Research Center for Organic-based Fertilizers, Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilization in Low-Middle Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Jiangsu Key Laboratory of Solid Organic Waste Utilization, Jiangsu Collaborative Innovation Center for Solid Organic Waste Resource Utilization, College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*; 2 *Nanjing Institute of Vegetable Science, Nanjing 210042, China*; 3 *Nanjing QinbangJipin Agricultural Development Co. Ltd., Nanjing 211516*)

**Abstract:** A field experiment with two seasons were conducted in order to investigate the effects of foliar spraying of water soluble fertilizer containing amino acids (WSA) on the growth of pepper and cowpea. The pepper variety (Su-Jiao no. 5 - Dr. Wang) and cowpea variety (Xia-Jie) were chosen as the tested plants. Three treatments were designed, i.e., no spraying (CK1), spraying with water (CK2), and spraying with WSA (AA). The results showed that AA treatment improved the growth and quality of pepper and cowpea, significantly enhanced the yields of pepper and cowpea, and meanwhile altered microbial quantities in soils. Compared with CK1 and CK2, AA treatment increased pepper yield by 12.0% and 10.8% in the first season and by 13.5% and 12.5% in the second season, respectively; while increased cowpea yield by 10.3% and 8.9% in the first season and by 18.9% and 14.7% in the second season, respectively; and the increase amplitude in the second season was higher than in the first season. The above results demonstrate that foliar spraying of WSA produced by wasted pig hair could enhance the yields of pepper and cowpea, which is helpful for the resource utilization of pig hair and efficient cultivation of greenhouse vegetables.

**Key words:** Water soluble fertilizer containing amino acid; Foliar spraying; Pepper; Cowpea; Yield