



# 腐植酸水溶肥料在鲁中地区蔬菜上的应用探究

刘玉婷<sup>1</sup> 宋淑玲<sup>1\*</sup> 高丽萍<sup>1</sup> 宋丹丹<sup>1</sup> 高燕春<sup>1</sup> 崔丽芹<sup>2</sup>

1 淄博市数字农业农村发展中心 淄博 255000

2 沂源县农业技术服务中心 淄博 256100

**摘要:** 为探究腐植酸在设施蔬菜上的应用效果,推进化肥减量增效,以菠菜、油菜、番茄和辣椒为试材,每类蔬菜设置3个处理,并对每类蔬菜的生物学性状、产量及经济效益进行分析。结果表明:蔬菜生长期喷施腐植酸水溶肥料可改善蔬菜生物学性状,使植株生长健壮,株高增高,挂果数增多,果重增加,蔬菜产量和经济效益提高。其中,在果实类蔬菜番茄和辣椒上作用效果更为明显,可实现更大幅度的增产,获得更高的经济效益。因此,建议在鲁中地区设施蔬菜上推广施用腐植酸水溶肥料,尤其是在果实类蔬菜上大力推广应用。

**关键词:** 腐植酸水溶肥料; 蔬菜; 产量; 经济效益

中图分类号: TQ444.6, S63 文章编号: 1671-9212(2024)03-0015-06

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.03.003

## Study on the Application of Humic Acid Water-soluble Fertilizer in Vegetables in Central Shandong Province

Liu Yuting<sup>1</sup>, Song Shuling<sup>1\*</sup>, Gao Liping<sup>1</sup>, Song Dandan<sup>1</sup>, Gao Yanchun<sup>1</sup>, Cui Liqin<sup>2</sup>

1 Zibo Municipal Digital Agriculture and Rural Development Center, Zibo, 255000

2 Yiyuan Agricultural Technology Service Center, Zibo, 256100

**Abstract:** In order to investigate the application effect of humic acid on facility vegetables and promote the reduction of chemical fertilizer application and enhance its efficiency, three treatments were applied to spinach, rape, tomato and pepper, and the biological characters, yield, and economic benefits of these vegetables were analyzed. The results demonstrated that the application of humic acid water-soluble fertilizer during the vegetable growing period could improve biological characters such as plant growth, height, fruit number and fruit weight, and increase vegetable yield and economic benefits. This effect was particularly pronounced for fruit vegetables such as tomato and pepper with significant increases in both yield and economic benefits. Therefore, it was suggested to applicate humic acid water-soluble fertilizer into facility vegetables especially fruit vegetables in central Shandong Province.

**Key words:** humic acid water-soluble fertilizer; vegetable; output; economic benefits

近年来,日光温室和蔬菜大棚迅速发展,设施蔬菜种植已成为一项投入高、产出高、效益高的产业<sup>[1]</sup>。为了保持蔬菜持续高产,在种植过程中往往

需要施用大量的化肥来保持肥力,但作物本身对肥料的需用量远远低于化肥的投入量<sup>[2]</sup>。化肥的过量使用甚至滥施滥用不仅增加农业生产成本,同时也

[基金项目] 农业农村部农业生产发展资金项目(项目编号 Z175070020002)。

[收稿日期] 2023-11-30

[作者简介] 刘玉婷,女,1989年生,农艺师,主要从事土壤肥料方向研究,E-mail: lyt2015620@163.com。\*通讯作者: 宋淑玲,女,农业技术推广研究员,E-mail: zbtufeizhan@163.com。

会造成土壤板结、土壤养分结构失衡<sup>[3]</sup>、肥料利用率降低、农产品品质下降<sup>[4]</sup>及农业面源污染<sup>[5]</sup>等一系列问题。腐植酸肥料是一种由腐植酸与氮、磷、钾等元素结合制成的有机肥料，有增效化肥、改良土壤、刺激作物生长、改善农产品质量等功能，利于设施蔬菜生产的可持续发展。为探究腐植酸在设施蔬菜上的应用效果，推进化肥减量增效，完善蔬菜推荐施肥指标体系建设，带动腐植酸在设施蔬菜上的推广应用，结合农业农村部肥料登记试验，选择在山东省沂源县种植面积大、经济效益高的蔬菜

种植区开展腐植酸水溶肥料试验研究，以期为鲁中地区设施蔬菜的绿色、科学施肥技术发展提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于2022年3月—7月在山东省淄博市沂源县悦庄镇东埠村进行。试验地较平整，地力较均匀，浇水条件好。土壤类型为棕壤，质地为轻壤，土壤平均养分情况见表1。

表1 试验地块土壤养分情况  
Tab.1 Soil nutrients of the tested plot soil

作物种类	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
菠菜	12.2	0.743	54.3	179	6.48
油菜	12.6	0.785	58.0	192	6.52
番茄	20.2	1.725	106.2	203	6.26
辣椒	15.7	0.922	137.0	98	6.55

### 1.2 供试材料

供试作物：菠菜品种为“蔬菠8号”，塑料大棚内种植栽培；油菜品种为“抗热605”，塑料大棚内种植栽培；番茄品种为“朝研298”，早春拱圆形大棚栽培；辣椒品种为“大果99”，小拱棚育苗，露天种植。4种蔬菜品种均为当地市场售卖常见品种。

供试肥料：腐植酸水溶肥料（水剂），腐植酸含量 $\geq 30$  g/L，N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O含量 $\geq 200$  g/L，由肥

料生产企业提供，按照NY/T 1106—2010生产；硫酸钾复合肥，N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O配比为15-15-15，总含量 $\geq 45\%$ ，市售；硫酸铵，N $\geq 20\%$ ，市售。

### 1.3 试验设计

试验选用4种蔬菜，每种蔬菜设3个处理，每个处理3次重复，共36个小区，采用随机区组设计，每个试验小区种植面积为24 m<sup>2</sup>，试验地四周设置保护行，宽度为1.5 m。

各处理施肥方案见表2。

表2 施肥方案  
Tab.2 Fertilization plan

处理	试验对象	方法
CK	菠菜、油菜、番茄、辣椒	常规施肥
T	菠菜、油菜	常规施肥 + 喷施腐植酸水溶肥料 1.667 L/亩
	番茄、辣椒	常规施肥 + 喷施腐植酸水溶肥料 2.667 L/亩
CF	菠菜、油菜、番茄、辣椒	常规施肥 + 与T处理同期喷施等量清水

注：T处理是根据果实类和叶菜类对肥料浓度敏感度的差异，喷施适宜生长浓度的腐植酸水溶肥料。

### 1.4 施肥管理

常规施肥（CK）：整地做畦后，一次性施入

常规肥料作为基肥。其中，施用硫酸钾复合肥，菠菜为35 kg/亩、油菜为40 kg/亩、番茄和辣椒为



60 kg/亩；施用硫酸铵，菠菜为10 kg/亩、油菜为15 kg/亩、番茄和辣椒为12 kg/亩。

腐植酸水溶肥料(T)：在菠菜和油菜定植后分别喷施腐植酸水溶肥料555.7 mL/亩(稀释前)，稀释1000倍液喷雾3次，定植后每隔10天喷施1次，整个营养生长期总用量1.667 L/亩；在番茄和辣椒定植后分别喷施腐植酸水溶肥料889 mL/亩(稀释前)，稀释625倍液喷雾3次，分别于苗期、盛花期、结果期各喷1次，生长期总用量2.667 L/亩。

等量清水(CF)：在常规施肥的基础上，用等量清水代替腐植酸水溶肥料喷雾。

各处理除施肥外，其他浇水、病虫害防治等管理措施与当地农户生产管理方式一致。

### 1.5 测定指标和方法

试验开展前，采集0~20 cm耕层土壤，按照实验室常规方法测定土壤的化学性质。其中，采用重铬酸钾外加热法测定有机质含量、凯氏定氮法测定全氮含量、0.05 mol/L NaHCO<sub>3</sub>法测定有效磷含量、NH<sub>4</sub>OAc浸提火焰光度法测定速效钾含量、电位测定法测定pH<sup>[6]</sup>。

在蔬菜生长期进行田间考察，每个小区采取随机采样，进行3次生物学性状测量，每次测量采集10株蔬菜植株或10个果实数据，取平均值，并于蔬菜成熟后各小区单独实收核产。具体生物学性状测定指标和方法如下：

(1) 叶菜类(菠菜、油菜)：株高，用卷尺测量从子叶节至全株最高部分的长度；地上部重，采收地上部分用电子天平称重；根重，采集根部洗净泥土晾干表面水分后用电子天平称重。

(2) 果实类(番茄、辣椒)：株高，用卷尺测量从地面至生长点的高度；茎粗，用游标卡尺测量植株最粗处；果纵径、果横径，用游标卡尺测量果实纵向最大直径和横向最大直径；果重，果实成熟后用电子天平称量果实重量；单株果数，全生育期单株坐果数。

### 1.6 数据处理

采用WPS统计数据，采用DPS 7.5和3414田间试验设计与数据分析管理系统软件进行统计分析，采用最小显著极差法(LSR-SSR)进行差异显

著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 腐植酸水溶肥料对两类蔬菜产量的影响

由表3可知，与常规施肥(CK)相比，喷施腐植酸水溶肥料后两类蔬菜产量(鲜重)均显著提高，平均亩产量可以提高6.05%~17.94%；腐植酸水溶肥料处理增产量较CK亩产分别增加527.10、324.63、292.17和114.87 kg，增产率菠菜>辣椒>油菜>番茄，依次为17.94%、11.22%、8.59%和6.05%。与喷施等量清水(CF)相比，腐植酸水溶肥料处理增产量较CK亩产分别增加501.17、282.67、241.97和104.70 kg，增产率菠菜>辣椒>油菜>番茄，依次为12.79%、10.82%、7.77%和5.73%。腐植酸水溶肥料处理与CK、CF比较，差异显著；而CK和CF之间差异不显著。说明在两类蔬菜上施用腐植酸水溶肥料均具有显著的增产效果。

### 2.2 腐植酸水溶肥料对两类蔬菜生物学性状的影响

在蔬菜生长过程中，通过田间观察及测定数据分析可以看出，喷施腐植酸水溶肥料后的叶菜类蔬菜表现为植株健壮，株高增高，叶色翠绿，叶片大而厚。其中，与CK相比，在菠菜和油菜上喷施腐植酸水溶肥料，株高分别增加1.5和0.9 cm，地上部重分别增加1.6和2.6 g，根重分别增加0.6和0.4 g，菠菜的株高和根重与CK、CF均表现出显著差异，油菜的地上部重与CK、CF均表现出显著差异。喷施腐植酸水溶肥料总体作用效果菠菜高于油菜(表4)。

喷施腐植酸水溶肥料后的果实类蔬菜表现为植株健壮，叶色浓绿，长势旺盛，初花期提前，花数和挂果数增多，果重增加，果径增大。其中，与CK相比，在番茄和辣椒上喷施腐植酸水溶肥料，株高分别增加7.1和1.0 cm，茎粗分别增加1.9和0.6 mm，果纵径分别增加0.7和0.7 cm，果横径分别增加0.7和0.1 cm，果重分别增加13.7和0.3 g，单株果数分别增加6.6和1.7个，番茄的果纵径和单株果数与CK表现出显著差异，辣椒的茎粗与

CK 表现出显著差异。喷施腐植酸水溶肥料总体作用效果番茄高于辣椒（表 5）。

说明在两类蔬菜上施用腐植酸水溶肥料均具有提高蔬菜生物学性状的作用效果。

表 3 腐植酸水溶肥料对两类蔬菜产量的影响

Tab.3 Effects of humic acid water-soluble fertilizer on two kinds of vegetable yields

处理	产量 (kg/小区)	折合亩产量 (kg/亩)	较 CK 增产量 (kg/亩)	较 CK 增产率 (%)	较 CF 增产量 (kg/亩)	较 CF 增产率 (%)
菠菜	CK	65.12 ± 0.29b	1809.77 ± 13.89b	—	—	—
	T	76.80 ± 2.06a	2134.40 ± 99.10a	324.63	17.94	241.97
	CF	68.08 ± 0.84b	1892.03 ± 40.34b	82.66	4.57	—
油菜	CK	48.10 ± 0.26b	1336.80 ± 7.35b	—	—	—
	T	52.23 ± 0.35a	1451.67 ± 9.66a	114.87	8.59	104.70
	CF	48.47 ± 0.30b	1346.97 ± 8.24b	10.17	0.76	—
番茄	CK	313.63 ± 3.14b	8716.40 ± 98.79b	—	—	—
	T	332.60 ± 2.97a	9243.50 ± 82.47a	527.10	6.05	501.17
	CF	314.54 ± 2.40b	8742.33 ± 66.65b	25.93	0.30	—
辣椒	CK	93.71 ± 0.50b	2604.50 ± 1.83b	—	—	—
	T	104.20 ± 0.44a	2896.67 ± 12.03a	292.17	11.22	282.67
	CF	94.03 ± 0.30b	2614.00 ± 8.41b	9.50	0.36	—

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )，下同。

表 4 腐植酸水溶肥料对叶菜类蔬菜生物学性状的影响

Tab.4 Effects of humic acid water-soluble fertilizer on biological characters of leafy vegetables

处理	株高 (cm)	地上部重 (g)	根重 (g)
菠菜	CK	19.6 ± 0.1b	17.6 ± 0.4a
	T	21.1 ± 0.1a	19.2 ± 0.2a
	CF	20.0 ± 0.4b	18.1 ± 0.7a
油菜	CK	17.3 ± 0.5a	33.7 ± 0.5b
	T	18.2 ± 0.3a	36.3 ± 0.7a
	CF	17.6 ± 0.2a	34.2 ± 0.4b

表 5 腐植酸水溶肥料对果实类蔬菜生物学性状的影响

Tab.5 Effects of humic acid water-soluble fertilizer on biological characters of fruit vegetables

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	果纵径 (cm)	果横径 (cm)	果重 (g)	单株果数 (个)
番茄	CK	124.4 ± 2.8a	11.5 ± 0.7a	6.4 ± 0.2b	7.8 ± 0.3a	242.9 ± 4.2a
	T	131.5 ± 1.8a	13.4 ± 1.0a	7.1 ± 0.2a	8.5 ± 0.3a	256.6 ± 5.1a
	CF	125.7 ± 2.3a	11.5 ± 0.6a	6.5 ± 0.2ab	7.8 ± 0.1a	243.2 ± 6.9a
辣椒	CK	39.2 ± 1.0a	4.1 ± 0.1b	12.4 ± 0.4a	3.3 ± 0.2a	61.5 ± 0.4a
	T	40.2 ± 1.7a	4.7 ± 0.1a	13.1 ± 0.1a	3.4 ± 0.2a	61.8 ± 0.3a
	CF	39.4 ± 2.2a	4.2 ± 0.2b	12.5 ± 0.4a	3.3 ± 0.1a	61.5 ± 0.3a



### 2.3 腐植酸水溶肥料对两类蔬菜经济效益的影响

腐植酸水溶肥料对两类蔬菜经济效益分析见表6。在菠菜、油菜、番茄和辣椒上喷施腐植酸水溶肥料处理(T)与常规施肥(CK)及等量清水(CF)相比,均能显著提高蔬菜的产量、产值、纯利润和产投比,说明在常规施肥的基础上,喷施腐植酸水溶肥料能提高两类蔬菜的经济效益。通过数据比较可知,两类蔬菜上喷施腐植酸水溶肥料,在番茄上可以获得最高产值、最大利润和产投比,分别为46217.50元/亩、2412.50元/亩和11.8:1。在相同的施肥条件下,果实类蔬菜番茄的经济效益高于

辣椒,叶菜类蔬菜菠菜的经济效益高于油菜。整体上来看,在果实类蔬菜上施用腐植酸水溶肥料比在叶菜类蔬菜上施用能获得更高的经济效益。究其原因,一方面是两类蔬菜在其适宜的肥料敏感度下,果实类较叶菜类蔬菜的增产作用效果明显;另一方面是果实类蔬菜的售价较叶菜类高,可以获得更高的经济效益。

因此,综合考虑种植和经济因素,建议在鲁中地区设施蔬菜上推广施用腐植酸水溶肥料,尤其是在果实类蔬菜上大力推广应用,能够获得最大的经济效益。

表6 腐植酸水溶肥料对两类蔬菜经济效益分析

Tab.6 Economic benefit analysis of humic acid water-soluble fertilizer into two kinds of vegetables

处理	产量 (kg/亩)	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	人工成本 (元/亩)	成本增加值 (元/亩)	收益增加值 (元/亩)	纯利润 (元/亩)	产投比	
菠菜	CK	1809.77	6515.17	0	0	0	0	—	
	T	2134.40	7683.84	83	90	173	1168.67	6.76 : 1	
	CF	1892.03	6811.31	0	90	90	296.14	3.30 : 1	
油菜	CK	1336.80	5347.20	0	0	0	0	—	
	T	1451.67	5806.68	83	90	173	459.48	2.66 : 1	
	CF	1346.97	5387.88	0	90	90	40.68	0.45 : 1	
番茄	CK	8716.40	43582.00	0	0	0	0	—	
	T	9243.50	46217.50	133	90	223	2635.50	2412.50	11.8 : 1
	CF	8742.33	43711.65	0	90	90	129.65	39.65	1.44 : 1
辣椒	CK	2604.50	14064.30	0	0	0	0	—	
	T	2896.67	15642.02	133	90	223	1577.72	1354.72	7.07 : 1
	CF	2614.00	14115.60	0	90	90	51.30	-38.70	0.57 : 1

注:(1)各处理成本包括肥料成本和人工成本,肥料成本参考腐植酸水溶肥料市场价格50元/升,两类蔬菜喷施3次腐植酸水溶肥料。人工施肥成本每人每天100元,每次用工0.3天,共用0.9个工计算。收益主要按照菠菜3.6元/kg、油菜4.0元/kg、番茄5.0元/kg、辣椒5.4元/kg计算。(2)产值=产量×蔬菜价格;成本增加值=(施肥处理肥料成本+施肥处理人工成本)-(对照处理肥料成本+对照处理人工成本);收益增加值=施肥处理产值-对照处理产值;纯利润=收益增加值-成本增加值;产投比=收益增加值/成本增加值。

### 3 讨论

早在20世纪70年代,我国就开始了腐植酸资源的研究,并将腐植酸应用于农业生产<sup>[7]</sup>。目前,我国蔬菜生产中普遍存在着化肥施用过量、利用率低,氮磷钾比例失调,有机肥施用量不高,微

量元素施用不当等现象<sup>[8]</sup>。在蔬菜生产过程中喷施腐植酸水溶肥料可起到促进蔬菜生长发育,提高产量<sup>[9]</sup>,增加经济效益等作用。其主要原因:一是腐植酸水溶肥料可促进作物对养分的吸收、提高肥料利用率。腐植酸通过提高植物细胞膜和原生质的透性,促进蔬菜对氮、磷、钾等营养元素的吸收和利

用<sup>[10]</sup>，同时通过提高过氧化氢酶的活性提高植物的代谢水平，促进蔬菜作物根系的发育，提高根系活力<sup>[11, 12]</sup>，从而增强蔬菜的生长势头，提高产量。二是腐植酸水溶肥料能够促进土壤微生物代谢和繁殖以及多种酶的活性<sup>[13, 14]</sup>，调节土壤的酸碱性，提高土壤保持肥水、通气等的的能力，增加土壤有机质含量<sup>[15]</sup>，提升土壤肥力，为蔬菜生产创造一个更适宜生长的土壤环境。三是腐植酸水溶肥料可以提高蔬菜抗逆性。叶面喷施腐植酸水溶肥料可缩小气孔，减少水分散失，提高蔬菜抗旱性<sup>[16]</sup>；腐植酸表面活性较大，可增强植物细胞的渗透性和膨胀性，增加细胞液浓度，从而提高植物抗寒性<sup>[17]</sup>；腐植酸的活性官能团可形成氧化还原体系，使植株在受涝情况下仍然保持呼吸能力，不会出现缺氧，从而有效增强植物抗涝性<sup>[7]</sup>。因此，施用腐植酸水溶肥料能够使蔬菜保持较好的生长状态，稳定蔬菜产量和质量，从而保证农民的经济收入，同时又可以降低蔬菜生产中的化肥用量，提高肥料利用率，对蔬菜产业的绿色可持续发展具有重要意义。

#### 4 结论

综上所述，蔬菜种植田间小区试验表明，在鲁中地区试验地土壤条件下，在菠菜和油菜等叶菜类蔬菜生长期每亩喷施腐植酸水溶肥料 1.667 L，在番茄和辣椒等果实类蔬菜上每亩喷施腐植酸水溶肥料 2.667 L，可以有效改善鲁中地区两类设施蔬菜的生物学性状，促进蔬菜生长，提高蔬菜的商品性，蔬菜产量有较大提高，经济效益显著。通过对两类蔬菜产量、产值和产投比等比较分析发现，与菠菜和油菜等叶菜类蔬菜相比，在鲁中地区辣椒和番茄等果实类蔬菜上施用腐植酸水溶肥料可以实现更大幅度的增产效果，获得更高的经济效益。因此，建议在鲁中地区设施蔬菜上推广施用腐植酸水溶肥料，尤其是在果实类蔬菜上大力推广应用。

#### 参考文献

[1] 刘妮, 梁菁华, 葛鸿. 陕西省有机肥研究发展现状及

建议[J]. 农业与技术, 2015, 35(1): 50 ~ 51.

[2] 焦丁华, 袁卫建, 彭春根. 井龙有机肥肥效试验初报[J]. 现代园艺, 2014(23): 4 ~ 5.

[3] 高佑花, 许兴丽, 孔令英, 等. 鲁南地区苹果园施肥存在的问题与对策[J]. 果农之友, 2016(7): 18 ~ 19.

[4] 安绪华, 丁文峰, 闫宏, 等. 有机肥在苹果生产中的应用效果研究[J]. 中国果菜, 2019, 39(11): 72 ~ 75, 91.

[5] 史常亮, 朱俊峰. 我国粮食生产中化肥投入的经济评价和分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(9): 57 ~ 63.

[6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[7] 王平. 腐植酸对氮肥转化、损失及油菜生长的影响[D]. 山东农业大学硕士学位论文, 2018.

[8] 申沐京. 腐植酸复合液肥对设施辣椒施用效果初探[D]. 河南农业大学硕士学位论文, 2016.

[9] 付保东. 腐植酸在土壤改良中的应用研究进展[J]. 防护林科技, 2016(3): 83 ~ 84.

[10] 赵国林, 阎晗, 刘志伟, 等. 腐植酸类复混肥料的应用前景[J]. 现代化农业, 2000(9): 13 ~ 15.

[11] 袁秀云, 张仙云. 不同肥料对烤烟根系发育及其生理活性的影响[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2002, 16(3): 64 ~ 68.

[12] 刘增祥. 腐植酸作为刺激素在农业上应用的效果及其稳定性[J]. 腐植酸, 1985(3): 1 ~ 5.

[13] 王瑞霞. 腐植酸与土壤酶活性[J]. 腐植酸, 1988(3): 27 ~ 28.

[14] 丰娟. 腐植酸及腐植酸类肥料的应用进展[J]. 宜春学院学报, 2009, 31(6): 103 ~ 107.

[15] 王曰鑫, 侯宪文. 腐植酸对土壤中无机磷活化效应的研究[J]. 腐植酸, 2005(2): 7 ~ 14.

[16] 杨玉红, 康宗利, 邹德乙, 等. 腐植酸复合肥对草莓增产作用的几种生理效应[J]. 腐植酸, 2002(3): 29 ~ 32.

[17] Vaughan D, Linehan D J. The growth of wheat plants in humic acid solution under axenic condition[J]. Plant and Soil, 1976(44): 445 ~ 449.