



腐植酸优化营养套餐肥对黄瓜生长、产量及土壤理化性质的影响

乔新健¹ 冯广祥² 乔生²

1 中国石油大学(华东) 化学化工学院 青岛 266000

2 北京澳佳生态农业股份有限公司 北京 101127

摘要: 以黄瓜为试验材料, 对比了常规施肥、常规施肥+腐植酸生物有机肥、腐植酸优化营养套餐肥对黄瓜生长、产量及土壤理化性质的影响。结果表明: 相较于常规施肥处理, 全程施用腐植酸优化营养套餐肥处理植株长势最好, 土壤理化性质得到显著改善, 土壤有机质含量增加 1.6 g/kg, 土壤速效氮、磷、钾含量分别提高 16 mg/kg、8 mg/kg 和 3 mg/kg, 土壤容重降低 0.06 g/m³, 土壤 pH 提高 0.4 个单位; 黄瓜产量最高, 达 5805.8 kg/亩, 较常规施肥处理增加 1188.9 kg/亩, 增产率 25.7%, 经济效益增加 951.12 元/亩; 常规施肥+腐植酸生物有机肥次之, 较常规施肥处理增产 744.5 kg/亩, 增产率 16.1%, 增产增收效果明显。

关键词: 腐植酸; 优化营养; 黄瓜

中图分类号: TQ314.1, S436

文章编号: 1671-9212(2024)05-0031-06

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.05.004

Effects of Humic Acid Optimized Nutrition Package Fertilizer on the Growth and Yield of Cucumber and the Soil Physicochemical Properties

Qiao Xinjian¹, Feng Guangxiang², Qiao Sheng²

1 College of Chemistry and Chemical Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao, 266000

2 Beijing Aojia Ecological Agriculture Co. Ltd., Beijing, 101127

Abstract: The effects of conventional fertilization, conventional fertilization coupled with humic acid bio-organic fertilizer, and humic acid optimization nutrition package fertilizer on the growth and yield of cucumber and the soil physicochemical properties were compared using cucumber as experimental material. The results showed that, compared with the conventional fertilization treatment, the application of humic acid optimization nutrition package fertilizer treatment had the best plant growth, soil physical and chemical properties were significantly improved, soil organic matter content was increased by 1.6 g/kg, while available nitrogen, phosphorus and potassium contents rose by 16 mg/kg, 8 mg/kg and 3 mg/kg, respectively. Additionally, soil bulk density was decreased by 0.06 g/m³ whereas pH was increased by 0.4 units. Cucumber yield reached its best at 5805.8 kg/667 m² under this treatment, which was an increase of 1188.9 kg/667 m² compared with conventional fertilization. This resulted in a yield increase by 25.7% and an income increase by 951.12 yuan/667 m². The treatment involving conventional fertilization combined with humic acid bio-organic fertilizer had the second best plant growth, which increased production by 744.5 kg/667 m² compared with conventional fertilization treatment, with a yield increase rate of 16.1%, demonstrating

[收稿日期] 2023-10-05

[作者简介] 乔新健, 男, 1991 年生, 工程师, 主要从事腐植酸类物质的改性和腐植酸功能性材料的研发, E-mail: qiao19911001@163.com。



remarkable effects in both production and economic benifit.

Key words: humic acid; optimal nutrition; cucumber

腐植酸肥料具有改良土壤、促进作物生长、增强植物抗病力、提高作物产量与品质等作用^[1~5],尤其对植物根系生长有显著促进作用^[6]。黄瓜是我国重要的蔬菜作物之一,在蔬菜周年均衡供应和乡村振兴中发挥着重要作用^[7]。为探索不同腐植酸产品配合(腐植酸优化营养套餐肥)施用对农作物不同生长阶段的肥效影响,2021年北京澳佳生态农业股份有限公司与农业农村部耕地质量监测保护中心合作,在山东省沂南县全国最大黄瓜生产基地开展腐植酸优化营养套餐肥黄瓜试验示范,结果显示腐植酸优化营养套餐肥不仅有效提高了土壤有机质和有效养分的含量,还改善了土壤 pH,显著提升了黄瓜产量,每亩增产 21.9%,尤其在试验后期,处理区的黄瓜表现出显著的抗病害性。为了进一步验证腐植酸优化营养套餐肥在黄瓜上的使用效果,

本试验在 2021 年基础上,对比了腐植酸优化营养套餐肥与常规施肥、常规施肥+腐植酸生物有机肥的使用效果,以为腐植酸优化营养套餐肥在黄瓜上大面积推广应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间

2022 年 6 月 29 日—9 月 12 日。

1.2 试验地块及概况

试验地位于黄瓜主产区山东省临沂市沂南县苏村镇陈家庄村。试验地点交通便利、易于观察和管理,地块肥力中等、排灌方便、农户种植水平与当地生产水平相近。在试验前进行土壤样品采集,采样深度 0 ~ 20 cm,供试土壤分析结果见表 1。

表 1 试验前试验地土壤分析结果

Tab.1 Soil analysis results of the test site before the experiment

土壤类型	有机质 (g/kg)	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
砂质壤土	13	72	64	90	6.2

1.3 供试肥料

1.3.1 试验肥料

腐植酸复合肥(15-15-15,腐植酸含量 $\geq 3\%$)、腐植酸生物有机肥(商品名:育婴房,腐植酸 $\geq 25\%$ 、有益活菌数 5 亿/克、 $N+P_2O_5+K_2O \geq 5\%$)、含腐植酸复合微生物菌剂(商品名:壤动 FT,腐植酸 ≥ 200 g/L、有益活菌数 0.2 亿/克)、腐植酸螯合肥(18-9-18,腐植酸含量 $\geq 3\%$)、腐植酸液体肥(商品名:福田莱,腐植酸 ≥ 100 g/L, $N+P_2O_5+K_2O \geq 200$ g/L)、腐植酸水溶肥(16-6-30,腐植酸含量 $\geq 3\%$)等,试验肥料由北京澳佳生态有限公司生产并提供。

1.3.2 对照肥料

土杂肥(农家自制堆肥,有机质 $\geq 5\%$)、国产紫牛有机肥($N+P_2O_5+K_2O \geq 12\%$,有机质 $\geq$

90%)、德国 Compu 复合肥(15-15-15)、创迪微生物菌剂(多粘类芽孢杆菌 ≥ 2 亿/克)、德国 Planta 大量元素水溶肥(平衡型 20-20-20 和高钾型 13-6-40)。

1.4 供试作物及栽培方式

供试作物:黄瓜“博新 45”,前茬作物莴笋。

栽培方式:采用大拱棚栽培,起垄,南北向。

2022 年 6 月 29 日,黄瓜苗龄 32 天时定植。大行距 80 cm,小行距 60 cm,株距 35 cm,密度 3800 株/亩。

1.5 试验设计与处理

试验共设 3 个处理,每个处理 3 次重复,随机区组排列,每小区面积 36 m²。

处理 1:对照,常规施肥。

土杂肥 3000 kg/亩+紫牛有机肥 350 kg/亩+德国 Compu 复合肥 30 kg/亩做底肥。移栽时(6 月



29 日)施创迪微生物菌剂 2 次,每次 4 kg/亩。头穗果期(7 月 29 日):滴灌施德国 Planta 大量元素水溶肥(平衡型 20-20-20)2 次,每次 5 kg/亩。盛果期(8 月 10 日):滴灌施 Planta 水溶肥(高钾型 13-6-40)2 次,每次 7.5 kg/亩。

处理 2:常规施肥+腐植酸生物有机肥。

土杂肥 3000 kg/亩+紫牛有机肥 350 kg/亩+腐植酸复合肥 30 kg/亩做底肥。移栽时(6 月 29 日)使用腐植酸生物有机肥 80 g/株;定植期、缓苗期分别使用含腐植酸复合微生物菌剂滴灌 1 次,每次用量 2 L/亩,每次 2 L/亩。头穗果期(7 月 29 日):含腐植酸复合微生物菌剂叶喷 2 次,每次用量 50 g/亩,兑水稀释 1000 倍。盛果期(8 月 10 日):含腐植酸复合微生物菌剂叶喷 1 次,用量 50 g/亩,兑水稀释 1000 倍。

处理 3:腐植酸优化营养套餐。

腐植酸生物有机肥 500 kg/亩+腐植酸螯合肥 50 kg/亩做底肥。移栽时(6 月 29 日)使用腐植酸生物有机肥 80 g/株;定植期、缓苗期分别使用含腐植酸复合微生物菌剂滴灌 1 次,每次用量 2 L/亩。头穗果期(7 月 29 日):腐植酸液体肥 10 kg/亩+含腐植酸复合微生物菌剂滴灌 2 L/亩。盛果期(8 月 10 日):腐植酸液体肥 10 kg/亩和腐植酸水溶肥 7.5 kg/亩各 1 次;含腐植酸复合微生物菌剂叶喷 3 次,用量 50 g/亩,兑水稀释 1000 倍。

3 个处理所选用的施肥成本一致。另外该地田间管理的自动化与智能化比较完善,节省人工成本,使人工成本与田间管理的费用基本一致。

1.6 测定方法

1.6.1 土壤样品采集与检测

试验示范前后进行土壤样品采集,采用五点取样法在每个小区内对黄瓜根系临近区域土壤进行采集,采样深度 0 ~ 20 cm,将所采集的土样在实验室中依次进行风干、研磨,将经过研磨后的土样过 1 mm 孔筛后留样待测。

土壤有机质和速效氮测定^[8]:使用盐酸除去土样中的无机碳,在真空条件下烘干去除剩余盐酸,将经处理后的土样放入球磨机研磨 5 min 后取出,用元素分析仪(VARIO EL cube, Germany)

对其进行分析。土壤速效磷测定^[8]:将土样放入 0.5 mol/L Na_2CO_3 溶液中提取其中的磷离子,再对提取液使用钼锑抗试剂经显色之后进行比色测定速效磷。土壤有效钾测定^[8]:将土样放入 1 mol/L $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液提取其中的钾离子,并使用火焰光度计上测定速效钾含量。土壤容重测定^[8]:使用环刀法取一定体积的土壤,将土壤转移至烘箱中烘干至恒重,根据所得土壤的质量与体积的比值得到土壤的比重;土壤 pH 测定^[8]:采用 CO_2 蒸馏水浸提法,固水比 1 : 2.5,使用 pH 计(雷磁 PHSJ-5T)测定 pH。

1.6.2 黄瓜生长性状及产量测定

黄瓜生长性状测定:分别于 7 月 28 日、8 月 15 日、9 月 12 日,即黄瓜定植后 30、48、76 天,在黄瓜定植区域随机选取 10 株黄瓜,观察测量黄瓜生长性状。7 月 28 日,采用米尺对黄瓜植株的总高度(除去地下根部)、节与节之间的距离、叶片长度、叶片宽度进行测定,确定株高、节间长、叶片长与宽;采用根系分析仪对黄瓜植株根系进行测定,确定根条数与根长;观察黄瓜长势(通过株高,叶片数量、大小、颜色,根系发达程度观察植株长势)。8 月 15 日,观察黄瓜植株叶片颜色、病害(通过植株叶片叶色异常、形状异常、病斑等观察病害情况)、龙头(通过顶端生长点、新叶生长情况观察龙头生长情况),测量黄瓜植株株高、叶片性状(叶长、叶宽、夹角),统计单行结瓜数。9 月 12 日,测量黄瓜植株株高、节间数、节间长、茎粗(采用游标卡尺测定)、功能叶数和根条数和根长等,观察黄瓜表现性状并品尝黄瓜口感。

黄瓜产量测定:每小区 3 畦 6 行,抽取中间 2 行,全部采收称重并记录,获得各小区产量。

1.7 数据分析

使用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据整理与计算。

2 结果与分析

2.1 不同处理对黄瓜生长性状的影响

自黄瓜定植后,共进行 3 次观测。7 月 28 日,



对黄瓜植株生长性状进行第 1 次观测, 结果见表 2。可以看出, 以处理 3 效果最好, 与处理 1 相比, 株高增加 16.7%, 节间长增加 24.0%, 根系条数增加 61.5%, 根系长度增加 13.3%, 差异均达到显著水平; 第 2 叶叶宽和第 3 叶叶长差异达到显著水平, 但第 2 叶叶长和第 3 叶叶宽未达到显著水平。处理 3 与处理 2 相比, 第 3 叶叶长、根系条数、根系长

度分别增加 5.9%、31.3%、13.3%, 差异达显著水平。处理 2 与处理 1 相比, 在株高、节间长、根系条数上分别提升 12.5%、22.0%、23.0%, 差异达到显著水平; 叶面大小指标中仅第 2 叶叶宽差异达到显著水平。

观察对比 3 个处理的长势, 处理 3 和处理 2 长势健壮, 处理 1 中庸。

表 2 7 月 28 日观测数据
Tab.2 Observational data on 28 July

处理 编号	株高 (cm)	节间长 (cm)	第 2 叶		第 3 叶		根系		长势
			叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	条数 (条)	长度 (cm)	
1	24.0b	5.0b	16.0a	19.0b	16.0b	21.0a	13c	15b	中庸
2	27.0a	6.1a	16.0a	20.5a	16.0b	21.0a	16b	15b	健壮
3	28.0a	6.2a	16.0a	20.5a	17.0a	21.5a	21a	17a	健壮

注: 表中同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

8 月 15 日, 对黄瓜植株生长性状进行第 2 次观测, 结果见表 3。此时, 黄瓜进入结瓜盛期, 营养需求大。处理 3 表现出较好效果, 与处理 1 相比, 株高增加 12.9%, 叶片深绿、大小均匀、夹角合理, 病害轻, 龙头强, 单行结瓜数增加 29.4%, 各指标差异均达显著水平; 处理 3 与处理 2 相比, 株高增

加 9.4%, 叶片深绿、大小均匀、夹角合理, 龙头强, 单行结瓜数增加 16.5%, 各指标差异均达显著水平; 处理 2 与处理 1 相比, 株高增加 3.2%, 叶片颜色和大小差异不大、夹角较合理, 病害轻, 龙头较强, 单行结瓜数增加 11.1%, 其中株高、叶片夹角、单行结瓜数差异均达显著水平。

表 3 8 月 15 日观测数据
Tab.3 Observational data on 15 August

处理 编号	株高 (cm)	中部叶片表现				叶片病害	龙头	单行结瓜数 (个)
		叶长 (cm)	叶宽 (cm)	夹角 ($^{\circ}$)	颜色			
1	155.0c	27.0b	31.0b	55a	绿	较重	弱	18.0c
2	160.0b	27.0b	31.0b	50b	绿	轻	较强	20.0b
3	175.0a	29.0a	33.0a	45c	深绿	轻	强	23.3a

9 月 12 日, 对黄瓜植株生长性状进行第 3 次观测, 结果见表 4。此时, 黄瓜已经拉秧。3 个处理之间在株高、节间总数、功能叶片数、根系条数和长度上差异均达显著水平, 节间均长、茎粗差异未达显著水平。其中, 处理 3 与处理 1 相比, 株高增加 4.9%, 节间总数增加 10.3%, 功能叶片数增加 17.6%, 根系条数增加 71.4%, 根系长度增加 16.7%; 处理 3 与处理 2 相比, 株高增加 3.2%, 节

间总数增加 7.5%, 功能叶片数增加 11.1%, 根系条数增加 20%, 根系长度增加 7.7%; 处理 2 与处理 1 相比, 株高增加 1.6%, 节间总数增加 2.6%, 功能叶片数增加 5.9%, 根系条数增加 42.9%, 根系长度增加 8.3%。

从黄瓜的商品性来看, 处理 1 弯瓜多, 口感一般; 处理 2 瓜条较直, 口感一般; 处理 3 瓜条直、有光泽、甜味浓郁、口感好。



表 4 9 月 12 日观测数据
Tab.4 Observational data on 12 September

处理 编号	株高 (cm)	节间		茎粗 (cm)	功能叶片数 (片)	根系		瓜商品性	
		总数(个)	均长(cm)			条数(条)	长度(cm)	表观	口感
1	305.0c	39c	7.8a	0.88a	17c	7c	24c	弯瓜多	一般
2	310.0b	40b	7.8a	0.90a	18b	10b	26b	较直	一般
3	320.0a	43a	7.5a	0.90a	20a	12a	28a	直,有光泽	甜

2.2 不同处理对土壤理化性质的影响

不同处理对种植黄瓜前后土壤理化性质的影响见表 5。与种植前土壤相比,处理 3 种植后土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾、pH 分别增加了 2.1 g/kg、26 mg/kg、17 mg/kg 和 15 mg/kg、0.4 个单位,土壤容重降低了 0.06 g/m³。种植后处理 3 土壤理化性质最优,与处理 2 相比,速效氮、速效磷、pH 分别增加了 5 mg/kg、5 mg/kg、0.2 个

单位,容重降低了 0.06 g/m³,差异均达到显著水平;与处理 1 相比,有机质、速效氮、速效磷、速效钾、pH 分别增加 1.6 g/kg、16 mg/kg、8 mg/kg、3 mg/kg、0.4 个单位,容重降低了 0.06 g/m³,差异均达到显著水平。处理 2 与处理 1 相比,有机质、速效氮、速效磷、速效钾、pH 分别增加 1.2 g/kg、11 mg/kg、3 mg/kg、3 mg/kg、0.2 个单位,差异均达到显著水平。

表 5 不同处理对黄瓜种植前后土壤理化性质的影响
Tab.5 Effects of different treatments on soil physical and chemical properties of cucumber before and after planting

处理 编号	有机质(g/kg)		速效氮(mg/kg)		速效磷(mg/kg)		速效钾(mg/kg)		容重(g/m ³)		pH	
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
1	13.0	13.5b	72	82c	64	73c	90	102b	1.41	1.41a	6.2	6.2c
2	13.0	14.7a	72	93b	64	76b	90	105a	1.41	1.41a	6.2	6.4b
3	13.0	15.1a	72	98a	64	81a	90	105a	1.41	1.35b	6.2	6.6a

2.3 不同处理对黄瓜产量影响

不同处理对黄瓜产量的影响见表 6。处理 3 较处理 1 增产 1188.9 kg/ 亩,增产率 25.7%,差异显著;处理 3 较处理 2 增产 444.4 kg/ 亩,增产率 8.29%,差异显著。处理 2 较处理 1 增产 744.5 kg/ 亩,增

产率 16.1%,差异显著。结合当地实际,按试验期间黄瓜价格每千克 0.8 元计算,扣除肥料成本、人工成本等,处理 3 增收效果最明显,比处理 1 增收 951.12 元 / 亩,比处理 2 增收 355.52 元 / 亩,处理 2 比处理 1 增收 595.60 元 / 亩。

表 6 不同处理对黄瓜产量和经济效益的影响
Tab.6 Effects of different treatments on yield and economic benefit of cucumber

处理 编号	区组(kg)				亩产量 (kg)	增产量 (kg/ 亩)	增产率 (%)	产值 (元 / 亩)	增加效益 (元 / 亩)
	I	II	III	平均					
1	83.4	81.6	84.4	83.1c	4616.9	—	—	3693.52	—
2	96.3	95.5	97.7	96.5b	5361.4	744.5	16.1	4289.12	595.60
3	105.1	102.2	106.2	104.5a	5805.8	1188.9	25.7	4644.64	951.12



3 结论与讨论

本试验中, 黄瓜全程施用腐植酸优化营养套餐肥对改良土壤理化性质、促进黄瓜植株生长、改善黄瓜品质、提高黄瓜产量和经济效益等方面效果显著。施用腐植酸优化营养套餐肥黄瓜亩产量达 5805.8 kg/亩, 较常规施肥、常规施肥+腐植酸生物有机肥分别增产 25.7%、8.29%, 且与两者均达到显著差异。黄瓜经济效益较常规施肥、常规施肥+腐植酸生物有机肥分别增加 951.12、355.52 元/亩。

本试验中, 黄瓜全程施用腐植酸优化营养套餐肥较常规施肥, 可显著提高土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾含量, 降低土壤容重, 提高土壤 pH。因当地土壤 pH 略低, 本试验施用 pH 约为 7.5 的腐植酸优化营养套餐肥, 可有效调整土壤 pH 至中性。

本试验中, 黄瓜全程施用腐植酸优化营养套餐肥效果显著的原因, 可能是因为该套餐肥不仅满足了黄瓜各生长阶段对养分的需求, 而且充分发挥了腐植酸刺激作物生长尤其是对根系生长的刺激作用。施用腐植酸优化营养肥, 与常规施肥相比, 在生长周期前期黄瓜株高、根系条数分别增加 16.7%、61.5%; 生长周期中期黄瓜株高、单行结果数分别增加 12.9%、29.4%; 生长周期后期黄瓜株高、功能叶片数、根系条数、根系长度分别增加 4.9%、17.6%、71.4%、16.7%; 整个生长周期内根系条数

平均增加 66.4%, 根系发达, 是黄瓜高产优质的关键。

参考文献

- [1] Nardi S, Pizzeghello D, Muscolo A, et al. Physiological effects of humic substances on higher plants[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2002, 34(11): 1527 ~ 1536.
- [2] 李昱瑾, 刘庆花, 梁斌, 等. 腐植酸型功能肥料对酸化果园土壤理化性质和苹果树生长的影响[J]. 山东农业科学, 2020, 52(4): 92 ~ 97.
- [3] 吕玮, 李玉环, 张军, 等. 基于不同腐植酸供应水平下小麦叶片理化参数及其光谱响应分析[J]. 华北农学报, 2017, 32(5): 232 ~ 238.
- [4] 王晓琳, 尹书剑, 张卓亚, 等. 黄腐植酸浸种对杂草稻胁迫下栽培稻生理功能的调控[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 556 ~ 562.
- [5] 李凯畅, 马雪, 张栋. 腐植酸套餐肥在设施黄瓜上的应用[J]. 腐植酸, 2023(1): 32 ~ 37.
- [6] 冷茂林, 诸葛玉平, 杨全刚, 等. 不同浓度和分子量腐植酸对玉米幼苗根系和抗氧化系统的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(2): 100 ~ 109.
- [7] 周杰, 夏晓剑, 胡璋健, 等. “十三五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J]. 中国蔬菜, 2021(10): 20 ~ 34.
- [8] 鲍士旦. 土壤农业化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

理事长新语：因应化肥说出腐植酸的话

——新时期确立“有机-无机营养供给理论”和“腐植酸有机-无机营养供给理论”十分重要

化肥是农事的当家肥, 化肥爆裂土壤也是事实。“要么化肥好, 要么化肥不好”, 破除“二元无解”的魔咒在此一举。化肥本身没问题(排除生产降耗等因素), 怎么使用需要变。化肥定义为“养分材料”比较好。化肥之于土, 无土不存。土壤之于肥, 无养不生。化肥是植物养分外供最大的“给养库”; 腐植酸是土壤最大的“储碳库”, 还是判断土壤肥力的“金标准”。“让腐植酸从土壤中来回到土壤中去”, 是我们主观作为的着力处。确立“有机-无机营养供给理论”和“腐植酸有机-无机营养供给理论”的“两机理论”, 是指导中国农业和世界农业可持续发展的“福音”。发展气候农业, 让“两机”再造, 通过黑色腐植酸、腐植酸低碳肥料大量投放, 功在当代、利在千秋。

(2018 年 3 月 29 日曾完成题)