

不同土壤调理剂对酸化土壤改良及在黄瓜品质和产量上的应用效果

周丽^{1,2} 高进华^{1,2,3} 解学仕^{1,2,3} 王婷婷^{1,2} 吴文涛^{1,2} 李元峰¹ 曾希柏¹

1 史丹利农业集团股份有限公司 临沂 276700

2 山东省绿色肥料技术创新中心 临沂 276700

3 蚯蚓测土实验室(山东)有限公司 临沂 276700

摘 要: 为探索土壤调理剂对酸化土壤养分及黄瓜产量和品质的影响,在酸化严重的黄瓜大棚进行了试验。结果表明,与对照相比,施用含硅钾钙土壤调理剂、含腐植酸土壤调理剂能显著增加土壤有机质含量,分别提高了 7.27% 和 8.18%;与传统土壤调理剂处理相比,施用含腐植酸土壤调理剂处理的土壤速效磷含量、速效钾含量分别提高了 6.40% 和 14.86%,且能够显著降低土壤容重,改良效果最好。与含硅钾钙土壤调理剂处理相比,施用含腐植酸土壤调理剂的黄瓜 Vc、可溶性固形物、可溶性糖含量分别提高了 7.53%、7.33%、7.79%,产量和品质显著提高,且增产率最高。综上,含腐植酸土壤调理剂可有效改良酸化土壤,提升黄瓜产量和品质,可在酸化土壤改良方面进行推广应用。

关键词: 腐植酸;土壤调理剂;酸化土壤;黄瓜

中图分类号: S156.2, TQ314.1 文章编号: 1671-9212(2024)01-0040-05

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.01.005

Application Effects of Different Soil Conditioner on Improving Acidified Soil, Quality and Yield of Cucumber

Zhou Li^{1,2}, Gao Jinhua^{1,2,3}, Xie Xueshi^{1,2,3}, Wang Tingting^{1,2}, Wu Wentao^{1,2}, Li Yuanfeng¹, Zeng Xibai¹

1 Stanley Agricultural Group Co. Ltd., Linyi, 276700

2 Shandong Green Fertilizer Technology Innovation Center, Linyi, 276700

3 Q In Soil Texting Lab (Shandong) Co. Ltd., Linyi, 276700

Abstract: In order to study the effects of soil conditioners on soil nutrients and cucumber yield and quality, the experiment was carried out in severely acidified cucumber greenhouse. Compared to the control group, the application of silicon-potassium soil conditioner and humic acid soil conditioner significantly increased the content of organic matter in soil by 7.27% and 8.18%, respectively. Compared to the traditional soil conditioner, the application of humic acid soil conditioner increased the content of available phosphorus and available potassium by 6.40% and 4.86%, respectively, and decreased significantly the bulk density of the soil. Compared to the silicon-potassium soil conditioner, the Vc content, soluble solids and soluble sugars were increased by 7.53%, 7.33% and 7.79%, respectively. The yield and quality of cucumber were significantly

[基金项目] 山东省重点研发计划(科技示范工程)项目—智慧型土壤健康产品配置体系构建与技术集成示范(项目编号 2022SFGC0303);山东省泰山产业领军人才项目—耕地健康保育投入品的研制与应用(项目编号 TSRC202306091)。

[收稿日期] 2023-09-22

[作者简介] 周丽,女,1980年生,高级工程师,主要从事新型肥料研究开发及肥效试验研究,E-mail: zhouli@shidanli.cn。



increased when humic acid soil conditioners were applied, and the yield was the highest. In conclusion, humic acid soil conditioner could effectively improve the acidified soil, increase the yield and quality of cucumber, and be suggested to use in the field of soil improvement.

Key words: humic acid; soil conditioner; acidified soil; cucumber

腐植酸影响着矿物迁移积累、碳循环、土壤肥力和生态平衡等，且在农业生产、碳减排、土壤修复和环境保护等方面具有很大的应用潜能^[1, 2]。近年来，以腐植酸为基础物料的调理剂研发与应用较多，作为腐植酸土壤调理剂，一方面其添加的腐植酸物质，施入土壤以后可以增加土壤有机质含量，形成弱酸缓冲体系，维持土壤酸碱平衡，改善土壤理化性状；另一方面，添加了钙、镁、硅等矿物成分，对提高土壤阳离子交换容量、降低盐碱化程度具有重要作用^[3 ~ 5]。为探索不同土壤调理剂对酸化土壤养分及黄瓜产量及品质的影响，以不施土壤

调理剂为对照，设置 3 种不同类型的土壤调理剂，在酸化严重的黄瓜大棚进行了试验，研究土壤养分和黄瓜产量的变化特征。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验在山东省临沂市兰陵县温室黄瓜大棚进行，种植年限 12 年，大棚长 70 m、宽 7 m、脊高 3 m，土壤类型为潮土。施肥前进行基础土样的采集并对供试土壤的基础指标进行了检测，其结果见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性状

Tab.1 Basic physical and chemical properties of the tested soil

有机质 (%)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH	交换性酸 (cmol/kg)	电导率 EC (mS/cm)	容重 (g/cm ³)	全盐量 (g/kg)
1.11	89.5	30.5	385.9	4.21	1.10	0.50	1.50	4.12

注：0 ~ 20 cm 土壤团粒结构组成：>2.0 mm 土粒占 10.43%，2.0 ~ 1.0 mm 土粒占 9.45%，1.0 ~ 0.5 mm 土粒占 6.01%，0.5 ~ 0.25 mm 土粒占 13.26%，<0.25 mm 土粒占 60.85%。

1.2 试验材料

供试作物：黄瓜，品种为“乾德二号”，定植密度为 300 株 / 亩。

传统土壤调理剂：生石灰，主要成分是 CaO，CaO≥52%。

含硅钾钙土壤调理剂：史丹利农业集团股份有

限公司提供，主要成分是 K₂O≥4%、CaO≥32%、SiO₂≥30%，粉状。

含腐植酸土壤调理剂：史丹利农业集团股份有
限公司提供，主要由腐植酸、生石灰和钙镁磷肥、
含钾酸硅盐矿物等材料复配制成，粉状，其基本性
质见表 2。

表 2 含腐植酸土壤调理剂基本性质

Tab.2 Basic properties of humic acid soil conditioner

有机质 (%)	总腐植酸 (%)	游离腐植酸 (mg/kg)	K ₂ O (%)	CaO (%)	P ₂ O ₅ (%)	SiO ₂ (%)	MgO (%)	pH
45.0	27.5	20.2	5	29	6	6	4	12.0

1.3 试验设计

试验共设 4 个处理，以农民常规管理，即不施

用土壤调理剂为对照（CK）；土壤调理剂处理组
分别为 T1、T2、T3，具体设计见表 3。

表 3 黄瓜大棚试验设计
Tab.3 Design of cucumber field experiment

处理	施肥处理	土壤调理剂施用量 (kg/ 亩)
CK	常规施肥, 不施用土壤调理剂	—
T1	常规施肥 + 传统土壤调理剂	40
T2	常规施肥 + 含硅钾钙土壤调理剂	40
T3	常规施肥 + 含腐植酸土壤调理剂	40

每个处理设置 3 次重复, 每个处理占地 3 畦, 同时在试验地周围设置保护行, 一共 15 个种植小区, 每个小区长度为 5 m、宽度为 4 m、垄宽 0.8 m、垄沟宽 0.7 m, 每畦种植 2 行黄瓜, 每畦中黄瓜株距 0.5 m、行距 0.8 m, 每行种植 10 株黄瓜。

常规施肥: 2022 年 4 月 1 日基施肥料, 5 月 3 日、20 日, 6 月 2 日、20 日和 7 月 5 日追肥 5 次, 第一次冲施大量元素水溶肥料(20-20-20)10 kg/亩, 而后每次冲施大量元素水溶肥料(20-10-30)用量 10 kg/亩。在黄瓜种植前, 将各处理所用的土壤调理剂按 40 kg/亩用量一次性施入土壤, 深翻 20 cm, 确保土壤调理剂与土壤混合均匀。之后进行灌水泡田, 每小区灌水量 5 m³, 待水层自然下渗 4 d 后定植。黄瓜定植后每 4 d 灌水一次, 采用沟灌方式进行灌溉, 每次灌水量约 30 ~ 40 mm。采用沟灌方式于初花期、坐果前期、坐果中期、坐果后期进行追肥, 所有处理的除草、农药等其他栽培管理措施统一按照当地管理措施进行。

黄瓜苗于 2022 年 4 月 3 日定植; 每次采收时都按小区单独采收、称重、计产, 其他栽培管理措施同当地农民习惯一致。

1.4 项目测定

1.4.1 土壤样品的采集与测定

在黄瓜成熟期时, 采用五点取样法在每个小区内采集黄瓜根际附近的土壤取混合土样, 土壤样品的取土深度分别为 0 ~ 20、20 ~ 40 cm。土壤运回实验室后, 过滤掉土壤中的杂质, 并且自然风干后进行研磨, 研磨后的土壤使用 1 mm 孔筛过滤, 装袋保存用于后续指标测定^[6]。

土壤 pH 值采用去 CO₂ 蒸馏水浸提(土水比 1 : 2.5), 精密 pH 计(TARTER2100)测定。土

壤有机质和全氮测定: 样品用盐酸除去无机碳, 烘干, 真空去除多余盐酸; 去除无机碳的样品用球磨机磨 5 min 后, 用元素分析仪(Vario Max C/n, Elementar, Hanau, Germany)上机测定。土壤有效磷测定: 0.5 mol/L 碳酸钠溶液浸取土壤中的磷离子, 用钼锑抗试剂显色后进行比色测定。土壤有效钾测定: 用 1 mol/L 醋酸铵溶液浸取土壤中的钾离子, 在火焰光度计上测定读数^[6]。

1.4.2 黄瓜植株生长状况、品质及产量测定

黄瓜生长测定: 于 2022 年 6 月 12 日, 黄瓜定植后 60 d, 在黄瓜生长中期选取 15 株黄瓜, 对黄瓜株高、茎粗和叶绿素含量进行原位测量。用米尺测黄瓜植株除去地下根部的总长度确定株高; 用游标卡尺测茎基直径确定茎粗; 用 SPAD 502plus 叶绿素仪测定叶片的叶绿素相对含量, 叶绿素测定用 SPAD 502plus 叶绿素仪测定, 每一株黄瓜顶端往下第四片叶子, 测 3 次取平均值。

黄瓜品质测定: 可溶性固形物含量采用手持折光仪测定; Vc 含量采用 2, 6-二氯酚磺测定法测定; 硝酸盐含量采用紫外分光光度法测定; 可溶性糖含量用蒽酮比色法测定^[7]。

1.5 数据分析

采用 Excel 2016 软件进行数据整理, 使用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据整理, 使用 SPSS12.0 软件进行方差分析和显著性($P < 0.05$)分析。

2 结果与分析

2.1 不同土壤调理剂对土壤理化性质的影响

由表 4 可以看出, 与 CK 相比, T1、T2、T3



处理均可显著提高酸性土壤 pH 值。3 种土壤调理剂施入 0 ~ 30 d 内, 土壤 pH 值均大幅提高, 之后趋于稳定; 施入 240 d 后, 与 CK 相比, T1、

T2 和 T3 处理的土壤 pH 值分别提高 2.42、2.43 和 2.43 个单位, 但 3 种土壤调理剂的效果之间没有显著性差异。

表 4 不同土壤调理剂处理对土壤 pH 值的影响
Tab.4 Effects of different soil conditioners on pH of soil

处理	0 d	30 d	60 d	120 d	240 d
CK	4.21 ± 0.01a	4.21 ± 0.01b	4.21 ± 0.01b	4.21 ± 0.01b	4.21 ± 0.01b
T1	4.21 ± 0.01a	6.63 ± 0.02a	6.63 ± 0.01a	6.63 ± 0.01a	6.63 ± 0.01a
T2	4.21 ± 0.01a	6.64 ± 0.01a	6.64 ± 0.02a	6.64 ± 0.02a	6.64 ± 0.02a
T3	4.21 ± 0.01a	6.64 ± 0.01a	6.64 ± 0.01a	6.64 ± 0.01a	6.64 ± 0.01a

注: 每列中不同小写字母表示差异达显著水平 ($P<0.05$), 下同。

土壤有机质既是植物矿质营养和有机营养的供给源, 也是形成土壤结构的重要因素。因此, 土壤有机质直接影响着土壤的保肥性、保水性、缓冲性、耕性和通气状况等。由表 5 可以看出, 与 CK 相比, T1 生石灰为无机产品, 施入后对土壤有机质含量基本无影响; 而 T2、T3 处理能显著增加土壤有机质含量, 施用后土壤有机质含量分别提高 7.27% 和 8.18%, 差异显著, 但 T2、T3 处理后的有机质含量无显著差异, 表明含腐植酸土壤调理剂和含硅钾钙土壤调理剂均具有一定的土壤培肥功能。

与 CK 处理相比, T1 处理土壤速效磷、速效钾含量稍有升高, 但均未达到显著性差异。与 T1 处理相比, T2、T3 处理土壤速效磷含量分别提高 1.54% 和 6.40%; T2、T3 处理土壤速效钾含量分别提高 12.80% 和 14.86%, 说明 T3 处理能够有效提高土壤速效磷、速效钾的含量; 与 CK 处理相比, T1 处理虽然能够降低土壤容重, 但差异不显著; 与 T1 处理相比, T2、T3 处理能够显著降低土壤容重, 分别降低了 4.10% 和 8.30%, 改良效果达到显著性差异水平。

表 5 不同土壤调理剂处理对土壤理化性质的影响

Tab.5 Effects of different soil conditioners on physical and chemical properties of soil

处理	有机质 (%)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	容重 (g/cm^3)
CK	1.10 ± 0.02b	30.59 ± 1.50b	386.12 ± 4.45b	1.52 ± 0.19a
T1	1.13 ± 0.01b	33.76 ± 1.12b	389.78 ± 4.78b	1.45 ± 0.24a
T2	1.18 ± 0.02a	34.28 ± 0.98a	439.67 ± 4.58a	1.39 ± 0.17b
T3	1.19 ± 0.01a	35.92 ± 0.79a	447.72 ± 3.99a	1.33 ± 0.16b

2.2 不同土壤调理剂对黄瓜生长、品质和产量的影响

2.2.1 不同土壤调理剂对黄瓜生长指标的影响

黄瓜定植 60 d 后, 处理 T1 ~ T3 对黄瓜株高、茎粗、叶片数有一定的促进作用, 其中对黄瓜茎粗作用更明显 (表 6), T2、T3 处理的茎粗较 T1 处理分别提高了 26.73% 和 33.66%。T2、T3 处理叶绿素相对含量无显著差异, 与 CK、T1 处理相比有

显著差异。说明 T2、T3 处理对黄瓜生长指标均优于 CK 和 T1 处理, 但是 T2、T3 处理间无明显差异。

2.2.2 不同土壤调理剂对黄瓜品质的影响

Vc、可溶性固形物、可溶性糖、硝酸盐含量是黄瓜品质鉴定的主要指标。在不同处理下黄瓜的 Vc、可溶性糖、硝酸盐含量差异显著, T1 ~ T3 对硝酸盐含量均有降低作用, 对可溶性糖含量有提高作用 (表 7)。与 CK 相比, T1、T2、T3 处理

Vc 含量分别提高了 5.24%、6.52%、14.55%，硝酸盐含量分别降低了 17.93%、23.37%、25.91%，可溶性糖含量分别提高了 9.34%、13.51%、22.36%。与 T1 相比，T2、T3 处理的 Vc、可溶性糖含量相对较高，差异显著；T3 处理的可溶性固形物含量相对较高，差异显著。T3 比 T2 的 Vc、可溶性固形物、可溶性糖含量分别提高了 7.53%、7.33%、7.79%，差异显著；T3 比 T2 对硝酸盐含量降低率为 3.32%，差异显著，因此 T3 处理的黄瓜口感最好，

品质最高。

2.2.3 不同土壤调理剂对黄瓜产量的影响

从 4 月 3 日黄瓜定植到 9 月 20 日拉秧的过程中分次采收，进行计产，换算成黄瓜的亩产量，并对结果进行统计分析（表 7）。不同处理产量分析表明，施用土壤调理剂的黄瓜产量显著高于 CK，T1、T2、T3 处理增产率分别为 9.22%、17.23%、31.69%，其中 T3 处理增产率最高，各处理之间差异均显著。

表 6 不同土壤调理剂处理对黄瓜生长指标的影响

Tab.6 Effects of different soil conditioners on growth index of cucumber

处理	株高 (cm)	茎粗 (cm)	叶片数 (片)	叶绿素相对含量 (mg/g)
CK	104.4 ± 0.27b	9.64 ± 0.29c	20.2 ± 0.05b	44.1 ± 0.11c
T1	108.4 ± 0.12a	10.1 ± 0.02bc	23.5 ± 0.07a	49.5 ± 0.12b
T2	108.1 ± 0.09a	12.8 ± 0.05a	24.2 ± 0.21a	54.2 ± 0.05a
T3	108.5 ± 0.15a	13.5 ± 0.08a	25.1 ± 0.10a	54.1 ± 0.03a

表 7 不同土壤调理剂处理对黄瓜品质及产量的影响

Tab.7 Effects of different soil conditioners on the quality and yield of cucumber

处理	Vc 含量 (mg/kg)	硝酸盐含量 (mg/kg)	可溶性固形物含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	产量 (kg/亩)	增产率 (%)
CK	161.56 ± 12.02d	263.31 ± 16.89a	4.20 ± 1.19c	4.07 ± 1.21d	13575.91 ± 127.32d	—
T1	170.03 ± 11.32c	216.10 ± 15.45b	4.21 ± 1.12bc	4.45 ± 1.18c	14827.78 ± 97.85c	9.22
T2	172.10 ± 10.67b	201.78 ± 13.23c	4.50 ± 1.11b	4.62 ± 1.09b	15914.77 ± 36.61b	17.23
T3	185.06 ± 10.55a	195.09 ± 13.09d	4.83 ± 1.10a	4.98 ± 1.03a	17877.76 ± 73.01a	31.69

3 结论与讨论

试验结果显示，与 CK 相比，施用传统土壤调理剂（T1）、含硅钾钙土壤调理剂（T2）和含腐植酸土壤调理剂（T3）均可显著提高酸性土壤 pH 值，但 3 种土壤酸化改良剂的效果之间没有显著性差异。施用含腐植酸土壤调理剂的土壤有机质含量，土壤速效磷、速效钾含量较 CK 分别提高了 8.18%、17.4%、16.0%，且能够显著降低土壤容重，较 CK 降低了 12.5%，说明含腐植酸土壤调理剂具有培肥地力、改良土壤的功能。而且试验表明，施用含腐植酸土壤调理剂黄瓜品质最好。

腐植酸施入土壤后能够增加土壤有机质，加速

土壤团粒结构的形成和土壤交换性钾的释放。同时，作为一种酸碱缓冲物质，腐植酸土壤调理剂中的部分腐植酸类物质与土壤中的离子结合成盐，形成缓冲体系，改善土壤理化性状，增加土壤养分含量。由于施用传统土壤调理剂生石灰，还得补充外源的磷素和钾素，而含腐植酸土壤调理剂中的腐植酸施到土壤中减少了土壤中磷的固定和钾的淋失，从而提高土壤速效磷、钾的含量。

试验结果表明，与传统土壤调理剂、含硅钾钙土壤调理剂相比，含腐植酸土壤调理剂不但能够改善土壤的理化性状，增加土壤养分，还能够提高黄瓜产量，改善黄瓜品质。

综上所述，施用腐植酸类土壤（下转第 49 页）



是 KCl 产品处理, 最后分别是 KH_2PO_4 产品处理及 K_2SO_4 产品处理, 但在钾盐浓度方面各产品间无明显规律; 在小麦幼苗主根长方面, 只有腐植酸产品 I、腐植酸产品 II 及 KCl (添加量对应腐植酸产品 I 中 K_2O 含量) 3 个处理起到促进作用, 整体来看, 影响最大的是依旧是腐植酸产品处理, 其次是 KCl 产品处理, 最后分别是 KH_2PO_4 产品处理及 K_2SO_4 产品处理, 体现出相同的钾盐产品随着钾盐浓度的减小表现越佳的规律; 在小麦幼苗主根粗方面, 以 K_2SO_4 (添加量对应腐植酸产品 I 中 K_2O 含量) 处理提升的最多, 为 7.29%, 但由于小麦幼苗主根粗在测定时误差稍大, 不再进行详细分析; 在小麦幼苗单株干重方面, 影响最大的是腐植酸产品处理, 其次是 KCl 产品处理, 最后分别是 KH_2PO_4 产品处理及 K_2SO_4 产品处理, 但在影响小麦单株干重上和钾盐浓度各产品间无明显规律。

综上所述, 仅提供与腐植酸产品等量的 K_2O 含量, 是不能很好地满足小麦幼苗生长的, 要想更好地促进小麦幼苗生长, 腐植酸的作用不可忽视, 尤其是在刺激植物根系生长方面, 腐植酸明显优于其他钾盐类产品。腐植酸通过加强根部呼吸、刺激根细胞的分裂、促进根的生长来实现。一般认为, 腐植酸刺激多糖酶的活化, 使幼年细胞壁中的果胶质分解, 使细胞壁软化, 加快细胞生长, 其中对根细胞的生长影响最大^[1]。Pettit 等^[7]研究表明, 在

(上接第44页) 调理剂在改良酸化土壤、活化土壤养分以及提高农作物产量和品质等方面效果较好, 有利于绿色生态低碳农业的发展, 可推广应用。

参考文献

- [1] 成绍鑫, 韩立新. 腐植酸的低碳效应解析[J]. 腐植酸, 2011(1): 1~7.
- [2] Zhang Y Q, Li Y H, Chang L P, et al. A comparative study on the structural features of humic acids extracted from lignites using comprehensive spectral analyses[J]. RSC Advances, 2020, 10(37): 22002 ~ 22009.
- [3] Nair R, Mohamed M S, Gao W. et al. Effect of carbon

土壤中施用腐植酸和黄腐酸，最终增加植物组织中的养分浓度，从而显著增加了根系的萌发和根系的生长。腐植酸对植物根系吸收养分的促进作用，增强植物抗逆性、促进植物生长以及调控土壤与肥料中的养分转化促进植物生长等方面的作用值得我们深入探究。

参考文献

- [1] 成绍鑫. 腐植酸类物质概论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [2] 黄占斌, 郝文静, 冯泽坤, 等. 腐植酸在土壤改良和污染修复中的应用现状及研究展望[J]. 水土保持通报, 2022, 42 (2): 354 ~ 361, 376..
- [3] 贾贺营. 腐植酸在土壤改良中的应用实践[J]. 新农业, 2021 (14): 60.
- [4] 曾志伟, 周龙, 杨德荣. 腐植酸予化肥提质增效 [J]. 腐植酸, 2021 (2): 8 ~ 16.
- [5] 陈宏, 曹艳, 杨清俊, 等. 不同肥料增效剂对小麦生长发育的影响 [J]. 腐植酸, 2021 (2): 53 ~ 58.
- [6] 孙倩, 孟力力, 李彬, 等. 腐植酸对水培冰草生长及其品质的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2022, 49 (2): 227 ~ 234.
- [7] Pettit R E. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health[J]. CTI Research, 2004, 10: 1 ~ 7.

nanomaterials on the germination and growth of rice plants[J]. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2012, 12(3): 2212 ~ 2220.

- [4] 廖宗文, 刘可星, 毛小云. 腐植酸的三大作用——有机营养、活化、微生物生态调控及其技术开发 [J]. 腐植酸, 2012 (6): 1 ~ 4.
- [5] 杜振宇, 王清华, 刘方春, 等. 腐植酸对钾在褐土中迁移和转化的影响 [J]. 土壤, 2012, 44 (5): 822 ~ 826.
- [6] 吕贻忠, 李保国. 土壤学试验 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.