

不同土壤改良剂对武穴佛手山药连作障碍的防控效果

兰志勇^{1,2}, 周洁¹, 吴金平¹, 郭凤领¹, 闫良³, 翟中兵², 张杰⁴,

(1. 湖北省农业科学院经济作物研究所 武汉 430064; 2. 湖北省武穴市农业农村局 湖北武穴 435400;
3. 黄冈市农业科学研究院 湖北黄冈 438000; 4. 襄阳市农业科学院 湖北襄阳 441000)

摘要:以武穴佛手山药为材料,从山药农艺性状、糊头程度、产量品质以及土壤氮、钾利用率等方面探讨了松土精、哈茨木霉、腐植酸、甲壳素、聚谷氨酸等6种土壤改良剂对武穴佛手山药连作障碍的防控效果。结果表明,6种土壤改良剂都能有效提高氮肥、钾肥的利用率;腐植酸和甲壳素可分别降低山药块茎长度25.75%和21.44%,聚谷氨酸原液可增加山药块茎宽度47.28%,甲壳素可增加块茎厚度35.31%,松土精可增加山药块茎鲜质量13.30%;不同处理山药可溶性蛋白质、维生素C、可溶性糖含量较对照均有明显增加,其中腐植酸和甲壳素显著提高山药品质;6种土壤改良剂可使山药糊头程度较对照降低33.58%~84.38%,商品产量较对照增加3.27%~18.01%。综上所述,土壤改良剂可有效缓解山药连作障碍,实现提质增产,其中松土精最具增产潜力;腐植酸和甲壳素对山药品质的改善具有一定促进作用,聚谷氨酸可显著提高山药商品率。

关键词: 山药; 土壤改良剂; 品质; 产量

中图分类号: S632.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)10-149-07

Prevention and control effects of different soil amendments on continuous cropping obstacles of Wuxue Buddha's Hand yam

LAN Zhiyong^{1,2}, ZHOU Jie¹, WU Jinping¹, GUO Fengling¹, YAN Liang³, ZHAI Zhongbing², ZHANG Jie⁴

(1. Economic Crop Research Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, Hubei, China; 2. Hubei Wuxue City Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Wuxue 435400, Hubei, China; 3. Huanggang Research Institute of Agricultural Sciences, Huanggang 438000, Hubei, China, 4. Xiangyang Research Institute of Agricultural Sciences, Xiangyang 441000, Hubei, China)

Abstract: This experiment utilizes Wuxue Foshou yam as the material to investigate the control effects of six soil amendments, including soil loosening agent, *Trichoderma harzianum*, humic acid, chitin, and polyglutamic acid on the continuous cropping obstacles of Wuxue Foshou yam in terms of agronomic traits, paste-like head degree, yield quality, and soil nitrogen as well as potassium utilization rates. The results indicate that all six soil amendments can effectively improve the utilization rates of nitrogen and potassium fertilizers. Humic acid and chitin can reduce the length of yam tubers by 25.75% and 21.44%, respectively. Polyglutamic acid can increase the width of yam tubers by 47.28%, chitin can increase tuber thickness by 35.31% and soil loosening agent can increase the fresh mass of yam tubers by 13.30%. Compared with the control, the soluble protein, vitamin C, and soluble sugar content of yams treated with different amendments have significantly increased, with humic acid and chitin significantly improving the quality of yams. The six soil amendments can reduce the paste-like head degree of yams by 33.58% to 84.38% compared with the control, and increase the commercial yield by 3.27% to 18.01%. In summary, soil amendments can effectively alleviate the continuous cropping obstacles of yams, achieve quality improvement and yield increase, among which soil loosening agent has the greatest potential for yield increase. Humic acid and chitin have a certain promoting effect on yam quality, and polyglutamic acid can significantly increase the commercial rate of yams.

Key words: Chinese yam; Soil conditioner; Quality; Yield

收稿日期: 2024-03-12; 修回日期: 2024-06-17

基金项目: 湖北省自然科学基金项目(2022CFD092); 湖北省农业科技创新项目(2021-620-000-001-007)

作者简介: 兰志勇, 男, 农艺师, 主要从事农业技术推广工作。E-mail: 19987843@qq.com

通信作者: 吴金平, 女, 研究员, 主要从事特色蔬菜资源挖掘与利用研究。E-mail: 274184394@qq.com

武穴佛手山药为薯蓣科山药属一年生或多年生缠绕性藤本植物,主要分布在湖北省武穴市梅川镇、余川镇及其毗邻的区域,其品种独特,味道鲜美,集食用和保健于一身,是山药中的珍稀品种,有1400多年的种植历史,常年播种面积1333~1667 hm²,产量在2.5万~3.8万 t¹⁻²⁾。武穴佛手山药具有投资少、见效快、收益高等优势,已成为当地带动一方经济、富裕一方百姓的特色产业。但是规模化连作导致山药“糊头”,商品性和产量大幅降低,给武穴山药持续稳定健康发展带来极大的挑战^[3-5]。目前,生产中常采取轮作和休耕等措施缓解连作障碍,但两种措施受区域地理面积限制和市场供求的影响较大,在实际生产中连作重茬依旧很难避免。随着抗重茬土壤改良技术在山药栽培中的广泛应用,土传病害得以控制和缓解,山药增产和商品品质提高效果显著,但也存在投入成本高、操作程序复杂、不同地区不同品种效果不一等问题^[6-8]。

已有研究表明,哈茨木霉、聚谷氨酸、甲壳素、松土精、腐殖酸等土壤改良剂能够有效改善土壤的理化性质,从而有效缓解甜瓜、西瓜、中药材、樱桃番茄

等的连作障碍^[9-14],并显著提高农作物品质。但这些土壤改良剂在山药抗重茬中的应用较少,也鲜有报道。因此笔者以武穴佛手山药为材料,比较分析几种土壤改良剂对武穴山药连作障碍的防控效果,拟筛选出能有效降低糊头程度并提高山药品质和产量的土壤改良剂,以期缓解武穴佛手山药连作障碍,从而助力武穴山药产业高质高效发展。

1 材料与方法

1.1 供试材料及试验田概况

供试品种为武穴佛手山药,由武穴市农二代生态农庄家庭农场提供。试验于2023年3—12月在武穴市余川镇大坝村山药基地内进行,该地属亚热带大陆性季风气候,年平均气温为14.8℃,年均降水量为1333 mm,年均日照时数1 913.5 h,年均太阳辐射量106.799 kJ·cm⁻²^[15]。试验区土壤为砂壤土,前茬作物为水稻,耕层土壤有机质含量(w,后同)2.97 g·kg⁻¹、碱解氮含量32.08 mg·kg⁻¹、速效磷含量79.80 mg·kg⁻¹、速效钾含量114.26 mg·kg⁻¹。供试土壤改良剂来源、施用量(按推荐施用方法和用量)等见表1。

表1 不同土壤改良剂施用方法和用量
Table 1 Application methods and dosage of different soil amendments

处理 Treatment	改良剂 Modifier	施用方法 Application methods
T1	松土精颗粒剂(河北肥源农业科技有限公司) Songtujing granule (Hebei Feiyuan Agricultural Science and Technology Co., Ltd.)	3.5 g·m ⁻² 播种前撒于厢面 Sprinkle 3.5 g·m ⁻² spread on the box surface before sowing
T2	3亿CFU·g ⁻¹ 哈茨木霉可湿性粉剂(美国拜沃股份有限公司) 300 million CFU·g ⁻¹ trichoderma harzianum wettable powder (Baiwo Corporation, USA)	28 g·m ⁻² 播种前撒于厢面 Sprinkled 28 g·m ⁻² on the box surface before sowing
T3	55%腐殖酸颗粒剂(大连九成物产有限公司) 55% humic acid granules (Dalian Ninety Products Co., Ltd.)	90 g·m ⁻² 播种前撒于厢面 Sprinkle 90 g·m ⁻² on the box surface before sowing
T4	50 g·L ⁻¹ 甲壳素有机水溶肥料(大连东岩技术开发有限公司) 50 g·L ⁻¹ chitin organic water-soluble fertilizer (Dalian Dongyan Technology Development Co., Ltd.)	14 mL·m ⁻² 播种前800倍喷施于厢面 800-fold spraying to the box surface of 14 mL·m ⁻² before seeding
T5	4%聚谷氨酸原液(武汉康绿达生物科技有限公司) 4% polyglutamate drug substance (Wuhan Kanglüda Biotechnology Co., Ltd.)	0.14 g·m ⁻² 播种前3000倍喷施于厢面 3000-fold spraying to the box surface of 0.14 g·m ⁻² before seeding
T6	1.5%三板斧聚谷氨酸复合营养液(武汉光华时代生物科技有限公司) 1.5% Sanbanfu polyglutamate compound nutrient solution (Wuhan Guanghua Times Biotechnology Co., Ltd.)	13.8 g·m ⁻² 播种前300倍喷施于厢面 300-fold spraying to the box surface of 13.8 g·m ⁻² before seeding

1.2 试验设计及管理

试验采用随机区组设计,共设置7个处理,土壤改良剂处理6个(T1~T6),1个空白对照处理(CK),每个处理3次重复,共21个小区,小区面积28.89 m²(1.35 m×21.4 m),四周设置保护行。山药播种株行距30 cm×33 cm,厢宽1.05 m,厢沟0.3 m,

平厢起垄,垄高10 cm,山药栽于垄上,深度7~10 cm。参试药剂于2023年3月4日按照推荐施用方法和用量(剂量)在播种前施药,除处理方式不同外,其他栽培管理保持一致。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤样品采集及理化性质测定 土壤样品

在试验前和收获后,分别采用随机五点取样法,采集 0~20 cm 耕层土壤,每个处理 3 次重复,室温下自然风干,进行土壤理化性质分析。按照鲍士旦《土壤农化分析》的方法测定^[16]:采用重铬酸钾容量法——外加热法测定土壤有机质含量;采用钼锑抗显色法测定速效磷含量,采用碱溶液扩散法测定碱解氮(AN)含量;采用火焰原子吸收分光光度法测定速效钾含量。

1.3.2 山药农艺性状的测定 山药收获时,每个小区随机选取 10 株山药,采用直尺测量山药块茎长、宽,块茎长是指山药顶端至山药块茎末端的长度,块茎宽是指山药块茎一侧到另一侧的长度。采用游标卡尺测量块茎厚,块茎厚是山药块茎正面和背面的距离。山药收获时,每个小区随机选取 2.7 m² (1.35 m×2.00 m)块茎,每个处理 3 次重复,除去块茎上的土,用电子天平称量选取小区的块茎鲜质量,求得平均值,然后换算每 667 m²产量。

1.3.3 山药块茎糊头程度的计算 山药收获时,每个小区随机选取 10 株有代表性的块茎,统计各小区地下块茎糊头情况。本试验统计糊头程度,计算公式如下,结果取平均值^[17]。

$$\text{糊头程度}/\% = S_1/S_2 \times 100.$$

式中, S_1 为单个块茎糊头部位面积; S_2 为单个块茎总面积。

1.3.4 山药品质性状测定 山药收获后,各处理挑选完整度高、大小均匀的山药块茎,随机取 3 株山药进行品质测定,采用《中国药典》(2010 版)检测方法测定干物质含量^[18],采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量^[19],采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[19],采用过滤法测定山药粗纤维含量^[20],采用滴定法测定维生素 C 含量^[21],每个样品 3 次重复。

1.3.5 山药商品率的计算 于收获时田间调查山

药品质,并计算山药商品率^[22]。

商品率/ $\%$ = 符合出售条件的山药块茎数量/总块茎数量×100。

1.3.6 单位产值的计算 根据许念芳等^[23]的方法计算山药单位产值。

山药单位产值 = 山药产量×山药商品率×山药均价。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 进行试验数据统计分析并制图,采用 IBM SPSS Statistics 26 进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同土壤改良剂对土壤理化指标的影响

由表 2 可以看出,与 CK 相比,土壤改良剂 T1、T2、T3、T4、T5、T6 处理均显著减少土壤表层碱解氮含量,分别减少 46.92%、46.16%、50.31%、49.23%、55.53%、53.38%,6 种土壤改良剂处理之间碱解氮含量无显著差异。与 CK 相比,土壤改良剂处理后的耕地土壤表层速效磷含量变化差异大,T1、T2、T3、T5 处理显著增加,分别增加 46.04%、40.94%、27.72%、35.59%;T4 处理无显著差异;T6 处理显著降低 9.66%。与 CK 相比,土壤改良剂处理均显著减少土壤表层速效钾含量,T1~T6 分别减少 13.98%、8.68%、27.72%、33.02%、23.86%、23.14%,且 T3、T5、T6 处理之间差异不显著,其他处理间差异显著。与 CK 相比,T3 处理显著提高土壤表层有机质含量,有机质含量为 3.03 g·kg⁻¹,较 CK 增加 5.21%,T5 处理较 CK 有机质含量显著减少 3.13%。综上所述,与 CK 相比,腐殖酸处理(T3)可以提高土壤有机质含量,使用土壤改良剂处理可以显著减少土壤表层碱解氮和速效钾含量,从而有效促进碱解氮和速效钾的利用,提高了肥料利用率,

表 2 不同土壤改良剂对土壤理化指标的影响

Table 2 Effects of different soil amendments on soil physical and chemical indexes

处理 Treatment	w(碱解氮) Alkali-hydrolyzed nitrogen content/(mg·kg ⁻¹)	w(速效磷) Rapidly available phosphorus content/(mg·kg ⁻¹)	w(速效钾) Quick effect potassium content/(mg·kg ⁻¹)	w(有机质) Organic matter content/(g·kg ⁻¹)
CK	75.83±7.286 a	111.02±3.462 d	177.63±0.463 a	2.88±0.013 cd
T1	40.25±6.310 b	162.13±1.882 a	152.80±0.413 c	2.87±0.081 cd
T2	40.83±5.346 b	156.47±2.293 ab	162.22±0.257 b	2.82±0.049 cd
T3	37.68±3.934 b	141.79±3.767 c	128.39±0.196 d	3.03±0.013 a
T4	38.50±4.630 b	114.03±9.374 d	118.97±0.196 e	2.89±0.023 bc
T5	33.72±3.839 b	150.53±2.457 b	135.24±0.385 d	2.79±0.013 d
T6	35.35±1.262 b	100.29±5.618 e	136.53±0.926 d	2.85±0.062 cd

注:同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different treatments at 0.05 level. The same below.

进而提高土壤肥力。

2.2 不同土壤改良剂对山药农艺性状的影响

由表3可以看出,不同土壤改良剂对山药块茎长、块茎宽、块茎厚、块茎鲜质量有不同程度的影响。在块茎长方面,T3、T4、T6处理较CK分别显著减少25.75%、21.44%、14.57%;T1、T2、T5处理山药块茎长与CK无显著差异。在块茎宽方面,T1、T2、T4、T5、T6处理较CK块茎宽表现为显著增加,分别增加24.27%、23.79%、20.10%、47.28%、33.50%,其中T5处理值最大,达15.17cm,且T5与T1、T2、T4之间差异显著,T5较T1、T2、T4高13.78%以上,T3较CK块茎宽有增加但不显著,说明土壤改良剂可以增加山药块茎宽,其中聚谷氨酸原液处理(T5)表现最佳。在块茎厚方面,土壤改良剂处理的块茎厚均高于CK,其中T4处理山

药块茎厚度最大,为26.48cm,较CK显著增加35.31%,其他处理与CK差异不显著,说明土壤改良剂对山药块茎的增粗均有促进作用,其中甲壳素(T4)处理的块茎厚效果最好。在块茎鲜质量方面,T1处理的山药块茎鲜质量最大,为13.03g,较CK显著增加13.30%,其他处理的茎鲜质量均高于CK,但差异不显著,由此说明土壤改良剂可以增加山药块茎鲜质量,松土精(T1)促进山药块茎鲜质量增加的效果最显著。结果表明,与CK相比,土壤改良剂处理可以降低山药块茎长度,增加山药块茎宽度和块茎厚度,提高山药块茎鲜质量,促进山药生长发育,其中,腐植酸(T3)和甲壳素(T4)处理降低山药块茎长、聚谷氨酸原液(T5)处理增加山药块茎宽、甲壳素(T4)处理增加块茎厚、松土精(T1)处理增加山药块茎鲜质量效果最佳。

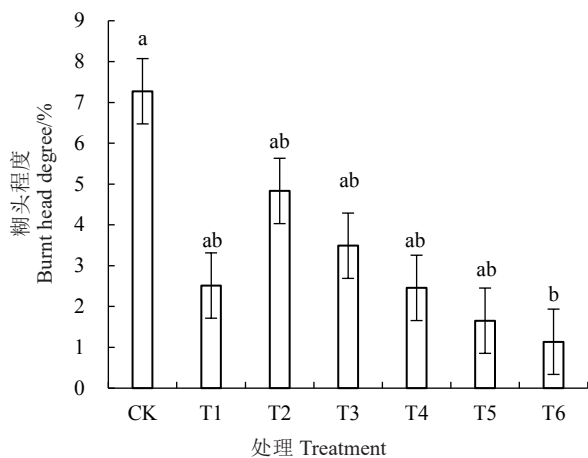
表3 不同土壤改良剂对山药农艺性状的影响

Table 3 Effects of different soil modifications on the agronomic character of Chinese yam

处理 Treatment	块茎长 Tuber length/cm	块茎宽 Tuber width/cm	块茎厚 Tuber thickness/cm	块茎鲜质量 Rhizome fresh mass/g
CK	25.05±2.67 a	10.30±1.57 d	19.57±1.03 b	11.50±0.42 b
T1	22.10±3.77 ab	12.80±1.37 bc	21.79±3.63 b	13.03±0.57 a
T2	22.15±3.30 ab	12.75±1.10 bc	20.80±2.33 b	11.55±1.04 b
T3	18.60±3.25 c	11.70±1.79 cd	21.48±2.91 b	11.68±0.78 ab
T4	19.68±3.01 bc	12.37±2.16 bc	26.48±3.13 a	11.80±1.03 ab
T5	24.95±2.14 a	15.17±2.73 a	20.06±2.67 b	11.98±0.63 ab
T6	21.40±3.70 bc	13.75±2.07 ab	19.62±3.67 b	11.53±0.23 b

2.3 不同土壤改良剂对山药糊头程度的影响

由图1可知,不同土壤改良剂处理后,山药糊



注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level.

图1 不同土壤改良剂对山药糊头程度的影响

Fig. 1 Effects of different soil amendments on the degree of chinese yam paste

头程度分别为2.51%、4.83%、3.49%、2.46%、1.65%和1.14%,分别较CK降低了65.44%、33.58%、52.03%、66.23%、77.28%、84.38%。其中,T6可显著降低山药糊头程度,由此说明,土壤改良剂可有效降低山药糊头程度,其中聚谷氨酸复合营养液(T6)效果最好。

2.4 不同土壤改良剂对山药产量及商品率的影响

由表4可知,施用土壤改良剂对山药的产量和商品率有很大影响,不同土壤改良剂处理山药产量均高于CK。其中,T1处理的山药产量最高,为3217.18kg·667m²,较CK显著提高13.26%,其他处理较CK增产不显著。在商品产量方面,不同土壤改良剂处理较CK均有增加,T1、T3、T4、T5、T6处理与CK差异显著,分别较CK增加18.01%、5.75%、8.03%、10.75%、6.61%;T2较CK增加3.27%,但差异不显著;T1商品产量最高,为2962.58kg·667m²,较CK显著增加452.23kg·667m²。在商品率方面,与CK相比,土壤

表4 不同土壤改良剂对山药产量及商品率的影响

Table 4 Effects of different soil amendments on the yield and commodity rate of Chinese yam

处理 Treatment	产量 Yield/(kg·667 m ²)	较 CK+ More than CK+/%	商品产量 Commodity yield/(kg·667 m ²)	商品率 Commodity rate/%
CK	2 840.50±102.93 b		2 510.35±79.93 d	88.38±0.78 d
T1	3 217.18±140.23 a	13.26	2 962.58±114.04 a	92.09±1.13 bc
T2	2 852.85±248.71 b	0.43	2 592.36±196.49 cd	90.87±0.99 c
T3	2 883.73±191.43 ab	1.52	2 654.80±154.76 bc	92.06±1.48 bc
T4	2 914.60±253.98 ab	2.61	2 711.85±206.89 bc	93.04±1.70 ab
T5	2 957.83±156.58 ab	4.13	2 780.29±127.47 b	94.00±0.07 a
T6	2 846.68±55.58 b	0.22	2 676.27±45.40 bc	94.01±0.21 a

改良剂处理均可显著提高山药的商品率,分别提高4.20%、2.82%、4.17%、5.27%、6.36%、6.37%,其中T5、T6表现突出。综上,土壤改良剂可提高山药产量、商品率和商品产量,聚谷氨酸原液(T5)、聚谷氨酸复合营养液(T6)提高山药商品率的效果最佳,松土精(T1)可提高山药产量和商品产量,增产潜力最大。

2.5 不同土壤改良剂对山药品质的影响

由表5可知,不同土壤改良剂在不同程度上影响山药品质。土壤改良剂处理后山药块茎中可溶性蛋白含量均高于CK,T1、T3、T4、T5、T6处理分别较CK显著提高13.82%、37.24%、17.15%、34.63%、9.77%,其中T3处理可溶性蛋白含量最高,为32.125 mg·g⁻¹,在提高山药可溶性蛋白含量方面效果最显著。与CK相比,施用土壤改良剂均可提高山药块茎维生素C含量,T1、T4、T6处理的山药维生素C含量较CK分别显著提高24.42%、29.51%、14.24%,其中T4处理最高,为0.891 mg·g⁻¹,甲壳素(T4)最有利于提高山药的维生素C含量。土壤改良剂处理山药块茎可溶性糖含量较CK均显著提高,T1~T6处理山药可溶性糖含量较CK分别提高41.20%、77.73%、110.69%、43.99%、55.46%、30.07%,其中T3处理山药可溶性糖含量最高,为

1.892 mg·g⁻¹,说明土壤改良剂均可显著提高山药的可溶性糖含量,其中腐殖酸(T3)效果最好。土壤改良剂处理对山药块茎粗纤维含量影响差异很大,其中T2、T3处理的山药块茎粗纤维含量较CK显著提高,分别提高7.39%和88.72%,T3表现最优,粗纤维含量为0.485%;T1、T4、T5、T6处理山药块茎粗纤维含量较CK显著降低,分别降低3.50%、31.52%、4.28%、12.06%,说明腐植酸(T3)最有利于提高粗纤维含量。与CK相比,T1、T3、T5、T6处理的山药干物质含量较CK显著提高,分别提高4.77%、2.75%、0.76%、7.70%,其中T6干物质含量高达32.300%,说明聚谷氨酸复合营养液(T6)提高山药干物质含量效果最明显,T4处理干物质含量较CK显著减少4.01%,说明甲壳素(T4)不利于山药干物质积累。综上,土壤改良剂可提高山药的品质,其中,腐殖酸(T3)处理在提高山药块茎可溶性蛋白质含量、粗纤维含量、可溶性糖含量方面表现突出,甲壳素(T4)最有利于提高山药维生素C含量,聚谷氨酸复合营养液(T6)最有利于提高山药干物质含量。

2.6 不同土壤改良剂对山药经济效益的影响

由表6可知,与CK相比,土壤改良剂处理山药单位产值均高于CK,分别提高656.10~

表5 不同土壤改良剂对山药品质的影响

Table 5 Effects of different soil amendments on Chinese yam quality

处理 Treatment	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/(mg·g ⁻¹)	w(维生素C) Vitamin C content/(mg·g ⁻¹)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/(mg·g ⁻¹)	w(粗纤维) Crude fiber content/%	w(干物质) Dry matter content/%
CK	23.408±1.764 d	0.688±0.057 d	0.898±0.010 f	0.257±0.003 c	29.992±0.045 e
T1	26.642±0.862 b	0.856±0.043 ab	1.268±0.007 d	0.248±0.001 d	31.422±0.020 b
T2	23.706±0.902 cd	0.775±0.021 bcd	1.596±0.017 b	0.276±0.003 b	29.582±0.050 f
T3	32.125±0.679 a	0.727±0.021 cd	1.892±0.041 a	0.485±0.002 a	30.818±0.010 c
T4	27.422±0.572 b	0.891±0.037 a	1.293±0.009 d	0.176±0.004 f	28.790±0.040 g
T5	31.515±0.523 a	0.699±0.077 cd	1.396±0.010 c	0.246±0.002 d	30.221±0.020 d
T6	25.696±2.119 bc	0.786±0.043 bc	1.168±0.047 e	0.226±0.005 e	32.300±0.030 a

3 617.84 元·667 m², T1~T6 分别提高收益率 18.01%、3.27%、5.75%、8.03%、10.75%、6.61%, T1、T3、T4、T5、T6 较 CK 提高 5% 以上; 单位产值最高的为 T1, 达 23 700.62 元·667 m², 较 CK 提高 3 617.84 元·667 m², 除去成本 190.00 元·667 m², 净效益为 3 427.84 元·667 m², 尽管试验过程增加了用工费用和土壤改良剂成本 74~190 元·667 m², 但净效益为 569.10~3 427.84 元·667 m²。结果表明, 施用土壤改良剂可提高山药单位产值, 促进山药种植收益增加, 其中松土精(T1)效益最好。

表 6 不同土壤改良剂对山药经济效益的影响

Table 6 Effects of different soil amendments on the economic benefits of Chinese yam

处理 Treatment	单位产值 Output value per unit/ (Yuan·667 m ²)	较 CK+		
		More than CK+ Output value	成本 Costing	净效益 Net benefit
CK	20 082.78			
T1	23 700.62	3 617.84	190.00	3 427.84
T2	20 738.88	656.10	87.00	569.10
T3	21 238.41	1 155.63	158.00	997.63
T4	21 694.80	1 612.02	185.00	1 427.02
T5	22 242.33	2 159.55	74.00	2 085.55
T6	21 410.13	1 327.35	90.00	1 237.35

注: 单位产值为商品产量的产值, 武穴佛手山药均价为 8 元·kg⁻¹, 土壤改良剂成本为市场销售价格, 处理增加用工为 50 元·667 m²。

Note: Unit output value is output value of commodity output, the average price of Wuxue hand yam is 8 Yuan·kg⁻¹, the cost of soil conditioner is the market sales price, and the increased labor is 50 Yuan·667 m².

3 讨论与结论

山药是一种药食同源作物, 不耐连作, 在同一地块连续种植会导致山药生长受阻, 糊头发生严重, 商品率降低, 产量下降、品质变劣, 经济效益受损^[4]。笔者在本研究中以松土精、哈茨木霉、腐植酸、甲壳素、聚谷氨酸等作为土壤改良剂, 采用田间试验探讨缓解山药连作障碍的效果。结果表明, 施用土壤改良剂可降低块茎长度, 增加山药宽度和厚度, 提高山药块茎鲜质量, 其中腐植酸和甲壳素可降低山药块茎长度, 聚谷氨酸可增加山药块茎宽度, 甲壳素可增加块茎厚度, 松土精可增加山药块茎鲜质量, 这与张雪洁^[24]、张立丹等^[25]在促进草莓、香蕉生长的研究结果较为一致, 可能是土壤改良剂在为山药提供营养元素的同时还为其地下部分生长创造了较好的土壤团粒结构, 尚需进一步研究。施用土壤改良剂处理的山药块茎糊头程度较对照分别减少 33.58%~84.38%, 商品率各处理较对照增

加 2.82%~6.37%, 为 90.87%~94.01%。山药糊头程度与其商品率相关, 不同处理山药块茎糊头程度降低, 可有效提高商品率, 这与聚谷氨酸在烟叶^[26]、葡萄^[27]上的研究结果相一致。在品质方面, 土壤改良剂处理山药可溶性蛋白质、维生素 C、可溶性糖含量较对照分别增加 1.27%~37.24%、1.60%~29.51%、30.07%~110.69%, 其中甲壳素显著提高维生素 C 含量, 聚谷氨酸复合营养液显著提高山药干物质质量, 腐植酸显著提高可溶性蛋白质和可溶性糖含量, 该项结果与刘增照等^[28]、陈倩等^[29]在猕猴桃、苹果上的研究结果一致, 这可能与土壤改良剂可显著促进土壤中营养元素的吸收利用有一定关系。

施用土壤改良剂不仅能显著提高酸化土壤的养分含量, 还能提高山药产量与产值^[30]。本试验结果表明, 土壤改良剂处理的山药产量为 2 846.68~3 217.18 kg·667 m², 较 CK 增加 0.22%~13.26%, 其中松土精产量最高; 在商品产量方面, 施用土壤改良剂处理较 CK 增加 3.27%~18.01%, 因施用土壤改良剂后商品率提高, 商品产量增加, 净效益较 CK 得以提高, 其中松土精处理的效益最好, 这与张生田^[30]、罗俊等^[31]在蔬菜、甘蔗上的研究结果相一致。

综上所述, 6 种土壤改良剂能一定程度解决山药因连作障碍而导致的经济受损问题, 因不同土壤改良剂对武穴佛手山药生长、商品率、产量、品质和土壤肥力等影响程度不一样, 聚谷氨酸可提高山药商品率, 松土精可提高产量, 腐植酸和甲壳素在促进山药生长和改善品质方面表现突出, 在实际推广应用, 可以采用多种土壤改良剂组合的方式, 以期达到更好的应用效果。

参考文献

- [1] 闫良, 陈展鹏, 陈中建, 等. 黄冈市蔬菜地标优品发展现状与问题分析[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(增刊 1): 358-360.
- [2] 刘雅隼. 湖北省县域农业特色产业研究: 以武穴市佛手山药为例[J]. 农家参谋, 2020(3): 32.
- [3] 陶玉池, 陈容见, 项扶香. 武穴佛手山药产业现状与发展对策[J]. 基层农技推广, 2016, 4(9): 78-79.
- [4] 孙雪冰. 山药连作障碍的效应及作用机理研究[D]. 海口: 海南大学, 2022.
- [5] 李皓. 土壤消毒对山药“糊头”病的防治效果及其对土壤环境的影响[D]. 河北保定: 河北农业大学, 2019.
- [6] 孙凯宁, 杨宁, 王克安, 等. 山药连作对土壤微生物群落及土壤酶活性的影响[J]. 水土保持研究, 2015, 22(6): 95-98.
- [7] 王旭, 李西文, 陈士林, 等. “四大怀药”地黄、牛膝、山药、菊花的无公害栽培体系研究[J]. 世界中医药, 2018, 13(12): 2941-2948.
- [8] 李赟, 刘迪, 范如芹, 等. 土壤改良剂的研究进展[J]. 江苏农业

- 科学,2020,48(10):63-69.
- [9] 李婷,时月,陈艳利,等.根部追施促生菌剂提高网纹甜瓜的品质[J].中国瓜菜,2022,35(2):12-19.
- [10] 马二磊,黄芸萍,臧全宇,等.4种微生物菌剂对多年连作甜瓜土壤真菌群落的影响[J].中国瓜菜,2021,34(4):15-20.
- [11] 戚嘉琦,王玮,仲秀娟,等.氨基多糖对连作西瓜生长与土壤环境的影响[J].中国瓜菜,2021,34(2):18-22.
- [12] 代波,罗夫来,王华磊,等.5种土壤改良剂对连作天麻和蜜环菌生长及土壤微生物的影响[J].中药材,2023,46(1):17-24.
- [13] 张猛,曹国璠,李金玲,等.土壤改良剂对连作白术的品质、发病率及根部土壤酶活性的影响[J].中药材,2021,44(4):793-797.
- [14] 邓爱妮,苏初连,王晓刚,等.碱性腐植酸改良液对露地酸化土壤理化性质及樱桃番茄品质的影响[J].中国瓜菜,2020,33(10):39-44.
- [15] 邓九阳.黄冈市地理标志产品(保护区的)气象条件分析[C]//中国气象学会.第29届中国气象学会年会论文集,2012:1-4.
- [16] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [17] 宋计平,姚甜甜,舒锐,等.不同方式处理对重茬山药产量及感病程度的影响[J].中国果菜,2022,42(10):51-55.
- [18] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [19] 王学奎,黄见良.植物生理生化实验原理与技术[M].3版.北京:高等教育出版社,2015.
- [20] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.植物类食品中粗纤维的测定:GB/T 5009.10—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [21] 张丙春,聂燕,孟立红,等.水果、蔬菜有色浸提液中Vc的测定:反滴定法[J].食品研究与开发,2001,22(3):54-55.
- [22] 张海燕,解备涛,董顺旭,等.药剂处理对重茬山药病害的防治效果[J].山东农业科学,2015,47(10):79-82.
- [23] 许念芳,兰成云,焦健,等.缓释肥对山药块茎形态指标、产量和经济效益的影响[J].山东农业科学,2014,46(6):101-103.
- [24] 张雪洁.聚谷氨酸调控草莓生长和果实品质的生理机制[D].河南新乡:河南科技学院,2023.
- [25] 张立丹,高诚祥,徐柠,等.腐植酸碱性液体肥对香蕉生长的影响及机制[J].华南农业大学学报,2022,43(5):12-19.
- [26] 彭润润,李举旭,郑好,等.增施不同促根剂对皖南烤烟生长和品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2022,50(5):48-57.
- [27] 程大伟,何莎莎,李明,等.不同生物刺激剂对“阳光玫瑰”葡萄果实品质的影响[J].北方园艺,2023(3):31-36.
- [28] 刘增照,郝明德,牛育华,等.施用腐殖酸肥料对猕猴桃果实品质和产量的影响[J].西北农业学报,2019,28(2):219-224.
- [29] 陈倩,李秉毓,张鑫,等.腐植酸分次施用明显提高富士苹果产量、品质和氮素利用率[J].植物营养与肥料学报,2020,26(4):757-764.
- [30] 张生田.增施生物有机肥和改良剂对设施蔬菜土壤次生盐渍化的改良效果研究[J].北方园艺,2011(12):52-54.
- [31] 罗俊,林兆里,李诗燕,等.不同土壤改良措施对机械压实酸化蔗地土壤理化性质及微生物群落结构的影响[J].作物学报,2020,46(4):596-613.