

网络出版时间:2019-04-01 15:19 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.10.013
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20190401.1518.026.html

氯氧消毒剂对设施土壤生物学性质的影响

秦绍龙¹, 祁桥伟¹, 刘 杰¹, 翟丙年¹, 麻进仓², 杜成印²

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省农业厅农业综合开发办公室, 陕西 西安 710003)

【摘 要】【目的】分析氯氧消毒剂对设施土壤生物学性质的影响,以明确氯氧消毒剂的作用机理,为其推广应用提供理论依据。【方法】采用多点、多作物比较试验,以西安、渭南 2 个市 9 个试验点种植年限 10~15 年大棚的设施土壤为研究对象,以不进行任何消毒处理的土壤为空白对照,分析氯氧消毒剂处理(DT)对设施番茄、黄瓜、甜瓜产量的影响,并分析土壤细菌、放线菌、真菌数量,细菌与真菌数量比值(B/F 值)以及土壤酶活性的变化。【结果】由各试验点作物产量的平均值可知,氯氧消毒剂处理作物的产量较空白对照均增加,其中番茄和甜瓜产量明显增加,差异达到了显著水平;而黄瓜产量虽有所增加,但差异未达到显著水平。与空白对照相比,氯氧消毒剂处理总体均降低了设施黄瓜、番茄、甜瓜土壤中的细菌、真菌数量,提升土壤中 B/F 值,优化了微生物菌群结构;但是放线菌数量无明显变化规律。与空白对照相比,氯氧消毒剂处理可有效提高土壤脲酶活性,对土壤蔗糖酶、过氧化氢酶活性影响较小。【结论】氯氧消毒剂处理对土壤细菌、真菌灭菌效果较明显,对放线菌灭菌效果不强,能有效调节和改善土壤微生物群落结构,可减缓设施土壤由“细菌型”向“真菌型”转化速率,提高土壤脲酶活性,从而促进作物产量增加,对设施土壤起到很好的消毒灭菌作用,从而可防止设施栽培的土壤连作障碍。

【关键词】 氯氧消毒剂;设施土壤;生物学性质;土壤微生物;土壤酶活性

【中图分类号】 S156.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2019)10-0106-07

Effect of chlorine-oxygen disinfectant on biological properties of facility soil

QIN Shaolong¹, QI Qiaowei¹, LIU Jie¹, ZHAI Bingnian¹, MA Jincang², DU Chengyin²

(1 College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 The Office of Comprehensive Agricultural Development of the Shaanxi Provincial Agriculture Department, Xi'an, Shaanxi 710003, China)

Abstract: 【Objective】 This study clarified the mechanism of chlorine-oxygen disinfectant and its effect on biological properties of facility soil to improve its application. 【Method】 Through comparative test, soils from 9 sheds at the age of 10—15 years were analyzed in Xi'an and Weinan. The effects of chlorine-oxygen disinfectant on yields of tomato, cucumber and muskmelon and the changes in soil bacteria, actinomycetes, fungi, bacteria and fungi ratio (B/F) as well as soil enzyme activities were analyzed. 【Result】 Disinfection treatment improved the yields of crops with significant increases in tomato and muskmelon and insignificant increase in cucumber. The disinfection treatment could effectively kill bacteria and fungi in soil, improve B/F ratio, and optimize the microbial community structure. Disinfection treatment also effectively improved the activity of soil urease, but had little effect on soil sucrase and catalase activities. 【Conclusion】 Soil disinfection treatment can effectively regulate and improve soil microbial community structure, improve soil ure-

【收稿日期】 2018-06-15

【基金项目】 陕西省农业厅农业综合开发办公室项目“设施蔬菜土壤保健修复技术研究与应用”(K403021411)

【作者简介】 秦绍龙(1989—),男,陕西山阳人,硕士,主要从事施肥与环境研究。E-mail: nongxue081@qq.com

【通信作者】 翟丙年(1967—),男,陕西宝鸡人,教授,博士,主要从事植物营养与调控研究。E-mail: bingnianzhaigt@126.com

ase activity, and increase crop yield. It has good disinfection effect on facility soil and prevent continuous cropping obstacle in vegetable facility cultivation.

Key words: chlorine-oxygen disinfectant; facility soil; biological properties; soil microorganism; soil enzyme activities

陕西作为蔬菜种植大省,以日光温室为主的设施蔬菜产业近些年来蓬勃发展。据统计,2014 年陕西省建有蔬菜大棚 25 万多座,蔬菜大棚种植面积达 $16\,584\text{ hm}^2$ ^[1],经济效益明显,对农民增收贡献显著。但与此同时,设施农业高度集约化生产方式加剧了土壤环境的恶化,随着设施年限的延长,早期建设的一些大棚逐步荒废,严重制约了设施农业的可持续发展^[2]。究其原因在于长期的单一作物连作,导致设施内土壤环境质量下降^[3],作物土传病害加剧,进而出现了作物长势弱、产量低、品质差的现象,这一现象被称之为土壤连作障碍^[4]。土壤消毒作为一项高效、快速的杀灭土传病害的技术^[5],对土壤连作障碍的防治有明显的作用。近些年来,随着农业科技交流的不断扩大,土壤消毒技术逐步被引入我国^[6],在消除设施栽培土壤质量障碍方面发挥了重要作用。

已有研究表明,土壤理化性状和生物性状的变化是导致土壤质量下降的重要原因,传统的理化指标已难以满足对土壤质量研究的需要^[7]。土壤生物学性质能敏感地反映土壤质量的变化,是土壤质量评价不可缺少的指标^[8]。生物学指标包括土壤上生长的植物、土壤动物、土壤微生物等,而应用最多的是土壤微生物学指标^[9],微生物群落结构和酶活性作为土壤微生态环境的重要组成部分,对养分循环有重要影响^[10],也越来越受到人们的重视。纵观国内相关研究发现,对于土壤消毒技术的研究多半停留在消毒处理对作物产量、经济效益以及土壤理化性质等的影响方面,关于消毒处理对土壤生物学性质尤其是微生物学性质的影响研究较少^[11-16]。因此,本试验以氯氧消毒剂为研究对象,通过多点多作物比较试验,探讨氯氧消毒剂对设施土壤微生物区系数量以及酶活性等生物学性质的影响,旨在阐明土壤消毒处理的作用机理,为氯氧消毒剂的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试作物:黄瓜品种为津优,番茄品种为宝冠,甜瓜品种为清香翠玉。

供试药剂:氯氧消毒剂,由山西云大中天环境科技有限公司生产。用量为 45 kg/hm^2 ,具体用法为:先将 3 kg 氯氧消毒剂按照产品说明配制成 200 kg 母液,再按每千克母液兑水 10 kg 配成稀释液,在作物定植或移栽前 $10\sim 15\text{ d}$,用水均匀冲施,使耕作层土壤充分浸湿, $7\sim 10\text{ d}$ 后待土壤水分降到适宜含量时,再移栽作物。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 采用多点多作物比较试验,每个作物、每个点均设置 2 个处理:不进行任何消毒处理(空白对照,CK)和氯氧消毒剂处理(DT),每处理 200 m^2 ,安排在同一个大棚中。

1.2.2 田间试验布置 ①黄瓜:选择西安市高陵县通远镇仁村($34^{\circ}29'\text{N}$, $109^{\circ}4'\text{E}$)、渭南市华县瓜坡镇南沙村($34^{\circ}29'\text{N}$, $109^{\circ}42'\text{E}$)和蒲城县贾曲乡易安村($34^{\circ}53'\text{N}$, $109^{\circ}35'\text{E}$)3 个点的 3 个温室大棚,编号分别为 1,2,3。3 个点蔬菜大棚的棚龄均为 $10\sim 15$ 年,多年连续种植黄瓜,病虫害较为严重,主要为霜霉病和白粉病。试验于 2016 年 2 月中旬定植,6 月中旬拔蔓。

②番茄:选择西安市高陵县通远镇仁村、渭南市华县瓜坡镇南沙村和蒲城县贾曲乡易安村 3 个点的 3 个温室大棚,编号分别为 4,5,6。3 个点蔬菜大棚的棚龄均为 $10\sim 15$ 年,多年连续种植番茄,死棵严重,主要为枯萎病和茎基腐病。试验于 2016 年 2 月初定植,6 月底采摘完并拔棵。

③甜瓜:选择渭南市蒲城县贾曲乡易安村($34^{\circ}53'\text{N}$, $109^{\circ}35'\text{E}$)3 个农户的 3 个温室大棚,编号分别为 7,8,9。3 个点蔬菜大棚的棚龄均为 $10\sim 15$ 年,多年连续种植甜瓜,根结线虫较为严重,主要表现为根腐病和枯萎病。试验于 2016 年 1 月中旬定植,7 月底拔蔓。

1.2.3 土样采集与处理 采样时间为 2016 年 1 月初、1 月中旬(视不同作物而安排),采集 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层土样,每个处理重复 3 次,五点采样后将土样混合均匀,混匀后留取 $1/2$ 鲜样保存于 4°C 冰箱内,用于测定微生物数量;其余土样风干,过 2 mm 筛用于测定土壤酶活性。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤微生物量^[17] 采用稀释平板法进行培养计数,其中细菌用牛肉膏蛋白胨培养基,放线菌用高氏一号培养基,真菌用马丁氏培养基。

1.3.2 土壤酶活性^[17] 过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定,脲酶活性采用苯酚-次氯酸钠比色法测定,蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定。

1.4 数据处理与分析

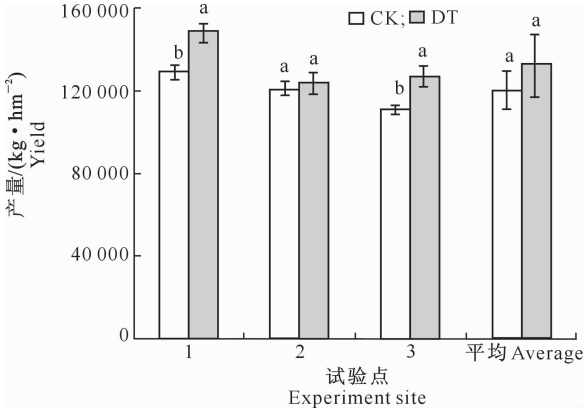
采用 Excel 2007 计算数据和处理图表,采用 SPSS 17.0(单因素 ANOVA 均值比较)进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 氯氧消毒剂处理对作物产量的影响

氯氧消毒剂处理对作物产量的影响如图 1~3 所示。从图 1~3 可以看出,氯氧消毒剂处理后黄瓜产量在各试验点均有不同程度的提高,其中在试验点 1 和 3 增产明显,且差异达到了显著水平。氯氧消毒剂处理后番茄产量在各试验点均有不同程度的提高,且处理间的差异均达到了显著水平;氯氧消毒剂处理后甜瓜增产明显,各点均达到了显著水平。

综合 3 大类作物各点产量平均值可知,氯氧消毒剂处理较对照均有所增产,其中番茄和甜瓜产量明显增加,达到了显著水平;而黄瓜产量虽有所增加,但未达到显著水平。



图标上标不同字母表示处理间差异达显著水平($P<0.05$)。下同

Different letters mean significant difference at $P<0.05$ level. The same below

图 1 氯氧消毒剂处理对黄瓜产量的影响

Fig. 1 Effect of chlorine oxygen disinfectant on yield of cucumber

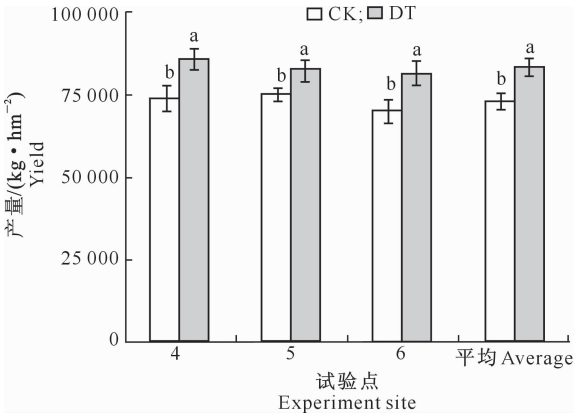


图 2 氯氧消毒剂处理对番茄产量的影响

Fig. 2 Effect of chlorine oxygen disinfectant on yield of tomato

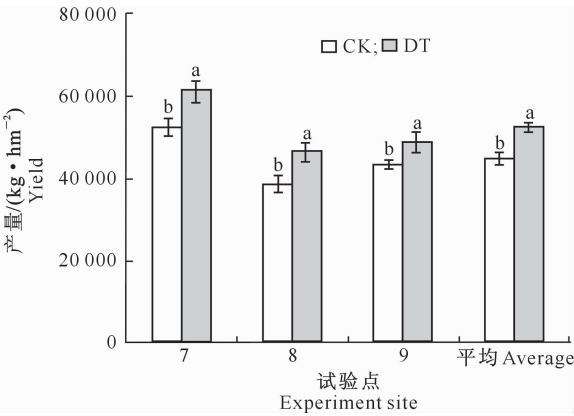


图 3 氯氧消毒剂处理对甜瓜产量的影响

Fig. 3 Effect of chlorine oxygen disinfectant on yield of muskmelon

2.2 氯氧消毒剂处理对土壤中微生物菌群数量及区系结构的影响

氯氧消毒剂处理对土壤中微生物菌群数量及区系结构的影响如表 1~3 所示。由表 1 可以看出,在设施黄瓜中,与对照相比,1,2,3 3 个试验点氯氧消毒剂处理土壤中细菌数量均呈现减少的趋势,降幅分别为 7.97%,5.46%,29.90%,但处理间的差异均未达到显著水平。土壤放线菌数量在各试验点有增有减,变化规律不明显。除在试验点 1 氯氧消毒

剂处理土壤真菌数量有小幅度增加外,其余 2 个试验点氯氧消毒剂处理土壤真菌数量均有不同程度的减少,试验点 2 和 3 降幅分别为 18.08%,69.47%,其中在试验点 3 氯氧消毒剂处理与对照间差异达到显著水平。除在试验点 1 氯氧消毒剂处理土壤细菌与真菌数量比值(B/F)减少外,其余 2 个试验点氯氧消毒剂处理土壤 B/F 值均有不同程度的增加,试验点 2 和 3 增幅分别为 4.56%,73.39%。

表 1 氯氧消毒剂处理对黄瓜田土壤微生物数量的影响

Table 1 Effect of disinfection treatment on number of soil microorganisms in cucumber field

试验点 Experiment site	处理 Treatment	细菌数量/ ($\times 10^7$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Bacterial	放线菌数量/ ($\times 10^3$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Actinomycetes	真菌数量/ ($\times 10^2$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Fungus	细菌与真菌数量 比值(B/F)/($\times 10^5$) Bacterial/Fungus
1	CK	138.00 $\pm$ 7.37 a	41.50 $\pm$ 7.10 a	6.77 $\pm$ 0.75 a	20.80 $\pm$ 2.11 a
	DT	127.00 $\pm$ 5.92 a	15.19 $\pm$ 2.91 b	8.97 $\pm$ 1.28 a	14.94 $\pm$ 2.74 a
2	CK	204.73 $\pm$ 35.72 a	9.20 $\pm$ 2.69 b	17.70 $\pm$ 2.77 a	11.85 $\pm$ 1.98 a
	DT	193.56 $\pm$ 9.04 a	25.42 $\pm$ 1.29 a	16.37 $\pm$ 2.09 a	12.39 $\pm$ 2.20 a
3	CK	97.00 $\pm$ 10.07 a	25.50 $\pm$ 2.42 a	6.53 $\pm$ 0.70 a	14.88 $\pm$ 0.57 a
	DT	67.67 $\pm$ 14.81 a	28.33 $\pm$ 3.96 a	2.90 $\pm$ 0.53 b	25.80 $\pm$ 7.79 a

注:同列数据后标不同字母者表示处理间差异达显著水平($P<0.05$)。下表同。
Note:Different letters mean significant difference among treatments at $P<0.05$ level. The same below.

从表 2 可以看出,在设施番茄中,与对照相比,氯氧消毒剂处理 3 个试验点土壤中细菌数量均呈现减少趋势,试验点 4,5,6 降幅分别为 31.82%,12.48%,8.97%,但处理间差异均未达到显著水平;氯氧消毒剂处理土壤放线菌数量在 3 个试验点无明显变化规律;在 3 个试验点,氯氧消毒剂处理土壤真

菌数量除在试验点 1 显著减少外,其余 2 个试验点真菌数量虽有减少,但处理间差异未达到显著水平;氯氧消毒剂处理土壤 B/F 值在 3 个试验点变化趋势一致,均有不同程度的增加,试验点 4,5,6 增幅分别为 45.27%,55.38%,43.38%,但其与对照间差异不显著。

表 2 氯氧消毒剂处理对番茄田土壤微生物数量的影响

Table 2 Effect of disinfection treatment on number of soil microorganisms in tomato field

试验点 Experiment site	处理 Treatment	细菌数量/ ($\times 10^7$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Bacterial	放线菌数量/ ($\times 10^3$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Actinomycetes	真菌数量/ ($\times 10^2$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Fungus	细菌与真菌数量 比值(B/F)/($\times 10^5$) Bacterial/Fungus
4	CK	110.00 $\pm$ 18.73 a	41.30 $\pm$ 5.77 a	9.13 $\pm$ 1.24 a	12.68 $\pm$ 2.88 a
	DT	75.00 $\pm$ 14.06 a	52.60 $\pm$ 4.95 a	4.20 $\pm$ 0.52 b	18.42 $\pm$ 3.77 a
5	CK	111.90 $\pm$ 14.33 a	39.37 $\pm$ 5.21 a	6.41 $\pm$ 0.82 a	18.20 $\pm$ 3.42 a
	DT	97.93 $\pm$ 16.78 a	38.13 $\pm$ 9.64 a	4.14 $\pm$ 1.39 a	28.28 $\pm$ 7.09 a
6	CK	145.00 $\pm$ 2.89 a	83.00 $\pm$ 9.01 a	4.51 $\pm$ 1.25 a	37.67 $\pm$ 10.55 a
	DT	132.00 $\pm$ 11.68 a	44.50 $\pm$ 6.70 b	2.77 $\pm$ 0.55 a	54.01 $\pm$ 16.46 a

由表 3 可以看出,在设施甜瓜中,与对照相比,氯氧消毒剂处理 3 个试验点土壤细菌数量除试验点 1 有所增加外,其余 2 个试验点均呈现减少趋势,试验点 8,9 降幅分别为 22.81%,52.51%;氯氧消毒剂处理土壤放线菌数量均明显增加,但处理间差异不显著;与对照相比,氯氧消毒剂处理土壤真菌数量

均有不同程度的减少,试验点 7,8,9 降幅分别为 35.29%,44.71%,63.85%,在试验点 3 处理间差异达到显著水平;在试验点 1,2,3,氯氧消毒剂处理土壤 B/F 值均呈现增加的趋势,增幅分别为 72.90%,29.14%,46.23%。

表 3 氯氧消毒剂处理对甜瓜田土壤微生物数量的影响

Table 3 Effect of disinfection treatment on number of soil microorganisms in muskmelon field

试验点 Experiment site	处理 Treatment	细菌数量/ ($\times 10^7$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Bacterial	放线菌数量/ ($\times 10^3$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Actinomycetes	真菌数量/ ($\times 10^2$ CFU $\cdot$ g $^{-1}$) Fungus	细菌与真菌数量 比值(B/F)/($\times 10^5$) Bacterial/Fungus ($\times 10^5$)
7	CK	98.00 $\pm$ 14.36 a	15.90 $\pm$ 4.32 a	38.40 $\pm$ 8.66 a	3.10 $\pm$ 1.25 a
	DT	107.00 $\pm$ 15.37 a	30.45 $\pm$ 5.25 a	24.85 $\pm$ 7.26 a	5.36 $\pm$ 1.81 a
8	CK	159.60 $\pm$ 17.40 a	23.40 $\pm$ 5.90 a	17.00 $\pm$ 5.06 a	10.98 $\pm$ 2.76 a
	DT	123.20 $\pm$ 14.75 a	47.55 $\pm$ 9.71 a	9.40 $\pm$ 2.28 a	14.18 $\pm$ 2.39 a
9	CK	189.50 $\pm$ 50.99 a	61.30 $\pm$ 10.67 a	51.45 $\pm$ 9.93 a	3.85 $\pm$ 0.94 a
	DT	90.00 $\pm$ 10.82 a	52.40 $\pm$ 13.37 a	18.60 $\pm$ 5.53 b	5.63 $\pm$ 1.38 a

综合以上 3 种作物的分析结果可以看出,氯氧消毒剂处理后总体可以减少土壤中细菌、真菌数量,提高土壤中 B/F 值,抑制土壤由“细菌型”向“真菌型”转化,而放线菌数量在各点上增减变化规律不明显。

2.3 氯氧消毒剂处理对土壤酶活性的影响

表 4 显示,在设施黄瓜中,氯氧消毒剂处理在试验点 2 显著降低了过氧化氢酶活性;在试验点 1,3 中提高了过氧化氢酶活性,且在试验点 3 处理间差异达到了显著水平。在 1,3 两个试验点,氯氧消毒

剂处理提高了土壤脲酶活性,且处理间差异均达到了显著水平。在 1,2 试验点中,氯氧消毒剂处理土壤蔗糖酶活性均降低;在试验点 3 氯氧消毒剂处理土壤蔗糖酶活性提高,且与对照差异显著。

表 4 氯氧消毒剂处理对黄瓜田土壤酶活性的影响

Table 4 Effect of disinfection treatment on soil enzyme activities in cucumber field

试验点 Experiment site	处理 Treatment	过氧化氢酶/(mol·mL ⁻¹) Catalase	脲酶/(mg·g ⁻¹) Urease	蔗糖酶/(mg·g ⁻¹) Sucrase
1	CK	0.98±0.01 a	1.88±0.02 b	1.34±0.04 a
	DT	0.99±0.01 a	1.95±0.01 a	1.30±0.01 a
2	CK	1.05±0.01 a	1.81±0.02 a	1.44±0.01 a
	DT	0.95±0.01 b	1.62±0.02 b	1.31±0.01 b
3	CK	0.97±0.01 b	1.86±0.02 b	1.29±0.01 b
	DT	1.04±0.01 a	2.03±0.03 a	1.37±0.02 a

从表 5 可以看出,在设施番茄中,在 4,6 两个试验点中,氯氧消毒剂处理土壤过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶活性均有所提高,其中氯氧消毒剂处理与对照的土壤过氧化氢酶活性差异在试验点 4 中达到了显著水平,氯氧消毒剂处理与对照的土壤脲酶、蔗糖酶活性在试验点 6 中均达到了显著水平;在试验点 5 中,氯氧消毒剂处理土壤过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶活性与对照相比均降低,但与对照之间无显著差异。

表 5 氯氧消毒剂处理对番茄田土壤酶活性的影响

Table 5 Effect of disinfection treatment on soil enzyme activities in tomato field

试验点 Experiment site	处理 Treatment	过氧化氢酶/(mol·mL ⁻¹) Catalase	脲酶/(mg·g ⁻¹) Urease	蔗糖酶/(mg·g ⁻¹) Sucrase
4	CK	0.97±0.01 b	1.90±0.03 a	1.28±0.02 a
	DT	1.02±0.01 a	1.96±0.03 a	1.31±0.03 a
5	CK	1.06±0.04 a	1.89±0.03 a	1.45±0.05 a
	DT	1.03±0.05 a	1.85±0.10 a	1.43±0.04 a
6	CK	0.98±0.01 a	1.93±0.01 b	1.28±0.01 b
	DT	1.02±0.02 a	2.00±0.02 a	1.37±0.01 a

从表 6 可以看出,在设施甜瓜中,氯氧消毒剂处理在试验点 9 中显著降低了土壤过氧化氢酶活性;在其余试验点,氯氧消毒剂处理土壤过氧化氢酶活性与对照相比无显著变化。在试验点 7,8 中,氯氧消毒剂处理显著提高了脲酶活性,但在试验点 9 中其对土壤脲酶活性无显著影响。在 3 个试验点,与对照相比,氯氧消毒剂处理土壤蔗糖酶活性有升有降,但二者之间的差异均未达到显著水平。

表 6 氯氧消毒剂处理对甜瓜田土壤酶活性的影响

Table 6 Effect of disinfection treatment on soil enzyme activities in muskmelon field

试验点 Experiment site	处理 Treatment	过氧化氢酶/(mol·mL ⁻¹) Catalase	脲酶/(mg·g ⁻¹) Urease	蔗糖酶/(mg·g ⁻¹) Sucrase
7	CK	0.95±0.01 a	1.62±0.01 b	1.37±0.01 a
	DT	0.97±0.01 a	1.68±0.01 a	1.31±0.03 a
8	CK	0.97±0.01 a	1.61±0.01 b	1.34±0.01 a
	DT	0.94±0.01 a	1.68±0.01 a	1.35±0.02 a
9	CK	0.98±0.01 a	1.65±0.01 a	1.35±0.01 a
	DT	0.92±0.01 b	1.66±0.01 a	1.34±0.01 a

综合 3 种作物分析结果可以看出,在不同地点、不同作物上,氯氧消毒剂处理对土壤蔗糖酶、过氧化氢酶、脲酶活性都有不同程度的影响。总体来看,脲酶活性整体有所提高,蔗糖酶和过氧化氢酶活性在不同地点和不同作物上有升有降,变化规律不明显。生物学性状发生了显著改变,土壤环境不断恶化,导致作物产量下降。国内外许多学者认为,对设施土壤进行消毒处理,对克服土壤连作障碍、改善作物品质、提高作物产量具有很好的效果^[18-20]。本研究也进一步证实了氯氧消毒剂处理有利于提高作物产量,对设施土壤修复有很好的效果。

3 讨 论

设施栽培技术在极大程度地提高蔬菜产量的同时,由于其高度集约化的生产方式,随着高附加值作物的连年栽培,缺少轮作,使得土壤的物理、化学及

微生物特性反映了土壤质量的变化,可作为土壤健康的生物指标^[21-22]。有学者研究指出,土壤中细菌和放线菌数量越高,表明土壤肥力水平越高^[10]。本研究发现,氯氧消毒剂处理后不同作物产

量均有所提高,间接反映出了土壤肥力水平的提高;此外土壤细菌数量整体均呈现减少的趋势,而放线菌数量变化规律不明显,这与文献[10]的结论不一致。究其原因可能是氯氧消毒剂的杀菌作用不具有选择性,而细菌、放线菌、真菌对外界环境的敏感性不同^[23],因此氯氧消毒剂处理对于不同微生物的杀菌效果也有所差异。有学者研究认为,随着大棚种植年限的增加,土壤真菌数量呈现上升的趋势,土壤由高肥力的“细菌型”向低肥力的“真菌型”转化,导致地力衰竭,真菌数量越多土壤肥力越差^[24-27]。本研究中,氯氧消毒剂处理后土壤真菌数量整体呈现减少的趋势,而真菌减少后促进了作物生长,提升了作物产量。

在设施农业生产中,长期连作种植导致作物对肥力的单一吸收,加之根系长期分泌同一种物质,可使某些特定的微生物群落得以富集。高子勤等^[26]研究结果表明,微生物群落结构失衡是导致作物减产、土壤质量下降的主要原因之一。张国红等^[27]进一步指出,土壤中真菌数量增加,而 B/F 值减小,将不利于作物的生长,是大棚土壤土传病害增加、作物减产的可能原因之一;反之,B/F 值增加,则会促进作物生长,减轻土传病害。在本研究中,虽然未对作物土传病害进行检测和分析,但氯氧消毒剂处理后土壤 B/F 值和产量均增加,这与张国红等^[27]结论一致。本研究中,氯氧消毒剂处理对土壤细菌、真菌都有抑菌杀菌作用,但是 B/F 值总体增加,可以说明氯氧消毒剂处理可优化微生物群落结构,对于如何确定合理的 B/F 值范围,还有待进一步研究。

酶活性可作为衡量土壤生物学活性和土壤生产力的指标之一^[28],与植物生长和产量密切相关。刘来等^[24]研究指出,连作栽培过程中,根系分泌物的不断增加,抑制了土壤酶活性,促进了真菌生长,加速了连作障碍病害和自毒作用的发生;同时指出,过氧化氢酶、脲酶活性能表征土壤肥力,可以用来衡量连作土壤退化与修复情况。本研究中,氯氧消毒剂处理后土壤脲酶活性整体提高,这是由于脲酶活性与土壤供氮能力有密切的关系,尤其对施入土壤中尿素的利用率影响很大,在设施蔬菜种植过程中,尿素的投入量较大,从而影响了土壤脲酶活性。本研究中,氯氧消毒剂处理土壤蔗糖酶和过氧化氢酶活性在不同地点、不同作物上未呈现明显的变化规律,究其原因主要是土壤酶活性受环境因素影响太大,稳定性较差,要精确定量分析土壤酶活性的变化,还有待进一步的研究。

4 结 论

本研究中,氯氧消毒剂处理对土壤细菌、真菌灭菌效果较明显,对放线菌灭菌效果不强,通过提升 B/F 值,进而调节土壤微生物区系结构,减缓了设施土壤由“细菌型”向“真菌型”转化速率,总体提高了脲酶活性,从而改善土壤质量,抑制病原真菌的滋生,这可能是氯氧消毒剂处理促进设施作物产量提高的主要原因之一。

[参考文献]

- [1] 史文强. 陕西省蔬菜农药应用现状、存在问题及对策研究 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2016.
Shi W Q. Research on current situation, problems and counter-measures of pesticide residues in Shaanxi Province [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2016.
- [2] 费颖恒, 黄 艺, 严昌荣, 等. 大棚种植对农业土壤环境的胁迫 [J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(1): 243-247.
Fei Y H, Huang Y, Yan C R, et al. Influence of greenhouse cultivation on agricultural soil environment [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2008, 27(1): 243-247.
- [3] Dou F G, Wright A L, Mylavarapu R S, et al. Soil enzyme activities and organic matter composition affected by 26 years of continuous cropping [J]. Pedosphere, 2016, 26(5): 618-625.
- [4] 耿士均, 刘 刊, 商海燕. 园艺作物连作障碍的研究进展 [J]. 北方园艺, 2012(7): 190-195.
Geng S J, Liu K, Shang H Y. Research progress on continuous cropping obstacle of horticultural crops [J]. Northern Horticulture, 2012(7): 190-195.
- [5] 曹勘程, 郭美霞, 王秋霞. 土壤消毒技术 [J]. 世界农药, 2010, 32(S1): 10-13.
Cao A C, Guo M X, Wang Q X. Soil disinfection technology [J]. World Pesticides, 2010, 32(S1): 10-13.
- [6] 曹勘程, 刘晓漫, 郭美霞, 等. 作物土传病害的危害及防治技术 [J]. 植物保护, 2017, 43(2): 6-16.
Cao A C, Liu X M, Guo M X, et al. Incidences of soil-borne diseases and control measures [J]. Plant Protection, 2017, 43(2): 6-16.
- [7] 董 艳, 董 坤, 鲁 耀, 等. 设施栽培对土壤化学性质及微生物区系的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(3): 418-424.
Dong Y, Dong K, Lu Y, et al. Influence of greenhouse cultivation on soil chemical properties and microbial community [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2009, 24(3): 418-424.
- [8] 黎 宁, 李华兴, 朱凤娇, 等. 土壤微生物生态特征与土壤理化性质的关系 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 285-290.
Li N, Li H X, Zhu F J, et al. Relationships between soil microbial ecological characteristics and physical-chemical properties of vegetable garden soil [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(2): 285-290.
- [9] 路 鹏, 苏以荣, 牛 铮, 等. 土壤质量评价指标及其时空变异

- [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(4): 190-194.
- Lu P, Su Y R, Niu Z, et al. Soil quality assessment indicators and their spatial-temporal variability [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(4): 190-194.
- [10] Liu X M, Li Q, Liang W J, et al. Distribution of soil enzyme activities and microbial biomass along a latitudinal gradient in farmlands of songliao plain, Northeast China [J]. Pedosphere, 2008, 18(4): 431-440.
- [11] 胡俊峰. 设施蔬菜土壤消毒与修复技术 [J]. 现代农业科技, 2017(22): 73-76.
- Hu J F. Soil disinfection and remediation technology of facility vegetable [J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2017(22): 73-76.
- [12] 周雪青, 张晓文, 邹 岚, 等. 设施农业土壤消毒方法比较 [J]. 农业工程, 2016, 6(3): 109-112.
- Zhou X Q, Zhang X W, Zou L, et al. Comparison of soil disinfection methods in facility agriculture [J]. Agricultural Engineering, 2016, 6(3): 109-112.
- [13] 陆利民, 赵 晶, 杨业凤, 等. 土壤改良剂施用对设施土壤微生物数量与酶活性及青菜生长的影响 [J]. 上海农业学报, 2016, 32(1): 90-94.
- Lu L M, Zhao J, Yang Y F, et al. Effects of soil conditioners on the soil microbial biomass and enzyme activities and the growth of green vegetable in greenhouse [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2016, 32(1): 90-94.
- [14] 王 宁, 郭建明, 宋兆欣, 等. 土壤消毒对土壤微生物的影响 [J]. 北京农业, 2015(12): 129-130.
- Wang N, Guo J M, Song Z X, et al. Effect of soil disinfection on soil microorganisms [J]. Beijing Agriculture, 2015(12): 129-130.
- [15] 李英梅, 曹红梅, 徐福利, 等. 土壤消毒措施对土壤物理特性及黄瓜生长发育的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(6): 1189-1193.
- Li Y M, Cao H M, Xu F L, et al. Effects of different forms of soil disinfection on soil physical properties and cucumber growth [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(6): 1189-1193.
- [16] 范 昆, 王开运, 夏晓明, 等. 溴甲烷土壤消毒替代品的研究进展 [J]. 世界农药, 2006, 28(2): 45-48.
- Fan K, Wang K Y, Xia X M, et al. Research progress of bromide soil disinfection alternatives [J]. World Pesticides, 2006, 28(2): 45-48.
- [17] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学及其试验技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- Yao H Y, Huang C Y. Soil microbial ecology and its testing technology [M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [18] 刘中良, 郑建利, 孙 哲, 等. 土壤改良剂对设施番茄土壤微生物群落、品质及产量的影响 [J]. 华北农学报, 2016, 31(S1): 394-398.
- Liu Z L, Zheng J L, Sun Z, et al. Effects of soil amendments on soil microbial communities, quality and yield of tomato in protected house [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2016, 31(S1): 394-398.
- [19] 徐 进, 徐祖祥, 李巧生. 施用荣宝土壤消毒剂对番茄、青椒、玉米产量的影响 [J]. 热带农业科学, 2010, 30(11): 26-29.
- Xu J, Xu Z X, Li Q S. Effect of soil contaminant ronbao on the yields of tomato, green pepper and corn [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2010, 30(11): 26-29.
- [20] 刘 刚, 王惠军. 荣宝土壤消毒剂在设施番茄生产上的应用效果 [J]. 农业科技通讯, 2014(7): 179-180.
- Liu G, Wang H J. Application effect of rongbao soil disinfectant in tomato production [J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2014(7): 179-180.
- [21] Li J, Zhao B Q, Li X Y, et al. Effects of long-term combined application of organic and mineral fertilizers on microbial biomass, soil enzyme activities and soil fertility [J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(3): 336-343.
- [22] 徐福利, 梁银丽, 张成娥, 等. 日光温室土壤生物学特性与施肥的关系 [J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 20-22.
- Xu F L, Liang Y L, Zhang C E, et al. Relationship between soil microbial biomass and soil enzyme activities and fertilization in sunlight greenhouse [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2004, 11(1): 20-22.
- [23] Gao Y, Zhou P, Mao L, et al. Effects of plant species coexistence on soil enzyme activities and soil microbial community structure under Cd and Pb combined pollution [J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(7): 1040-1048.
- [24] 刘 来, 黄保健, 孙 锦, 等. 大棚辣椒连作土壤微生物数量、酶活性与土壤肥力的关系 [J]. 中国土壤与肥料, 2013(2): 5-10.
- Liu L, Huang B J, Sun J, et al. Relationship between soil microbial quantity, enzyme activity and soil fertility in hot pepper greenhouse soils of different continuous cropping years [J]. Soil and Fertilizer Sciences, 2013(2): 5-10.
- [25] 杜连凤, 张维理, 李志宏, 等. 长江三角洲地区不同种植类型对土壤质量的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 95-99.
- Du L F, Zhang W L, Li Z H, et al. Soil quality with various planting in Yangtze River Delta area [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2006, 25(1): 95-99.
- [26] 高子勤, 张淑香. 连作障碍与根际微生态研究: I. 根系分泌物及其生态效应 [J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 549-554.
- Gao Z Q, Zhang S X. Continuous cropping obstacle and rhizospheric microecology: I. root exudates and their ecological effects [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(5): 549-554.
- [27] 张国红, 任华中, 高丽红, 等. 京郊日光温室土壤微生物状况和酶活性 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(7): 1447-1452.
- Zhang G H, Ren H Z, Gao L H, et al. The soil microbe populations and enzyme activities in helio-greenhouse of Beijing suburbs [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(7): 1447-1452.
- [28] Zhang Y L, Wang Y S. Soil enzyme activities with greenhouse subsurface irrigation [J]. Pedosphere, 2006, 16(4): 512-518.