

顾和平,袁星星,陈 新,等.高温浸泡土壤对连作大棚土体修复和病害防治的效果[J].江苏农业科学,2013,41(7):348-351.

高温浸泡土壤对连作大棚土体修复和病害防治的效果

顾和平,袁星星,陈 新,崔晓艳,陈华涛,朱凌丽

(江苏省农业科学院蔬菜研究所,江苏南京 210014)

摘要:2006 年、2011 年分别在印度尼西亚东爪哇省泗水市和中国江苏省南京市开展塑料大棚内淹水的高温闷棚试验。结果表明:高温闷棚使土壤容重、土壤毛管孔隙比例极显著上升,土壤非毛管孔隙比例和土壤氧化还原电位值极显著下降,土壤 pH 值下降,由弱碱性向中性水平发展;根腐病、立枯病、青枯病发病率分别下降了 88.36%、76.33%、86.62%,纹枯病、霜霉病、白粉病的株发病率分别下降了 54.91%、73.51%、81.29%;高温浸泡土壤处理后的供试作物生长势均明显增强,原因可能是高温闷棚依靠温度和缺氧的双重作用,能够杀死大部分土传病原生物,尤其是高温的作用;地上部病害减轻的原因可能是水分浸泡土壤后,土壤理化性状得到了优化,作物长势增强,免疫力提高,抗病力上升所致。

关键词:高温闷棚;土壤修复;蔬菜栽培;合理轮作;植物保护

中图分类号:S62 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)07-0348-04

塑料大棚是最常见、最普及、最廉价的一种保护性栽培设施。常用塑料大棚包括单体大棚和连栋大棚,塑料大棚在冬春季节具有增温、防雨、减少昆虫危害的作用,夏季在棚外加

收稿日期:2012-12-12

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-09)。

作者简介:顾和平(1954—),男,江苏靖江人,研究员,从事豆类作物新品种选育和生理栽培研究。Tel:(025)84391362;E-mail:ghp@jaas.ac.cn。

通信作者:陈 新,研究员,从事豆类作物遗传育种和栽培研究。E-mail:cx@jaas.ac.cn。

物生长所需要求,从各化学因子均值看,大致变化为:全氮含量 313.6~891.7 mg/kg,速效磷含量 6.2~14.7 mg/kg,速效钾含量 146.4~237.3 mg/kg,平均 pH 值 6.8~7.1(为弱酸性或中性),有机质含量 18.8~35.9 g/kg。土壤全氮、速效磷、速效钾、pH 值、有机质等各因子的最大均值分别出现在上石桥、卜塔集、仙居、汪家集、上石桥,最小值分别出现在武庙、上石桥、卜塔集、上石桥、卜塔集。不同地点土壤的全氮、速效钾、有机质含量差异极显著,速效磷含量差异显著,不同地点对湿地土壤 pH 值无显著性影响。

在土壤的垂直分布上,多数结果表明样地表层土壤的全氮含量较高;各样地土壤速效磷含量从表层到深层基本上呈现先增加再减少的趋势;土壤速效钾含量在 0~60 cm 分布范围内的变化幅度小;各样地的土壤 pH 在垂直方向的变化较小,仅半数样地土壤在 0~15 cm 与 45~60 cm 层次间的 pH 值存在极显著差异;从表层到深层,多数湿地土壤有机质含量变化较为复杂。

信叶高速公路沿线湿地土壤的有机质、全氮、速效磷、速效钾含量差异极显著,主要原因是沿线湿地土壤形成时间较短,因而微生物和植物凋落物的分解较少^[10];同时沿线湿地土壤全氮、速效磷、速效钾含量在绿化植物生长的初期主要由原土壤带来,再加上在运送过程中的扰动,使不同深度土壤全氮、速效磷、速效钾含量的变化表现得较复杂。

盖遮阳网,棚两侧加上尼龙纱,具有降温、防雨、减少虫害等优点。因此塑料大棚受到设施农区农民的普遍欢迎。据不完全统计,我国的保护性栽培设施中塑料大棚约占 85%。塑料大棚的使用,极大地缓解了我国蔬菜供应的周年性和生产的季节性之间的矛盾,丰富了居民的菜篮子花色品种,增加了菜农经济收入。但由于塑料大棚内缺乏自然降雨对土壤的冲淋,空气流通性差,加之化学肥料的大量施用,单一品种的连续种植,给蔬菜大棚土壤带来严重的连作障碍,表现为土传病害日益严重,蔬菜根系和残茬带来的化感物质(自毒)物质严重影响在田蔬菜的营养生长和生殖生长,导致蔬菜产量和品质严

参考文献:

- [1] Brinson M M, Rheinhardt R. The role of reference wetlands in functional assessment and mitigation[J]. *Ecological Applications*, 1996, 6(1): 69-76.
- [2] 崔丽娟. 湿地价值评价研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 陈宜瑜. 湿地功能与湿地科学研究的方向[J]. *中国基础科学*, 2002(1): 17-19.
- [4] 田应兵, 宋光煜, 艾天成. 湿地土壤及其生态功能[J]. *生态学杂志*, 2002, 21(6): 36-39.
- [5] 何池全, 赵魁义. 毛茛苔草湿地营养元素的积累、分配及其生物循环特征[J]. *生态学报*, 2001, 21(12): 2074-2080.
- [6] 吴俐莎, 唐 杰, 罗 强, 等. 若尔盖湿地土壤酶活性和理化性质与微生物关系的研究[J]. *土壤通报*, 2012, 43(1): 52-59.
- [7] 向万胜, 童成立, 吴金水, 等. 湿地农田土壤磷素的分布、形态与有效性及磷素循环[J]. *生态学报*, 2001, 21(12): 2067-2073.
- [8] 熊汉锋, 廖勤周, 吴庆丰, 等. 湖北梁子湖湿地土壤养分的分布特征和相关性分析[J]. *湖泊科学*, 2005, 17(1): 93-96.
- [9] Meyer C K, Baer S G, Whiles M R. Ecosystem recovery across a chronosequence of restored wetlands in the Platte River valley[J]. *Ecosystems*, 2008, 11(2): 193-208.
- [10] 赵永强. 退耕还湖下安庆沿江湿地土壤生态化学变化[D]. 芜湖: 安徽师范大学, 2011.

重下降,土壤盐渍化日益加重,矿物质比例失衡,显著降低了肥料的投入产出率。为解决设施栽培中的连作障碍问题,前人开展了大量研究,包括大棚内的旱地蔬菜和水生蔬菜轮作,并提出适宜设施栽培下种植的水生蔬菜品种^[1];旱地蔬菜和水稻轮作^[2];在大棚土壤中添加石灰氮^[3];在土壤中增施稻草 7 500 kg/hm²,将稻草和土壤充分混合,加水盖膜高温处理 20 d 后再种植蔬菜,连续种菜 5 年,没有发生连作障碍,且土传病害及地下害虫很少^[4]。这些研究不仅在一定程度上丰富了克服设施栽培连作障碍的理论基础,而且促进了设施栽培连作障碍解除技术的多元化、实用性。随着我国城市化规模的不断扩大,可耕地面积越来越少,人们对于蔬菜品种多样化、高档化的要求越来越高,设施栽培尤其是普通大棚栽培面积仍有扩大趋势,蔬菜设施栽培是蔬菜生产的主战场之一,设施栽培连作障碍问题是必然面对的重要课题。长江中下游蔬菜产区的大棚,在春季蔬菜收获后往往会迎来高温,据笔者调查,6 月底到 7 月底,半数以上大棚因高温而处于休闲状态,如何利用这一强高温和大棚休闲解决塑料大棚的连作障碍问题,值得关注。本研究开展了大棚内高温土体浸泡试验,并研究该技术对连作大棚的土体修复和病虫害防治效果,以期对连作大棚的土壤改良提供有效方法。

1 材料与方法

1.1 2006 年在印度尼西亚的试验

1.1.1 试验地点和时间 试验地点位于印度尼西亚东爪哇省泗水市(surabaya)北部 40 km 的 garanbirang 农业试验站。试验时间是 2006 年 2 月至 8 月。

1.1.2 试验地前作 普通塑料大棚,40 m×6 m,2005 年先后种植 1 季普通豇豆[*Vigna unguiculate* (Linn) Walp]和 1 季黄瓜(*Cucumis sativus* L.),豇豆根腐病的株发病率为 37%,死亡植株达 16%。鲜荚产量 24 000 kg/hm²,相当于正常生长中等产量水平的 60%。黄瓜品种为中国的津杂 3 号,生长期间枯萎病的株发病率为 28%,黄瓜产量为 45 200 kg/hm²,相当于正常生长中等产量的 60%。

1.1.3 棚内土体的高温浸泡(高温闷棚) 该蔬菜区共有大棚 11 个,选定两边和最中间的大棚作为对照区,其余大棚全部进行土体高温浸泡。2 月 25 日开始将大棚内土壤深耕 25 cm,河水漫灌,棚内水深 20~25 cm,每天晚上补充水分,保证水层深度。用塑料布将大棚密封,充分利用大棚高温灭菌杀虫。高温浸泡时间为 3 月 1—16 日,期间泗水市日平均气温是 29℃,最高气温达 38℃,最低气温是 27℃。高温闷棚阶段,11:00—15:00 棚内最高气温达 65℃,3 月 16 日掀开大棚排除棚内积水,4 月 1 日大棚内土壤达到耕作要求。

1.1.4 土壤取样和测定 土壤高温浸泡前后,分别于 2 月 25 日和 4 月 5 日,采取 5 点取样法取土样,深度 30 cm。测定土壤 pH 值、有机质含量、全氮含量、全磷含量、全钾含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量、土壤容重、毛管空隙、非毛管空隙、氧化还原电位值等。

土壤总孔隙度=(1-容重/比重)×100%

土壤毛管空隙度=土壤田间持水量×容重

土壤非毛管空隙=土壤总孔隙度-土壤毛管空隙度

1.1.5 高温闷棚后的蔬菜种植 4 月 15 日在 5 个大棚种植

黄瓜,5 个大棚种植薄皮甜瓜,相邻未处理大棚为对照。各处理区施用优质复合肥 1 500 kg/hm²,不施用其他肥料、农药、植物激素等。

1.1.6 试验测定参数 病害:根腐病、立枯病、青枯病、纹枯病、霜霉病、白粉病。地下害虫:地老虎、蛴螬、金针虫、蜗牛、蛞蝓、蚂蚁等。作物生长参数:移栽期、第一雌花期、第一采收期、净园期、单株产果数、单株瓜重、单个瓜重、每棚瓜重、商品率。

1.2 2011 年在江苏省南京市的试验

1.2.1 试验前耕作情况 连续种植 2 季芸豆,供试品种是苏菜豆 2 号。第 2 季菜豆的鲜豆荚产量是 23 000 kg/hm²,相当于正常生长时大棚产量的 70%。根腐病、立枯病的株发病率分别为 25%、11.3%。

1.2.2 土体高温浸泡(高温闷棚) 2011 年 6 月 25 日至 7 月 10 日进行土体高温浸泡,期间棚内最高气温 67℃,最低气温 38℃,闷棚方法同“1.1.3”。2 个大棚作试验处理,1 个大棚作对照。该 3 个大棚前茬作物的肥料施用情况和作物长势没有明显差异。

1.2.3 土壤取样和测定 土壤取样和测定同“1.1.4”,取样时间分别为 6 月 20 日和 8 月 5 日。

1.2.4 土壤处理后的作物种植 于 8 月 12 日直播芸豆品种苏芸豆 2 号,行距 60 cm,穴距 40 cm,穴育苗 2 株,施用优质复合肥 900 kg/hm²,不施用其他肥料、激素、杀虫剂、杀菌剂等。

1.2.5 试验测定参数 病害:根腐病、立枯病、青枯病、纹枯病、白粉病、锈病。地下虫害:地老虎、蛴螬、金针虫、蚂蚁、蜗牛、蛞蝓等。芸豆生长参数:播种期、出苗期、出苗率、生长势、开花期、第一采收期、净园期、株高、单株荚数、单株产量、产量、商品率。

2 结果与分析

2.1 高温浸泡对连作大棚土体的修复效果

由表 1 可见,高温浸泡后,土壤容重、土壤毛管空隙比例极显著上升,土壤非毛管空隙比例和氧化还原电位值极显著下降。毛管空隙有储存水分作用,非毛管空隙有储存气体作用,连作大棚在多数情况下非毛管空隙比重偏大,毛管空隙比重偏小,土体在高温水浸泡下,依靠水的重力作用和水分张力,使土体原来的物理结构明显改变。这种土体气相和液相比例的改变和协调,将会更符合大棚内作物生长对土壤物理性状的要求。氧化还原电位值偏高也是连作大棚土壤的重要特征之一,理想的土壤化学性状要求氧化还原电位值处于一个合适水平,电位值过高不仅使土壤处于超氧化状态,有机养分矿化过快,存量养分损失严重,根系容易形成早衰,不利于

表 1 高温浸泡对连作大棚土体的修复效果

试验地点	时间	土壤容重 (g/m ³)	毛管孔隙 (%)	非毛管孔隙 (%)	氧化还原电 位值(mV)
泗水市	浸泡前	1.12±0.05A	16.5±1.8A	25.2±3.8A	687±43A
	浸泡后	1.26±0.07B	19.3±2.3B	18.3±2.1B	542±48B
南京市	浸泡前	1.08±0.03A	17.8±2.1A	27.4±2.9A	725±55A
	浸泡后	1.21±0.05B	21.0±2.4B	22.5±3.5B	562±53B

注:同列数字后不同大写、小写字母分别表示各指标相同试验地点浸泡前后差异极显著(P<0.01)、显著(P<0.05)。下同。

土壤养分的持续供应和作物的稳健生长,而且会大大增加农业成本。高温水浸泡土体后,将有利于土壤氧化还原电位值的正常回归,重新构成相对理想的土壤化学环境。

2.2 高温浸泡对土壤养分含量的影响

由表 2 可见,高温浸泡后,土壤 pH 值均下降,由弱碱性

向中性水平发展,可能是因为经过水洗作用后,部分碱分子随水流流失。在有机质含量、全氮含量、全磷含量、全钾含量方面,泗水市和南京市试点的变化趋势相同,全磷含量显著下降,其他营养物质含量均表现为显著上升。在速效养分方面,经过高温浸泡,氮、磷、钾含量均显著上升。

表 2 高温闷棚对土壤养分含量的影响

试验地点	时间	pH 值	有机质含量 (%)	全氮含量 (%)	全磷含量 (mg/kg)	全钾含量 (%)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
泗水市	浸泡前	7.2 ± 0.3a	1.75 ± 0.13a	0.15 ± 0.12a	470 ± 54a	1.36 ± 0.12a	118 ± 15a	16.2 ± 1.3a	53 ± 4a
	浸泡后	6.8 ± 0.2b	1.86 ± 0.15b	0.18 ± 0.03b	426 ± 46b	1.47 ± 0.14b	130 ± 17b	18.5 ± 1.5b	72 ± 7b
	浸泡前后差值	0.4	0.11	0.03	-44	0.11	12	2.3	19
南京市	浸泡前	7.4 ± 0.2a	1.80 ± 0.22a	0.12 ± 0.02	510 ± 34a	1.46 ± 0.11a	121 ± 11a	14.7 ± 0.9a	60 ± 6a
	浸泡后	6.9 ± 0.3b	2.04 ± 0.17b	0.14 ± 0.03b	414 ± 43b	1.52 ± 0.14b	137 ± 10b	19.2 ± 1.1b	81 ± 6b
	浸泡前后差值	0.5	0.24	0.02	-96	0.06	16	4.5	21

2.3 高温浸泡对土壤昆虫的杀灭作用

地老虎、金针虫、蛴螬是作物生产中重要的地下害虫,分布区域广,危害严重,连续旱作很难消灭这些昆虫,大量使用化学杀虫剂不仅会带来土壤和农产品质量污染,还会影响水

资源质量,增加农业成本。在设施大棚内进行水旱轮作,是消灭地下害虫的有效方法。如果种植水生蔬菜或水稻的条件不成熟,实行高温水浸泡杀虫不失为一种消灭地下昆虫的理想办法(表 3),值得进一步试验和示范。

表 3 土体高温浸泡对地下害虫的影响

试验地点	时间	4 m ² 数量(头)					
		地老虎	金针虫	蛴螬	蜗牛	蛞蝓	蚂蚁
泗水市	浸泡前	10.3 ± 2.5A	7.4 ± 3.4A	6.3 ± 2.3A	28.4 ± 4.0A	8.8 ± 2.8A	大量
	浸泡后	0B	0B	0B	0B	0B	极少
南京市	浸泡前	6.5 ± 3.0A	3.7 ± 2.2A	0	5.3 ± 3.5A	5.2 ± 1.5A	0
	浸泡后	0B	0B	0	0B	0B	0

2.4 高温浸泡对作物病害的影响

由表 4 可见,在泗水市试点,高温浸泡土壤处理的 6 种常见瓜类作物病害得到了有效控制,根腐病、立枯病、青枯病等 3 种根部病害的发病率分别下降了 88.36%、76.33%、86.62%。纹枯病、霜霉病、白粉病等 3 种植株地上部病害的

株发病率分别下降了 54.91%、73.51%、81.29%。高温浸泡土体,依靠温度和缺氧的双重作用,能够杀死很大比例的土传病原生物。地上部病害减轻的原因可能是因为水分浸泡土壤后,土壤理化性状得到了优化,作物长势增强,免疫力提高,使抗病力上升。

表 4 泗水市试点土壤高温浸泡对作物病害的影响

作物	时间	根腐病 (%)	立枯病 (%)	青枯病 (%)	纹枯病 (%)	霜霉病 (%)	白粉病 (%)
黄瓜	浸泡前	29.5 ± 6.5A	11.2 ± 2.8A	7.4 ± 2.2A	0	100A	47.5 ± 5.3A
	浸泡后	4.5 ± 1.2B	3.15 ± 0.4B	0B	0	25.5 ± 3.7B	6.7 ± 2.2B
薄皮甜瓜	浸泡前	32.4 ± 5.4A	12.5 ± 2.7A	8.4 ± 3.5A	32.6 ± 5.5A	62.3 ± 5.7A	54.6 ± 6.4A
	浸泡后	2.7 ± 0.3B	2.5 ± 1.5B	2.1 ± 1.4B	14.7 ± 2.7B	17.5 ± 3.6B	12.4 ± 2.4B

由表 5 可见,在南京市试点,上述 6 种主要蔬菜病害也得到了有效控制。根腐病、立枯病、青枯病的控制效果最好,在

高温浸泡土壤后的第 1 个生长季节,芸豆未发生上述病害。纹枯病、霜霉病、白粉病的控制效果也达到了 50% 左右。

表 5 南京市试点土壤高温浸泡对芸豆病害的影响

时间	根腐病 (%)	立枯病 (%)	青枯病 (%)	纹枯病 (%)	霜霉病 (%)	白粉病 (%)
浸泡前	25.6 ± 8.4A	11.5 ± 1.8A	7.8 ± 2.3A	62.4 ± 11.7A	47.6 ± 9.8A	27.5 ± 7.5A
浸泡后	0B	0B	0B	28.6 ± 5.3B	28.4 ± 4.3B	12.6 ± 3.6B

2.5 高温浸泡土壤对作物生长的影响

由表 6 可见,在泗水市试点,高温浸泡土壤处理的作物生长势明显增强。黄瓜单株产果数增加了 35.00%,单株瓜重增加了 59.76%,单果重量增加了 23.49%,每棚瓜重增加了 24.66%,黄瓜商品率由 62% 提高到 86%;薄皮甜瓜单株产瓜数增加了 12.50%,单株瓜重增加了 26.20%,单果重提高了 18.54%,每棚瓜重增加了 48.44%,商品率由 66.5% 提高到

88.2%。由表 7 可见,在南京市试点,高温浸泡土壤处理的芸豆株高增加了 23.90%,单株荚数增加了 37.86%,单株荚重增加了 63.63%,每棚豆荚鲜重增加了 59.18%,商品率提高了 32.65%。不同作物对高温浸泡土壤的反应有很大差异,黄瓜的产量效应是 24.66%,薄皮甜瓜的产量效应是 48.44%,芸豆的产量效应是 59.18%。说明高温水浸泡土体后,更有利于豆类作物高产。

表 6 泗水市试点土壤高温浸泡对作物生长的影响

作物	处理	移栽期 (月-日)	生长势 (级)	第一雌花期 (月-日)	第一采收期 (月-日)	拉秧期 (月-日)	单株产果数 (个)	单株瓜重 (g)	单果重 (g)	每棚瓜重 (kg)	商品率 (%)
黄瓜	高温浸泡土壤	04-15	4	05-07	05-22	06-15	6.5±0.5A	1350±114A	226±18A	1380±110A	86.0±3.8A
	对照	04-15	2+	05-10	05-25	06-08	4.8±0.4B	845±65B	183±21B	1107±98B	62.0±4.4B
甜瓜	高温浸泡土壤	04-17	4-	05-15	06-25	60-30	2.7±0.3A	1050±78A	422±46A	486±54A	88.2±5.2A
	对照	04-17	2+	05-18	06-28	07-03	2.4±0.2B	832±97B	356±38B	346±36B	66.5±3.9B

表 7 南京市试点土壤高温浸泡后芸豆的生长表现

处理	播种期 (月-日)	出苗期 (月-日)	开花期 (月-日)	第一次采收 (月-日)	净园期 (月-日)	株高 (cm)	单株荚数 (个)	单株荚重 (g)	每棚荚重 (kg)	商品率 (%)
高温浸泡土壤	08-15	08-18	09-15	09-30	10-25	295±18A	28.4±3.2A	360±22A	1014±65A	84.5±6.7A
对照	08-15	08-18	09-18	10-03	10-30	238±23B	20.6±3.5B	220±18B	637±54B	63.7±4.5B

3 结论与讨论

3.1 土壤修复技术日益多元化、系统化

土壤连作是作物高产、高效的重要障碍,设施栽培连作障碍比大田连作障碍更为严重,不仅直接影响作物的营养生长和生殖生长,还会明显降低作物商品品质和风味品质。解除连作障碍的方法包括:物理方法,如将土壤全部置换等;化学方法,如在土壤中使用一些有利于减轻连作障碍的化学药品,包括石灰氮、化学杀菌剂、生物肥料等;生物法,如作物科学轮作,利用作物产生的化感物质减轻或消除前茬作物化感物质的毒害作用。但这些技术不仅成本高,土壤改良效果不太理想,而且可能会给土壤带来副作用。土体高温浸泡能较好地 将上述几种方法的优点结合起来,值得扩大试验和示范。

3.2 淹水处理后土壤理化性质的变化

戴志刚等报道,施用油菜秸秆后淹水处理的土壤,前 3 d pH 值呈缓慢下降趋势,从第 4 天开始迅速上升,16 d 后达到相对稳定状态^[5]。在施用水稻秸秆后进行淹水处理,在培养初期,土壤 pH 值呈缓慢下降趋势,从第 4 天开始迅速上升,到 16 d 达到相对稳定状态^[6]。说明淹水处理后土壤 pH 值会有所提高,本研究未对土壤 pH 值进行动态观察,但是最后结果表现为 pH 值明显下降。戴志刚等报道,淹水处理后土壤全氮含量迅速增加,到第 8 天达到最大值,随后迅速下降,到 44 d 下降趋缓^[5],原因是该研究中是施用植物秸秆后进行淹水处理,秸秆腐烂和分解消耗大量氮素,用于微生物自身繁殖和平衡土壤碳氮比。本研究是直接对大棚土壤进行淹水处理,淹水条件下促进了可溶性氮素的溶解,所以表现为土壤可溶性氮素增加。李亚娟等报道,加氮处理和淹水培养均显著提高青紫泥的 NH₄⁺-N 含量^[7]。本研究中,泗水市试点土壤是沙壤土,南京市试点土壤是马肝土,淹水处理后氮素含量增加,这与前人研究结果相近。

陆文龙等报道,在流动法研究中,低分子有机酸对土壤中磷的释放动力大小顺序是:草酸≥柠檬酸>苹果酸>酒石酸^[8]。本研究中虽然没有直接添加低分子有机酸,但是淹水处理后土壤中有效磷还是获得了明显提高,这可能与淹水条件下磷的溶解度增加有直接关系。刘金华等报道了淹水处理对土壤钾素耗竭的修复效应,比较了干湿交替、恒湿、淹水、冻融交替法对钾素耗竭的修复效果,结果表明冻融法修复效果最好,淹水处理的钾素增加量和平均增加率分别为 15.2 mg/kg、

31.6%^[9]。本研究结果和上述研究结果相似。

本研究中,淹水处理后土壤中昆虫数量明显减少,可能是高温和缺氧的双重因素影响的结果,实际上淹水处理对杀死植株地上部昆虫同样具有很好效果。郑许松等报道,淹水处理对褐飞虱具有直接影响,淹水使褐飞虱卵的孵化率明显下降,尤其是高温和淹水互作的杀虫效果更好^[10]。淹水处理对于土壤因芳香烃造成的污染具有很好的修复作用,邹德勋等以不同 C 源通气状况和水分条件为调节因子,对长期受多芳香烃污染的土壤土著微生物强化修复,结果表明搅动处理使污染土壤中的菲和芘降解率分别达 59.44%、26.12%,淹水处理使两者的降解率分别达到 46.48%、13.27%。本研究中不仅使大棚土壤淹水,还使土壤受到巨大搅动,灌水后对大棚土壤进行一系列耕作活动,促进了土壤有害芳香烃的溶解、释放、排除^[11]。

参考文献:

[1] 李朋忠,扬金明. 设施蔬菜连作障碍的石灰氮解除技术[J]. 上海蔬菜,2010(3):66-67.
[2] 江解增,繆吴昉,曾晓萍,等. 设施内蔬菜水旱轮作新模式[J]. 中国蔬菜,2011(9):46-49.
[3] 曾希柏,孙楠,高菊生,等. 双季稻田改制对土壤剖面构型及性质的影响[J]. 应用生态学报,2008,19(5):1033-1039.
[4] 沙国栋,胡金祥,赵金元,等. 设施蔬菜有机栽培技术的持续优质、稳产效果[J]. 江苏农业学报,2005,21(4):381-383.
[5] 戴志刚,鲁剑巍,鲁明星,等. 油菜秸秆用量对淹水培养土壤表层溶液理化性质的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(1):197-200.
[6] 戴志刚,鲁剑巍,鲁明星,等. 水稻秸秆用量对淹水培养土壤表层溶液理化性质的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(1):20-24.
[7] 李亚娟,杨俞娟,张友润,等. 水分状况与供氮水平对土壤可溶性氮素形态变化的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(5):1153-1160.
[8] 陆文龙,王敬国,曹一平,等. 低分子量有机酸对土壤磷释放动力学的影响[J]. 土壤学报,1998,35(4):493-497.
[9] 刘金华,杨靖民,于晓斌,等. 物理方法对钾素耗竭黑土的修复效果研究[J]. 水土保持学报,2010,24(3):136-140.
[10] 郑许松,俞晓平,吕仲贤. 淹水对褐飞虱生长发育和稻株营养成分的影响[J]. 中国水稻科学,1999,13(2):117-119.
[11] 邹德勋,骆永明,滕应. 多环芳香烃长期污染土壤的微生物强化修复初步研究[J]. 土壤,2006,38(5):652-656.