

# 无土栽培循环营养液的灭菌

王冬华<sup>1</sup>, 袁小艳<sup>1</sup>, 宋卫堂<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学理学院, 北京 100094)

中图分类号: S604<sup>+</sup>.7 文献标识码: B 文章编号: 1001-0009(2005)04-0018-02

与传统的土壤栽培方式相比, 无土栽培的优点在于既可以生产廉价的无公害、绿色食品以满足人们的生活需要, 又可向高精尖的方向发展, 提高农产品的种植密度以提高产量, 甚至可以满足航天、极地条件下的农作物生产的需要, 所以无土栽培的发展前景不可估量。近年来, 我国的无土栽培面积迅速增加, 2000 年达到 500 hm<sup>2</sup> (公顷), 2002 年达到了 856 hm<sup>2</sup> (公顷)。

无土栽培面积的迅速增加带来了一系列的问题, 其中最严重的是排放的废液日益增多。排出的废液污染了土壤、地表水和地下水, 直接排入河流中的废液引起河流或湖泊水的富营养化; 同时浪费了大量的水资源。荷兰的法律明文规定到 2000 年, 无土栽培的苗圃必须实行循环利用营养液的栽培形式, 以节约水资源, 防止排放过剩的营养液污染土壤、地表水和地下水。且我国立法规定污水综合排放标准(GB 8978-1996), 本标准按照污水排放去向, 分年限规定了 69 种水污染物最高允许排放浓度及部分行业最高允许排水量, 其中包括酸碱度 pH、化学需氧量 COD、5 日生化耗氧量 BOD<sub>5</sub>、电导度 Ec、以及一些金属离子的排放浓度; 并自 2003 年 7 月 1 日起施行《排污费征收使用管理条例》。这些法律法规限制了无土栽培废液的随意排放。

鉴于此, 生产商及研究机构开始探索采用营养液循环利用的方式, 以节约大量的水资源, 避免环境污染。研究表明无土栽培系统若收集并循环利用营养液可以节约水和肥料。营养液的循环利用带来的新问题是循环利用的营养液能在整个苗圃内传播根系病害, 而传染其它的健康植株, 严重时会造成大量作物死亡。根系病害主要是由于温室或大棚中的高温、高湿及营养条件较好, 而生长出许多病原菌。必须在营养液的循环利用之前消除营养液中的病原菌而防止传染苗圃内其它的健康植株。Amsing-JJ (1990 年) 在岩棉块的无土栽培系统中先对种植玫瑰的营养液不进行灭菌而是直接加以循环利用, 发现病原体在整个苗圃迅速扩散, 且玫瑰的植株越小, 它们越容易感染病菌。可见在营养液循环利用之前, 对营

养液进行灭菌有着十分重要的意义。

## 1 营养液的灭菌方法

作者在查阅大量文献的基础上, 总结当前有效的营养液灭菌方法有: 热处理灭菌、沙滤灭菌、紫外线灭菌、臭氧灭菌、生物控制灭菌等。其中有效的方法是热处理灭菌法、沙滤灭菌法和紫外线灭菌法。

### 1.1 国外的研究进展

1.1.1 热处理灭菌法 将营养液加热到高温(超过病原物的致死温度), 并滞留一段时间可以将病原物杀死是热处理灭菌法的机理。W. Th. Runia(1988 年)设计了一套营养液的热处理灭菌系统。该系统将营养液加热到高温(高于 90 °C)并滞留大约 10 s(秒), 完全控制了烟草花叶病毒的繁殖, 系统中利用热交换器进行回收灭菌后营养液的余热, 节省了能耗; 如利用该系统彻底消除镰刀属真菌则需要更长的滞留时间。W. Th. Runia(2001 年)将原来的设备进行了改进, 利用加热炉将营养液加热到 85 °C, 滞留时间 3 min(分钟), 就能完全消除营养液内的镰刀属真菌和烟草花叶病毒。W. Th. Runia(2001 年)在热处理试验研究中, 通过改变加热温度和滞留时间达到消除病原菌的效果, 找出最低的加热温度和最短的滞留时间达到节约能源的目的, 其加热温度为 60 °C, 滞留时间为 2 min(分钟)。热处理灭菌法能控制致病的腐霉属、疫霉属等真菌, 且营养液中抗滤过性病原体的增加进一步验证了热处理的效力。可见热处理灭菌法是有效的处理方法。不同病原菌的致死温度与致死时间不同, 为节省能耗费用, 致死温度与致死时间的匹配要求对病原菌作广泛的基础研究, 找到致死温度与致死时间的最佳结合点。因而人们也常用热处理方法对营养液进行灭菌。

1.1.2 沙滤灭菌法 沙滤灭菌法最初被用于饮用水的过滤。Wohonka 将沙滤灭菌法用于营养液的灭菌。水流过一层 90 cm(厘米)厚的石英沙, 流速为 3 m/d ~ 7 m/d(米/天), 则可以完全过滤掉疫霉菌, 但是少量的镰刀属孢子可以通过过滤层。而当采用硅酸盐材料的滤膜, 且流速为 4 m/d(米/天)时, 则可以 100% 的除去镰刀属真菌。E. A. Van os<sup>[1]</sup> 在封闭式的盆栽番茄系统中做了试验, 选用了三种不同类型的沙子和两个过滤速度。通过检测试验前后的物理参数(电导度 Ec、温度)和化学参数(化学耗氧量 COD、生化需氧量 BOD<sub>5</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、氧气浓度), 找到合适的沙子类型和过滤速度(营养液以 0.1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h(立方米/平方米·小时)的速度流过沙子(粗糙的 0.2 mm ~ 0.8 mm(毫米), 细的 0.15 mm ~ 0.35 mm(毫米)沙子; 有效尺寸分别为 0.51 mm(毫米), 0.23 mm(毫米), 沙子能彻底地过滤掉腐霉属和疫霉属真菌)。沙滤灭菌法能过滤掉危害植物的假单胞菌, 放射菌类、真菌类和埃希氏菌属真菌病



第一作者简介: 王冬华, 女, 1979 年 3 月生。1999 年进入山东农业大学机械与电子工程学院的农业机械化及自动化师范专业学习。现就读于中国农业大学水利与土木工程学院 2003 级在职硕士, 农业生物环境与能源工程专业, 从事无土栽培作物

循环利用营养液灭菌方向的研究。

\*基金来源: 农业部 948 项目(201072)资助项目。

收稿日期: 2005-03-31

菌,而且能保留住抑制病原体的微生物群体。

沙滤灭菌法可以彻底地过滤掉腐霉属和疫霉属真菌,但只能部分地消除线虫,部分地消除镰刀菌、细菌(90%~99%)。虽然沙滤灭菌法的过滤效率主要与滤膜有关,但是随着营养液过滤次数的增加,过滤效率也在增加,过滤效率还与营养液中的细菌浓度有关。所以要找到匹配沙子类型、过滤层的厚度及过滤速度,才能有效的除去病原物,同时要检测沙滤后中营养液的化学需氧量 COD、5 日生化耗氧量 BOD<sub>5</sub>、O<sub>2</sub> 浓度、以及营养液中的一些组分浓度(例 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)的变化以观察处理后的营养液是否发生变化。虽然沙滤灭菌法的设备投资较少,但是过滤的速度比较慢,因而每天处理营养液的量比较少,所以沙滤灭菌法只是适合于小规模温室的无土栽培系统的营养液灭菌。

1.1.3 紫外线灭菌法 W. Th. Runia 采用高容量的紫外线设备做试验,来验证紫外线设备对真菌类和滤过性病毒的植物病原菌的灭菌效力。高压灯的紫外线剂量为 28(毫焦耳/平方厘米)时能杀死 90%的镰刀属孢子,而剂量为 84(毫焦耳/平方厘米)时能杀死 99.9%的镰刀属孢子;低压灯的紫外线剂量为 70(毫焦耳/平方厘米)则能完全除去镰刀属孢子,若两个设备均采用 100(毫焦耳/平方厘米)的紫外线剂量就能除去 99%的烟草花叶病毒。Benoit—F (1993 年)等人用 U—VAUDES 公司生产的紫外线设备处理生菜的营养液,经过一段时间的营养液处理后,发现即使种植前感染腐霉菌病害的植株,在营养液经过紫外线辐射灭菌后,这些原来有病害的植株也康复了。Jamart—G (1994 年)分别利用实验设备和商业设备进行了实验室的实验,均能消除镰刀属真菌的孢子。

Zhang—W<sup>[2]</sup> (2000 年)用不同剂量的紫外线进行实验,发现用紫外线辐射对循环利用的营养液灭菌可以除去疫霉属真菌,但能影响植物根部周围的非目标细菌的数量。紫外线处理法能减少 80%由腐霉属引起的根腐烂,可是经过低压紫外线灯处理的营养液中的大多数细菌能够自动恢复它们的致病性。紫外线灭菌法和沙滤灭菌法虽能控制疫霉属真菌的再次传播,但几乎不能改变假单胞菌的数量。Os—EA—van<sup>[3]</sup> (2003 年)提出了有效的灭菌方法有热处理灭菌法、紫外线灭菌法、沙滤灭菌法,并对三种灭菌方法进行的比较如表(对于只种植作物的温室讲,每 1 000 m<sup>2</sup>(平方米)的温室每天的日处理量为 1 m<sup>3</sup>~3 m<sup>3</sup>(立方米)。

营养液不同灭菌方法的比较表			
灭菌方法	投资	风险	日处理量
热处理灭菌法	初期高	无	大
紫外线灭菌法	中等	小	小
沙滤灭菌法	少	小	小

采用紫外线处理方法要通过检测营养液中的酸碱度 pH、电导度 Ec、营养液的体积、营养液中矿物质的成分变化情况,才能要找到合适的紫外线设备,确定紫外线灯功率、紫外线的剂量、光照流速,紫外线灯的压力,并针对不同的病原物提供不同紫外线灯的参数。紫外线设备也需要一定的投资,日处理营养液的量也不大。

1.1.4 其它方法 W. Th. Runia 设计了一套臭氧分配装置,并验证了它对植物病菌的灭菌效率。臭氧能彻底消除黄瓜花

叶病毒。若滞留时间充分,细菌和病原菌的数量会减少 99.9%。而商业性臭氧设备的灭菌设备每小时处理 1 m<sup>3</sup>(立方米)的污水,采用 10 g(克)臭氧就能达到要求的灭菌效果。

日本的 Ohtani—T<sup>[4]</sup> 等人发明了一种隔膜灭菌技术,它能将排放的水量减到最少,完全消除假单胞菌,且每天能处理 56.7 m<sup>3</sup>(立方米)的水。

J. Postma 采用了生物控制的方法来抑制无土栽培系统植物的根部病菌。

1.2 国内的研究发展

董保安和徐志豪提到了对营养液进行灭菌,并建议采用紫外线杀菌,超声波杀菌等物理方法对营养液进行杀菌。彭秀芝<sup>[5]</sup>采用化学农药对营养液进行消毒灭菌以减少作物的病害。李国景<sup>[6]</sup>采用接种拮抗真菌处理深液流生产生菜的营养液,接种拮抗菌木霉属真菌可减轻病原菌对植株的感染从而促进植株生长,并发现拮抗菌木霉菌有很强的根系共生能力。

目前,国内主要是采用化学农药对营养液进行灭菌。化学药剂大部分有毒,对人、畜或其它动物有毒而且污染环境,破坏生态平衡,对人类健康和农业生态系统平衡造成重大的威胁。

2 展望

营养液灭菌技术在国外已经取得了一些成功的经验,并具有成型的设备;但在中国,营养液的灭菌尚处于起步阶段,所以营养液的灭菌技术应用研究在我国有很大的发展空间。我国是水资源相当贫乏的国家,被列为世界上 13 个贫水国之一,全国人均水资源占有量仅为世界人均水平的 1/4,农业每年缺水约 300 亿 m<sup>3</sup>(立方米),无土栽培的循环利用营养液可以作为农业节水的有效手段,在缺水的地区能发挥显著的作用;而对营养液进行灭菌解决了排出的废液污染了土壤、地表水和地下水,直接排入河流中的废液引起河流或湖泊水的富营养化,浪费大量的水资源的难题。考虑不同栽培系统、生产条件与能源供给方式探索研究适合国内生产的营养液灭菌形式,如有针对的对无土栽培生产产品种类与其病原菌类型研制与温室的规模相配套的、有效的、经济的营养液灭菌方法;尽可能的采用物理、生物灭菌方法对营养液进行消毒灭菌,预防作物病害,而生产出质优价廉的绿色食品以满足广大人民的需求。

参考文献:

[ 1 ] E. A. Van Os, J. J. Amsing, A. J. Van Kuik et al. Slow sand filtration: a potential method for the eliminatin of pathogens and nematodes in recirculating nutrient solutions from glasshouse—grown crops. Acta Horticulturae 481: 519 ~ 525.

[ 2 ] Zhang—W, Tu—JC. Effect of ultraviolet disinfection of hydroponic solutions on Pythium root rot and non—target bacteria. European—Journal—of—Plant—Pathology. 2000. 106: 5. 415 ~ 421.

[ 3 ] Os—EA—van, Wohanka—W, Bruins—MA et al. Disinfection of recirculating nutrient solution. Informatore—Fitopatologico, 2003, 53: 3. 30 ~ 34.

[ 4 ] Ohtani—T, Kaneko—A, Fukuda—N et al. Development of a membrane disinfection system for closed hydroponics in a greenhouse. Journal—of—Agricultural—Engineering—Research, 2000, 77(2): 227 ~ 232.

[ 5 ] 彭秀之, 吕佩珂, 张冬梅. 无土栽培蔬菜的根腐病及其防治[ J ]. 长江蔬菜, 1999 2: 20 ~ 21.

[ 6 ] 李国景, F. Benoit, N. Ceustemans. 循环式水培系统营养液处理方式对生菜防病增产的效应[ J ]. 中国蔬菜, 2001. 5: 13 ~ 16.