循环式水培系统营养液处理方式对生菜防病增产的效应*

李国景 F. Benoit N. Ceustermans

摘 要 应用营养液冷却、紫外线消毒和接种拮抗真菌处理 NFT 生菜营养液,结果表明,应用紫外线对营养液进行消毒比对照生菜产量高,质量好,根系坏死症状不明显。将营养液冷却至 10 ℃或 14 ℃后,植株生长受抑。接种拮抗菌 *Trichoderma* 可减轻病原菌对植株的感染从而促进植株生长。还发现拮抗菌 *Trichoderma* 有很强的根系共生能力。证明应用紫外线消毒或接种拮抗菌可作为 NFT 系统防治根系病害的经济有效的方法。

关键词 营养液冷却 紫外线消毒 拮抗菌 生菜 NFT

循环式水培能充分利用肥、水,并可使营养液对环境达到零排放。封闭式无土栽培系统已被公认为是一种经济有效的环保型无土栽培技术[1]。在一些欧洲国家,已立法强制性应用封闭式无土栽培系统。但另一方面,由于营养液循环利用,易引起根系病原菌在无土栽培系统中的迅速蔓延[2,3]。

NFT(营养液膜栽培技术)栽培系统中,腐霉病是较为常见的病害之一。但往往没有病症,且常和产量降低有关[4]。Stanghellini 等(1986)报道了生菜水培系统中,尽管植株没有可见的病症,但由于 *Pythium dissotocum* 病原菌感染,生菜产量可降低 54 %[5]。Farrin 等(1988)指出由于没有外观病症,这种在无土栽培系统中非常普遍的问题常被人们所忽视[6]。

李国景,男,在职博士,浙江省农业科学院园艺研究所,杭州石桥路 198 号,310021,E-mail:Liguojin@mail.hz.zj.cn
F. Benoit, N. Ceustermans, European Vegetable R & D Center, B-2860 Sint-Katelijine-Waver, Belgium
收稿日期:2001-02-01 修回日期:2001-03-16
* 本研究得到国家留学基金委的资助

推迟 15 d(天),可以推知基质腐殖质含量高,可以促进原叶体和孢子体的发育。培养基中营养成分,尤其是无机盐对蕨类配子体发育的影响已有研究,如蓝光下 N 素对密穗蕨精子器形成的影响依硝酸盐的浓度变化而有促进或抑制作用[3]。鸟巢蕨的配子体阶段,外加 GA_3 可促进其形成精子器[2]。至于薇菜这种特定种对 GA_3 和 N 素的反应有待进一步研究。从取材方便、降低成本的角度考虑,各基质处理中以 A3 为薇菜孢子繁殖的最佳基质。此外,缩短成苗时间也是需进一步研究的问题。

参考文献

1 董 丽. 荚果蕨 *Matteuccia struthiopteris* Todaro 孢子繁殖的研究. 园艺学报,1994,20(3):274~278
2 叶德铭. 无机养分对台湾山苏花生长之影响. 中国园艺,1989,35(1):29~37
3 Gill R. Effects of nitrate on precocious antheridium formation in the blue light in the fren *Anemia phyllitidis* L. Sw. J. of plant physiology,1990,136(6):710~715

Effect of Environmental Facters on Spore Propagation of Vetch (*Osmundn cinnamomea* L. var *asiatica*) Jiang Shujun, Feng Yanjiang, Li Yumei, et al. (College of Plant Science and Technique, Heilongjiang August First Land Recalamation University, Misan County 158308)

Abstract The optimum storage and germination temperature of vetch spore was 4 – 5 ℃ and 20 – 28 ℃ respectively. The spore germination was inhibited when the temperature was over 30 ℃ and below 10 ℃. Gametohyte was tolerant to low temperature of 2 ℃. The suitable temperature of fertilization and young sporophyte growth were 20 – 28 ℃ and 25 – 28 ℃ respectively. Vetch spore had dormancy which could be breaken by illumination. The optium illumination of spore propagation was 2 000 lx. The best medium for spore propagation was the mixture of composted manure, peat and forest mulch.

Key words Vetch, Spore propagation, Gametohyte, Sporophyte

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

加热、臭氧、沙滤和应用紫外线消毒是发达国家常见的营养液消毒方法[3,7,8]。然而多数营养液消毒系统其主要缺点是所能消毒处理营养液的量有限或系统运转费用太高。特别是在 NFT 系统中,因营养液周期循环,所需消毒的营养液的量太大,达 100 $m^3 \cdot d^{-1} \cdot hm^{-2}$。Cook (1993)、Folders (1996) 和 Vanachter(1995)等指出接种拮抗菌是一种控制土传病害的有效方法[9,10],但对于 NFT 系统却少见报道。

因此,本研究的目的在于比较营养液冷却、应用紫外线消毒和接种拮抗真菌等营养液消毒方法对 NFT 生菜防病增产的效应。

1 材料和方法

本试验于 2000 年在欧洲蔬菜研究与发展中心(比利时)玻璃温室内进行。温室内气温 8∶00 ~ 18∶00设定为 21 ~ 22 ℃,19∶00 ~ 7∶00 为 13 ~ 14 ℃,从 10∶00 到 15∶00 补充 CO_2 到 600μL·L^{-1}。

1.1 营养液冷却和紫外线消毒

本试验包括两次连续试验,目的是为了探明应用营养液冷却、紫外线消毒对降低 NFT 生菜产量损失的作用。试验在两个 Venlo-型玻璃温室(面积分别为 70 m^2,128 m^2)内进行,每个温室各有 4 套独立的 NFT 系统,栽培槽长度分别为 10 m 和 20 m,每槽定植 5 行生菜,行距 27.5 cm,株距 26.5 cm(13.7 株·m^{-2})。栽培槽保持 1.5 % 的倾斜度,营养液从栽培槽的远端由水泵泵入后靠重力回流到蓄水池内。连续供液,流量 1.5 L·min^{-1}。营养液的浓度组成为:N 11.1、P 2.94、K 7.9、Ca 2.8、Mg 1.0、SO_4 0.4 mmol·L^{-1};Fe 32.2、Mn 10、Cu 1.0、Zn 4.0、B 15.9、Mo 0.5 μmol·L^{-1}。pH 和 EC 由计算机控制,通过泵入 38 % HNO_3 将 pH 调节到 5.5 ~ 6.0,泵入营养液 A、B 母液将 EC 调节到约 2.0 ms·cm^{-1}。

第 1 次试验品种为 Omega,2000 年 1 月 20 日播种,2 月 7 日定植,3 月 20 日收获;第 2 次试验,品种为 Alfredo,同年 3 月 9 日播种,3 月 22 日定植,4 月 25 日收获。

每个温室均设有 4 种处理:①营养液降温至 10 ℃(将一台比利时产 KOLER-5 型致冷机的回形冷却弯管置于体积为 150 L 的蓄液池内,温度设定为 10 ℃);②营养液降温至 14 ℃(将致冷机的回形冷却弯管置于体积为 150 L 的蓄液池内,温度设定为 14 ℃);③营养液紫外线消毒(于蓄液池外设置一功率为 25 W,有效长度为 60 cm,所用波长为 254 nm,流量 1.5 L·min^{-1}的 BEEKMAN-C 型紫外线消毒仪,通过供液水泵将蓄液池中的营养液从消毒仪下端泵入,再从上端流回蓄液池,进行不间断消毒);④对照(营养液未经降温和紫外线处理)。分别于每条栽培槽的上端、中间、下端各标记 10 株,收获时观察记录植株鲜样质量,生菜叶球顶部抱合度(0 ~ 9,0 表示散开,9 表示抱合紧密),叶球基部形状(0 ~ 9,0 表示凸出,9 表示凹陷),根系颜色,正常植株数等。根系坏死腐烂程度以 0 ~ 5 表示,0 表示无坏死症状,5 表示 > 80 % 根系坏死变色。所示数据为 60 株生菜的平均值,处理间差异显著性经邓肯氏多重极差统计方法检验。

1.2 接种拮抗菌

本试验的目的是为了探明拮抗菌 *Trichoderma* WP$^+$ 8656(由比利时 DCM 公司提供;颗粒大小:50 μ 浓度:10^7 CFU·g^{-1};商品名:BIOFUNGUS DCM)对降低由腐霉病菌引起的 NFT 生菜产量损失的作用。试验在上述两个玻璃温室内进行,温室内气温、CO_2 浓度、营养液组成及管理等同上。生菜种子(品种:Geldria)于 2000 年 4 月 20 日播种,5 月 5 日定植(密度同上),6 月 15 日收获。试验处理如表 1 所示。

表 1 生物拮抗菌 *Trichoderma* WP$^+$ 8656 接种处理

处理编号	泥炭育苗块接种 g·m^{-3}	营养液池(V:150 L)中接种/g	NFT 系统
A	200	40	Ⅰ
B	0	40	
C	200	20	Ⅱ
D	0	20	
E(CK)	0	0	Ⅲ

注:处理 A 和 B 同在 NFT 系统Ⅰ(拥有共同的营养液池),处理 C 和 D 在系统Ⅱ,处理 E 在系统Ⅲ

泥炭育苗块中接种于 4 月 20 日进行。方法是于制作泥炭育苗块前将剂量为 200 g·m^{-3}的生物拮抗菌 *Trichoderma* WP$^+$ 8656 与泥炭混匀,再制作泥炭育苗块,播种。Ⅰ、Ⅱ号营养液池内接种于定植当天(5 月 5 日)进行,方法是直接将 40 g 和 20 g 拮抗菌分别加入Ⅰ号和Ⅱ号蓄水池,搅拌均匀。

定植后每周分别于每条栽培槽的上端、中间、下端各取 10 株测量记录植株鲜样质量、叶片数。收获期记载项目和记载方法同上。根系和营养液中拮抗菌 *Trichoderma* 和病原菌 *Pythium* 的检测方法按照 Vanachter 方法进行[8]。文中所示数据为 60 株生菜的平均值,处理间差异显著性通过邓肯氏多重极差显著性测验方法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 营养液冷却和紫外线消毒

第 1 次试验结果表明,用紫外线消毒营养液处

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

理生菜植株鲜样质量显著高于营养液降温处理(表2),分别比营养液降温至10 ℃、14 ℃提高14.8 %和11.5 %,而与对照间的差异不显著。生菜叶球顶部抱合度和基部形状各处理间有一定的差异,以应用紫外线消毒的最佳,但差异不显著。将营养液温度降至10 ℃或14 ℃后植株生长速率明显减慢,但降温至14 ℃的要优于10 ℃的。

第2次试验结果也表明用紫外线消毒营养液处理生菜植株鲜样质量显著高于营养液降温处理和对照(表2),分别比营养液降温至10 ℃、14 ℃和对照提高27.4 %、11.9 %和8.7 %,生菜叶球顶部抱合度和基部形状对以紫外线消毒营养液处理和对照优于营养液降温处理,但差异不显著。根系颜色以紫外线消毒处理最好,营养液降温至10 ℃处理的为次之,与此相对应的是不正常植株百分率以紫外线消毒处理和营养液降温至10 ℃处理的为最低,而对照处理的显著高于其它3种处理。

表2 营养液冷却、紫外线消毒对NFT生菜产量和外观形态等的影响

营养液处理	第1次试验			第2次试验				
	鲜样质量/g·株$^{-1}$	叶球顶部抱合度	叶球基部形状	鲜样质量/g·株$^{-1}$	叶球顶部抱合度	叶球基部形状	根系颜色失常指数	不正常株 %
降温至10 ℃	271 b	5.3 a	5.4 a	296 c	6.4 a	6.4 a	0.5 b	0.9 b
降温至14 ℃	279 b	5.7 a	5.7 a	337 b	6.4 a	6.4 a	1.5 a	1.0 b
紫外线消毒	311 a	5.9 a	5.9 a	377 a	6.8 a	6.7 a	0.3 b	0.9 b
对 照	290 ab	5.7 a	5.7 a	347 b	6.8 a	6.7 a	1.6 a	3.9 a

注:根据邓肯氏多重极差分析,同列内不同字母表示差异显著(5 %水平),下表同

2.2 不同拮抗菌接种方法和剂量

从表3可见,不同拮抗菌接种方法和剂量处理对生菜植株生长有显著的影响,其中以处理B(泥炭育苗块中未接种,营养液池中接种40 g)最佳,处理C(泥炭育苗块中接种200 g·m^{-3},营养液池中接种20 g)次之,而以处理A(泥炭育苗块中接种200 g·m^{-3},营养液池中接种40 g)最差。生菜叶球顶部抱合度和基部形状同样以处理B最佳,处理C次之,这两项指标在欧洲国家被公认为是生菜外观形态的主要指标。接种拮抗菌 *Trichoderma* 后显著促进生菜植株叶片数的增加,栽培季节末,处理B较对照处理叶数增加8.1 %,其它处理较对照均有不同程度的增加。虽然整个试验中未发现生菜植株死于腐霉病菌等的感染,但接种生物拮抗菌显著降低根系颜色失常指数,这在一定程度上代表病原菌侵染程度。

表3 接种生物拮抗菌 *Trichoderma* 对NFT生菜产量和外观形态等的影响

处理	鲜样质量 g·株$^{-1}$	相对质量/%	叶球顶部抱合度	叶球基部形状	根系颜色失常指数	叶片数
A	410 b	97.4 b	6.2 b	6.7 b	0.33 b	66.3 b
B	475 a	112.8 a	8.0 a	7.5 a	0 b	72.2 a
C	464 a	110.2 a	7.2 ab	7.3 ab	0.17 b	70.2 ab
D	451 ab	107.1 ab	7.0 ab	6.7 b	0.17 b	71.5 a
E	421 b	100 b	7.0 ab	6.7 b	1.3 a	66.8 b

虽然到栽培末期植株根系颜色基本正常,也未发现生菜植株死于腐霉病菌等的感染,但通过对生菜植株根样的分析,发现不管是在栽培初期还是在栽培末期,根系中腐霉病菌 *Pythium* Spp. 的检出率均较高(表4)。拮抗菌 *Trichoderma* 在生菜根系中的检出率始终保持较高水平,随着生长季节的推移,仅略有下降。

表4 NFT生菜根系中腐霉病菌 *Pythium* Spp. 和拮抗菌 *Trichoderma* 的检出率 %

处 理	定植后10 d		定植后35 d	
	Trichoderma	*Pythium*	*Trichoderma*	*Pythium*
A	100	30	80	25
B	80	50	60	15
C	90	30	80	20
D	100	35	70	40
E	0	55	10	55

然而在营养液中腐霉病菌 *Pythium* Spp. 的检出率始终较低,营养液中拮抗菌 *Trichoderma* 密度随生长季节的推移迅速降低,35 d(天)后在NFT系统中仅有6.7 %的马铃薯块受 *Trichoderma* 的感染,而在NFT系统Ⅱ和Ⅲ中没有检出拮抗菌(表5)。

表5 NFT生菜栽培系统中腐霉病菌 *Pythium* 和拮抗菌 *Trichoderma* 在营养液中的检出率 %

处 理	定植后10 d		定植后35 d	
	Trichoderma	*Pythium*	*Trichoderma*	*Pythium*
Ⅰ	36.7	0	6.7	0
Ⅱ	30.0	0	0	3.3
Ⅲ	3.3	0	0	10.0

注:以马铃薯块受感染的百分率表示

3 讨论

Rey等研究证明腐霉病为NFT栽培系统中常见的病害之一,且常导致产量降低。由于没有外观病症,所以这种在无土栽培系统中非常普遍的问题往往被人们所忽视。本试验结果也表明,虽然到栽培末期植株根系颜色基本正常,也未发现生菜植株死于腐霉病菌等的感染,不正常植株所占比例很低,但在应用紫外线等营养液消毒方法后,生菜产量、外观

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

形态均有显著改善。

Benoit 等研究指出通过把 NFT 番茄营养液温度降至 16 ℃，可明显降低腐霉病发病率，且可提高 NFT 番茄产量。然而本试验结果表明虽然将 NFT 生菜营养液温度降至 10 ℃或 14 ℃，不正常植株百分率有所降低，但 NFT 生菜由于营养液温度低导致生长受阻，笔者认为这可能与试验处理温度过低有关。

营养液降温和应用紫外线消毒是欧洲等农业发达国家无土栽培中常用的营养液消毒方法，它对预防系统中根系病害的发生与传染有积极的作用。但营养液降温处理所需设备投资大，运转费用高，尤其是在我国南方地区，气温较高，所需能源消耗更高，而且由于营养液温度降低后对植株的生长有不良影响。应用紫外线对 NFT 系统中的营养液进行部分不间断消毒处理，防病增产效果明显，运行费用（指电能）据统计仅为营养液降温处理的 20 %，适合在生产实际中推广应用，其主要缺点是要求所处理的营养液清洁，一般需进行前处理，设备需国产化，以降低一次性投入和提高消毒效果。

应用拮抗真菌来控制土传病害已有实践应用，并已显示出较好的应用前景，尤其是在发达国家，由于对蔬菜产品中农药残留量的控制非常严格，应用拮抗真菌有望成为控制土传病害的主要方法之一。本试验结果表明不同拮抗菌接种方法和剂量处理对 NFT 生菜植株鲜样质量的增加、叶片的展开和外观品质的提高有良好的作用，但处理 A（泥炭育苗块中接种 200 g·m^{-3}，营养液池中接种 40 g）结果不及对照处理，其原因有待进一步研究。与营养液降温和应用紫外线消毒等营养液消毒方法相比而言，接种 *Trichoderma* 无需设备投资，方法简单，成本低，效果好，有望作为防治 NFT 生菜根系病害的有效方法之一。

参考文献

1 Papadopoulos AP. Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media. Agr. Can. Publication. 1991,1865/E 79

2 Rattink H. Spread and control of *Fusarium* wilt in carnations on artificial substrates. Acta,Horti. 1983,141,103 ~ 108

3 Wohanka W. Slow sand filtration and UV radiation :low-cost techniques for disinfection of recirculating nutrient solution or surface water. ISOSC Proceeding 1992,497 ~ 511

4 Rey P,Nodet P. *Pythium* F in soilless cultures :Detection,colonization and incident on tomato roots. IOBC wprs Bulletin,1996,19(6) :19 ~ 25

5 Stanghellini ME, Kronland WC. Yield loss in hydroponically grown lettuce attributed to subclinal infection of feeder rootlets by *Pythium dissotocum*. Plant Disease,1986,70 :1053 ~ 1056

6 Favrin RJ,Rahe JE,Mauza B. *Pythijum* spp. associated with crown rot of cucumbers in British Columbia greenhouses. Plant Disease,1988,72 :683 ~ 687

7 Benoit F, Ceustermans N. Cooling and UVc-disinfection with NFT-tomato. Proeftuinnieuws,1994,4(10) :30

8 Vanachter A. Development of *Olpidium* and *Pythium* in the nutrient solutions of NFT growing lettuce and possible control methods. Acta Horti. 1995,382 :187 ~ 196

9 Cook RJ. Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol.,1993,31 :53 ~ 80

10 Folders J. Groot A De. Biocontrol of soil-born plant pathogens by means of biotechnology. IOBC wprs Bulletin,1996,19(6) :115 ~ 119

Studies on The Effect of Different Nutrient Solution Treatments on Disease Controlling and Yield Improving of Lettuce in NFT System

[1]Li Guojing,[2]F. Benoit, [2]N. Ceustermans ([1]Institute of Horticulture,Zhejiang Academy of Agricultural Sciences,Hangzhou 310021 ;[2]European Vegetable R & D Center,B-2860 Sint-Katelijine-Waver,Belgium)

Abstract The experiment on the effect of solution cooling, UVc-disinfection and the application of the antagonistic fungus *Trichoderma* on disease controlling and yield improving of lettuce in NFT system was carried out.

The results indicated that the plants from UVc disinfection yielded better and had less root necrosis symptoms than those from control. While the growth of the plants from solution cooling to 10 ℃ and to 14 ℃ was delayed. The application of *Trichoderma* could alleviate the pathogen pressure to plants and therefore enhance plant growth. *Trichoderma* has a good root-colonizing ability. It is shown that the application of UVc disinfection and *Trichoderma* inoculation could be an economic way to prevent root diseases in NFT soilless culture system.

Key words Solution cooling, UVc disinfection, Antagonistic fungus, Lettuce, NFT

·科技简讯·

北方地区茄子育种座谈会在京召开

中国农业科学院蔬菜花卉研究所主持召开的北方地区茄子育种座谈会于 2001 年 7 月 16 ~ 18 日在北京召开，来自北方地区 10 多个科研单位从事茄子育种的科技人员 20 余人参加了座谈会，到会代表对本地区茄子生产状况，育种现状和育种工作方向进行了座谈和交流。会议对今后育种工作相互协作进行了磋商。会议期间邀请了正在中国防问的欧盟茄子项目主持人法国巴黎大学 Darasihn 博士作关于生物技术在茄子育种中应用的学术报告。与会代表还应邀参观了中国农业科学院蔬菜花卉研究所茄子育种基地。代表们建议明年适当时候召开全国茄子育种座谈会，以在更广泛的范围内进行交流和合作，促进和提高我国茄子育种科研水平。

中国农科院蔬菜花卉研究所茄子育种组　供稿

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net