

不同DFT 装置对生菜产量和品质的影响

陈 源, 陈青云, 高丽红, 曲 梅, 张 莉, 宋生印

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘 要: 为经济解决DFT 栽培中根际溶氧问题, 试验设计了4种结构特点不同的DFT 装置, 以意大利耐抽苔生菜为试验对象, 研究不同DFT 装置对生菜产量和品质的影响。结果表明, 循环浮板法(CFS)栽培能够稳定供给植株生长所需要的养分和氧气, 生菜产量最高, 品质较好; 支撑浮板法(SFS)栽培虽然不能使营养液中的溶氧达到理想水平, 但暴露在空气中的根系可以吸收空气中的氧气, 植株生长良好, 维生素C 含量最高, 硝酸盐含量最低, 与其他3种处理的差异达极显著水平; 浮板法(FS)和动态液位法(DSS)中生菜产量相对较低, 要想合理地应用这两种栽培方式, 还需要对其结构和系统设计中的某些参数进行修改和设定。综合生菜产量因子与商品性状, 支撑浮板法是最适宜的DFT 方式。

关键词: 生菜; DFT; 结构; 产量; 品质

中图分类号: S317

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)S-0204-04

陈 源, 陈青云, 高丽红, 等 不同DFT 装置对生菜产量和品质的影响[J] 农业工程学报, 2005, 21(S): 204- 207.

Chen Yuan, Cheng Qingyun, Gao Lihong, et al Effect of different deep flowing technique installations on yield and quality of lettuce[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(Supp): 204- 207. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

深液流栽培技术(Deep Flowing Technique, DFT)是无土栽培的主要类型之一, 与土壤栽培相比, 其增产效果非常显著^[1-2], 但其在生产过程中, 如何经济有效地解决根系的供氧问题, 一直是人们关注的热点。前人开发出很多不同结构特点的DFT 方式^[3], 但以往的很多研究中大多偏重于水培方式和土壤栽培的比较, 不同DFT 方式之间的比较还不系统。本试验采用了浮板法(Floating system, FS)、支撑浮板法(Supported floating system, SFS)、动态液位法(Dynamic solution surface, DSS)和循环浮板法(Circulating floating system, CFS)4种不同的DFT 方式, 在探讨其根际溶氧量变化规律基础上研究了它们对温室生菜生长发育和品质形成的影响, 目的是寻求一种经济有效的DFT 装置, 为DFT 栽培在日光温室中进行大规模推广应用提供依据。

1 材料和方法

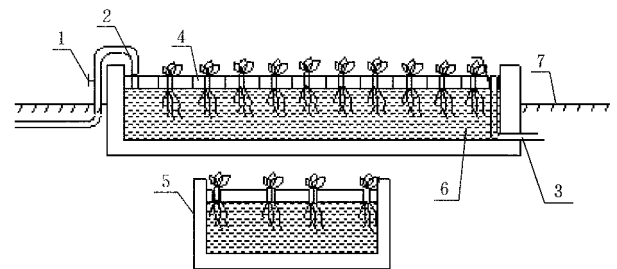
1.1 供试材料

本试验以意大利耐抽苔生菜为试材, 试验于2005年1月~4月在北京市海淀区设施园艺基地的日光温室内进行。1月20日浸种催芽, 1月21日播于2 cm × 2 cm × 2 cm 的海绵块中, 3月15日将具有4~5片真叶的生菜苗定植于日光温室内的栽培槽中。栽培槽的规格为长

6 m, 宽1 m, 深15 cm, 由聚苯板粘接而成。定植板也为聚苯板, 规格为长50 cm, 宽100 cm, 厚2 cm(浮板式), 长50 cm, 宽106 cm, 厚2 cm(动态液位法), 定植孔的规格为Φ2 cm, 间距为20 cm × 20 cm。栽培槽都埋在地下。

1.2 栽培装置的设计和特点

1) 浮板式栽培装置(处理1)的特点是, 整个定植板都漂浮在营养液面上, 植株根系完全浸在营养液中。结构示意如图1所示。



1 阀门 2 供液管 3 回液管 4 定植板 5 栽培槽 6 营养液 7 地面
注: 以下标有相同编号的为相同的名称, 下同

图1 浮板法栽培槽横纵剖面图

Fig 1 Horizontal and vertical sections of troughs in floating system

2) 支撑浮板法栽培装置(处理2)的特点是, 定植板浮在营养液面上, 在定植板下再加两块支撑浮板。植株根系一部分浸在营养液中另一部分暴露在空气中, 与浮板毛细管法(Floating capillary hydroponics, FCH)的不同是, 省去了浮板上的无纺布。FCH 的理论描述是植株一部分根系爬伸到浮板上, 产生根毛吸收氧气, 一部分根伸到营养液中吸收水分和营养, 但是在番茄的FCH 栽培方式中, 发现绝大多数根系爬伸、抓靠、穿透、缠绕在无纺布上, 并且紧贴在浮板的下面, 在浮板上几乎看不到根系。由这样的一种结果推测, 植株根系应抓靠固定物, 固定在某处生长。基于这样的一种现象, 在本试验中就对FCH 进行了简单的修改, 结构示意如图2所示。

收稿日期: 2005-09-30

基金项目: 国家十五攻关资助项目(2004BA 521B01); 北京市海淀区科技项目(HK2004018)

作者简介: 陈 源(1981-), 女, 硕士生, 主要从事设施园艺工程。北京 中国农业大学(西区)D231 信箱, 100094。Email: chenyanany@126.com

通讯作者: 陈青云(1958-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事无土栽培与设施环境科学研究。北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100094。Email: chenqingyun@cau.edu.cn

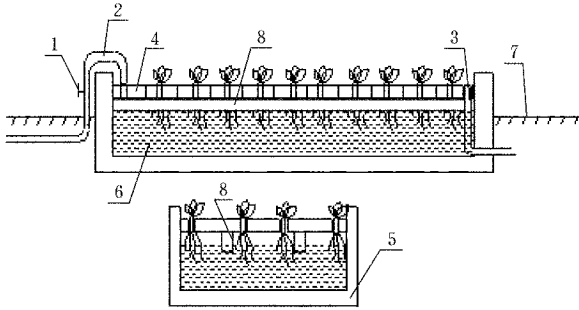
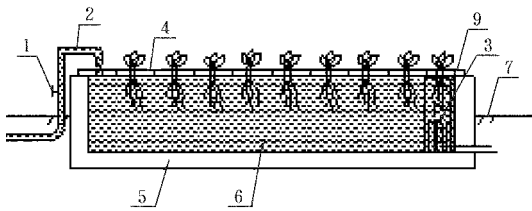


图2 支撑浮板法栽培槽横纵剖面图

Fig 2 Horizontal and vertical sections of troughs in supported floating system

3) 动态液位法装置(处理3)的特点是,定植板架在栽培槽框上,回液管外套一回流套管,回液管的中间部位钻有一圈小孔。在营养液不循环时,液位到达小孔的下边缘,植株根系一部分浸在营养液中,一部分暴露在空气中,一旦营养液开始循环,因为进液流速大于回液流速,当营养液循环到一定时间植株整个根系都浸在营养液中,营养液循环过程和循环结束以及回流套管的结构示意图如图3、图4和图5所示。



1~8 同前 9 回流套管

图3 营养液循环到一定时间植株所处的状态

Fig 3 State of plants in circulating nutrient solution

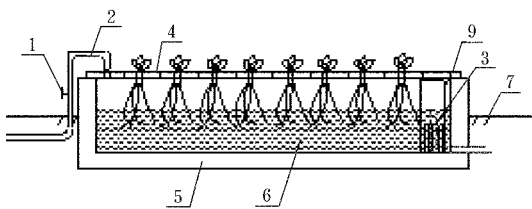


图4 营养液停止循环后植株所处的状态

Fig 4 State of plants in static nutrient solution

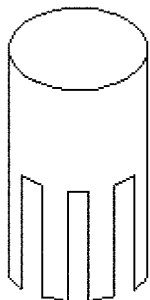


图5 带锯齿的回流套管

Fig 5 Return casing pipe with saw teeth

4) 循环浮板法装置(处理4)的特点是,整个定植板都漂浮在营养液面上,植株根系完全浸在营养液中。其装置结构与浮板法完全一样,所不同的就是通过增加营养液的循环次数来达到丰氧的效果,从而满足植株生长的需要。

1.3 试验设计

每种装置设3次重复,随机区组排列。每个小区种植生菜520株。营养液采用日本山崎莴苣配方,营养液循环方式为浮板法、支撑浮板法、动态液位法是每两天循环30 min,循环浮板法每天都循环,从7:30~17:30每两小时循环20 min。从定植之日起每周定时测试一次营养液中溶氧量和生菜叶片数、株高、株幅和最大根长,采收时取样测定品质和产量。

1.4 测试指标和方法

- 1) 溶氧量: 用H19142快速测定溶氧仪(意大利哈纳公司生产)每周固定时间进行测试,测试栽培槽的前、中、后3个部位,取3点的平均值,每隔2 h测一次。
- 2) Vc: 2,6-二氯酚酚滴定法; 硝态氮含量: 紫外分光光度计比色法; 亚硝酸盐含量: 磺胺比色法。
- 3) 根体积: 排水法。
- 4) 干物质含量: 烘干法,在105 条件下杀青30 min,再在75 条件下烘至恒重。

2 结果与分析

2.1 不同栽培装置营养液溶氧的日变化规律

在生菜生长的不同生育期每周定时测试营养液中的溶氧,共测4次,每次测试结果为同一时刻的平均值如图6所示。从图6可以看出,各处理之间有明显差异。因为处理4的营养液循环方式是2 h循环一次,所以处理4的溶氧水平达最高,一天中的平均溶氧量达到5.45 mg/L,从9:00到15:30之间溶氧量是一直增加的,由于11:00之后营养液的温度开始上升,所以增加的幅度一直在减小,17:00时的值是在营养液循环之前测得,所以溶氧还有下降的趋势;虽然处理3的营养液只在9:00时循环一次,但是因为营养液在很长一段时间内处于流动状态,并且营养液与空气接触所以溶氧量在一天中的平均值也能达到2.32 mg/L,仅低于处理4,位居第二。从一天中的变化趋势来看,因为在9:00到11:00之间营养液温度较低,其中的溶氧还没有达到饱和,加之

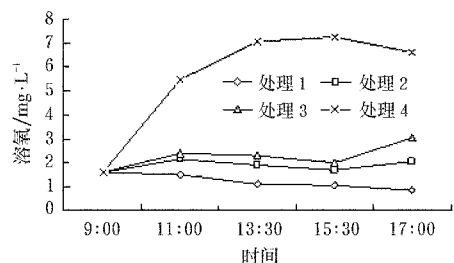


图6 整个生育期溶氧量的动态变化

Fig 6 Dynamic changes of dissolved oxygen in nutrient solution

作物的光合作用释放的氧气,温室中空气中的氧有向营养液中溶解的趋势,因此溶氧量呈上升趋势。在 11:00 之后因为营养液温度的上升和作物呼吸作用的加强,营养液中的溶氧又呈下降趋势,到 15:30 时降到最低。以后因为营养液温度的降低,因此溶氧有上升的趋势。处理 2 的溶氧在一天中的平均值为 1.86 mg/L , 与处理 3 有相同的变化趋势。处理 1 的溶氧量最低,而且整体趋势是下降的。与处理 2 和处理 3 相比,因为营养液没有与大气接触,所以从循环结束之后溶氧是一直下降。

2.2 不同装置对生菜产量的影响

不同装置对生菜产量的影响结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,根体积和根鲜重都没有显著差异,都以处

理 4 的最大,处理 3 的根鲜重低于处理 2 的原因是处理 3 中的植株根系有一部分长期暴露在空气中,导致大量的根毛干枯,从而影响到根鲜重的积累,进而又影响到植株的前期生长,这也是导致处理 3 的地上部鲜重最低的重要原因。从生菜的干重来,在溶氧量水平最高的处理 4 中,生菜的干物质含量最低,其他处理的则与鲜重的变化趋势相同。从反映产量的数据看,各处理之间没有显著差异,这可能是由于生菜根系对氧相对不敏感,但其产量还是随着溶氧水平的提高而增加。处理 4 的亩产比处理 1 的增加了 11.34%,但仅比处理 2 提高了 5.81%。

表 1 不同装置对生菜单株生物量积累*和产量的影响

Table 1 Effects of different installations on the fresh and dry weight etc. in different organs of lettuce and yield

处理	根体积 /mL	根鲜重 /g	根干重 /g	地上部鲜重 /g	地上部干物质含量 /%	折合亩产 /kg·(667 m ²) ⁻¹
1	20.833aA	34.683aA	1.6170abA	227.20aA	3.4907aA	4377.892aA
2	20.083aA	40.150aA	1.7407aA	241.47aA	3.5047aA	4652.844aA
3	22.750aA	37.167aA	1.600abA	212.25aA	3.2748aA	4089.822aA
4	25.167aA	40.517aA	1.3726bA	256.36aA	3.2687aA	4939.765aA

注:均值后字母不同表示差异显著,小写与大写字母分别表示 0.05 和 0.01 的显著水平,下同。

* 除折合亩产外,其他数值以单株计算,为 6 株平均。

2.3 不同装置对生菜品质的影响

不同装置对生菜品质的影响情况见表 2。由表 2 可知,4 种处理的维生素 C 含量达到显著差异,处理 1 的含量最低,虽然其他 3 种的变化趋势与溶氧水平的高低没有明显的正相关性,但与处理 1 相比都有不同程度的提高,因此可以认为,溶氧水平的提高有利于生菜维生素 C 含量的积累。硝酸盐含量也是处理 1 的最高,其他 3 种都有不同程度的降低,而且与处理 2 和处理 4 的差异都达到显著水平。亚硝酸盐含量的变化趋势与溶氧水平的高低有明显的负相关关系,溶氧量越高亚硝酸盐的含量越低。含水率之间没有显著差异,但溶氧量越高含水率也越高。总之,溶氧水平的提高有利于改善生菜品质。

表 2 不同装置对生菜品质的影响

Table 2 Effects of different installations on quality of lettuce

处理	维生素 C /mg·(100 g) ⁻¹	硝酸盐 /mg·kg ⁻¹	亚硝酸盐 /mg·kg ⁻¹	含水率 /%
1	35.763dC	1021.01aA	1.2148aA	96.509aA
2	43.651aA	404.32cC	1.1766aA	96.495aA
3	39.776cB	941.74aA	0.7229bB	96.725aA
4	41.781bAB	746.87bB	0.3531cB	96.731aA

3 结论与讨论

3.1 营养液溶氧量与生菜产量和品质的关系

无土栽培是中国现代农业的发展方向之一,但在栽培中根际供液与供氧的矛盾一直是困扰无土栽培技术大规模应用于生产的限制因子之一,植株根际极易形成低氧逆境,直接影响栽培效益^[3]。在本试验中,从反映生菜产量的一些指标来看,溶氧水平越高,产率也越高。动

态液位法的营养液中溶氧量虽然高于浮板法和支撑浮板法的溶氧量,但是由于在生长过程中,植株的一部分根系过长时间的暴露在空气中发生枯竭现象,限制了生菜植株的生长,这是造成产量最低的最重要原因。从反映生菜品质的一些指标来看,溶氧水平越高,含水率越高,亚硝酸盐含量越低,而且溶氧水平的提高有利于提高生菜维生素 C 含量,不同程度的降低硝酸盐含量。Sachs 等^[4]研究表明当土壤缺氧时,根呼吸困难,呼吸活动减弱,植株营养条件恶化,会造成玉米空秆。汪兴汉,徐钢等^[5]研究表明增加根际环境中的通气量,保证根系的氧气供应,有利于生菜植株的生长,表现在单株叶片数增加,根系生长量大,单株鲜重增加。日充气 10 次的比日充气 4 次的平均单株鲜重增加 19.05%~63.45%,每株叶片增加 4.1 片,根量增加 44.34%,对养分的吸收量明显增加。宋卫堂等研究^[6]表明,对于番茄中杂 101 号充氧处理的水培番茄硝酸盐和亚硝酸盐含量均有所降低。本试验结果与前人所做的试验结果是一致的。

3.2 北京地区适合的 DFT 栽培方式的探讨

从本试验的结果来看,不同结构特点的 DFT 装置所产生的溶氧水平有显著差异,而且溶氧量的不同也影响到了生菜的产量和品质,但要找出一种适宜的 DFT 装置还要从系统运行的经济性方面来考虑。因为各装置的建造成本几乎是没有什么差异的,主要的投入差异是在运行费用上。各方式在整个生长周期的运行情况如表 3 所示。从表 3 的结果可以看出,前 3 种处理的耗电量比处理 4 降低了 71.8%,综合各处理的投入、产出以及生菜的品质指标,可以认为处理 2 即支撑浮板法是最合适的 DFT 方式,在北京地区日光温室内有较大的发展潜力。

表3 整个生长周期的运行费用

Table 3 Expense of function in the whole period

处理	水泵功率 /kW	每天运行时间 /h	运行天数 /d	耗电量 /度
1	1.5	0.56	39	33
2	1.5	0.56	39	33
3	1.5	0.56	39	33
4	1.5	2.00	39	117

[参 考 文 献]

[1] 王玉彦, 史影辉, 陶正平, 等. DFT 无土栽培系统的改进及其

其应用效果[J]. 吉林蔬菜, 1997, 6

[2] 师长俭, 郑锦荣. 浮根水培设施的结构、性能及增产效应[J]. 广东农业科学, 1996, (5): 16- 17.

[3] 郭世荣, 无土栽培学[M]. 中国农业出版社, 2003, 1.

[4] Sachs M M, Freeling M, Okimoto R. The anaerobic proteins of maize[J]. Cell, 1980, 20: 761- 767.

[5] 汪兴汉, 徐 钢, 陈静华. 不同根际环境对生菜生长与产量的影响[J]. 长江蔬菜, 1994, (6): 32- 33

[6] 宋卫堂, 高丽红, 张树阁, 等. 深液流栽培番茄根际氧环境的试验研究[J]. 中国农学通报, 2005, (1): 219- 223

Effect of different deep flowing technique installations on yield and quality of lettuce

Chen Yuan, Cheng Qingyun, Gao Lihong, Qu Mei, Zhang Li, Song Shengyin

(College of Agronomy and Bio-technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: To solve the problem of the dissolved oxygen in deep flowing technique (DFT), the authors designed four different installations. And to study the effects of the four different DFT installations on yield, quality of lettuce, the authors performed experiments on Italian very late bolt lettuce. The results show that the installation of circulating floating system (CFS) can supply plant with needed nutrient and oxygen, every index of yield reaches the highest level and the quality indexes reach perfect level; The installation of supported floating system (SFS) cannot ensure a large amount of oxygen dissolve in nutrient solution but because of the roots exposing the atmosphere can absorb the oxygen in the air, the plants develop well. The content of vitamin C is the highest and the Nitrate is the lowest which has extremely remarkable difference from the plants in the other three treatments. Meanwhile, floating system and dynamic solution surface restrain the growth of plants in some aspects. If people want to use these two systems they need to modify some parameters of their structures and circulating system. From the results of this experiment, SFS is the best DFT system in Beijing.

Key words: Lettuce; DFT; structure; yield; quality