

水泥种植槽深液流水培蔬菜生产 线设计与应用*

连兆煌 钟锡粦** 刘士哲

(华南农业大学植物营养研究室, 510642, 广州)

摘要 本生产线由以水泥沙浆砌抹火砖构成种植槽为核心的种植系统和起保护作用的遮雨防虫大棚两个部分组成。作物根系生长在槽内较深的循环流动营养液中, 营养液的理化状况稳定, 能供给作物根系足够的水分、养分和呼吸所需的氧。因而, 适种作物广泛, 产量高, 秋植番茄每公顷产量达 120 多吨, 生菜定植后 30 天每公顷产量达 45 多吨。具有投资少, 建造易, 经久耐用, 管理方便等特点。珠江三角洲各地已有许多县市用以代替昂贵的进口生产线, 面积达 2 万多平方米。

关键词 水泥种植槽; 深液流水培; 水培蔬菜生产

中图分类号 S317

当今世界上流行的无土栽培(水培)生产技术有两大类型。一是营养液膜技术(Nutrient Film Technique,NFT)(马太和, 1985; 西贞夫, 1988), 二是深液流技术(Deep Flow Technique, DFT)(西贞夫, 1988)。

NFT 由于液层浅, 营养液容量少, 而致营养液的理化状况变化剧烈, 稳定性差。DFT 液层较深, 营养液容量多, 使营养液的理化状况较为稳定, 可以克服 NFT 的缺点(西贞夫, 1988)。

DFT 流行于日本, 已定型推广的有 M 式, 新和式和神园式等(西贞夫, 1988), 前二者用泡沫塑料压成种植槽胚, 内衬塑料薄膜构成种植槽; 后者用水泥预制板块围成槽框, 内衬双层塑料薄膜构成种植槽。其共同点都用薄膜成槽, 每茬作物需要更换, 耗费资源, 不耐用, 种植过程遇到渗漏, 造成极大麻烦。

针对上述问题, 我们设计了一种以水泥沙浆砌抹火砖构成永久性种植槽为核心的深液流水培生产线。经 6 年实践, 表明该生产线具有营养液理化状况稳定, 适种作物广泛, 产量高, 投资少, 建造易, 经久耐用, 管理方便等特点。珠江三角洲新会、珠海、深圳、广州、肇庆、中山、东莞等地先后推广建成面积达 2 万多平方米。认为该生产线适合我国现阶段的经济文化水平。可以代替昂贵的从国外进口的生产线。

1993-09-02 收稿

* 广东省科委“七五”重点项目, 1990 年 12 月通过省级技术鉴定。

** 现在广东省农业生产资料公司工作。

1 生产线的设计和建造

1.1 生产线的组成和工作原理

生产线由深液流水培种植系统(图1)和具有遮雨防虫作用的塑料薄膜大棚两部分组成。

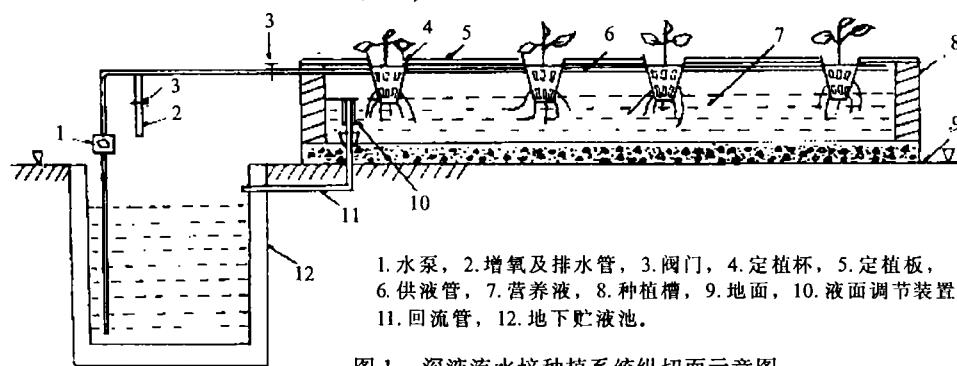


图1 深液流水培种植系统纵切面示意图

生产线工作原理:在大棚保护下,用定植板及杯将植株悬于种植槽内营养液面上,使根颈离开液面而根则有一段露于湿气中,一段浸在营养液内,水泵抽起地下贮液池营养液,经供液管射入槽内,液量超过溢水管口即回流贮液池。营养液形成循环流动起补充溶存氧和消除根际养分亏缺区的作用。使作物生长良好。

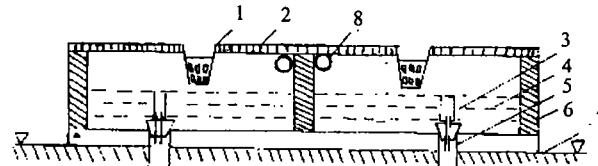
1.2 生产线各部分结构和建造

1.2.1 塑料薄膜大棚 采用国产定型镀锌铁管拱形大棚。型号:GP-C825型。宽8 m,长42 m,高2.8 m。

1.2.2 种植槽(图2) 槽体外沿宽100 cm,内深14 cm,长10~20 m。槽底厚5 cm,用100#混凝土建造。槽周壁建于混凝土槽底之上,为1/4砖(75#火砖)1:2水泥砂浆砌成,再在槽内宽中央处砌一条1/4砖墙将槽等分为两半,用高标号耐酸抗腐蚀的水泥100#砂浆批抹槽内外面,水泥膏抹光。

1.2.3 地下贮液池 内容积为:长×宽×深=200 cm×100 cm×150 cm(3 m^3)。底为10 cm厚的100#混凝土,池壁为24砖(75#火砖),用100#水泥砂浆砌成,批抹砂浆光面等质量要求与种植槽同。

1.2.4 定植板 用聚苯乙烯泡沫板制成,(见图3)。板厚



1. 定植杯，2. 定植板，3. 液面调节装置，4. 营养液
5. 回流管道，6. 种植槽，7. 地面，8. 供液管

图2 种植槽横切面示意图

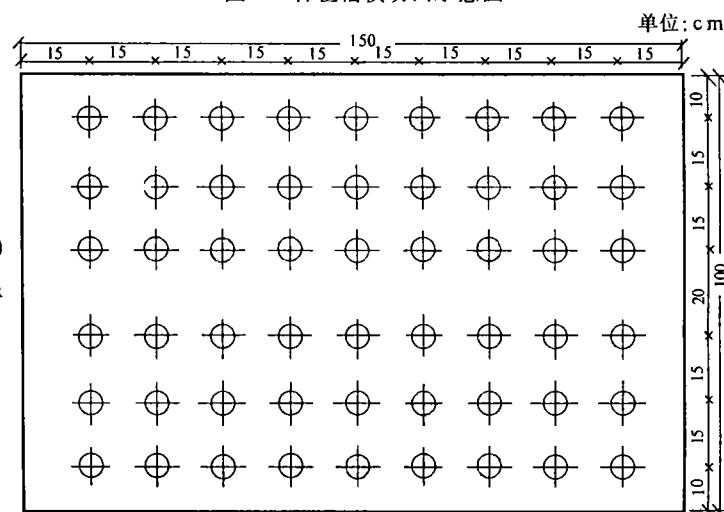


图3 定植板规格示意图

2.5 cm, 宽 100 cm, 长 150 cm, 板面开 54 个定植孔, 孔径 5 cm, 与定植杯相匹配。

1.2.5 定植杯(见图 4) 聚氯乙烯压成, 高 7.5 cm, 上、下口径分别为 5.0 cm 和 4.0 cm, 杯口外沿有一宽为 0.5 cm 的唇, 在杯身距杯口和杯底各 2.8 cm 和 0.4 cm 处, 沿纵向以 0.4 cm 间距开出 1.7 cm × 0.4 cm 的通花小格, 杯底亦有同样小格。此杯果菜和叶菜均适用(如番茄和生菜)。

1.2.6 供液管道(图 1) 从水泵接出后到进入种植槽之前为供液主管, 用 d25 mm, 进入种植槽内的为支管, 用 d12.5 mm, 均为聚氯乙烯硬管。供液主管从水泵出来后, 分为两条, 各有阀门控制。一条出口在贮液池之上, 将一部分营养液喷回贮液池内作增氧用, 也作清洗时排水用。另一条通至各种种植槽边作供液主管。进入种植槽的支管, 每半边槽各安放一条(图 5), 将两条支管用一个 L 形铁丝挂在槽中央隔墙上, 使支管与隔墙的顶面持平。在管的一侧以 45 cm 的间距钻出 1.0 mm 的小孔, 使营养液喷射出来。

1.2.7 回流系统 包括槽内液面调节装置和回流管, 参见图 1。槽内回流支管安装在槽底一端, 管径不小于 40 mm。承接各槽回流支管的回流主管, 管径不小于 65 mm, 以 1/100 坡降安装于地下, 使回流及时, 最后引入地下贮液池中。

液面调节装置的结构(图 6), 安装于槽内回流管口, 装置结构为一个可紧塞住回流管口的带孔橡皮塞, 孔中插一段 d25 mm 的塑料硬管, 在塞顶露出 4~5 cm, 外套一段约 6 cm 长的橡皮管, 上下移动这段橡皮管以调节槽内液面的高度。拔去整个装置, 营养液即可全部排干。

1.2.8 水泵和定时器 用抗腐蚀自吸泵, 功率 500 w, 口径 25 mm, 流量 9 m³/h。配一个从 1 min~24 h 电子定时器, 以控制水泵的开关时间。

2 生产线的使用方法

2.1 新建水泥种植槽和贮液池使用前的处理

先用水浸泡洗刷数次, 后用 0.5 g/L H₃PO₄ 浸泡, 监测其 pH 值, 如超过 7, 再加酸进去直至 pH 值稳定不超过 7 以上约 1 周, 排去酸液, 用清水洗净备用。

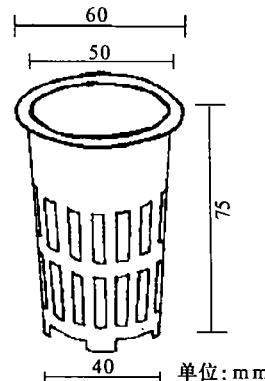


图 4 定植杯规格图

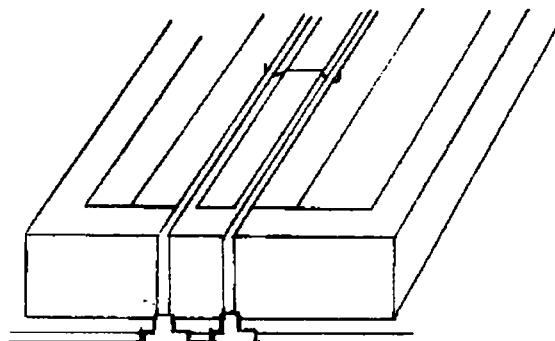
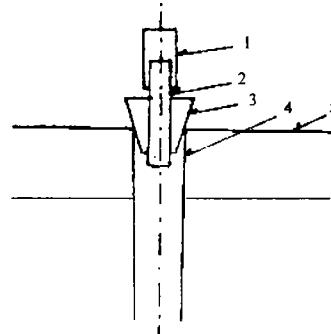


图 5 种植槽内供液支管安放示意图



1. 可上、下移动的橡皮塞,
2.PVC 硬管, 3. 带孔橡皮塞
4. 回流管, 5. 种植槽槽底.

图 6 种植槽内液面调节装置

2.2 移苗和定植

在定植杯底放粗砂(粒径 >4 mm, 非石灰质的)约 1 cm 厚, 将带基质的菜苗置于杯中用少量粗砂固定, 即可定植到定植板孔中。定植初期槽内营养液的液面应浸到定植杯底约 1~2 cm。

2.3 营养液的配制与管理

2.3.1 营养液配方 本项目研配出华南农业大学果菜通用配方(简称华果配方), 叶菜 1 号配方(简称华叶 1 号), 叶菜 2 号配方(华叶 2 号)。华果配方对易缺钙的番茄尤佳。华叶 1 号配方适于不易缺铁叶菜类如生菜等, 华叶 2 号配方适于易缺铁的叶菜类如芥菜等。各配方的组成列于表 1 和表 2。

表 1 各营养液配方的大量元素组成

mg/L

配方名称	每升水含元素毫克数						
	N NH_4^+	NO_3^-	P	K	Ca	Mg	S
华果配方		126	31	195	100	24	32
华叶 1 号配方	9	103	23	185	80	24	53
华叶 2 号配方	14	98	23	185	80	24	64

2.3.2 营养液配制 水源用自来水。先配成浓缩贮备液, 再用贮备液配成栽培营养液。贮备液分 A、B、C 3 种。A 液包括所有硝酸盐, B 液包括磷酸盐和硫酸盐, C 液包括所有微量元素。本文所定配方, A、B 液浓缩 500 倍, C 液浓缩 1000 倍。在种植系统存足水量并循环流动下, 将 A、B、C 液按比例分别逐一放入贮液池中, 使在流动稀释情况下混合均匀。

2.3.3 营养液液面调节 定植初液面应浸住杯底 1 cm, 根长入营养液较深时, 将液面降至令一段根露于空气中, 增大吸氧机会(李昌纬等, 1987)。久露于空气中的根段, 切忌重新长时间淹浸。

2.3.4 营养液循环流动 营养液溶存氧不低于饱和度 70%, 适于大多数菜类(西贞夫等, 1988)。以此为临界值, 调整营养液循环流动的流速时数。

2.3.5 营养液酸碱度控制 超出 pH 5.5~7.2 范围, 用 NaOH 或 H₂SO₄ 调节。本文用的“华果”配方偏碱, “华叶 2 号”偏酸, “华叶 1 号”居中。

2.3.6 营养液浓度监测, 补充、更换 当电导率降至初始电导率 1/2 时应补充营养料, 按配方 1 个剂量全面补充。每隔 3~4 个月全部更换营养液 1 次。生长期短的作物可种 3~4 苗才更换。生长期长的一茬更换 1 次。

表 2 营养液配方的微量元素组成⁽¹⁾ mg/L

元素名称	每升水含元素毫克数
Fe	2.8~5.6 ⁽²⁾
B	0.5
Mn	0.5
Zn	0.05
Cu	0.02
Mo	0.01

(1) 各配方通用(休伊特 1965)

(2) 华叶 2 号配方及易缺铁的作物取高量

2.4 生产线的消毒与病虫害控制

用含 0.3% ~ 0.5% 有效氯的次氯酸钠溶液进行全面喷洒消毒。病虫害要防重于治。做到保护大棚完好,使不易发生病虫害,力争不施农药。

3 生产线的生产效果与评价

3.1 试种过生长良好的作物

叶菜有:生菜、茼蒿、菜心、白菜、芥菜、蕹菜、落葵、芹菜、葱、芫荽。果菜有:番茄、黄瓜、苦瓜、节瓜、丝瓜、辣椒、豌豆。水果有:哈密瓜、西瓜、草莓。共 20 多种。

3.2 作物产量

3.2.1 番茄产量 见表 3。

表 3 番茄不同季节产量记录

t/hm² 棚

种植季节	重复次数	产量 ⁽¹⁾			t/hm ² 棚
		平均	最高	最低	
秋植 9月→ 2月	6	130	150	120	
春植 2月→ 6月	4	90	100	80	

(1)产量以大棚投影面积计算

3.2.2 生菜产量 见表 4。

表 4 日本直叶生菜分期连续种植的产量记录

t/hm² 棚

植入水培槽日期	收获日期	生长天数/d	产量 ⁽¹⁾
19880923(5 叶期)	19881023	30	45
19881023(5 叶期)	19881123	30	46
19881123(5 叶期)	19881223	30	58
19881223(5 叶期)	19890123	30	58
19890123(5 叶期)	19890223	30	59
19890223(5 叶期)	19890325	30	45
平 均		30	52

(1)产量以大棚投影面积计算

表 4 显示,生菜在种植系统不更换营养液而只作养料、水分的补充情况下,连续多茬种植达 6 个月,产量稳定在 45 t/hm² · 月。最后一茬收获时营养液的 pH 值为 7.3,电导率只剩 0.29 ds/m,表明用水泥建造种植系统不致溶出大量碱性物质干扰营养液;也反映所用营养液配方的化合物绝大部分被利用掉,更换排放的营养液不会污染环境。

3.2.3 几种菜类的产量记录 见表 5。

3.3 经济效益分析

生产线基本建设投资列于表 6

生产线的经济效益分析:可根据表 3,表 4 的产量数据,表 6 的基建投资以及每公顷每天 450 元的直接生产费,结合广东省进口生产线产品外销时香港商人给予的保护价:番茄 6 元/kg,生菜 3 元/kg,即可计算出是否有利可图。据核算,投产后第一年即可收回投资 50%,

表 5 几 种 蔬 菜 的 产 量 记 录

t/hm² 棚

菜类品种		种植季节	生长天数/d ⁽¹⁾	产量 ⁽²⁾
黄 瓜	吴定华育成	4月~7月	90	106
节 瓜	广州地方品种	6月~8月	75	76
苦 瓜	江门大顶	5月~7月	70	56
大 辣 椒	吴定华育成	3月~6月	120	41
芥 菜	竹芥	5月~6月	30	51
早通菜	白梗	1月~4月	90	52
夏通菜	白梗	7月~8月	30	32

(1) 种入水培槽之日起至收获完毕, (2) 产量以大棚投影面积计算

表 6 每公顷生产线基建投资框算⁽¹⁾ (按1990年物价)

各 部 件 的 名 称	造 价 / 万 元
拱形钢管棚架	45.0
塑料膜、纱网、遮光网	18.0
混凝土砌砖种植槽和地下贮液池	20.1
泡沫塑料定植板和定植杯	14.1
塑料循环管和阀门	12.6
水泵和定时器	4.2
包装设备及电导率、pH 检测仪	6.0
合 计	120.0

(1) 每公顷生产线由 30 座面积为 8 m×42 m=336 m² 的大棚组成。每座棚投资为 4 万元。

两年全部收回,而基本建设的设施按实践经验可有效使用 5 年以上。这样看来,效益是可观的。

3.4 对生产线的评价

3.4.1 生产性能评价 前述多项实践表明,本生产线的生产性能是良好的,表现在:

- (1)水泥材料建造种植系统溶出物质的量,未干扰营养液化学稳定性的程度,不必顾虑。
- (2)液层较深而多,砖壁、泡沫板盖,流速适度,使营养液物理状况较为稳定。

(3)所用营养液配方生理反应较平稳,有针对性解决水培中容易出现的缺铁、缺钙问题。是一批经得起实践检验的良好配方。

(4)这些要素综合结果,适种作物广泛,试种 20 多种都表现良好。番茄可连作,秋植每公顷产量稳定在 120 t。生菜在不更换营养液情况下,连续 6 茬即收即种,每茬 30 天每公顷稳产 45 t。塑料大棚在夏季高温季节不必休闲,瓜类最宜此时种植,具有防暴雨争市场作用。

3.4.2 经济效益评价 无土栽培生产是公认的高投入生产,其产品目标是高产优质。在技术保证获得高产优质产品前提下,能否获得高经济效益,关键在于能否取得能体现其产品应有价值的市场。有两个例子可供借鉴。

甲推广点,当地消费水平较高,能接受高值优质产品,1989 年 6 月首次收获芥菜,植期 30 天,每座棚(336 m²)产菜 3 000 kg,每公斤售价 3 元,而别的城市当时只售几角钱 1 kg,且政府保证其产品出口,售价更高。因此,初建两座大棚,到 1992 年发展到 22 座,3 年间增长 10 倍。生机昂然。

乙推广点,始建5座大棚,技术水平,产品质量与产量不亚于甲推广点,但产品只售得几角钱1kg,濒临破产。结果变卖家产度日,5座棚萎缩剩1座种菜,4座转作它用。原因就是售不到体现其应有价值的价钱。

无土栽培经济效益好坏,两例子各有答案。

致谢 土化系1988届学生:任志斌、黄广铭、林翠兰、陈新胜、李义国、杨锦邦、龙绍雄、骆培根、黄小红、朱玉清、韩艺师、蔡成发参加本项目研制工作,特此致谢。

参 考 文 献

马太和, 1985. 无土栽培. 第2版. 北京: 北京出版社, 174~187

西贞夫, 高桥和彦, 高仓直, 等. 1988. 现代无土栽培技术. 李式军等译. 北京: 北京农业大学出版社, 14~24, 37~70, 155~156

休伊特. 1965. 植物营养研究的砂培与水培法. 崔 徽译. 北京: 科学出版社, 115~119

李昌纬, 连兆煌, 毛达如, 等. 1987. 农业化学研究法: 上册. 第2版. 北京: 农业出版社, 88~96

THE DESIGN AND APPLICATION OF A HYDROPONIC PRODUCTION LINE FOR VEGETABLE WITH DEEP FLOW TROUGHS MADE OF CEMENT AND BRICKS

Lian Zhao huang Zhong Xilin Liu Shizhe

(Lab. of Plant Nutrition, South China Agr. Univ., 510642, Guangzhou)

Abstract The hydroponic production line for vegetables was composed of two main parts: the plantation troughs made of cement and bricks and the plastic greenhouse for insect protection and rain sheltering. The vegetable roots growed in a deep recycling nutrient solution. The nutrient solution in the plantation system was stable and can provide enough water, nutrients and oxygen for root growth and its respiration. So the production line would be suitable for many crops to have high yields. The yield of tomato grown in autumn was above 120 t/hm² and the yield of lettuce in 30 days of growth was above 45 t/hm². The production line is characterized by its low investment, durability, easy construction and management. It has been extended to many cities in the Pearl River Delta and the extension area was up to 20 000 m² in Guangdong Province.

Key words Hydroponic vegetable production; Deep flow technique (DFT); Plantation trough