

## 不同营养液对气雾栽培生菜生长发育的影响

张明宇, 孙鸿, 宋爽 (吉林省农业机械研究院, 吉林长春 130022)

**摘要** 采用4种不同营养液对生菜进行槽式气雾法栽培,通过对生菜长势和生理指标检测和分析,研究适宜的雾培生菜营养液配方,为今后生菜工厂化生产提供参考。结果表明,供试的4个雾培营养液配方对生菜生理指标影响差异显著。其中,营养液4配方种植的生菜具有较高叶片数、叶面积、茎粗,且叶绿素含量前期增长较快,是该试验条件下最适合生菜气雾栽培的营养液配方。

**关键词** 气雾栽培;营养液配方;生菜;影响

中图分类号 S636.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)12-0048-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.12.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Different Nutrient Solutions on Growth and Development of Lettuce Grown in Aerosol

ZHANG Ming-yu, SUN Hong, SONG Shuang (Jilin Agricultural Machinery Research Institute, Changchun, Jilin 130022)

**Abstract** Through four different kinds of nutrient solutions, the lettuce was cultured in a trough-type aerosol method. Through the detection and analysis of the growth and physiological indexes of lettuce, the suitable formula of the nutrient solution of aerosol cultivation lettuce was studied, hoping to improve the production of lettuce in the future. The results showed that there were significant differences in the effects of the four kinds of nutrient solution formulas on the physiological indexes of lettuce. Among them, lettuce grown in nutrient solution 4 formula had a high number of leaves, leaf area, stem diameter, and the early growth of chlorophyll content was relatively fast, which was the most suitable nutrient solution formula for lettuce cultivation under this experimental condition.

**Key words** Aerosol culture; Nutrient solution formula; Lettuce; Effect

雾培,又称气雾栽培,是一种新型的栽培方式<sup>[1]</sup>,它是利用喷雾装置将植物根部置于空气或雾化环境中,使营养液雾化为小雾滴状,直接喷射到植物根系以提供植物生长所需水分和养分的一种无土栽培技术<sup>[2]</sup>。它不仅摆脱了传统土壤栽培对天然土壤的依赖,不受土壤污染、连作障碍、次生盐渍化等限制<sup>[3-5]</sup>,也有效解决了常见水培中根系供氧问题,同时可以更好地利用营养和水分<sup>[6-8]</sup>。笔者研究不同营养液对气雾栽培生菜生长发育的影响,不仅可用于蔬菜工厂化生产,还可用于航空航天生命支持系统和园林休闲农业,具有广阔的应用前景。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验材料** 供试材料为吉林省蔬菜花卉研究院提供的改良的意大利生菜。仪器:SH-301A 电磁加热搅拌机、JA5003 万分之一电子天平、MODEL pH/EC80 便捷式酸碱度电导率测试仪、托普 TYS-4N 植物营养测定仪、LAM-B 叶面

积仪、温度计、托盘天平、直尺等。

装置:槽式栽培槽,宽0.6 m,高1.2 m,槽体高0.5 m的平面式长方体上掀盖式结构支架,并且支架安装可调式螺纹支撑装置,可调高度为0~10 cm,且以2个槽体为一组,每组间距0.5 m作为过道,充分利用温室的有效空间,降低了生产投资成本,利于后期生菜的采摘、修护和管理。槽体采用聚苯乙烯泡沫塑料板外包黑色不透光塑料做槽体,大大降低了投资成本,有效地防止了营养液的泄漏和透光,有益于生菜定植和管理。

**1.2 试验方法** 试验于2017年4月29日育苗,5月20日定植,至6月21日结束,在吉林省农业机械研究院设施农业技术研究所实验温室进行。试验期间温室白天温度25~30℃,夜间温度15~20℃,采用气雾栽培方式,共设4种营养液配方,为4个处理,4组平行试验,4种营养液营养元素配方与含量见表1,微量元素的配方与含量见表2。

表1 供试营养液配方  
Table 1 Formula of tested nutrient solution

营养液种类 Nutrient solution type	总盐含量 Total salt content//mg/L	NH <sub>4</sub> -N mol/L	NO <sub>3</sub> -N mol/L	P mol/L	K mol/L	Ca mol/L	Mg mol/L	S mol/L
营养液1 Nutrient solution 1	1 274	1.0	7.00	0.74	4.74	2.00	1.00	2.00
营养液2 Nutrient solution 2	1 982	1.0	8.00	1.50	4.00	4.00	1.00	2.50
营养液3 Nutrient solution 3	1 810	—	8.05	2.65	2.65	4.02	2.03	2.03
营养液4 Nutrient solution 4	1 473	1.5	4.50	0.60	3.00	3.60	1.80	3.30

将生菜种子放于烧杯中,加水浸泡3 h,再放在恒温箱中发芽,恒温箱温度为20℃<sup>[9]</sup>。待发好芽后挑选发育良好且匀称的种子进行播种,采用苗盘基质统一进行育苗,播种深

度为2 cm<sup>[10]</sup>。将种植好的生菜放在温室大棚中,待苗长至2叶1心时选取生长一致的生菜幼苗进行移植,移植到规格统一的雾培定植板上,营养液由水泵供给,供给时间通过定时器控制,移植前后10 d每隔6 min供营养液2 min,之后每隔10 min供营养液1 min,雾化喷头的流量在1.8 L/min,管道压力在2.5个压左右,营养液循环利用,每10 d更换营养液1次,每

**作者简介** 张明宇(1980—),男,吉林长春人,高级工程师,从事设施农业技术研究。

**收稿日期** 2018-12-17

隔 3 d 调节营养液 pH 6.0~6.5, EC 值至 1.5~2.5 ds/m。植株生长 30 d 后, 测定生菜的各种生理指标。

表 2 微量元素配方  
Table 2 Formula of trace elements mg/L

化合物名称 Compound name	化合物 Compound	元素 Element
乙二胺四乙酸二钠铁 EDTA - 2NaFe	40	2.8~5.6
硼酸 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.86	0.5
硫酸锰 MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	2.13	0.5
硫酸铜 CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0.08	0.02
钼酸铵 (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 4H <sub>2</sub> O	0.02	0.01
硫酸锌 ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0.22	0.05

## 2 结果与分析

**2.1 不同配方营养液对生菜叶片数的影响** 从表 3 可以看出, 定植 3 d 后生菜叶片数无变化, 定植 10 d 后营养液 1 和营养液 3 叶片数少于营养液 2 和 4, 在定植 10 和 20 d 后, 营养液 4 叶片数最多达 9 片, 营养液 3 叶片数最少达 7 片; 因此, 从对生菜叶片数的影响看营养液 4 效果相比较 1、2、3 略好。

表 3 不同配方营养液对生菜叶片数的影响

Table 3 Effects of different nutrient solutions on the number of lettuce leaves 片

营养液 Nutrient solution	栽培天数 Days of cultivation//d			
	3	10	20	30
营养液 1 Nutrient solution 1	3	3	6	8
营养液 2 Nutrient solution 1	3	4	6	8
营养液 3 Nutrient solution 1	3	3	5	7
营养液 4 Nutrient solution 1	3	4	7	9

**2.2 不同配方营养液对生菜茎粗的影响** 从表 4 可以看出, 定植 10 d 后 4 种营养液种植的生菜茎粗无变化, 定植 20 d 后营养液 1、2、3 茎粗达 5 mm, 营养液 4 茎粗达 8 mm, 定植 30 d 后营养液 1、2、3 茎粗达 11 mm, 营养液 4 茎粗达 15 mm, 因此, 从对生菜茎粗的影响看, 营养液 1、2、3 茎粗变化相同, 营养液 4 茎粗变化最大。

**2.3 不同配方营养液对生菜根长的影响** 从表 5 可以看出, 定植 3 d 后营养液 3、4 生菜根系生长最快达 90 mm, 营养液 1 生菜根系生长最慢达 50 mm, 定植 30 d 后, 4 种营养液的根系长度几乎一致, 相差不明显。

**2.4 不同配方营养液对生菜叶面积的影响** 从表 6 可以看出, 定植 3 d 后 4 种营养液种植的生菜叶面积变化不明显, 定植 10 d 后营养液 4 叶面积增长最快达 28.5 cm<sup>2</sup>, 定植 20 d 后 4 种营养液的叶面积基本一致, 定植 30 d 后营养液 2 的叶面积积达 90 cm<sup>2</sup> 明显高于其他 3 种营养液的叶面积。

表 4 不同配方营养液对生菜茎粗的影响

Table 4 Effects of different nutrient solutions on stem diameter of lettuce mm

营养液 Nutrient solution	栽培天数 Days of cultivation//d			
	3	10	20	30
营养液 1 Nutrient solution 1	2	3	5	11
营养液 2 Nutrient solution 2	2	3	5	11
营养液 3 Nutrient solution 3	2	3	5	11
营养液 4 Nutrient solution 4	2	3	8	15

表 5 不同配方营养液对生菜根长的影响

Table 5 Effects of different nutrient solutions on root length of lettuce mm

营养液 Nutrient solution	栽培天数 Days of cultivation//d			
	3	10	20	30
营养液 1 Nutrient solution 1	50	85	230	410
营养液 2 Nutrient solution 2	72	140	230	425
营养液 3 Nutrient solution 3	90	110	250	421
营养液 4 Nutrient solution 4	90	160	270	415

表 6 不同配方营养液对生菜叶面积的影响

Table 6 Effects of different nutrient solutions on the leaf area of lettuce cm<sup>2</sup>

营养液 Nutrient solution	栽培天数 Days of cultivation//d			
	3	10	20	30
营养液 1 Nutrient solution 1	15.75	25	44	70
营养液 2 Nutrient solution 2	15.5	24	44	90
营养液 3 Nutrient solution 3	15.25	22	45	67.5
营养液 4 Nutrient solution 4	15.5	28.5	42	72.5

**2.5 不同配方营养液对生菜叶绿素含量的影响** 从图 1 可以看出, 叶绿素 SPAD 均随着培养时间的延长而升高, 在定

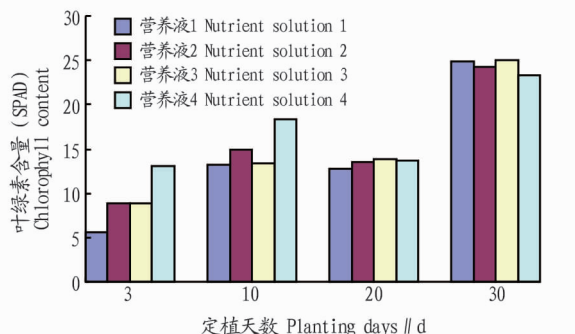


图 1 不同配方营养液对生菜叶绿素含量的影响

Fig.1 Effects of different nutrient solutions on chlorophyll content of lettuce

植3和10 d后营养液4种植的生菜叶绿素含量增长最快,变化最明显,定植20和30 d后4种营养液的叶绿素含量基本趋于一致,差异不显著。

**2.6 不同配方营养液对生菜氮含量的影响** 从图2可以看出,从定植到定植30 d后,营养液2生菜氮含量相对较高,营养液4生菜氮元素含量在4个定植阶段相对较少。

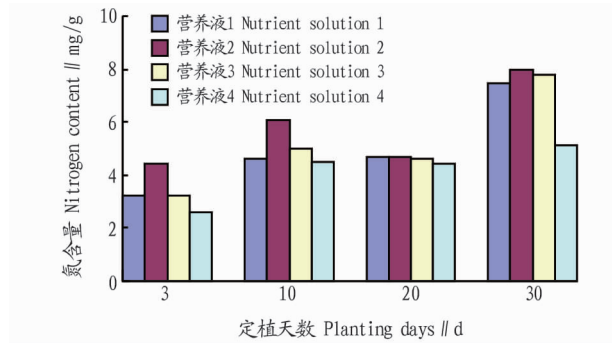


图2 不同配方营养液对生菜氮含量的影响

Fig.2 Effect of different nutrient solutions on nitrogen content of lettuce

### 3 结论

该试验结果表明,供试4个雾培营养液配方对生菜生理

(上接第47页)

上部叶片才展开,才进入生长阶段,而中部和下部叶进入到衰老阶段,因此它的最高峰在中部和下部叶片以后。南偏西20°玉米中部叶片比叶重最大值出现时期比其他行向晚,说明南偏西20°可以延迟穗位叶比叶重高峰期,提高叶片生育后期光合速率,与比叶重与光合速率大多呈显著正相关的观点一致。

不同叶位叶片的叶绿素总量的变化趋势一致,都呈单峰状:叶片伸展初期的快速上升阶段、叶片全展后的相对稳定阶段和叶片开始衰老的下降阶段,并且不同叶位叶片从叶尖伸出到叶片叶绿素总量达到峰值所需的天数大致相同,大约在叶片全展后很快就达到峰值。但是不同叶位叶片的叶绿素总量的峰值不同,并且不同叶位叶片的叶绿素含量保持高值的时间长度也不同。其中以中部叶片的叶绿素含量最高,功能期最长;其次是下部叶片和上部叶片<sup>[10]</sup>。不同部位叶片衰老在进度和程度上明显差异,上部叶片虽然比中部叶片后抽出,但比中部叶片早衰。抽雄吐丝期植株下部生活叶片的SPAD值高于顶部叶片,这是因为此时上部叶片刚展开,处于生长发育的初期,叶绿素含量还没有达到最大值,而下部叶片已经进入生长发育的中期,且叶绿素含量的下降并不明显<sup>[7]</sup>。南偏西20°、65 cm+65 cm和南偏西20°、160 cm+

指标的影响差异显著。其中,营养液4配方种植的生菜具有较高叶片数、叶面积、茎粗,叶绿素含量前期增长较快,是该试验条件下最适合生菜气雾栽培的营养液配方。

### 参考文献

- [1] 徐伟忠,王利炳,詹喜法,等.一种新型栽培模式-气雾培的研究[J].广东农业科学,2006(7):30-33.
- [2] 王世彬,李宝海,朱荣杰,等.温室雾培对8个叶菜品种生长发育的影响[J].西南农业学报,2015(4):1854-1855.
- [3] 王明霞,周志峰,袁玲.硝态氮对不同品种生菜产量和品质的影响[J].西南师范大学学报(自然科学版),2007,32(4):43-46.
- [4] 曲明山,董海泉,邢文鑫,等.调整山崎生菜营养液配方对生菜产量及品质的影响[J].河北农业科学,2012,16(8):31-35.
- [5] 庄华才,高芳云,何建齐,等.4种营养液配方对水培日本牛油生菜的影响[J].蔬菜,2012(7):66-68.
- [6] 陈永华,吴晓芙,张冬林,等.不同营养液浓度与配方对水培观赏植物的影响[J].中南林业科技大学学报,2007,27(6):34-37.
- [7] 姜财勇,刘厚诚,孙光闻,等.不同营养液配方对红葱生长及品质影响[J].内蒙古农业大学学报,2007,28(3):168-170.
- [8] 潘杰,李胜利,孙治强.水培生菜适宜营养液配方筛选研究[J].河南农业科学,2007,36(7):87-89.
- [9] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [10] 侯迷红,范富,宋桂云,等.不同配方营养液对三种叶菜产量和品质的影响[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2011,26(5):541-544.

40 cm这2种植植方式下玉米上部叶片叶绿素含量在生育进程中逐渐缩小与其他种植方式的差距,说明南偏西20°有利于维持玉米上部叶片生育后期叶片中叶绿素的含量,原因是南偏西20°可以缩短作物的水平投影,使玉米得到的光照时间最长,叶绿素含量最高。

综上,南偏西20°、160 cm+40 cm的种植方式有利于延长穗位叶持绿期,明显提高玉米产量。

### 参考文献

- [1] 张敬宇,付健,杨克军,等.不同种植方式和密度对玉米产量及光合特性的影响[J].安徽农业科学,2015,43(23):29-32,93.
- [2] 高亚男,崔金虎.不同行距对春玉米生育后期绿叶面积及活性的影响[J].农业工程,2011,1(1):115-117.
- [3] 宋伟.种植方式对花生产量和品质的影响及其生理生态基础研究[D].青岛:青岛农业大学,2011.
- [4] 李维岳,田海云,尹枝瑞,等.吉林省中部黑土地区玉米早熟丰产栽培技术的研究[J].东北农业科学,1982(1):12-22.
- [5] 陈文俊,田孟良,张军杰,等.玉米叶片持绿性研究进展与对策[J].生物技术进展,2011,1(6):409-412.
- [6] 童淑媛.玉米茎叶发生发展及叶片光合特性变化规律的研究[D].长春:中国科学院东北地理与农业生态研究所,2009.
- [7] KARLEN D L, KASPERBAUER M J. Row orientation and configuration effects on canopy light spectra and corn growth[J]. Applied agricultural research, 1989, 4: 51-56.
- [8] 刘魏魏.密度和种植方式对夏玉米茎秆抗倒伏能力的影响[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [9] 王洋,齐晓宁,刘胜群,等.宽窄行种植方式对生育后期玉米叶片衰老的影响[J].土壤与作物,2016,5(4):211-214.