

# 大棚草莓立体栽培与常规栽培对比分析试验

李清斌 魏莎莎 陈磊 吴敏 孙军波

慈溪市气象局, 浙江 慈溪 315300

**摘要:** 为了研究南方大棚草莓立体栽培层次的不同产生的光温效应变化对植株生长、产量、品质的影响, 筛选出最优栽培槽层数, 以‘红颊’草莓为试材, 以常规地栽模式为对照(ck), 分析 A 型架栽培槽架模式对草莓全生育期产量和果实品质的影响。结果表明, 在南方塑料设施大棚内应用 A 型架立体栽培, 早期(12 月至次年 2 月)产量和产值明显优于常规地栽, 后期(3 月至 5 月)由于植株早衰采收期提前结束, 产量下降明显。整体来看, 四层栽培槽模式下草莓果实品质更为优良, 与常规地栽相比, 早期产值明显提高 59%, 可以获得比常规地栽更为可观的经济效益, 增产潜力较大, 适合在草莓立体栽培中进行应用和推广。

**关键词:** 立体栽培; 草莓; 层数; 产量; 品质

草莓属蔷薇科草莓属多年生草本植物。草莓味道鲜美, 营养丰富, 是深受人们喜爱的“水果皇后”。随着草莓冬春季塑料大棚促成栽培技术的应用推广, 和现代休闲农业产业的融合发展, 大棚草莓成为了冬春季节的水果明星, 并由此带来的采摘热, 大大提高了草莓的经济效益。随着近年来非农业建设用地的扩张, 设施面积已不能继续扩大, 因此, 土地的高效集约化生产成为未来农业生产的趋势和方向。此外, 常规地栽模式在疏花疏果、采收等生产过程中, 需要高强度的弯腰作业, 劳动强度较大<sup>[1]</sup>; 而草莓果实接近地面, 更容易受到尘土的污染, 也容易造成人们走动过程中挤压、碰伤等各个问题。研究开发设施大棚内的草莓立体栽培技术, 和大棚内小气候调节技术, 以利于立体栽培作物的最佳生长, 能够提高空间利用率和单位面积产量、解决重茬问题<sup>[2]</sup>, 减轻农户的劳动强度, 使管理和采摘更为轻松。对我市设施作物的高效持续发展有极其重要的意义。

草莓立体栽培架式多样, 比较常用的主要有 A 型架、H 型架、双排架、“品”字型架等, 应用尚处于起步阶段<sup>[3-4]</sup>, 还没有形成相应的标准化及更为科学的模式。国内常见的研究也集中在支架模式选择和相关栽培技术, 而对栽培层次数量的选择方面研究较少。通过开展大棚草莓立体栽培槽架层数对比试验, 旨在分析栽培层次的不同产生的光温效应的变化及对植株生长、产量、品质的影响, 筛选出最优栽培槽层数, 在现有栽培面积的基础上, 增加单位面积产量, 进而提高总产, 增加农民收入, 为立体栽培的推广应用提供理论依据和技术参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验于 2013~2014 年在浙江省设施农业气象试验站标准钢管塑料大棚内进行。大棚跨度 8m, 最高处 3.5m, 是以镀锌钢管为骨架、塑料薄膜为覆盖材料的不加温、单跨拱屋面结构温室。钢架 PVC 管栽培槽采用 A 字形方式分布(侧面如下图 1), 体框架为钢结构。栽培架最高处 1.3 m, 宽 1.2m 左右, 立架南北向放置, 各排栽培架间距为 70 cm。栽培槽材料为 PVC, 直径为 20cm。本试验设置栽培层数为三、四、五层, 层间距分别为 40、30、20 cm。栽培槽内草莓株距约为 23cm, 每一栽培槽内种 8 株。试验以常规地栽为对照, 采用单因素随机区组试验设计, 三次重复。供试草莓品种为当地主栽品种‘红颊’。灌溉采用水肥一体化滴灌技术。管理方式采取与常规地栽模式一致。2013 年 9 月 9 日定植, 10 月 9 日大棚覆外膜保温, 11 月 8 日栽培槽铺设黑色地膜增温保墒。试验地土壤为粘壤土, 土壤有机质含

量 4% 以上。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 植株生长高度对比测量

在植株进入采收普遍期后（12 月下旬），分别在立体栽培三个处理和常规栽培的试验小区中随机选取 10 株，用直尺测量株高（植株基部到最高叶片的自然高度）、冠幅（植株冠从最大幅度之间的距离）<sup>[5]</sup>，重复 3 次，取平均值。

### 1.2.2 产量对比观测

三种不同立体栽培槽各 3 次重复共 9 个槽架上的成熟果实分东、西两侧与作为对照的常规地栽试验小区的成熟果实进行随熟随采，对其中一组对比槽架上的果实分层进行采收，用游标卡尺测量果实的横径和纵径，用电子天平测量单果重。

### 1.2.3 果实品质对比观测

进入盛果期大量采果时，在每个槽架与田间对照试验小区内每一重复区组的每一批所采果实中，随机选取 3 个果实，用 PAL-1 型数显糖度计（日本爱宕株式会社）测量可溶性固形物（SSC%）含量。

## 1.3 数据分析

数据统计分析和作图采用 SPSS 软件和 Excel2003 软件，计算得到的平均值及显著性分析采用 LSD 多重比较分析，显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 1.4 立体栽培槽架布置示意图

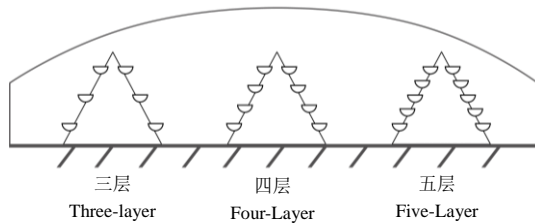


图 1 三种栽培槽架布置侧面示意图

Fig. 1 The structure of three different layers of stereoscopic cultivation

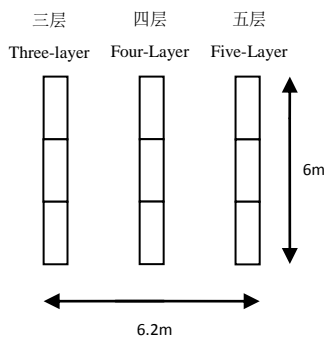


图 2 三种栽培槽架布置小区示意图

Fig. 2 The experimental plot of three different layers of stereoscopic cultivation

## 2 结果与分析

### 2.1 不同立体栽培槽架层数下‘红颊’草莓的植株生长表现

从表 1 可以看出，立体栽培模式下，草莓植株株高和冠幅较常规地栽显著偏小，而不同栽培槽架层数处理之间差异不显著，说明立体栽培草莓植株由于栽培槽空间有限，更容易出现土壤养分、水分供应不足的情况，造成植株更为矮小。

表 1 不同栽培槽架处理草莓的植株生长表现

**Table 1 The growth of strawberry in different layers of stereoscopic cultivation**

处理	株高	冠幅
Treatment	Plant height/cm	Crown width/cm
常规地栽 (CK)	18.4 a	34.1 a
三层 Three-layer	13.6 b	30.8 b
四层 Four-Layer	15.0 b	30.9 b
五层 Five-Layer	17.9 a	31.5 b

## 2.2 不同立体栽培槽架处理‘红颊’草莓的果实品质

从表 2 可以看出, 两种栽培模式下草莓果实可溶性固形物含量、最大单果重无显著性差异。早期 (12 月至次年 2 月, 下同) 常规地栽平均单果重显著大于立体栽培模式, 而 3 种栽培槽处理之间差异不显著, 后期 (3 月至 5 月, 下同) 两种栽培模式下无显著性差异。果横径和果纵径早期 4 种处理之间差异显著, 随着立体栽培层数的增加, 呈显著减小趋势。说明常规地栽‘红颊’草莓品质优于立体栽培模式, 而在立体栽培种植模式下, 栽培槽层数越少, 草莓早期的果实品质越好。生产后期随着夜间外界气温的升高, 棚内温差减少<sup>[6]</sup>, 常规栽培和立体栽培模式下果实品质差异不大。3 种栽培槽处理之间相比较, 四层栽培槽处理平均单果重、最大单果重、果横径、果纵径优于其他两种处理。

表 2 不同栽培槽架处理草莓的果实品质

**Table 2 Fruit quality of strawberry in different layers of stereoscopic cultivation**

处理 Treatment	可溶性 固形物 SSC%	平均单果重		最大单果重		果横径		果纵径	
		AvgFW/g		MaxFW/g		HD/cm		VD/cm	
		早期	后期	早期	后期	早期	后期	早期	后期
		Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late
常规地栽 (CK)	11.4 a	27.20 a	16.33 a	48.10 a	31.62 a	3.9 a	3.2 a	4.7 a	4.3 ab
三层 Three-layer	11.2 a	23.28 b	16.60 a	45.58 a	31.06 a	3.8 b	3.2 a	4.4 b	4.2 bc
四层 Four-Layer	11.6 a	22.90 b	17.51 a	44.64 a	34.43 a	3.7 bc	3.3 a	4.3 bc	4.4 a
五层 Five-Layer	11.3 a	21.75 b	15.34 a	44.33 a	32.64 a	3.7 c	3.1 a	4.2 c	4.1 c

AvgFW:average fruit weight, MaxFW:maximum fruit weight, HD:horizontal diameter, VD:vertical diameter.

## 2.3 不同立体栽培槽架处理下各层‘红颊’草莓的果实品质

由表 3 可看出, 三、四层栽培槽处理, 由于层数较少, 上层对下层的遮阴影响更小, 因此平均单果重、果横径、果纵径差异较小, 而五层栽培槽处理, 由于上、下层更为靠近, 因此遮阴影响导致果实品质各指标呈现明显的随着层次降低而逐渐减小的趋势<sup>[7]</sup>。

表 3 不同栽培槽架处理各层草莓的果实品质

**Table 3 Fruit quality of strawberry in different layers of different cultivation beds**

处理 Treatment	层数编号 Number	可溶性固形物 SSC/%	平均单果重 AvgFW/g		果横径 HD/cm		果纵径 VD/cm	
			早期	后期	早期	后期	早期	后期
			Early	Late	Early	Late	Early	Late
			Early	Late	Early	Late	Early	Late
三层 Three-layer	①	12.1	22.81	14.29	3.7	3.0	4.5	3.7
三层 Three-layer	②	9.8	19.93	12.76	3.6	3.0	4.1	3.8

三层 Three-layer	③	11.2	25.01	14.04	3.8	3.1	4.5	4.3
四层 Four-Layer	①	11.1	21.84	15.39	3.7	3.2	4.4	4.2
四层 Four-Layer	②	12.0	25.60	14.02	3.8	3.0	4.8	3.8
四层 Four-Layer	③	11.6	18.36	13.66	3.3	3.1	4.2	6.5
四层 Four-Layer	④	12.1	22.11	13.54	3.6	3.0	4.2	4.0
五层 Five-Layer	①	12.6	21.70	12.51	3.6	2.9	4.4	3.4
五层 Five-Layer	②	11.0	21.20	12.49	3.6	3.1	4.3	5.6
五层 Five-Layer	③	11.6	21.43	13.77	3.6	3.1	4.5	4.0
五层 Five-Layer	④	10.5	18.70	10.05	3.6	2.7	3.9	3.4
五层 Five-Layer	⑤	9.3	15.52	14.29	3.1	2.4	3.5	2.7

AvgFW:average fruit weight, HD:horizontal diameter, VD:vertical diameter.

注：三种栽培槽架处理各层由上至下编号①~⑤不等。

Note:From top to bottom number 1 to 5 in different layers of stereoscopic cultivation.

#### 2.4 不同立体栽培槽架处理下‘红颊’草莓的产量和产值

由表 4 可知，早期不同槽架处理下产量和产值存在明显差异，四层、五层栽培槽处理与常规地栽相比有明显优势，四层栽培槽处理草莓的产量和产值最高。生产后期随着立体栽培草莓植株更快进入早衰<sup>[8]</sup>，采收结束较常规地栽提前一个月，其产量和产值显著下降，四层栽培槽仍保持最高的产量和产值，但差异不显著。全期来看，四层栽培槽处理在产量方面与常规地栽差异不显著，但是产值上有显著提高，应用四层栽培槽，可以获得比常规地栽更为可观的经济效益。

表 4 不同栽培槽架处理草莓的产量和产值

Table 4 The yields and output value of strawberry in different layers of stereoscopic cultivation

处理 Treatment	采收初期	采收末期	早期 Early		后期 Late		全期 Whole	
	Initial period	Last stage	产量 Yield/ kg·667m <sup>-2</sup>	产值 Value / 元·667m <sup>-2</sup>	产量 Yield/ kg·667m <sup>-2</sup>	产值 Value / 元·667m <sup>-2</sup>	产量 Yield/ kg·667m <sup>-2</sup>	产值 Value / 元·667m <sup>-2</sup>
常规地栽 (CK)	2013-12-03	2014-05-08	300.41 b	15 020.5 b	1 019.30 a	20 386.0 a	1 319.71 a	35 406.5 ab
三层 Three-layer	2013-12-06	2014-04-09	315.06 b	15 753.0 b	490.73 b	9 814.6 b	805.79 b	25 567.6 b
四层 Four-Layer	2013-12-06	2014-04-09	480.80 a	24 040.0 a	661.19 b	13 223.8 b	1 141.99 a	37 263.8 a
五层 Five-Layer	2013-12-09	2014-04-09	415.77 ab	20 788.5 ab	624.88 b	12 497.6 b	1 040.65 ab	33 286.1 ab

注：早期（12月至次年2月）草莓售价 50 元/kg，后期（3月至5月）20 元/kg。

Note:Early (December to February) strawberry price 50 yuan / kg, Late (March to May) strawberry price 20 yuan / kg.

#### 2.5 不同立体栽培槽架处理下各层‘红颊’草莓的产量

由图 3~图 5 可知，三层栽培槽处理，累计果重由上至下呈现明显的逐层递减的趋势。四层栽培槽处理，1~2 层累计果重明显优于 3~4 层。五层栽培槽处理，中间层的累计果重优势更为明显，而处于最低的第 5 层，由于光照不足，产量始终保持在较低水平。

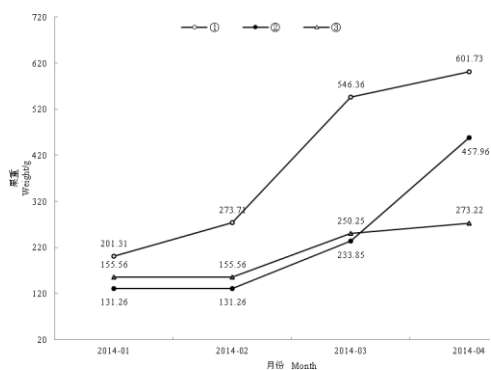


图3 三层栽培槽处理(由上至下)逐月累计果重

Fig.3 Cumulative fruit weight monthly of three-layers cultivation beds(from top to bottom)

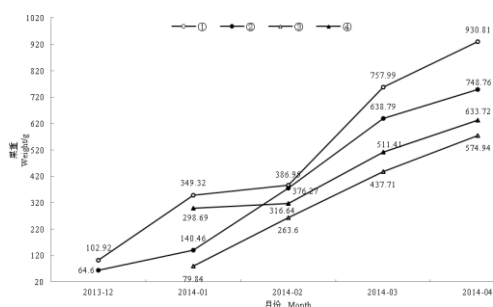


图4 四层栽培槽处理(由上至下)逐月累计果重

Fig. 4 Cumulative fruit weight monthly of four-layers cultivation beds(from top to bottom)

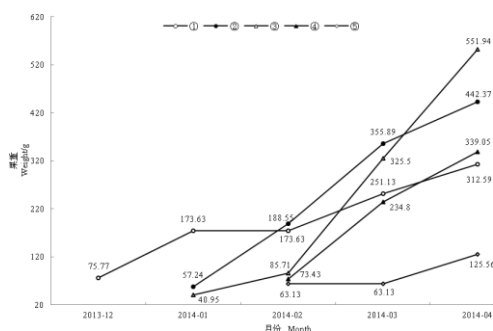


图5 五层栽培槽处理(由上至下)逐月累计果重

Fig. 5 Cumulative fruit weight monthly of five-layers cultivation beds(from top to bottom)

### 3 小结

试验过程中,不同的栽培槽层数处理,立体栽培植株株高、冠幅差异不显著,对植株营养生长的影响较小,说明红颊草莓有一定的耐阴性,能够适应周围微环境的变化。但由于栽培槽空间有限,与常规地栽相比,立体栽培更容易出现土壤养分、水分供应不足的情况,造成植株更为矮小。而栽培架上层对下层的遮阴,造成弱光条件,致使花芽分化延迟、植株器官发育缓慢<sup>[9]</sup>,立体栽培草莓采收期较常规栽培延迟3~6天<sup>[10]</sup>。

近年来随着城市化进程加快,人地关系日趋紧张,土地资源的合理高效利用问题成为新的讨论热点<sup>[11]</sup>。立体栽培模式的出现,大大提高了土地集约利用的效率。但是,试验显示,随着立体栽培架种植槽数量的增加,上下层之间的距离缩短,上层对下层的遮阴制约效应增强,处于较低层次的草莓植株产量保持在较低水平,同时,果实品质各指标也呈现明显的随着层次降低而逐渐减小的趋势。三层栽培槽处理虽然可以最大程度减少遮阴对草莓植株生长的影响,但由于栽培株数少,无法达到增产增收的效果。而五层栽培槽处理,虽然单位面积植株数量增加,但下层植株产量显著偏少,全生育期整体产量和产值优势不明显。应用四层栽培槽模式草莓果实品质更为优良,与常规地栽相比,全生育期产值有显著提高,早期产值更是明显提高59%,结合元旦、春节等传统佳节和观光园采摘模式,可以获得比常规地栽更为可观的经济效益,增产潜力较大。

本次试验中,草莓栽培基质采用的是与常规地栽一致的种植土,而非采取营养液基质栽培的方式,导致后期土壤养分不足,植株较早进入早衰。周君<sup>[12]</sup>等以桃为试材,在果实成熟期开展铺设反光膜试验研究发现,反光膜处理可以显著改善树体内膛的光环境,提高中下部叶片的光合能力。这对改善立体栽培下部光环境也有参考价值。今后对草莓栽培基质、营

养液配比、灌溉技术、补光措施等方面，有待进一步研究。立体栽培一次性投入大，对管理人员的技术要求较高，立体栽培配套技术的研发，将成为实现草莓机械化、标准化生产的重要推动要素。



图 6、7 立体栽培试验小区布设，肥土的伴制等试验准备工作



图 8、9 立体栽培槽架的设计焊制及仪器探头布置



图 10、11 小区内果实生长数据测量，成熟果采摘

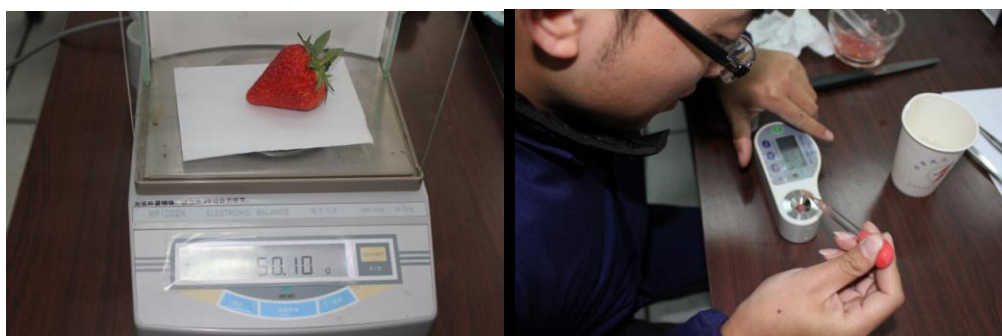


图 12、13 采果单果重的测定及果实品质试验数据记录

### 参考文献 (References):

[1] 薛义霞.设施园艺作物的立体栽培模式[J].内蒙古农业科技,2005(06):30-32.

XUE Y X.Stereoscopic cultivation mode of facility horticultural crops[J].Inner Mongolia Agricultural Science and Technology,2005(06):30-32.(in Chinese)



- [2] 邢文鑫,赵永志,曲明山,王崇旺,郭宁,廖洪,刘宝文,董海泉,宋卫堂.草莓立体栽培概况[J].河北农业科学,2011,15(07):4-7.  
XING W X,ZHAO Y Z,QU M S,WANG C W,GUO N,LIAO H,LIU B W,DONG H Q,SONG W T.General introduction of strawberry stereo cultivation[J].Journal of Hebei Agricultural Sciences,2011,15(7):4-7.(in Chinese)
- [3] 张豫超,杨肖芳,苗立祥,等.三种草莓立体栽培架型及生产性能比较[J].浙江农业学报,2013,25(6):1288-1292.  
ZHANG Y C,YANG X F,MIAO L X,etc.Comparison of performances among three different strawberry stereoscopic cultivation systems[J].Acta Agriculturae Zhejiangensis,2013,25(6):1288-1292.(in Chinese)
- [4] 纪开燕,郭成宝,童晓利,陈月红,唐泉.设施草莓立体无土栽培的主要模式与发展对策[J].江苏农业科学,2013,41(06):136-138.  
JI K Y,GUO B C,TONG X L,CHEN Y H,TANG Q.The main mode and development countermeasures of stereoscopic cultivation soilless culture of strawberry in green house[J].Journal of Jiangsu Agricultural Sciences,2013,41(06):136-138.(in Chinese)
- [5] 罗赞,汪佳易,林晓,任德忠,王红清.红颜草莓日光温室不同栽植密度试验[J].中国果树,2012(05):37-39.  
LUO Y,WANG J Y,LIN X,REN D Z,WANG H Q.Different Planting Density Tests of strawberry in greenhouse [J].China Fruit,2012(05):37-39.(in Chinese)
- [6] 符国槐,张波,杨再强,费玉娟,黄海静,孙军波.塑料大棚小气候特征及预报模型的研究[J].中国农学通报,2011,27(13):242-248.  
FU G H,ZHANG B,YANG Z Q,FEI Y J,HUANG H J,SUN J B.Research on the Microclimate Characteristics and Inside Temperature Prediction Model[J].Chinese Agricultural Science Bulletin,2011,27(13):242-248.(in Chinese)
- [7] 钟霖霖,杨仕品,乔荣,王天文.光照强度对草莓主要品质的影响[J].西南农业学报,2011,24(03):1219-1221.  
ZHONG P L,YANG S P,QIAO R,WANG T W.Effect of Light Intensity on Main Quality of Strawberry[J].Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2011,24(03):1219-1221.(in Chinese)
- [8] 于吉琳.浅析作物早衰原因及机理[J].农业与技术,2018,38(16):3-4.  
YU J L.Analysis on the causes and mechanism of early premature aging [J].Agriculture and Technology,2018,38(16):3-4.(in Chinese)
- [9] 韩霜,陈发棣.植物对弱光的响应研究进展[J].植物生理学报,2013,49(4):309-316.  
HAN S,CHEN F D.Research Progress in Plant Response to Weak Light[J].Plant Physiology Journal, 2013,49(4):309-316.(in Chinese)
- [10] 李瑞,张蕾,盛红亚,徐川,高振,万继花,董飞,王红清.DA-6 对双 H 型立体栽培草莓光合作用和生长发育的影响[J].中国农业大学学报,2016,21(02):41-49.  
LI R,ZHANG L,SHEN H Y,XU C,GAO Z,WAN J H,DONG F,WANG H Q.Effect of DA-6 on strawberry photosynthesis and growth in the double-H three-dimensional culture system[J].Journal of China Agricultural University,2016,21(02):41-49.(in Chinese)
- [11] 王文超.浅析地理信息系统在土地资源管理中的应用[J].时代经贸,2019,(07):77-78.  
WANG W C.Analysis on the Application of Geographic Information System in Land Resource Management[J].Economic & Trade Update,2019,(07):77-78.(in Chinese)
- [12] 周君,王红清.铺设反光膜对桃树不同冠层叶片最大光合能力和果实品质的影响[J].中国农业大学学报,2009,14(4):59-64.  
ZHOU J,WANG H Q.Effect of reflective film on the photosynthetic capacity of leaf and fruit quality at different canopies of peach[J].Journal of China Agricultural University,2009,14(4):59-64.(in Chinese)