

# 不同密度和果穗数 对日光温室番茄冠层光合及产量的影响

王 强<sup>1</sup>, 王 浩<sup>1</sup>, 闫 鹏<sup>1</sup>, 阿不力肯木·沙土尔<sup>2</sup>,  
热汗古丽·买合木提<sup>2</sup>, 艾尼瓦尔·克然木<sup>2</sup>

(1. 新疆农业科学院 园艺作物研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 新和县农业局, 新疆 新和 842160)

**摘 要:**以“保红一号”番茄为试材, 采用单干整枝方式研究不同密度和果穗数对日光温室番茄功能叶片冠层光合速率、叶绿素含量及产量的影响。结果表明: 番茄净光合速率、叶绿素含量在植株上、中、下部冠层间随不同密度的冠高和叶位差异明显。中、上部净光合速率、叶绿素含量高, 下部低, 3 000 株/667m<sup>2</sup> (留 5 穗果) 各冠层叶位间叶绿素含量与净光合速率呈正相关, 表现出冠层净光合速率、叶绿素含量和产量最高。表明适合阿克苏地区冬春茬日光温室番茄生产的适宜密度为 3 000 株/667m<sup>2</sup> (留 5 穗果), 总产量最高, 达到 7 806.3 kg/667m<sup>2</sup>。

**关键词:**番茄; 密度; 果穗数; 光合速率; 叶绿素含量; 产量

**中图分类号:**S 641.2; S 626 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)15-0084-04

栽植密度是影响许多作物发育和产量的重要因素之一。不同的地区及不同的栽培时期, 番茄群体内部太阳辐射值同时受季节、植株密度、植株高度影响, 尤其在日光温室特殊的栽培环境条件下, 合理的栽植密度是日光温室生产的主要措施之一, 栽植过密易徒长, 中后期个体生长受到限制, 病害严重; 栽植过稀群体直射辐射透过系数和散射辐射透过系数增大, 光照损失严重, 光

能利用率下降。近年来, 对蔬菜不同群体结构下同化物分配与产量关系的研究较多<sup>[1-5]</sup>, 但有关不同群体结构下蔬菜光合特性与产量关系的研究较少<sup>[6-10]</sup>, 作物不同冠层、不同叶位叶片的光合性能有很大差异<sup>[11]</sup>, 有关小麦、水稻、玉米等大田作物及生姜等作物不同叶位的光合性能及其对产量的贡献已有一些报道<sup>[11-13]</sup>, 但有关番茄这方面的研究很少。该研究采用不同密度及果穗数影响冠层光合作用、叶绿素含量的变化, 分析不同群体结构对产量形成的影响, 以寻求适宜的栽植密度和植株调整方式, 为冬春茬日光温室番茄高效栽培发挥最大经济效益、合理摘心密植提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄品种为“保红一号”(无限生长型)。

**第一作者简介:**王强(1983-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为设施蔬菜栽培。E-mail: wangqiang201004@sina.com。

**责任作者:**王浩(1970-), 男, 本科, 副研究员, 现主要从事设施农业研究与推广工作。E-mail: wanghao183@163.com。

**基金项目:**国家“十一五”科技支撑计划资助项目; 新疆维吾尔自治区科技成果转化资助项目(200954123); 新疆自治区科技计划资助项目(200931102)。

**收稿日期:**2011-05-09

可在花苞吐红时喷 1 遍甲基托布津 1 000 倍液或多菌灵 600 倍液。

## 2 产量及效益

不同年份设施春雪毛桃促成栽培产量、成本、产值、收益见表 1。

表 1 不同年份设施春雪毛桃促成栽培产量、成本、产值、收益

年份	667 m <sup>2</sup> 平均产量 /kg	单价 /元·kg <sup>-1</sup>	667 m <sup>2</sup> 产值 /元	667 m <sup>2</sup> 成本 /元	667 m <sup>2</sup> 收益 /元
2009	1 380±236	20.0	27 600	6 580	21 020
2010	1 640±197	24.0	39 360	7 130	32 230

从表 1 可看出, 示范园区内大棚促成栽培春雪毛桃定植后第 2 年就进入丰产期, 2009 年平均每 667 m<sup>2</sup> 产量(1 380±236) kg, 2010 年平均每 667 m<sup>2</sup> 产量(1 640±197) kg, 产量稳定, 平均单果重 165 g, 可溶性固形物含量 12%, 平均每年每 667 m<sup>2</sup> 净收益 26 600 多元, 增收效益显著。

### 参考文献

- [1] 张海军, 张娟, 任海, 等. 红地球葡萄在宁夏地区设施促成栽培高效丰产技术[J]. 北方园艺, 2011(2): 54-55.
- [2] 朱更瑞, 方伟超, 陈昌文, 等. 桃设施栽培果实采收后修剪量化指标探讨[C]. 中国园艺学会桃分会第二届学术年会, 2009: 159-165.
- [3] 王克有, 付生辉. 桃树主要病虫害的综合防治技术[C]. 中国园艺学会桃分会第二届学术年会, 2009: 144-148.

1.2 试验方法

试验在阿克苏地区新和县依其艾日克乡阿日热买力村日光温室内进行。设 4 个处理,处理 1:4 000 株/667m<sup>2</sup>,留 3 穗果摘心;处理 2:3 500 株/667m<sup>2</sup>,留 4 穗果摘心;处理 3:3 000 株/667m<sup>2</sup>,留 5 穗果摘心;处理 4:2 500 株/667m<sup>2</sup>,留 6 穗果摘心。于 2010 年 1 月 27 日定植,地膜覆盖膜下滴灌,单干整枝,管理同大田。每个处理设 3 次重复,每重复 10 株,随机区组设计。

1.3 项目测定方法

用日本产叶绿素计 (SPAD-502) 测定植株 (标记) 不同叶位完全展开叶基部、中部、末部的 SPAD 值,取平均值作为每张叶片的 SPAD 值,测定叶位设 1 L、3 L、5 L、7 L、9 L 等 (植株最下面的叶为第一叶 1 L,依次为第 2 L、3 L...)。

用英国 PP-system 公司生产的 TPS-2 便携式光合仪测定。每个处理选取植株高度、生长势和果实大小相近的植株 3 株分上部叶片、中部叶片及底部叶片于晴天上午 10:00~12:00 分别测定各层叶片恒定条件下的 P<sub>n</sub>,数据采用 Excel 与 DPS 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同密度对冠层叶片叶绿素含量的影响

从图 1 可看出,处理 1、3 叶绿素含量呈现相似趋势,叶绿素含量表现出 5、7 L>9 L>3、1 L,4 000 株/667m<sup>2</sup> 叶绿素含量在 5 L 时最高,3 000 株/667m<sup>2</sup> 在 7 L 时最高。说明叶绿素含量与叶龄呈正相关,上、中位成龄叶和幼龄叶叶绿素含量高,下位老龄叶含量低。处理 2 的 1 L 叶绿素含量低,中、上部 5、9 L 叶位叶绿素含量低于其它各叶位的叶绿素含量。而处理 4 (除 1 L 外) 各冠层叶位叶绿素含量都低于处理 1、2、3 相应的各叶位叶绿素含量。因此说明密度影响各叶位叶绿素含量。

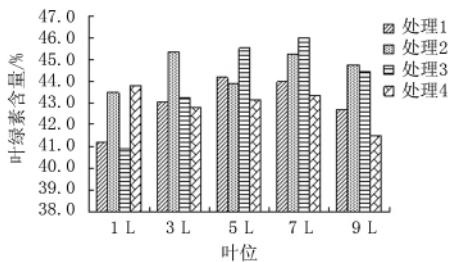


图 1 不同密度下冠层叶位叶绿素含量

2.2 不同密度及果穗数对冠层叶绿素含量的影响

由图 2 可看出,不同处理摘心后,处理 1 叶绿素含量呈现先增后减趋势,中、上位叶绿素含量最高,处理 1 位于 7 L、9 L,处理 3 则出现在 11 L、13 L,上位叶叶绿

素含量高于下位叶。处理 2、4 各叶位叶绿素含量呈先增后递减再后增的趋势,3 L、5 L、7 L、9 L、11 L 叶绿素含量递增,13 L 含量下降,15 L 叶绿素含量上升。由此说明,密度及摘心处理影响叶位叶绿素含量,总体表现为处理 1、3 叶位叶绿素含量分布呈相似趋势,处理 2、4 各叶位叶绿素含量分布趋势相同。表明叶绿素含量可能与摘心后适宜的叶片数有关。处理 4 各叶位叶绿素含量明显高于其它各处理叶位含量,处理 3 除 9 L 外,叶绿素含量均高于处理 1、2 各相应叶位含量,说明密度越小,摘心越晚,叶绿素含量越高。

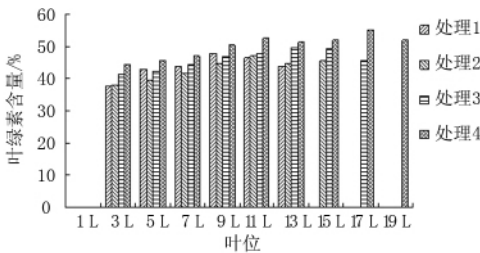


图 2 不同密度及果穗下冠层叶位叶绿素含量

2.3 不同密度及果穗数对不同叶位叶片净光合速率的影响

由表 1 可看出,处理 3、4 上位叶净光合速率高于处理 1、2,而中、下位叶净光合速率都表现为处理 3 显著高于处理 1,其它各处理间不同叶位净光合速率差异不显著,各处理上位叶和中位叶光合速率高于下位叶,为光合功能最佳叶片,同一处理不同叶位叶片的净光合速率由上而下降低,就下降的幅度来说,处理 3、4 较大,处理 1、2 相对较小,表明不同密度随摘心期不同,使得其上位叶功能期及功能强度有所不同。摘心越迟,叶片保有量越多,下位叶叶龄增加;中上部叶片变得浓密,特别是下位叶叶片的净光合速率相对较低。而处理 1、2 摘心越早,叶片保有量相对越少,下位叶叶龄衰老,中上部叶片浓密,因而下位叶叶片的净光合速率相对很低。

表 1 不同密度及果穗数  
对不同叶位叶片净光合速率变化

叶位	处理	均值	5%显著水平
上位叶	4	8.6	a
	3	8.6	a
	2	5.4	b
	1	3.1	c
中位叶	3	5.4	a
	4	4.9	ab
	2	4.3	ab
	1	2.7	b
下位叶	3	5.1	a
	4	3.4	ab
	2	3.3	ab
	1	1.8	b

注:同一列不同的字母表示显著差异(P<0.05),下同。

## 2.4 不同密度及果穗数对冠层净光合速率的影响

由表 2 可看出,不同密度和留果穗数下同一叶位冠层间叶片的净光合速率随叶位的降低,叶片净光合速率(Pn)显著下降。就不同密度和留果穗数叶位冠层叶片的净光合速率而言,处理 3 不同叶位的 Pn 都高于处理 1,其中上位叶生长点往下数 2~3 叶、中位叶 6~7 叶及下位叶 9~10 叶的 Pn 分别较处理 1 高 5.5、2.7、3.3  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,经 *t* 检验,各层叶片的光合速率差异显著( $P < 0.05$ )。就同一处理叶位叶片的净光合速率相比较,处理 1 上、中、下位叶叶片净光合速率不存在差异显著性,处理 2 上位叶显著高于下位叶,处理 3 上位叶显著高于中、下位叶,处理 4 上位叶显著高于中位叶,极显著高于下位叶,说明叶片的净光合速率与植株摘心后的冠高和叶龄有关。

表 2 不同密度及果穗数下冠层间净光合速率的变化

处理	叶位	净光合速率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
1	上位叶	3.1cd
	中位叶	2.7cd
	下位叶	1.8d
2	上位叶	5.4b
	中位叶	4.3bc
	下位叶	3.3cd
3	上位叶	8.6a
	中位叶	5.4b
	下位叶	5.1b
4	上位叶	8.6a
	中位叶	4.9b
	下位叶	3.4cd

## 2.5 不同密度及果穗数对温室番茄产量的影响

由表 3、4 可看出,在密度 3 000~4 000 株/667m<sup>2</sup> 范围内,随着密度减少和留果穗数的增加,产量也呈现增加趋势,其中以处理 3(3 000 株/667m<sup>2</sup>,5 穗果)产量最高,达到 7 806.25 kg/667m<sup>2</sup>,其次是处理 2(3 500 株/667m<sup>2</sup>,4 穗果),产量 7 552.5 kg/667m<sup>2</sup>,处理 4(2 500 株/667m<sup>2</sup>,6 穗果)产量最低,仅为 6 107.1 kg/667m<sup>2</sup>。通过方差及差异显著性分析,处理间的 *F* 值为 3.231,处理 2(3 500 株/667m<sup>2</sup>,4 穗果)、处理 3(3 000 株/667m<sup>2</sup>,5 穗果)产量大于 *F* 值,表明不同密度及果穗数对产量具有显著影响。显著高于处理 4,

表 3 不同密度及果穗数  
对温室番茄产量差异显著性分析

处理	均值	5%显著水平
3	7 806.3	a
2	7 551.6	a
1	7 102.0	ab
4	6 107.1	b

注:相同字母表示差异不显著。

表 4 不同密度及果穗数  
对温室番茄产量方差分析(*F* 测验)

变异来源	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>F</i> <sub>0.05</sub>
区组间	254 365.97	2	127 182.99	0.24	0.79
处理间	5 044 632.14	3	1 681 544.05	3.23	0.10
误差	3 122 459.60	6	520 409.93		
总变异	8 421 457.71	11			

处理 1 与处理 4 间差异不显著。当密度达到 2 500 株/667 m<sup>2</sup>(6 穗果)时,产量下降。

## 3 讨论与结论

叶绿素的衰减是植物在逆境条件下的一种反应,叶绿素含量绝对值的高低可反映产量潜力,叶绿素含量越高,光合能力越强,叶绿素含量与净光合速率间呈显著正相关<sup>[14]</sup>。该研究表明,不同密度及留果穗下各叶位随摘心的早晚,叶绿素含量与净光合速率发生变化,处理 3 表现出各冠层叶位间叶绿素含量与净光合速率呈正相关,上位叶和中位叶光合速率、叶绿素含量高于下位叶,为光合功能最佳叶片。就同一冠层叶位叶片的净光合速率变化相比较,处理 1 上、中、下位叶叶片净光合速率不存在差异显著性,处理 2 上位叶显著高于下位叶,处理 3 上位叶显著高于中、下位叶,处理 4 上位叶显著高于中位叶,极显著高于下位叶。而同一处理冠层叶片的叶绿素含量相比较,处理 1、3 在摘心前后上、中部叶位含量高,下部叶位叶绿素含量低。处理 2 摘心前下位叶叶绿素含量低,中部叶位表现出先减后增的趋势,上部幼龄叶叶绿素含量高,处理 4 叶绿素含量表现为中、下部叶位含量高,上部叶位含量低。而摘心后处理 2、4 各冠层叶位由上至下叶绿素含量呈先增后递减再后增的趋势。说明叶片的净光合速率、叶绿素含量与不同密度下植株摘心后的冠高和叶龄有关。有关研究表明,这可能与植株不同叶位叶片的发育时期或发育进程有关<sup>[15]</sup>,就下降的幅度来说,处理 3、4 较大,处理 1、2 相对较小,表明不同密度随摘心期不同,使得其上位叶功能期及功能强度有所不同。摘心越迟,叶片保有量越多,下位叶叶龄增加;中上位叶片变得浓密,特别是下位叶叶片的净光合速率相对较低。这可能与叶龄较长,叶片趋于衰老,叶肉细胞结构的完整性受到破坏,叶绿体等细胞器开始解体有关<sup>[16-18]</sup>。

试验表明,在密度 4 000~3 000 株/667m<sup>2</sup> 范围内,随着密度减少和留果穗数的增加,产量也呈现增加趋势,其中以处理 3(3 000 株/667m<sup>2</sup>,5 穗果)产量最高,当密度为 2 500 株/667m<sup>2</sup>(6 穗果)时,产量下降。造成这一现象的原因可能与日光温室番茄个体发育状况有关,即密度小的处理番茄个体发育比较健壮,植株各项生理机能较强,但是密度过低,群体直射

辐射透过系数和散射辐射透过系数增大,光照损失严重,光能利用率下降,因此虽然单个植株生长条件较好,个体虽得到发展,但群体不足,单位面积产量水平低,密度过高造成群体过大,虽然生育前期有较高的生殖器官分配比值,光合物质积累多,但中后期个体生长受到限制,高密度在低留果穗数下随摘心的早晚,表现出不同程度叶片光合速率衰退,叶绿素含量下降,植株较早衰老的变化。同时,有关密度及留果穗数引起冠层叶位细胞结构变化的机理还有待于进一步探讨。

### 参考文献

- [1] 曲晓斌,侯全刚,李莉,等.线辣椒主要农艺性状相关性分析及产量因素通径分析[J].西北农业学报,2007,16(6):174-177.
- [2] 叶剑,孙万仓,武军艳,等.群体密度对冬油菜产量和经济性状的影响[J].西北农业学报,2008,17(3):171-175.
- [3] 张志斌.不同整枝方式对温室甜椒干物质生产与分配及产量波动的影响[J].中国蔬菜,1999(6):14-18.
- [4] 朱晋宇,温祥珍,刘美琴,等.不同茬口日光温室番茄干物质生产与分配[J].园艺学报,2007,34(6):1437-1442.
- [5] 杜维广,张桂茹,满为群,等.大豆光合作用与产量关系的研究[J].大豆科学,1999,18(2):154-159.
- [6] 石嵩,须辉,李天来,等.冬春季不同番茄品种株型特征及其对植株群体光强分布的影响[J].中国蔬菜,2005(5):6-9.
- [7] 杨国栋.茄子不同群体结构光合特性、干物质分配及其对产量的影响[J].园艺学报,2004,31(5):603-606.
- [8] 崔志峰,艾希珍,张振贤,等.日光温室辣椒不同层次叶片光合速率及其对产量的贡献[J].长江蔬菜,2000,4(2):25-27.
- [9] 张洁,李天来,徐晶.昼间亚高温对日光温室番茄光合作用及物质积累的影响[J].园艺学报,2005,32(2):228-233.
- [10] 霍振荣,庞金安,杜胜利.辣椒光合特性研究[J].华北农学报,1998,13(3):121-124.
- [11] 艾希珍,张振贤.生姜不同叶位叶片光合特性研究[J].西北农业学报,1998,7(2):101-103.
- [12] 夏明忠.蚕豆不同层次叶片对产量的贡献和去叶后的光合补偿作用[J].植物生理学通讯,1987(1):14-19.
- [13] 赵可夫.玉米抽雄后不同叶位叶对籽粒产量的影响及其光合特性[J].作物学报,1981,7(4):259-266.
- [14] 张秋英,李发东,高克昌.水分胁迫对冬小麦光合特性及产量的影响[J].西北植物学报,2005,25(6):1184-1190.
- [15] Connor D J, Sadras V O. Physiology of yield expression in sunflower[J]. Field Crops Research, 1992, 30: 333-389.
- [16] 李向东,王晓云,余松烈,等.花生叶片衰老过程中光合性能及细胞微结构变化[J].中国农业科学,2002,35(4):384-389.
- [17] Biswal U C, Biswal B. Ultrastructural modifications and biochemical changes during senescence of chloroplasts [J]. International Review of Cytology, 1988, 113: 271-321.
- [18] Vicánková A, Holá D, Kutik J. Maize F1 hybrid differs from its maternal parent in the development of chloroplasts in bundle sheath, but not in mesophyll cells: Quantitative analysis of chloroplast ultrastructure and dimensions in different parts of leaf blade at the beginning of its senescence [J]. Photosynthetica, 2007, 45(1): 121-132.

## Effect of Canopy Intercepted Photo-synthetically and Yield of Fruit on Different Density and Remaining Spikes in Greenhouse Tomato

WANG Qiang<sup>1</sup>, WANG Hao<sup>1</sup>, YAN Peng<sup>1</sup>, ABULIKENMU · Shatuer<sup>2</sup>, REHANGULI · Maihemuti<sup>2</sup>, AINIWAER · Keranmu<sup>2</sup>

(1. Institute of Horticulture, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091; 2. Xinghe County Agriculture Bureau, Xinghe, Xinjiang 844000)

**Abstract:** Using one stem means studied effect of the different canopy photosynthetic rate, changes of chlorophyll content and yield on different density and remaining spikes condition in greenhouse tomato. The results indicated that the tomato net photosynthetic rate and chlorophyll content in plants were different significant among the high, middle and lower that had different density canopy height and leaf age. The net photosynthetic rate and chlorophyll content were higher in high and middle, and the below was lower. The each canopy leaf content of chlorophyll and net photosynthetic rate were positively correlated in 3 000/667m<sup>2</sup> (left 5 spikes per plant), showing the canopy net photosynthetic rate and chlorophyll content highest. The suitable production density for remaining spikes in greenhouse in Aksu was 3 000/667m<sup>2</sup> (left 5 spikes per plant) within winter and spring, the total yield was the highest and reached 7 806.3 kg/667m<sup>2</sup>.

**Key words:** tomato; density; remaining spikes of fruit; photosynthesis; chlorophyll content; yield