

# 种植密度对茴香光合生理及产量的影响

吴福强<sup>1,2</sup>, 王明友<sup>1,2</sup>

(1. 德州学院 农学系, 山东 德州 253023; 2. 德州市设施蔬菜工程技术研究中心, 山东 德州 253023)

**摘要:**为探讨茴香的合理密植, 高效栽培, 以自选茴香品种为试验材料, 研究了不同种植密度对茴香叶片叶绿素含量、光合速率及蒸腾速率生育时期变化和日变化, 以及地上部产量的影响。结果表明: 茴香叶片叶绿素含量在密度低于  $6.75 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> 时保持较高水平, 此后随密度增加含量明显降低, 在达到最高密度  $8.25 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> 时含量最低; 光合速率和蒸腾速率在茴香种植密度增加之初略有提高, 密度为  $6.00 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> 时最大, 此后随种植密度增加, 不断降低; 茴香单株产量在低种植密度范围内较大, 随密度增加单株产量降低; 茴香产量随种植密度增加呈“增加—降低”变化, 在  $6.75 \times 10^6$  和  $7.50 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> 保持较高产量。因此, 冬春茴香保护地栽培适宜种植密度为  $6.75 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup>。

**关键词:** 种植密度; 茴香; 光合生理; 产量

**中图分类号:** S636.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-2767(2013)06-0045-03

茴香(*Foeniculum vulgare* Miller), 伞形科, 一—二年生草本植物, 全株具有特殊芳香气味, 病虫害少, 污染轻, 且含有大量的 VC、VB、胡萝卜素及各种人体必需的氨基酸, 是一种营养价值很高的蔬菜。由于受消费需求的影响, 茴香仅仅作为区域性蔬菜进行生产, 因此, 关于茴香栽培方面的研究较少, 尚鲜有关于叶用(菜用)茴香栽培密度的研究。合理安排种植密度对于提高作物光合效率、增加产量、提高品质具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。现以自选茴香品种为试验材料, 研究了种植密度对茴香光合特性和产量的影响, 旨在为茴香的合理密植, 高效栽培提供理论依据和实践基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以自选茴香品种为试验材料。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2010 年 12 月 10 日在德州学院农学系教学基地日光温室进行, 温室仅薄膜覆盖, 无其它保温材料, 内加小拱棚。采用常规直播方式撒播, 试验设 5 个密度处理, 分别为  $5.25 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> (D1)、 $6.00 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> (D2)、 $6.75 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> (D3)、 $7.50 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> (D4)、 $8.25 \times 10^6$  株·hm<sup>-2</sup> (D5), 用种量分别为: D1, 52.95 kg·hm<sup>-2</sup>; D2, 60.51 kg·hm<sup>-2</sup>; D3, 68.08 kg·hm<sup>-2</sup>; D4, 75.64 kg·hm<sup>-2</sup>; D5, 83.20 kg·hm<sup>-2</sup>。

采用随机区组排列, 小区面积 9.6 m<sup>2</sup>, 3 次重复。

1.2.2 测定项目及方法 于茴香生长初期(2 月 5 日)、中期(3 月 2 日)、收获前(3 月 17 日)测定叶绿素含量和光合速率; 在茴香达到商品收获标准时测其光合日变化; 收获时测定产量。

叶绿素含量测定采用分光光度计法<sup>[4]</sup>, 处理内混合取样, 重复 3 次; 光合速率及蒸腾速率采用 LI-6400 便携式光合作用测定仪进行测定, 选取相同部位, 无病虫害的茴香叶片, 每处理重复 6 次, 并绘制光合速率变化曲线; 光合速率及蒸腾速率的日变化于收获前选择晴天从 8:00 每隔 2 h 测定一次, 重复 6 次, 共测 6 次, 绘制日变化曲线。

于收获时, 测定小区产量, 并计算单株产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植密度对茴香不同生长时期叶片叶绿素含量的影响

由图 1 可以看出, 茴香叶片叶绿素含量随生长进行呈上升趋势, 在收获前达到最大。不同种植密度茴香叶片叶绿素含量变化趋势一致。但不同处理叶绿素含量有所不同, 在生长前期叶绿素含量差异不大, 随生长进行, 差异增大, 在收获前达最大, 以 D2 处理含量最高, D1 次之, D3 再次之, 但三者无显著差异; D4 和 D5 处理叶绿素含量显著低于前三者, 较叶绿素含量最高处理 D2 分

收稿日期: 2013-01-24

基金项目: 山东省农业良种工程资助项目[鲁科农字(2009)103 号]

第一作者简介: 吴福强(1990-), 男, 山东省菏泽市人, 在读学士, 从事蔬菜栽培研究。E-mail: gaofangsheng06@163.com。

通讯作者: 王明友(1964-), 男, 山东省安丘市人, 学士, 教授, 从事农作物栽培生理研究。E-mail: nwmy\_sddz@163.com。

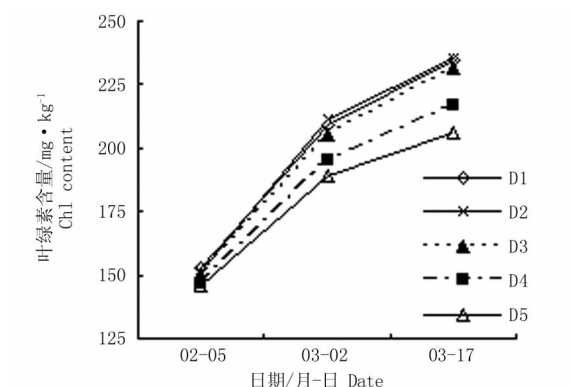


图1 不同种植密度茴香叶绿素含量季节变化

Fig. 1 Seasonal change of Chl content in different density on fennel

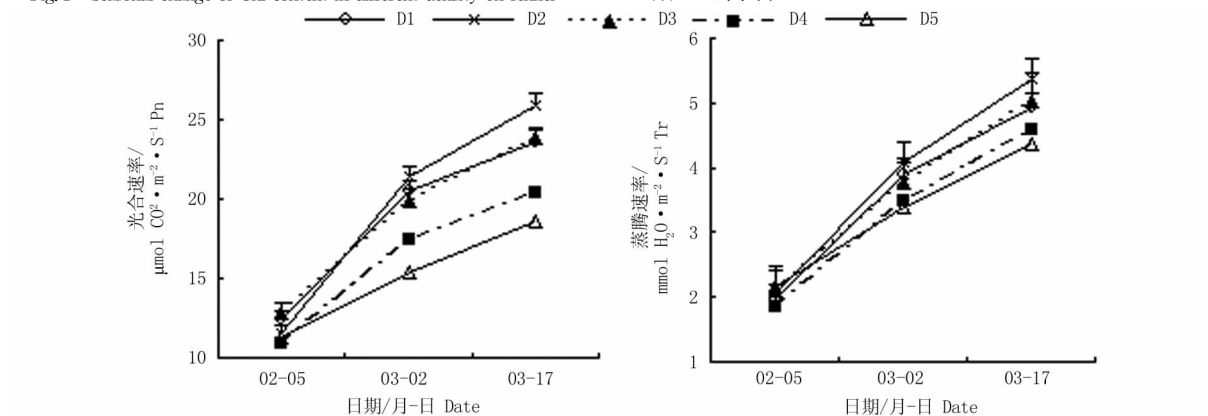


图2 不同种植密度茴香光合速率和蒸腾速率季节变化

Fig. 2 Seasonal change of Pn and Tr in different density on fennel

### 2.3 种植密度对茴香叶片光合速率(Pn)和蒸腾速率(Tr)日变化的影响

由图3可以看出,不同种植密度茴香叶片Pn和Tr日变化呈先升高后降低的单峰变化曲线,11:00达到峰值。各处理Pn和Tr在9:00之前

别降低7.5%和12.7%。

### 2.2 种植密度对茴香不同生长时期叶片光合速率(Pn)和蒸腾速率(Tr)变化的影响

由图2可知,茴香叶片Pn增长速度随生长进行呈快—慢的趋势,在收获前Pn达最大,这和叶绿素含量变化一致。生长前期各处理Pn差别较小,随生长进行处理间差异增大,3月2日后D2始终保持最高,但和D1、D3差别较小,而D4、D5要显著低于前三者,在3月17日,D1、D2、D3、D4、D5分别为23.6、25.9、23.8、20.4、18.6  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

不同处理茴香叶片Tr随生长进行表现出和Pn相同的变化趋势,以D2处理Tr最高,随密度增加而降低。

和傍晚差异较小,在温、光条件较好的中间时段差异显著增加,表现为D2 > D1 ≈ D3 > D4 > D5, 9:00~15:00 Pn平均值依次为23.1、21.0、20.8、17.6和16.2  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , Tr平均值依次为5.0、4.5、4.6、4.1和3.9  $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

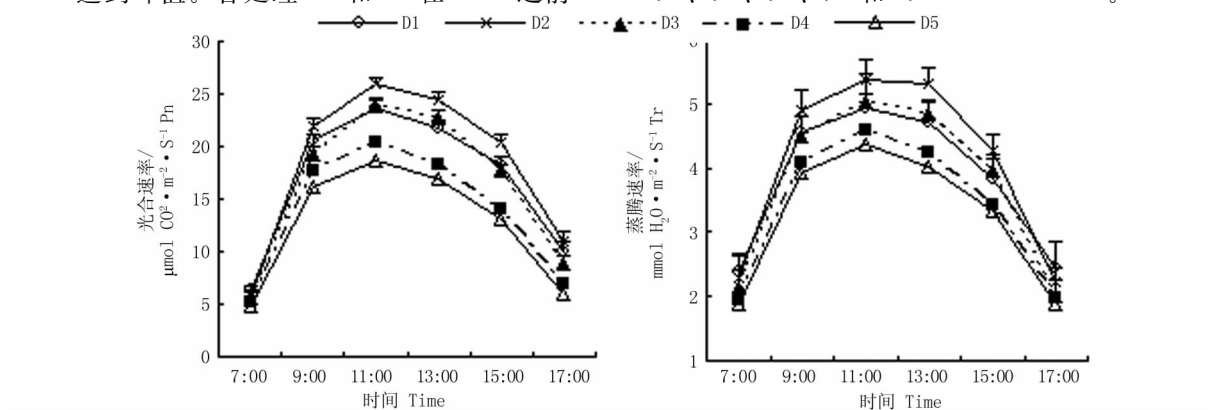


图3 不同种植密度茴香光合速率和蒸腾速率日变化

Fig. 3 Dirunal change of Pn and Tr in different density on fennel

### 2.4 种植密度对茴香地上部产量的影响

由表1可以看出茴香地上部单株产量随密度的增加而降低,D1、D2、D3无显著差异,和D4、D5

差异显著或极显著。茴香产量在一定密度范围内(D1~D3),随着密度的增加而增加,当密度增加到 $6.75 \times 10^6$ 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 时产量不再增加,直到 $7.50 \times$

$10^6$  株 $\cdot$ hm $^2$ 产量一直保持在较高水平,此后随密度的增加产量降低。在该试验中,产量高低顺序为 D3=D4>D2>D5>D1。D3、D4 和 D1、D2、D5 差异极显著。

表 1 不同种植密度对茴香地上部产量的影响

Table 1 Effect of density on aerial part yield of fennel

处理 Treatment	单株产量/g Yield per plant	产量/kg $\cdot$ hm $^{-2}$ Yield
D1	3.4 aA	18305.4 dD
D2	3.3 aA	20088.3 bB
D3	3.1 abA	21403.1 aA
D4	2.8 bAB	21403.1 aA
D5	2.3 cB	19150.5 cC

注:邓肯氏新复极差检验,不同小写、大写字母分别表示差异达 0.05、0.01 显著水平。

Note: Data are significantly different by Duncan's multiple range test. Small letter is  $P<0.05$ . Capital letter is  $P<0.01$ .

### 3 结论与讨论

采取适宜的栽培技术是调节群体结构的重要措施。有研究表明,在植物生育初期,种植密度对叶片叶绿素含量、光合速率的影响差异不显著,在植株达到一定大小后随着种植密度的增加而增加,达到一定种植密度后随密度的增加而降低<sup>[5-7]</sup>。另有研究表明,叶绿素含量、光合速率、蒸腾速率均随种植密度的增加呈逐渐下降趋势<sup>[1-3,8]</sup>。钟云在菠萝上发现,3.8、4.3 和 4.6 株 $\cdot$ m $^{-2}$ 三个种植密度以 4.6 株 $\cdot$ m $^{-2}$  Pn 最大<sup>[9]</sup>。该试验研究的密度范围内,茴香叶片叶绿素含量在低密度范围内保持较高水平,当密度达到一定大小时,开始下降;光合速率和蒸腾速率在茴香种植密度增加初始稍微提高,随密度继续增加,不断降低,这可能因为一定范围内密度的增加改善了茴香生长的环境因子,但当密度继续增加时,个体间养分、水分和光照等

的竞争造成 Pn 和 Tr 降低。

光合作用是产量形成的基础,茴香的产量来源于叶片的光合同化物。茴香单株产量在低种植密度范围内较大,随密度增加单株产量降低,这和茴香叶片光合速率变化呈很大的相关性;茴香产量随种植密度增加呈“增加—降低”变化,与光合速率变化不同,这是因为种植密度增加过程中,单株效应下降,当单株效应对总产量的影响超过了群体效应时,则表现群体总产量下降<sup>[10]</sup>。

综上所述,冬春大棚种植茴香,密度在  $5.25 \times 10^6 \sim 6.75 \times 10^6$  株 $\cdot$ hm $^{-2}$  可保持较高的光合效率和单株产量;密度在  $6.75 \times 10^6 \sim 7.50 \times 10^6$  株 $\cdot$ hm $^{-2}$  可达到最大的群体产量。综合各方面因素,冬春大棚栽培茴香种植密度在  $6.75 \times 10^6$  株 $\cdot$ hm $^{-2}$  可获得最大生产效益。

### 参考文献:

- [1] 田丰,张永成,张凤军,等.不同肥料和密度对马铃薯光合特性和产量的影响[J].西北农业学报,2010,19(6):95-98.
- [2] 陈传永,侯海鹏,李强,等.种植密度对不同玉米品种叶片光合特性与碳、氮变化的影响[J].作物学报,2010,36(5):871-878.
- [3] 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.
- [4] 赵世杰,史国安,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:51-57.
- [5] 吴建明,梁和,陆国盈,等.肥料与密度对高油玉米农艺性状及产量的影响[J].西南农业学报,2005,18(4):392-396.
- [6] 段巍巍,李慧玲,肖凯,等.密度对玉米光合生理特性和产量的影响[J].玉米科学,2007,15(2):98-101.
- [7] 张艳玲,齐丹,吴月,等.不同栽培密度对猫爪草果期光合蒸腾特性的影响[J].河南农业科学,2008(12):104-106.
- [8] 杨晴,王文颇,韩金玲,等.冀东地区密度对夏玉米光合、呼吸及产量的影响[J].玉米科学,2009,17(4):66-69.
- [9] 钟云,刘岩,柯开文,等.不同种植密度菠萝的光合特性研究初报[J].广东农业科学,2006(3):34-35.
- [10] 佟屏亚,程延年.玉米密度与产量因素关系的研究[J].北京农业科学,1995,13(1):23-25.

## Effect of Density on Photosynthesis and Yield of Fennel

WU Fu-qiang<sup>1,2</sup>, WANG Ming-you<sup>1,2</sup>

(1. Department of Agriculture, Dezhou University, Dezhou, Shandong 253023; 2. Protected Vegetable Engineering Center of Dezhou, Dezhou, Shandong 253023)

**Abstract:** In order to provide data basis for rational density, the self-chosen variety was taken as material to study the effect of density on chlorophyll content, different growth stage and diurnal changes of photosynthetic rate and transpiration, yield of fennel. The results showed that leaf chlorophyll content of fennel kept a higher level at lower density of  $6.75 \times 10^6$  plants per hectare. Then it significantly fell down at higher density and was lowest at density of  $8.25 \times 10^6$  plants per hectare. Photosynthetic rate and transpiration rate were improved slightly at lower density and reached the highest value at density of  $6.00 \times 10^6$  plants per hectare. After that, those reduced with increasing planting intensity. The single plant yield was high at low density, then decreased with increasing density. The yield went up at first then dropped down with increasing density. When the density of fennel cultivation was  $6.75 \times 10^6$  and  $7.50 \times 10^6$  plants per hectare, the fennel yield was higher. In conclusion, the proper density of fennel cultivation was  $6.75 \times 10^6$  plants per hectare in greenhouse of spring and winter.

**Key words:** planting density; fennel; photosynthesis; yield