

种植密度对茴香苗菜生长及产量的影响

郭潇潇¹, 韩蕊¹, 刘徐冬雨¹, 何立威¹, 葛飞¹, 李秀杰^{1,2}, 李国辉¹, 王秀萍¹

(1. 河南省农业科学院长垣分院 河南长垣 453400; 2. 河南省农业科学院 郑州 450002)

摘要: 为了探明茴香苗菜生产的适宜种植密度, 以茴香品种郑茴香 1 号为试验材料, 设置 5.0×10^4 、 1.0×10^5 、 1.5×10^5 、 2.0×10^5 、 2.5×10^5 株· 667 m^2 种植密度, 分别测定茴香苗菜的形态指标、根系性状、单株鲜干质量及单位面积产量。结果表明, 随着种植密度的增加, 茴香苗菜株高增高, 真叶数、最大叶长及最大叶宽下降, 主根长及根系鲜干质量减少, 单株地上部鲜干质量减少。在播种后 30 d 和 36 d, 单位面积鲜干产量均随种植密度的增加而增多, 自播种后 42 d 起, 单位面积鲜干产量均表现为随种植密度增加先升高后降低。在播种后 60 d, 2.0×10^5 株· 667 m^2 密度处理的单位面积鲜干产量最高, 分别为 $4\,491.06$ 、 $404.78 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^2$, 且分别较其他密度处理显著提高 6.28% ~ 160.88% 、 5.57% ~ 119.36% 。综上所述, 郑茴香 1 号用作茴香苗菜生产的适宜种植密度范围为 2.0×10^5 ~ 2.5×10^5 株· 667 m^2 。

关键词: 茴香; 苗菜; 种植密度; 生长; 产量

中图分类号: S636.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)04-080-07

Effect of planting density on growth and yield of fennel

GUO Xiaoxiao¹, HAN Rui¹, LIU Xudongyu¹, HE Liwei¹, GE Fei¹, LI Xiujie^{1,2}, LI Guohui¹, WANG Xiuping¹

(1. Changyuan Branch of Henan Academy of Agricultural Sciences, Changyuan 453400, Henan, China; 2. Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: Fennel variety Zheng Huixiang No. 1 was used as the experimental material to determine proper planting density for high yield production. Planting densities of 5.0×10^4 、 1.0×10^5 、 1.5×10^5 、 2.0×10^5 and 2.5×10^5 plants· 667 m^2 were tested in this experiment. Morphological indicators, root traits, plant fresh and dry weight, and marketable yield per unit area were evaluated. The results showed that with the increase of planting density plant height increased, however, number of true leaves, maximum leaf length and maximum leaf width, main root length, root fresh and dry weight, plant fresh and dry weight all decreased. At day 30 and 36 after sowing, the fresh and dry yield per unit area increased with the increase of planting density. From day 42 after sowing, the fresh and dry yield per unit area increased first and then decreased with the increase of planting density. At day 60 after sowing, the fresh and dry yield per unit area was the highest for planting density 2.0×10^5 plants· 667 m^2 , reaching $4\,491.06 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^2$ and $404.78 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^2$, respectively, which was 6.28% - 160.88% and 5.57% - 119.36% higher than other density treatments. Comprehensive analysis shows that the suitable planting density range for fennel Zheng Huixiang No. 1 is 2.0×10^5 to 2.5×10^5 plants· 667 m^2 .

Key words: Fennel; Edible seedling; Planting density; Growth; Yield

茴香(*Foeniculum vulgare* Mill.)是伞形科茴香属多年生植物,原产地中海地区,在我国有 1000 多年的栽培历史,各省份均有栽培或野生分布^[1-2]。茴香栽培品种在我国的北方地区,通常被称作小茴香。茴香是药食同源植物,其嫩茎、叶片及种子均具有特殊的香味,嫩茎及叶片常作为蔬菜食用,种子具有散寒止痛、温肾暖肝、理气和胃的功效而被用作药材、调味品和香料^[3-4]。茴香苗菜即茴香的嫩

茎及叶片,作为蔬菜食用营养价值丰富。有研究报道,茴香苗菜中碳水化合物、蛋白质、粗纤维和脂肪含量约为 22%、23%、0.8%和 0.3%,胡萝卜素、抗坏血酸含量为 0.26%和 0.03%左右,钙、磷元素含量约为 0.15%、0.03%,且含有茴香酸、芥子酸、阿魏酸等 17 种有机酸^[5]。

种植密度是影响作物生长及产量的重要因素,适宜的种植密度除取决于作物本身的生物学特性

收稿日期: 2021-07-22; 修回日期: 2021-10-25

基金项目: 河南省农业科学院院县(长垣)共建院地合作项目

作者简介: 郭潇潇,女,研究实习员,研究方向为药食同源植物栽培技术和生理生化。E-mail: guoxiaoxiao1994@126.com

通信作者: 王秀萍,女,高级工程师,研究方向为药食同源植物新品种选育与栽培技术。E-mail: wangxiuping03@126.com

之外,还受不同生态区气候、土壤等环境条件的影响^[6-7]。对于茴香苗菜等蔬菜作物而言,适宜的种植密度对于其高产稳产同样重要^[8-9]。近年来,关于茴香的研究主要集中在茴香籽粒的化学成分^[10-11]、生物活性^[12-13]及药理作用^[14-15]等方面,对于茴香苗菜生长及产量的相关研究尚鲜见报道。而对于蔬菜而言,抽薹开花是其繁衍过程中固有的生物学现象,抽薹后会造其食用价值降低^[16]。因此,笔者以茴香苗菜的生长及产量为研究目标,观测茴香从出苗到抽薹期的生长及产量动态,探讨不同种植密度对茴香苗菜的植株形态、根系性状、单株生物量及单位面积产量的影响,以期明确不同种植密度下茴香苗菜的产量形成规律,为茴香苗菜生产的适宜种植密度的选择提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地点位于河南省长垣市现代农业示范园。

1.2 材料

供试小茴香品种为河南省农业科学院长垣分院选育的郑茴香1号。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组试验设计,设5个种植密度,分别为 5.0×10^4 株 $\cdot 667$ m²(D1)、 1.0×10^5 株 $\cdot 667$ m²(D2)、 1.5×10^5 株 $\cdot 667$ m²(D3)、 2.0×10^5 株 $\cdot 667$ m²(D4)和 2.5×10^5 株 $\cdot 667$ m²(D5),3次重复随机排列,共15个小区,小区面积12 m²(长6.0 m,宽2.0 m),行距20 cm。试验于2020年6月24日播种,平作机播,播深2.0 cm。于播种后30 d(7月24日)、36 d(7月30日)、42 d(8月5日)、48 d(8月11日)、54 d(8月17日)、60 d(8月23日)进行性状测定和样品采集。以腐熟有机肥为基肥,在播种前一次性施入,施肥量为2000 kg $\cdot 667$ m²。生长期保持墒情适宜,其他管理同一般大田。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 株高及叶片性状 茴香出苗后,在每小区(边行除外)选取代表性植株5株挂牌标记,分别在不同取样时间测量植株主茎最高部位到地面的绝对高度;同时对叶片数量进行调查,并用直尺对最大叶片的叶长和叶宽进行测定。

1.4.2 根系性状及单株生物量 在各取样时间内每小区随机取样15株,将地上部与根系分开,测定鲜质量和主根长;随后将样品在105℃下杀青30 min,80℃恒温烘至恒重,冷却至室温后测定干

质量。

1.4.3 单位面积苗菜产量 单位面积苗菜鲜产量/(kg $\cdot 667$ m²)=单株地上鲜质量/(g) $\times 10^{-3} \times$ 种植密度/(株 $\cdot 667$ m²);

单位面积苗菜干产量/(kg $\cdot 667$ m²)=单株地上干质量/(g) $\times 10^{-3} \times$ 种植密度/(株 $\cdot 667$ m²)。

1.4.4 相对生长速率 相对生长速率(RGR)是指单位时间内单位面积植株地上部生物量的净积累。计算公式为 $RGR=(\ln W_2 - \ln W_1)/(T_2 - T_1)$,式中: W_1 和 W_2 分别代表2次取样时间(即 T_1 、 T_2)的茴香苗菜地上部干物质积累量(g \cdot m²),RGR的单位为g \cdot g⁻¹ \cdot m² \cdot d⁻¹。

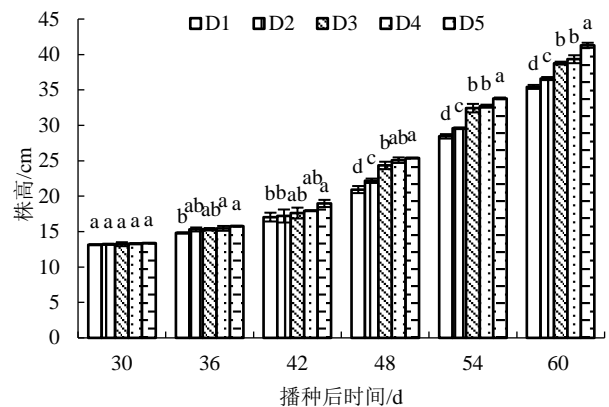
1.5 数据统计分析

采用Excel 2019进行数据整理和作图,用DPS 7.05统计软件进行统计分析、回归分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 种植密度对茴香苗菜形态指标的影响

2.1.1 种植密度对茴香苗菜株高的影响 由图1可以看出,茴香苗菜株高随生育时期的推进持续升高,在播种后60 d各密度处理的株高达到测量期内最高。随着种植密度的增加,各取样时间的茴香苗菜株高均呈现出升高的趋势,且高密度处理的株高增长速度更快。在播种后30 d,各处理间株高无显著差异;播种后36 d,D1处理的株高显著低于D4和D5处理;播种后42 d,D1和D2处理的株高显著低于D5处理;自播种后48 d起,D1、D2、D3和D5处理间均存在显著差异,D3和D4处理间差异不显著。其中,在播种后60 d的D5处理,茴香苗菜株



注:不同小写字母表示相同生育时期不同密度处理间在0.05水平差异显著。下同。

图1 种植密度对茴香苗菜株高的影响

高达到测量期内最高,为41.30 cm,较D1、D2、D3、D4处理分别增高5.88、4.70、2.50、1.97 cm,增高幅度为5.01%~16.60%。表明增加种植密度有利于提升茴香苗菜的植株高度。

2.1.2 种植密度对茴香苗菜叶片性状的影响 由图2可以看出,随着生育进程的推进,茴香苗菜的真叶数逐渐增多。在不同取样时间,茴香苗菜真叶数的增长速率均表现出随密度的增加而降低的趋势。在播种后30 d,各处理间真叶数无显著差异;在播种后36 d,D5处理真叶数显著低于其他4个密度处理;在播种后42 d,D1和D2处理真叶数均显著高于D3、D4、D5;在播种后48 d,D1处理真叶数显著高于D3、D4、D5;在播种后54 d和60 d,各处理间真叶数均存在显著差异。其中,在播种后60 d,D1处理的真叶数达到了测量期内最多,为12.65片,较D2~D5处理增多0.75~3.17片。表明种植密度增加会导致茴香苗菜单株叶片数量减少。

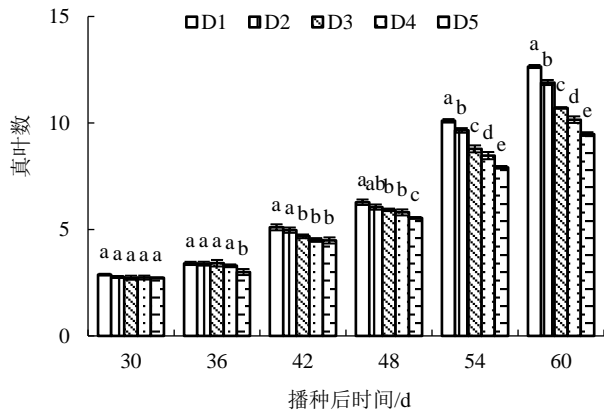


图2 种植密度对茴香苗菜真叶数的影响

由图3和图4可以看出,茴香苗菜最大叶长和最大叶宽均随生育时期的后移而增大,同一生育时期随密度的增加而降低。在播种后30 d,密度对茴

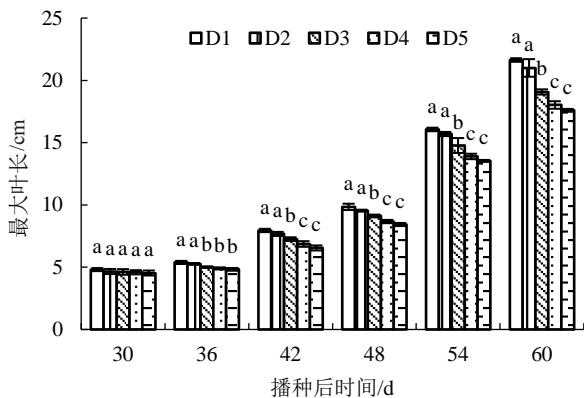


图3 种植密度对茴香苗菜最大叶长的影响

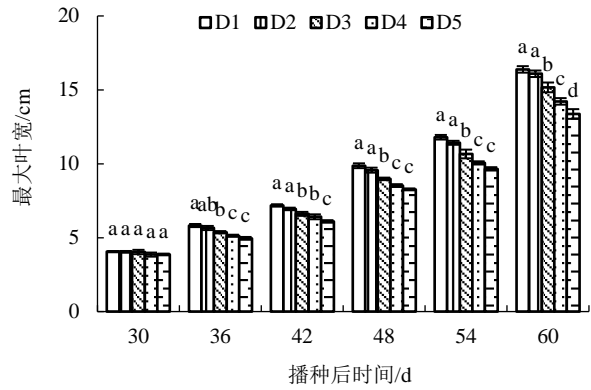


图4 种植密度对茴香苗菜最大叶宽的影响

香苗菜最大叶长和最大叶宽的影响均不显著;自播种后36 d起,D1处理的最大叶长和最大叶宽均显著高于D3、D4、D5处理,且与D2处理无显著差异。在播种后60 d,茴香苗菜最大叶长和最大叶宽均达到测量期内最高值,其中,D1处理最大叶长达到21.63 cm,较其他处理提高3.00%~22.80%;D1处理最大叶宽达到16.38 cm,较其他处理提高1.80%~22.51%。表明种植密度的增加对单株叶片的生长发育不利。

2.2 种植密度对茴香苗菜根系性状的影响

由图5可以看出,茴香苗菜的主根长随生育时期的推进不断增长,且低密度主根长增长较快。在播种后30 d,D1和D2主根长显著高于其他3个密度处理;在播种后36 d,D1处理显著高于D3、D4和D5处理;自播种后42 d起,D1显著高于其他4个处理;在播种后54 d,D2显著高于D3、D4和D5处理。在播种后60 d,各密度处理主根长均达到测量期内最大值,其中,D1处理主根长为12.99 cm,较D2~D5处理显著提高4.51%~23.01%。表明高种植密度抑制茴香苗菜的根系伸长。

由图6和图7可以看出,单株根系鲜、干质量

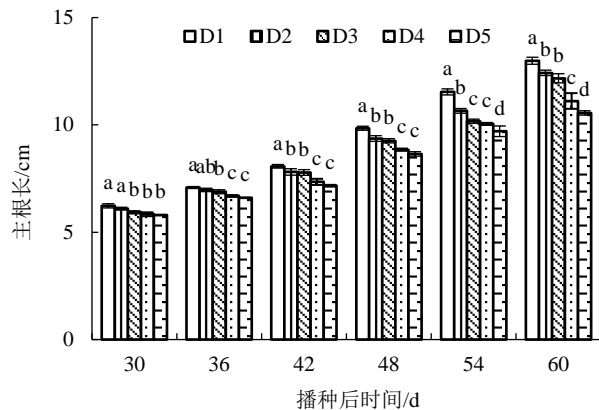


图5 种植密度对茴香苗菜主根长的影响

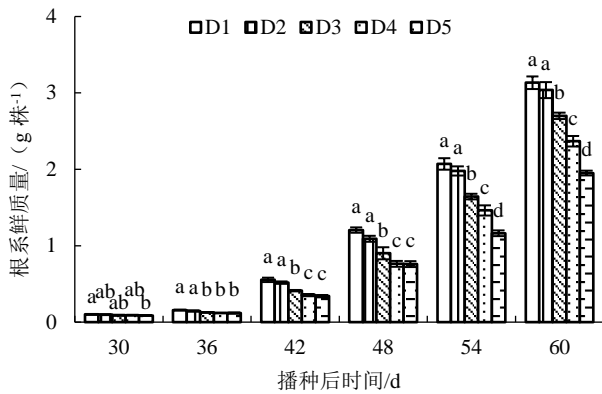


图6 种植密度对茴香苗菜根系鲜质量的影响

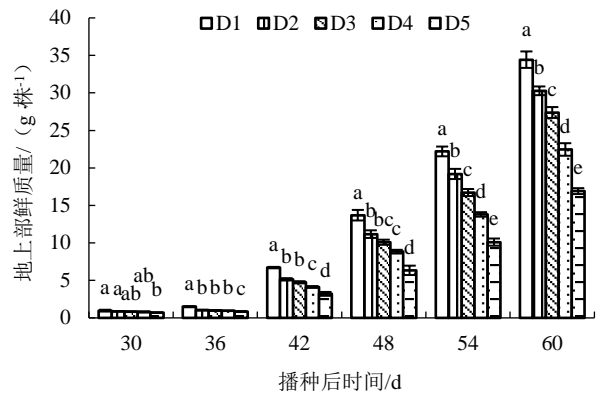


图8 种植密度对茴香苗菜地上部鲜质量的影响

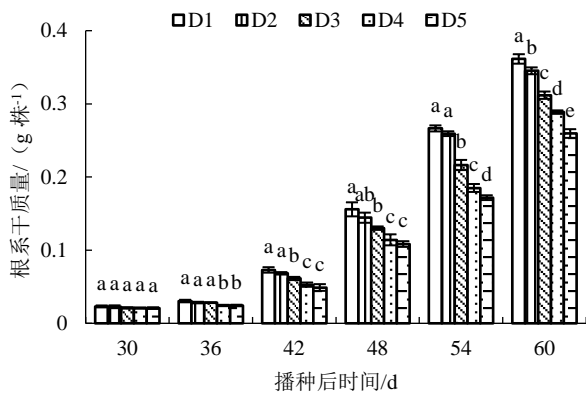


图7 种植密度对茴香苗菜根系干质量的影响

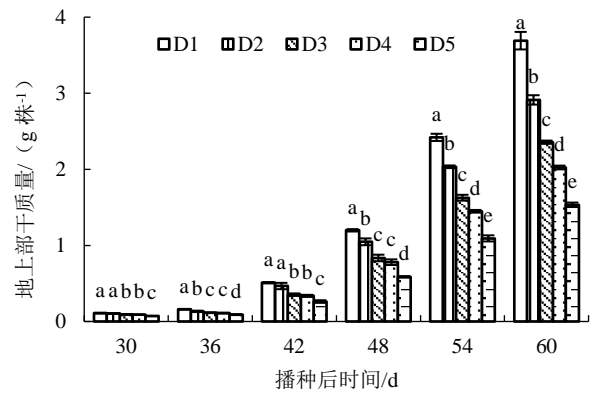


图9 种植密度对茴香苗菜地上部干质量的影响

均随生育时期的推进而增加,增长速度随种植密度的增加而降低。在播种后30 d, D5处理根系鲜质量显著低于D1处理;自播种后36 d起, D1、D2处理单株根系鲜质量均显著高于D3、D4、D5处理,且D1与D2处理间差异不显著。在播种后60 d, D1处理的单株根系鲜质量达到测量期内最高,为 $3.13 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,较其他处理提高2.96%~60.51%。在播种后30 d,各处理间茴香苗菜的单株根系干质量差异不显著;自播种后36 d起, D1、D2、D3处理单株根系干质量显著高于D4、D5处理;自播种后42 d起, D1、D2处理单株根系干质量均显著高于D3、D4、D5处理;在播种后60 d,各处理间单株根系干质量差异均显著, D1处理的根系干质量达到测量期内最高,为 $0.36 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,较其他处理提高2.86%~38.46%。可见,增加种植密度对茴香苗菜单株的根系生物量积累不利。

2.3 种植密度对茴香苗菜地上部鲜、干质量的影响

由图8和图9可以看出,茴香苗菜单株地上部鲜、干质量均随生育进程而增加,且增长速度随种植密度的增加而降低。在播种后30 d, D1、D2处理单株地上部鲜质量均显著高于D5处理;自播种后

36 d起, D1处理单株地上部鲜质量显著高于其他4个密度处理;自播种后54 d起,各密度处理间地上部鲜质量差异均显著, D1处理单株地上部鲜质量最高,达到 $34.43 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,较D2~D4处理提高13.71%~103.73%。自播种后30 d起, D1、D2处理的单株地上部干质量均显著高于D3、D4、D5处理;自播种后48 d起, D1处理显著高于其他4个密度处理;在播种后54 d和60 d,各密度处理间差异均显著。播种后60 d, D1处理单株地上部干质量最高达到 $3.69 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,较其他处理增加达到26.80%~141.18%。可见,种植密度增加不利于茴香苗菜单株地上部的物质积累。

2.4 种植密度对茴香苗菜鲜、干产量的影响

由图10可以看出,茴香苗菜的单位面积鲜产量随生育时期后移逐渐增加,测量期内各密度处理均在播种后60 d达到最高。在播种后30 d和36 d,单位面积鲜产量随着种植密度的增加而增加,自播种后42 d起,茴香苗菜单位面积鲜产量随种植密度的增加呈单峰曲线变化趋势,均以D4处理产量最高。在播种后30 d和36 d, D5处理的单位面积鲜产量均显著高于D1、D2、D3处理;在播种后42 d和

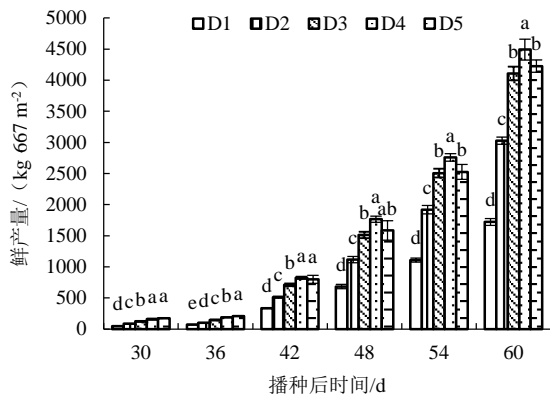


图 10 种植密度对茴香苗菜鲜产量的影响

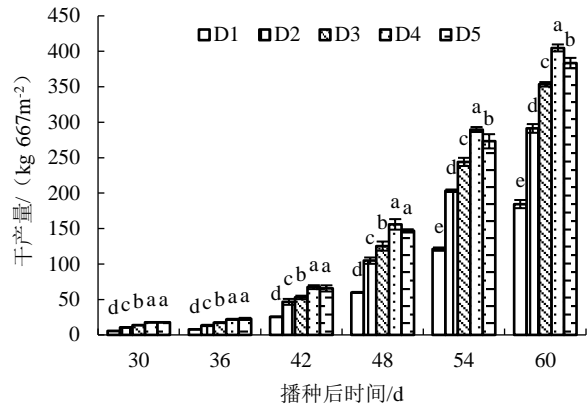


图 11 种植密度对茴香苗菜干产量的影响

48 d, D4 处理单位面积鲜产量显著高于 D1、D2、D3 处理,且与 D5 处理无显著差异;在播种后 54 d 和 60 d, D4 处理单位面积鲜产量显著高于其他处理。其中,在播种后 60 d, D4 处理的单位面积鲜产量达到 4 491.06 kg·667 m²,较 D1、D2、D3 和 D5 处理分别提高 2 769.58、1 463.16、383.49、265.54 kg·667 m²,增产幅度为 6.28%~160.88%。表明适当增加种植密度有利于提高茴香苗菜的单位面积鲜产量。

由图 11 可以看出,茴香苗菜的单位面积干产量随生育时期的后移而增加,测量期内以播种后 60 d 最高。除播种后 30 d 和 36 d 外,单位面积干产量均随种植密度的增加先升高后降低,以 D4 处理产量最高。在播种后 30 d 和 36 d, D5 处理干产量显著高于 D1、D2、D3 处理,且与 D4 处理无显著差异;在播种后 42 d 和 48 d, D4 与 D5 处理间差异不显著,但均显著高于其他处理;在播种后 54 d 和

60 d,各处理间差异均显著。其中,在播种后 60 d, D4 处理的干产量达到 404.78 kg·667 m²,较 D1、D2、D3 和 D5 处理分别提高 220.25、113.57、51.34、21.36 kg·667 m²,增产幅度为 5.57%~119.36%。说明合理密植能够促进茴香苗菜的群体干物质积累。

2.5 种植密度对茴香苗菜相对生长速率的影响

由表 1 可以看出,同一种植密度下茴香苗菜的相对生长速率均随生育进程呈先升高后降低的趋势,以播种后 36~42 d 的相对生长速率最大。其中,以 D2 处理相对生长速率最高,达到 0.208 g·g⁻¹·m⁻²·d⁻¹,但处理间无显著差异,表明在测量期内,不同种植密度下的茴香苗菜均在该段时间内生长最快。随着密度的增加,茴香苗菜的相对生长速率多呈下降的趋势。其中,播种后 30~36 d,相对生长速率以 D1 处理最高为 0.064 g·g⁻¹·m⁻²·d⁻¹,显著高于其他处理;在播种后 54 d 至 60 d, D1 显著高于 D2、D4、D5

表 1 种植密度对不同取样时间茴香苗菜相对生长速率的影响

种植密度	(g·g ⁻¹ ·m ⁻² ·d ⁻¹)				
	播种后 30~36 d	播种后 36~42 d	播种后 42~48 d	播种后 48~54 d	播种后 54~60 d
D1	0.064±0.007 a	0.193±0.006 a	0.143±0.004 a	0.117±0.004 a	0.070±0.004 a
D2	0.038±0.014 b	0.208±0.026 a	0.135±0.008 a	0.111±0.009 a	0.060±0.003 b
D3	0.036±0.004 b	0.186±0.013 a	0.144±0.016 a	0.111±0.005 a	0.062±0.005 ab
D4	0.035±0.005 b	0.187±0.010 a	0.140±0.010 a	0.104±0.010 a	0.057±0.004 b
D5	0.039±0.011 b	0.178±0.022 a	0.135±0.013 a	0.104±0.005 a	0.056±0.004 b

注:同列数据后不同小写字母表示相同生育阶段不同密度处理间在 0.05 水平差异显著。

处理,而与 D3 处理间无显著差异。其他生育阶段内,不同密度处理间均无显著差异。

2.6 种植密度与茴香苗菜产量关系的模型分析

对播种后 60 d 的茴香苗菜的单位面积鲜、干产量和种植密度进行模型分析(图 12~13),拟合度最高的均是二次曲线模型。其中,鲜产量的拟合曲线为:Y_{鲜产量} = -0.048 8x² + 30.571 8x - 346.719 3, R² = 0.995 9, F = 242.147 3**, 方差分析达到了极显著水

平;干产量的拟合曲线为 Y_{干产量} = -0.003 4x² + 2.207 3x + 36.587 1, R² = 0.993 3, F = 148.931 8**, 方差分析同样达到了极显著水平。可见,通过拟合的曲线模型能够准确阐明茴香苗菜的单位面积鲜、干产量与种植密度的关系。根据曲线模型计算出茴香苗菜理论最高鲜产量为 4 491.06 kg·667 m²,理论最适密度为 2.09×10⁵ 株·667 m²;理论最高干产量为 404.78 kg·667 m²,理论最适密度为

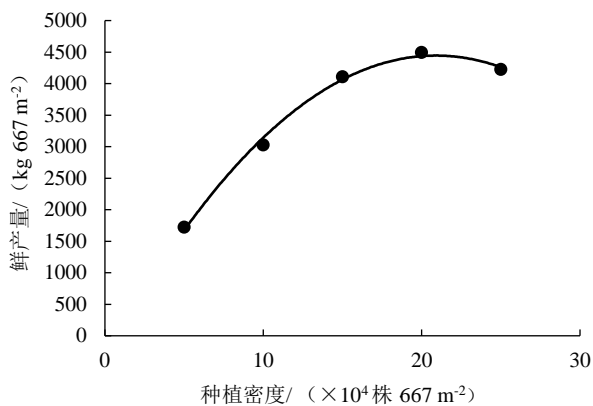


图12 播种后60 d的茴香苗菜鲜产量随密度变化的曲线

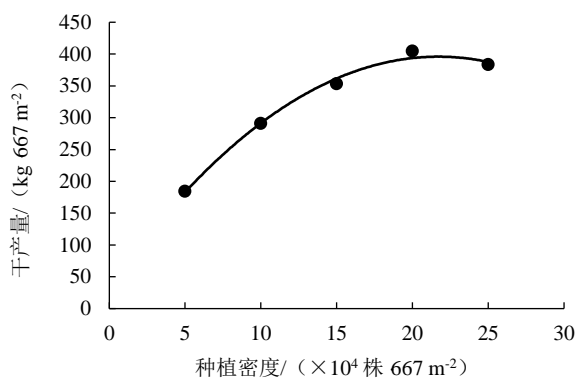


图13 播种后60 d的茴香苗菜干产量随密度变化的曲线

2.17×10^5 株·667 m⁻²。结合实测产量与曲线分析结果可知,郑茴香1号的适宜种植密度范围为 $2.0 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ 株·667 m⁻²。

3 讨论与结论

作物的生长发育受品种特性、栽培措施及温、光、水、气等自然条件的影响。株高能够较为直观地反映作物的生长状况。在本试验中,除播种后30 d的各密度处理间株高无显著差异外,其他取样时间各密度处理之间均存在显著差异,且株高随种植密度增加而升高,该结果与林志玲等^[17]研究结果基本一致,这可能是由于在较高的种植密度下,茴香苗菜个体对光照的竞争剧烈,为了能更多地接受光能,需要通过增加植株的高度来提高自身对光的竞争能力。叶片是植物进行光合作用的主要器官,叶片数量及大小的变化会对光合同化产物的生成与积累带来影响^[18]。在本试验中,各取样时间的茴香苗菜单株真叶数、最大叶长及最大叶宽均随密度增加而降低,且随着取样时间的后移处理间差异逐渐增大,表明较低的种植密度有利于茴香苗菜个体叶片的生长发育。

单株生物量积累是个体植株生长发育状况的总体体现。在本试验中,随着种植密度的增加,各取样时间的茴香苗菜单株地上部鲜、干质量均呈降低的趋势,且降低趋势在取样后期差异较为显著,这与王雪莱等^[19]的研究结果基本一致,表明较低种植密度下更有利于茴香苗菜植株的生长及生物量积累。综合不同种植密度下茴香苗菜株高、叶片及地上部鲜、干质量的变化情况,高种植密度下相邻植株间互相荫蔽加剧导致植株所接受的光照质量下降,从而激发植株的避阴反应^[20],可能是造成植株的生长发育受阻,最终导致植株地上部生物量积累减少的原因。

根系的生长发育与作物的产量密切相关,根系的生长促进作物对深层土壤水分和养分的吸收利用,缩短水分及养分到达根系的距离,其中根长的贡献最大^[21-22]。一般认为,发达的根系有利于地上部的旺盛生长,从而获得高产^[23]。种植密度对作物的根系结构和生长发育具有重要影响,石德杨等^[24]的研究结果表明,花生的单株根系生物量、根长等随种植密度的增加而降低。本研究结果与其大致相同,增加种植密度,茴香苗菜的单株根系生物量及主根长均降低,这也可能是导致高种植密度下茴香苗菜地上部生物量积累减少的原因。

茴香苗菜一般以鲜食为主,单位面积鲜产量的高低决定了其经济价值。在本试验中,茴香苗菜的单位面积鲜产量随种植密度的增加,由生育前期(播种后42 d之前)的升高趋势逐渐转变为单峰曲线的变化趋势,并以播种后60 d的 2.0×10^5 株·667 m⁻² 处理最高,平均达到了 $4\,491.06$ kg·667 m⁻²。表明增加种植密度所带来的增产效应会随着个体植株的生长发育而改变,过高的种植密度会对生育后期单位面积鲜产量的提升带来不利影响。大量研究表明,作物群体干物质积累存在着明显的密度效应,即随着种植密度的增加作物群体干物质积累量随之增加,而超过适宜种植密度后,个体之间资源的竞争加剧,导致单株干物质积累能力降低,势必会引起群体干物质积累量减少^[25]。在本试验中,随着种植密度的增加,茴香苗菜的单位面积干产量与鲜产量的变化趋势基本一致,在播种后60 d的 2.0×10^5 株·667 m⁻² 处理达到最高,为 404.78 kg·667 m⁻²。表明增加种植密度对茴香苗菜的群体干物质积累具有促进作用,但种植密度过高则会带来不利影响。以种植密度与播种后60 d的单位面积鲜、干产量之间建立回归方程,分别为 $Y_{\text{鲜产量}} = -0.0488x^2$

+ 30.571 8x - 346.719 3 ($R^2=0.995 9$), $Y_{\text{干产量}} = -0.003 4x^2 + 2.207 3x + 36.587 1$ ($R^2=0.993 3$), 通过计算得出单位面积鲜干产量的理论适宜种植密度分别为 2.09×10^5 株 \cdot 667 m^2 、 2.17×10^5 株 \cdot 667 m^2 , 均介于 $2.0 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ 株 \cdot 667 m^2 密度范围内, 与实际测量产量数据相吻合, 适用于该试验区域茴香苗菜的产量预测。然而, 由于本试验仅以一个茴香品种和 1 年的试验数据, 未来在本试验区仍需再开展多年、多点及多品种试验, 以对本研究结果进行验证。

综合考虑种植密度对茴香苗菜植株形态、根系性状、单株及单位面积产量的影响, 在本试验条件下, 郑茴香 1 号做茴香苗菜生产的适宜种植密度范围为 $2.0 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ 株 \cdot 667 m^2 。

参考文献

- [1] NOURIMAND M, MOHSENZADEH S, DA SILVA J A T. Physiological responses of fennel seedling to four environmental stresses[J]. Iranian Journal of Science and Technology Transaction A-science, 2012, 36(A1): 37-46.
- [2] 刘昆言, 禹双双, 刘琪龙, 等. 小茴香研究进展[J]. 农产品加工, 2020(9): 67-73.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 49-50.
- [4] 石雪萍, 余芳. RP-HPLC 测定小茴香中槲皮素和山奈酚含量[J]. 中国调味品, 2015, 40(5): 93-96.
- [5] 何金明, 肖艳辉, 王羽梅, 等. 不同茴香品种种植株形态及营养成分分析[J]. 中国蔬菜, 2008(8): 18-20.
- [6] 韩金玲, 杨晴, 周印富, 等. 冀东地区种植密度对小麦京冬 8 号抗倒伏能力和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(5): 667-673.
- [7] 朱灿灿, 马春业, 秦娜, 等. 种植密度对夏谷抗倒性及光合特性的影响[J]. 河南农业科学, 2018, 47(9): 53-55.
- [8] 付炳堃, 刘天丽, 孙梦遥, 等. 种植密度对快菜叶面积指数动态变化及产量的影响[J]. 华北农学报, 2019, 34(S1): 119-123.
- [9] 付炳堃, 孙梦遥, 韦美嫫, 等. 种植密度对不结球白菜叶面积指数动态变化及产量的影响[J]. 北方园艺, 2019(3): 65-69.
- [10] 罗静, 钟永科, 李明明, 等. 小茴香储存过程中挥发性成分的变化[J]. 中国调味品, 2016, 41(3): 49-52.
- [11] 魏泉增, 胡旭阳. 不同产地小茴香香气成分差异分析[J]. 中国调味品, 2018, 43(5): 74-79.
- [12] 李蜀眉, 王丽荣, 陈永青, 等. 小茴香中黄酮类化合物提取及抗氧化性研究[J]. 中国调味品, 2016, 41(12): 29-32.
- [13] 郭新春, 尹彩萍, 张应焯. 20 种中药提取物抑菌活性的筛选研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2007, 31(2): 161-163.
- [14] 董思敏, 张晶. 小茴香化学成分及药理活性研究进展[J]. 中国调味品, 2015, 40(4): 121-124.
- [15] 滕光寿, 刘曼玲, 毛峰峰, 等. 小茴香挥发油的抗炎镇痛作用[J]. 现代生物医学进展, 2011, 11(2): 344-346.
- [16] 许俊强, 汤青林, 宋明, 等. 蔬菜抽薹的遗传规律及机理研究[J]. 长江蔬菜, 2011(8): 7-10.
- [17] 林志玲, 朱铁霞, 李天琦, 等. 种植密度对科尔沁沙地饲用燕麦产量和品质的影响[J]. 草地学报, 2019, 27(3): 760-765.
- [18] 木兰, 张璞进, 单玉梅, 等. 短期氮、水添加对放牧背景下荒漠草原短花针茅叶片属性的影响[J]. 生态学报, 2021, 41(2): 522-534.
- [19] 王雪莱, 郭潇潇, 郭伟, 等. 种植密度对松嫩平原西部燕麦产量形成的影响[J]. 麦类作物学报, 2020, 40(7): 881-889.
- [20] XIE Y R, LIU Y, WANG H, et al. Phytochrome-interacting factors directly suppress MIR156 expression to enhance shade-avoidance syndrome in Arabidopsis[J]. Nature Communications, 2017, 8(1): 348.
- [21] 慕自新, 张岁岐, 郝文芳, 等. 玉米根系形态性状和空间分布对水分利用效率的调控[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 2895-2900.
- [22] 刘浩, 段爱旺, 孙景生, 等. 间作模式下冬小麦与春玉米根系的时空分布规律[J]. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1242-1246.
- [23] 隋鹏祥, 张文可, 梅楠, 等. 不同秸秆还田方式对春玉米产量、水分利用和根系生长的影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(4): 255-261.
- [24] 石德杨, 李艳红, 夏德军, 等. 种植密度对夏玉米根系特性及氮肥吸收的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(11): 2006-2017.
- [25] 王雪莱, 郭潇潇, 郭伟, 等. 种植密度对松嫩平原西部白燕 7 号生产性能及光合特性的影响[J]. 草业科学, 2020, 37(8): 1568-1578.