

# 早熟茴香不同节位花穗籽粒充实动态研究

石有太<sup>1</sup>, 蔡子平<sup>2</sup>, 刘新星<sup>1</sup>, 王国祥<sup>2</sup>, 陈玉梁<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院中药材研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在早熟茴香采种田, 选择株型、花期一致的植株 50 株挂牌标记, 从开花后第 12 d 开始每隔 7 d 测定不同节位花穗籽粒千粒重(鲜、干)、籽粒长宽, 分析籽粒发育动态。结果表明, 籽粒含水率下降最快的时期为灌浆高峰期, 但灌浆强弱不同。头穗花籽粒灌浆速度、强度、干物质积累量始终较二穗花籽粒强, 灌浆峰期提早, 为籽粒灌浆强势花穗。头穗花适宜采收期为其开花后 38 d; 二穗花籽粒适宜采收期为头穗花开花后 46 d。

**关键词:** 茴香; 花穗; 发育; 籽粒

**中图分类号:** S573 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)08-0009-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.08.003

## Study on Grain Filling Dynamics in Different Spikes of Early Maturing Fennel

SHI Youtai<sup>1</sup>, CAI Ziping<sup>2</sup>, LIU Xinxing<sup>1</sup>, WANG Guoxiang<sup>2</sup>, CHEN Yuliang<sup>1</sup>

(1. Institute of Biotechnology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Chinese Herbal Medicines, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** 50 plants with the same plant type and flowering period were selected for tagging in the field of early maturing fennel. From the 12th day after flowering, the fresh weight, dry weight, length and width of 1 000 grains were measured at each 7 days and the development trend of grains was observed. The results showed that the period of the fastest decrease of water content was the peak of filling, but the filling intensity was different. The filling speed, intensity and dry matter accumulation of the first spike was always stronger than that of the second spike, and the filling peak was earlier, head panicle flower is grain filling strong panicle. The suitable harvest time is 38 days after anthesis; the suitable harvest time is 46 days after anthesis.

**Key words:** *Foeniculum vulgare* Mill; Flower spike; Development; Grain

小茴香为伞形科植物茴香(*Foeniculum vulgare* Mill)的干燥成熟果实,性温,味辛,归肝、肾、脾、胃经,具有散寒止痛、理气和胃功效,用于寒疝腹痛,睾丸偏坠,痛经,

少腹冷痛,腕腹胀痛,食少吐泻<sup>[1]</sup>。茴香全株均含有挥发油,其中果实中最为丰富<sup>[2]</sup>。反式茴香脑作为茴香挥发油的主要成分,相对含量为 65%~80%<sup>[3]</sup>。茴香具有特殊的

收稿日期: 2020-06-22

基金项目: 甘肃省农业科学院区域创新重点项目(2019GAAS50)。

作者简介: 石有太(1982—),男,甘肃靖远人,助理研究员,硕士,主要从事中药材规范化栽培研究工作。Email: siou8165@163.com。

通信作者: 陈玉梁(1972—),男,甘肃靖远人,副研究员,主要从事中药材种质资源评价研究工作。Email: chenyl925@163.com。

香味,嫩叶常作为蔬菜食用,而种子被用作药材、调味品和香料<sup>[4]</sup>。茴香适应性广,在我国从北到南大部分省(区)均有栽培,主要分布在西北、华北及东北地区<sup>[5-6]</sup>,甘肃主要在河西地区种植<sup>[7-8]</sup>。张红等<sup>[9]</sup>研究表明,茴香种子的大小在一定程度上影响种子萌发,直径较大的种子萌发较好。王羽梅等<sup>[10]</sup>认为,茴香种子的大小和饱满程度不是影响发芽率的主要因素,但影响芽的生长速度;直径较大的种子,萌发势、发芽率、发芽指数和活力指数更高。然而在大田种植中,播种成熟度不同的茴香种子直接影响播种后的田间出苗率以及幼苗成活率。近年来,对一些药用植物种子的灌浆特性方面的研究已有报道<sup>[11-14]</sup>,但对茴香籽粒的灌浆充实规律的研究鲜有报道。因此,对茴香种子生长发育过程中干物质积累的动态研究具有十分重要的意义,可为茴香规范化生产提供种子采收依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试早熟茴香为甘肃省民勤县农民自留种,生育期 125 d。

### 1.2 试验方法

试验在兰州市安宁区甘肃省农业科学院试验地进行,前茬为连续生长 3 a 的黄芪。于 2019 年 4 月 22 日播种,播前覆幅宽 90 cm、厚 0.01 mm 的黑色地膜,膜中距 0.9 m,按行距 45 cm、穴距 20 cm 点播。5 月 2 日出苗,3~4 叶时定苗,每穴留苗 1 株。6 月 23 日始花期,7 月 8 日盛花期。

茴香头穗花盛花期后(7 月 10 日),选择株型、花穗个数、花期基本一致的 50 株挂牌标记。主茎头穗花开花后第 12 d 上午(9:00 时)取样,以后每隔 7 d 取样 1 次。随机选取挂牌标记的 5 株,分别取主茎头穗花穗和二穗花穗各 1 穗。将花穗中间、外围籽

粒混合后,随机分成 4 份(即 4 次重复),每份 100 粒,装入自封袋带回实验室,立即称取鲜重(百粒鲜重)并记录。将鲜种子装入牛皮纸袋中,放置于通风处自然风干。待取样结束全部风干后,统一称取干重(百粒干重),将所得百粒鲜、干重换算为千粒鲜、干重,并计算各灌浆参数。用游标卡尺测定不同花穗种子长宽,其中中间籽粒 8 粒、外围籽粒 8 粒。

### 1.3 数据统计

采用 Excel 2007 进行数据处理和图表绘制,采用 SPSS 16.0 统计软件进行方差分析。所有数据以平均值表示,灌浆速率、平均灌浆速率、脱水速率和含水量等计算方法参照石有太等<sup>[13]</sup>的方法,早熟茴香籽粒灌浆曲线分析方法参照朱志敏等<sup>[15]</sup>的三次多项式生长曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 籽粒灌浆过程中的千粒鲜、干重变化

观测结果表明,处于不同节位的花穗灌浆过程一直持续到头穗花开花后第 47 d。头穗花灌浆开始时间为花后第 7 d,灌浆持续时间 32 d;二穗花灌浆开始时间为头穗开花后第 10.5 d,灌浆持续时间 38 d。茴香头穗和二穗花穗籽粒灌浆过程均呈“慢—快—慢”的变化规律(图 1),符合三次二项式曲线方程(表 1),经历 3 个明显阶段,即灌浆前期、中期和后期。方程的拟合指数均达到

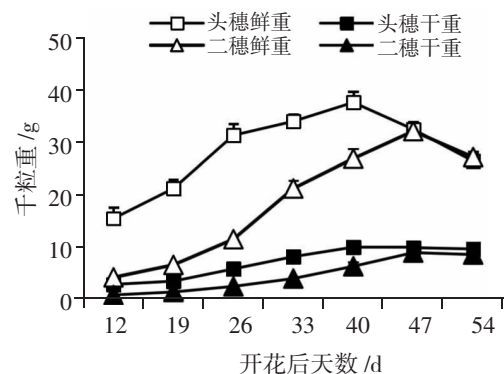


图 1 不同花穗灌浆过程中千粒鲜、干重的变化

极显著水平( $P < 0.01$ ), 说明方程估测可靠性较大。茴香在头穗灌浆高峰期, 其千粒干重增长速率和灌浆速率高于二穗花(图 2、图 3), 其平均灌浆速率高于二穗花, 存在严重的头花优势(图 4)。

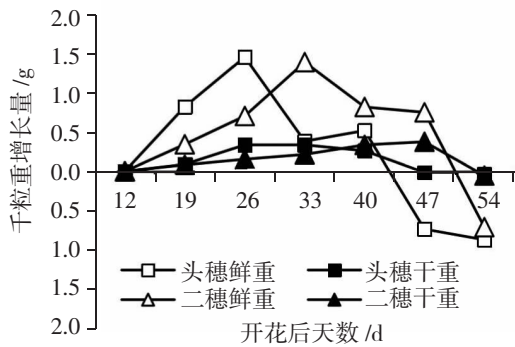


图 2 不同花穗灌浆过程中千粒鲜、干重速率变化

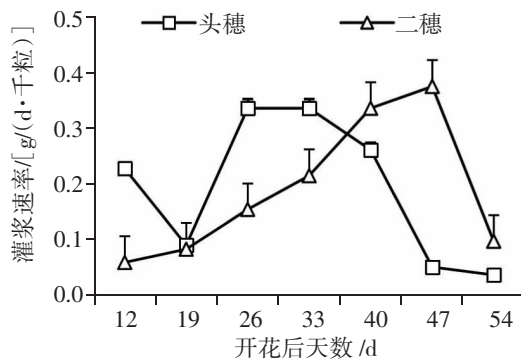


图 3 不同花穗籽粒灌浆速率的变化

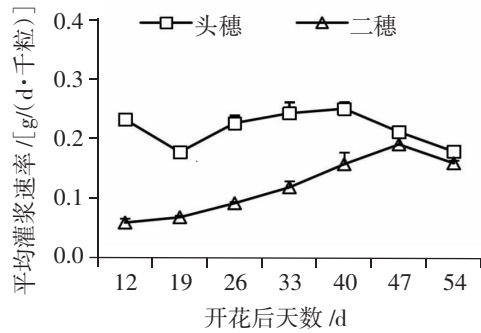


图 4 不同花穗籽粒平均灌浆速率的变化

### 2.2 不同节位花穗籽粒灌浆过程的籽粒含水量变化

茴香花穗籽粒含水量与茴香籽粒千粒干重均呈显著负相关( $R_{\text{头穗}} = -0.845$ ,  $R_{\text{二穗}} = -0.875$ )。当头穗籽粒含水量平均变幅为 61.89% ~ 85.04%、二穗籽粒含水量平均变幅为 66.79% ~ 84.62%时, 含水量每下降 1 百分点, 头穗花籽粒千粒鲜重增加 0.600 g, 二穗花籽粒千粒鲜重增加 0.434 g。籽粒含水量下降最快的时期即为灌浆高峰期。当头穗花籽粒含水量下降到 69.83%、二穗花籽粒含水量下降到 72.51%时, 头穗籽粒鲜重不再增加, 干重略有减少, 而二穗再过 7 d 后出现同样的结果(表 2)。

表 1 不同节位花穗籽粒灌浆过程的三次多项式曲线方程<sup>①</sup>

籽粒重	不同节位花穗	三次多项式曲线方程	F	R <sup>2</sup>
鲜重	头穗	$y=2.084+0.889x+0.021x^2+0.000\ 54x^3$	10.77**	0.922
	二穗	$y=17.935-2.314x+0.112x^2-0.001x^3$	83.41**	0.989
干重	头穗	$y=4.44-0.425x+0.026x^2+0.000\ 31x^3$	34.76**	0.975
	二穗	$y=5.713-0.724x+0.03x^2+0.000\ 3x^3$	28.02**	0.969

① y 表示千粒鲜重(干重); x 头穗开花后的天数; \*\* 表示  $P < 0.013$ 。

表 2 不同花穗籽粒含水量及脱水速率的变化

花后 天数 /d	头穗花				二穗花			
	千粒鲜重 /g	千粒干重 /g	含水量 /%	脱水速率 /(%/d)	千粒鲜重 /g	千粒干重 /g	含水量 /%	脱水速率 /(%/d)
12	15.38±2.10	2.73±0.13	82.06±2.20	0.00±0.00	4.08±0.17	0.70±0.08	82.83±1.79	0.00±0.00
19	21.13±1.75	3.35±0.13	84.10±0.69	0.35±0.34	6.48±0.13	1.28±0.05	80.30±0.91	0.93±0.14
26	31.30±2.25	5.70±0.38	81.75±1.34	0.34±0.23	11.40±0.34	2.35±0.06	79.38±0.46	0.21±0.14
33	33.98±1.36	8.05±0.74	76.33±1.57	0.77±0.39	21.13±1.58	3.85±0.33	81.78±0.81	0.34±0.17
40	37.60±2.05	9.88±0.43	73.71±0.86	0.37±0.15	26.85±1.87	6.20±0.79	76.74±4.19	0.56±0.55
47	32.45±1.47	9.78±0.05	69.83±1.50	0.56±0.30	32.10±0.42	8.83±0.62	72.51±1.87	0.78±0.17
54	26.35±1.43	9.53±0.17	63.79±1.61	0.86±0.17	27.13±1.09	8.45±0.25	68.80±1.85	1.12±0.27

### 2.3 不同节位花穗籽粒灌浆过程中的形态变化

由表 3 可知, 茴香头穗花开花 40 d 内, 随着灌浆持续时间的延长, 不同节位花穗籽粒长度与宽度均有所增长。其中, 开花 19 d 内籽粒长度头穗花明显较二穗花增长快, 平均日增长值均大于二穗花, 二穗花籽粒宽度在头穗花开花后 26 d 的增长速度较头穗花快。头穗花开花后第 40 d, 其籽粒长宽度均达到最大值, 之后随着茴香籽粒脱水, 颜色由黄绿色逐渐向褐色转变, 头穗籽粒长度与宽度减少。二穗花籽粒长度在头穗花开花后 54 d 达到最大值, 二穗花籽粒宽度在头穗开花后 40 d 达到最大值, 之后也因籽粒脱水籽粒宽度逐渐减少。因此茴香籽粒应在头穗花开花后 40 d 采收。

### 3 小结与讨论

从开花到生理成熟这一持续的生理过程称为灌浆期, 籽粒形成过程是光合产物形成、调运、聚积、固化的过程<sup>[16]</sup>, 灌浆速率和灌浆持续时间决定籽粒的饱满度和千粒重大小, 也决定了籽粒的产量与质量, 而品种特性与栽种地的气候条件决定了灌浆期的长短<sup>[17]</sup>。籽粒灌浆时间的长短决定籽

粒干物质的积累与籽粒的脱水速率<sup>[18-19]</sup>, 大部分作物的籽粒灌浆进程呈“S”型变化趋势, 如粮食作物小麦<sup>[15]</sup>, 水稻<sup>[12]</sup>, 中药材菘蓝<sup>[14]</sup>, 大黄<sup>[17-18]</sup>, 贝母<sup>[19]</sup>等。本研究表明, 茴香不同节位花穗籽粒灌浆过程均呈“慢—快—慢”的“S”型生长规律, 符合三次多项式生长曲线方程。茴香籽粒存在强、弱势关系, 头穗花籽粒在灌浆过程中始终处于优势地位, 其在开花后很短的时间内就达到最大灌浆速率, 随后很快进入一个减缓的过程。二穗花籽粒由于其劣势地位和生理等因素, 灌浆峰值延后, 最大灌浆速率在头穗花籽粒快增期结束后才出现, 千粒鲜重、干物质积累量均不及头穗花穗, 这与赵洋<sup>[11]</sup>等在伞形科植物当归上的研究结果一致。本研究中, 头穗花籽粒均较二穗花籽粒长, 粒宽在头穗开花后 26 d 增加速度不及二穗花籽粒, 最终导致头穗花籽粒明显大于二穗花籽粒。籽粒干物质累积和含水率是确定籽粒适宜采收期的重要指标。头穗花籽粒和二穗花籽粒的最适宜采收期不同, 都应在其籽粒干物质积累的快速增长期结束、缓慢增长期开始时采收, 此时茴香籽粒外观呈黄绿色。即头穗花籽

表 3 早熟茴香不同节位花穗籽粒形态性状的变化

花后 天数 /d	头穗花籽粒长度			头穗花籽粒宽度			二穗花籽粒长度			二穗花籽粒宽度		
	平均值 /mm	标准差 /mm	日增长 /(mm/d)	平均值 /mm	标准差 /mm	日增长 /(mm/d)	平均值 /mm	标准差 /mm	日增长 /(mm/d)	平均值 /mm	标准差 /mm	日增长 /(mm/d)
12	5.466	0.636	0.455	1.879	0.234	0.157	3.056	0.116	0.255	1.193	0.097	0.099
19	7.251	0.689	0.255	2.373	0.310	0.071	4.091	0.570	0.148	1.321	0.226	0.018
26	8.039	0.384	0.113	2.926	0.138	0.079	5.371	0.219	0.183	1.889	0.199	0.081
33	8.190	0.327	0.022	3.269	0.217	0.049	6.964	0.392	0.228	2.518	0.199	0.090
40	8.301	0.419	0.016	3.398	0.275	0.018	6.961	0.245	0	2.818	0.262	0.043
47	7.965	0.909	-0.048	3.078	0.115	-0.046	7.489	0.384	0.075	2.492	0.094	-0.047
54	8.234	0.160	0.038	2.587	0.212	-0.070	7.836	0.121	0.050	2.518	0.096	0.004



粒的最适宜采收期为头穗花开花后 38 d 左右,二穗花籽粒最适宜采收期为头穗花开花后 46 d 左右。茴香种子成熟过程中,其精油含量呈不断缓慢上升的趋势,并在成熟时达到最高<sup>[20]</sup>,生产中,一般在田间 70%~80%茴香单株整体叶片呈橙黄、果皮微黄时采收<sup>[21]</sup>,过晚随着籽粒含水量进一步降低,籽粒易脱落,遇到降雨等天气变化则籽粒表皮颜色变为褐色,此时的籽粒已丧失商品性。若要一次采收全株种子,生产中应该在开花时剪除主茎头穗花及侧枝外围长势弱的花穗,以促进主茎及侧枝 2~3 级中部花穗种子的结实。

#### 参考文献:

- [1] 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, 2015: 47-48.
- [2] ZOUBIRI, SAFIA, BAALIOUAMER, et al. Chemical composition and larvicidal activity of Algerian *Foeniculum vulgare* seed essential oil [J]. *Arabian Journal of Chemistry*, 2014, 7 (4): 480-485.
- [3] 肖艳辉. 茴香精油的研究进展[J]. *中国调味品*, 2016, 41(10): 133-139.
- [4] 王晓敏, 李 军, 高艳明, 等. 茴香的研究进展[J]. *河北农业科学*, 2013, 17(5): 37-40; 46.
- [5] 郭永忠, 李浩霞, 杜建民, 等. 不同种植方式对小茴香生产性能的影响[J]. *宁夏农林科技*, 2017, 58(9): 10-11; 22.
- [6] 何金明, 肖艳辉, 王羽梅, 等. 不同茴香品种植株形态及营养成分分析[J]. *中国蔬菜*, 2008(8): 18-20.
- [7] 李天银. 河西地区茴香地膜覆盖栽培技术 [J]. *甘肃农业科技*, 2012(11): 63-64.
- [8] 宋平顺, 丁永辉, 赵建邦, 等. 甘肃省中药材资源现状与发展建议[J]. *甘肃农业科技*, 2012(11): 49-51.
- [9] 张 红, 王明友. 茴香种子发芽特性的初步研究[J]. *北方园艺*, 2011(19): 38-39.
- [10] 王羽梅, 任安祥, 潘春香. 小茴香种子发芽特性的研究[J]. *韶关学院学报(自然科学版)*, 2002, 23(6): 84-87.
- [11] 赵 洋, 陈 垣, 郭凤霞, 等. 三年生当归不同节位花穗籽粒灌浆特性研究[J]. *中药材*, 2009, 32(6): 837-940.
- [12] 张 峰, 王 朋, 王俊仁, 等. 中熟粳稻品种灌浆特性演进规律的研究[J]. *农业科技通讯*, 2019(8): 185-188.
- [13] 石有太, 陈 垣, 郭凤霞, 等. 掌叶大黄种子灌浆动态及其发芽特性研究[J]. *草业学报*, 2009, 18(3): 178-193.
- [14] 王宏霞, 蔡子平, 王国祥, 等. 板蓝根种子灌浆特性研究[J]. *时珍国医国药*, 2018, 29(12): 3036-3038.
- [15] 朱志敏, 张建诚. 三次多项式生长曲线拓展研究[J]. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2013, 27(2): 55-59.
- [16] 李世清, 邵明安, 李紫燕, 等. 小麦籽粒灌浆特征及影响因素的研究进展[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(11): 2031-2039.
- [17] 曹 师, 郭凤霞, 陈 垣, 等. 唐古特大黄种子灌浆充实动态及发芽特性研究[J]. *草业学报*, 2014, 23(6): 225-232.
- [18] 石有太, 陈 垣, 郭凤霞, 等. 掌叶大黄籽粒营养物质积累动态及其发芽特性研究[J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(15): 1979-1983.
- [19] 郭凤霞, 常彦莉, 林玉红, 等. 甘肃贝母种子灌浆特性研究[J]. *草业学报*, 2010, 19 (2): 97-102.
- [20] 任安祥, 何金明, 王羽梅. 不同发育阶段茴香种子精油含量及其成分组成比例变化[J]. *种子*, 2007, 16(2): 33-36.
- [21] 高鸿飞, 李成虎, 姜海刚. 海原县小茴香标准化栽培技术[J]. *农业科技与信息*, 2011 (4): 13-14.

(本文责编: 杨 杰)