

潘春香,何金明,肖艳辉,等. NaCl 处理对茴香生长及精油产量和组分的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):320-323.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.105

# NaCl 处理对茴香生长及精油产量和组分的影响

潘春香,何金明,肖艳辉,张振明,胡丽芬

(韶关学院英东农业科学与工程学院,广东韶关 512005)

**摘要:**采用水培法,研究 0、40、70、100、130、10、190 mmol/L NaCl 对茴香生长、精油产量和组分的影响。结果表明:不同浓度 NaCl 对茴香的生长均有抑制作用,但一定浓度的 NaCl 对茴香精油产量和第一主成分反式茴香脑、第二主成分柠檬烯的相对含量却表现为促进作用,其精油产量以 100 mmol/L,反式茴香脑相对含量以 190 mmol/L,柠檬烯相对含量以 70、100 mmol/L 浓度最高。相关性分析结果显示,精油产量与可溶性糖含量、蛋白质含量、POD 活性、SOD 活性以及第二主成分柠檬烯相对含量呈正相关,且与可溶性糖含量、柠檬烯相对含量呈极显著正相关,与 POD 活性呈显著正相关;反式茴香脑相对含量与柠檬烯相对含量呈极显著负相关,与 SOD 活性、MDA 含量和干物率呈正相关;柠檬烯相对含量与蛋白质含量、POD 活性、SOD 活性、鲜质量、干质量呈正相关,且与 POD 活性和蛋白质含量呈显著正相关,与干物率呈显著负相关。各处理茴香精油鉴定出 14 种成分,主成分反式茴香脑、柠檬烯相对含量分别为 47.55% ~ 59.85%、18.46% ~ 28.56%。

**关键词:**NaCl;茴香;生长;精油;产量;品质;组分;反式茴香脑;柠檬烯

**中图分类号:**S573<sup>+</sup>.301 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)10-0320-04

茴香(*Foeniculum vulgare* Mill.)为伞形科茴香属一年生草本植物,其全株富含精油,被广泛用于日化产品、食品添加剂、医药和保健等方面。有研究证明,一定的逆境条件会抑制生物量的累积,却可提高植物精油含量。例如,李伊莎在研究温度对茴香精油含量影响中发现,20℃温度下,茴香的全株干质量和鲜质量最大,而精油含量却是在30℃时最高<sup>[1]</sup>;肖艳辉等对茴香进行不同土壤含水量试验时发现,茴香生物量最大积累的含水量是75%~100%,而精油含量最大积累的含水量却是60%~75%<sup>[2]</sup>;王羽梅等利用水培的方法研究不同阴离子对球茎茴香生长和精油含量的影响,结果表明,高[Cl<sup>-</sup>]和高[SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]的营养液配方可使球茎茴香叶片的精油含量和精油中的柠檬烯和茴香脑相对含量明显增加<sup>[3]</sup>。类似的试验在罗勒、鼠尾草、马郁兰和红花上也得到了证明,如强光、高温<sup>[4]</sup>和长日照<sup>[5]</sup>、干燥土壤<sup>[6]</sup>、特殊营养液配方、高浓度盐<sup>[7]</sup>等处理罗勒,NaCl处理鼠尾<sup>[8]</sup>、马郁兰<sup>[9]</sup>和红花<sup>[10]</sup>,其生物量的累积均受到了抑制,含油率却提高了。上述研究说明适当的环境胁迫有利于芳香植物精油的累积,但在茴香上也有不同的研究结果。Singh等研究发现,在30%可交换钠的逆境环境中苦茴香生长良好,果实产量和精油含量较正常土壤中的略低<sup>[11]</sup>;肖艳辉等研究了光照强度、光照长度和CO<sub>2</sub>浓度对茴香精油含量和组分的影响,结果显示,适宜茴香生物量积累的条件也是精油累积的最适宜条件<sup>[12-14]</sup>。本研究采用水培方式,研究不同浓度NaCl对茴香生长、精油含量和组分的影响,并分析相关生理指标变化与精

油含量和组分变化的内在联系,该研究有助于揭示茴香初生代谢与次生代谢之间的关系,为提高茴香精油的产量和品质的栽培技术提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料、时间与地点

茴香种子产于2009年内蒙古托克托县,试验于2010年9月至2011年4月在韶关学院试验大棚内进行。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 试验设计** 试验采用水培箱中加入NaCl对茴香幼苗进行处理,共设0、40、70、100、130、10、190 mmol/L等7个处理,每个处理3次重复,每7d处理1次,共处理5次。当茴香苗2叶1心时移进营养液培养箱(37L)中进行水培。每箱39株,株行距为12cm×15cm。增氧设备为空气压缩泵,功率为80W,电压220V/50Hz,排气量为90L/h。每箱均匀安放2个通气砂头,用定时开关设定每间隔90min,打气15min。

**1.2.2 各项指标的测定方法** 当幼苗约15cm高时,每个处理随机取样5株进行形态和生理指标的测定。可溶性糖含量用蒽酮比色法<sup>[15]</sup>测定;蛋白质含量用考马斯亮蓝法<sup>[15]</sup>测定;SOD活性用邻苯三酚自氧化法<sup>[16]</sup>测定;POD活性用愈创木酚法<sup>[16]</sup>测定;丙二醛含量用硫代巴比妥酸法<sup>[16]</sup>测定。

**1.2.3 精油的提取与定量** 精油的提取与定量参见何金明等的方法<sup>[10]</sup>,每个处理蒸馏3次,取其平均值。提取的精油用棕色瓶封装,于-18℃下保存待测。

**1.2.4 精油成分的分析** 利用GC/MS(Trace GC-2000/DSQ,Thermo Finnigan,USA)分析精油成分,使用色谱峰面积归一法确定精油成分的相对含量,每个样品重复3次。

### 1.3 数据分析

所得数据采用SPSS软件包进行方差分析和相关分析,用

收稿日期:2014-10-26

基金项目:国家自然科学基金(编号:31070287);广东省科技计划(编号:2011B030900015)。

作者简介:潘春香(1960—),女,内蒙古呼和浩特人,博士,教授,主要从事芳香植物栽培与生理研究。E-mail:13640095160@163.com。

Duncan’s 新复极差法进行平均数的显著检验。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 NaCl 对茴香生长的影响

不同浓度对茴香株高、叶片数、叶长、叶宽、根长、干质量、鲜质量及干物率的影响不同,基本呈由低到高的趋势,依次为

CK > 40 mmol/L > 70 mmol/L > 100 mmol/L > 130 mmol/L > 160 mmol/L > 190 mmol/L。差异显著分析结果表明,CK 与其他处理之间,除了干物率的差异显著外,其余均差异极显著(表 1)。说明在本试验浓度范围内 NaCl 对茴香的生长具有抑制作用。

表 1 不同浓度 NaCl 对茴香形态指标的影响

处理	株高(cm)	叶片数(张)	叶长(cm)	叶宽(cm)	根长(cm)	鲜质量(g)	干质量(g)	干物率(%)
CK	43.20±3.24Aa	18.03±2.65Aa	43.13±3.80Aa	15.23±1.37Aa	36.13±0.65Aa	60.84±5.34Aa	9.16±1.27Aa	14.91±0.84Bbc
40	36.20±1.23Bcbe	12.77±0.38Bbc	35.77±0.35Bcbe	11.25±0.79BCed	31.63±1.62BCb	46.86±1.37Bb	7.38±0.38ABb	15.78±0.86Bbc
70	38.63±0.66Bb	13.63±0.51Bb	36.97±0.67Bb	12.60±0.46Bbc	32.63±1.05Bb	39.49±1.04Bc	5.52±0.14BCc	14.00±0.55Bc
100	33.43±1.01Bc	11.40±0.82BCed	32.57±0.47BCed	10.26±0.76Cd	28.80±0.95Cc	27.83±1.61Cd	4.09±0.22CDed	16.50±0.34Bb
130	35.10±1.77BCe	11.57±0.81BCed	31.93±1.60Cd	12.87±0.83Bb	32.53±1.90Bb	21.23±1.19CDde	3.24±0.07CDEde	15.35±0.70Bbc
160	29.00±1.53Dd	9.57±0.40CDd	25.33±0.81De	11.80±0.66BCbc	24.47±1.00Dd	17.03±0.14DEe	2.55±0.07DEef	14.96±0.27Bbc
190	28.00±1.36Dd	7.10±0.52De	23.63±2.28De	10.00±0.53Cd	21.00±0.36Ee	7.64±1.32Ef	1.55±0.25Ef	20.39±0.61Aa

注:同列数据后不同小写、大写字母表示差异显著( $P<0.05$ )、极显著( $P<0.01$ )。

2.2 不同浓度 NaCl 对茴香生理指标及精油含量的影响

不同浓度 NaCl 处理对茴香可溶性糖含量、蛋白质含量、SOD 活性、POD 活性、MDA 含量生理指标影响显著。NaCl 浓度在 0~100 mmol/L 之间,可溶性糖含量直线上升,之后无线性规律,以 100 mmol/L NaCl 最大,与 CK、130 mmol/L 和 190 mmol/L NaCl 差异极显著,与 40 mmol/L NaCl 差异显著,与 160 mmol/L NaCl 差异不显著;蛋白质含量呈由升高再下降的趋势,130 mmol/L NaCl 最大,并与 CK、190 mmol/L NaCl

差异极显著,与 40 mmol/L NaCl 差异显著;SOD 活性呈“增强—减弱—增强—减弱”的趋势,无线性规律,40 mmol/L NaCl 最强,与 CK、70 mmol/L、130 mmol/L、190 mmol/L NaCl 差异极显著;POD 活性无线性规律,以 100 mmol/L NaCl 最强,与 190 mmol/L NaCl 差异极显著;MDA 含量直线上升,以 190 mmol/L NaCl 最大,且与其他处理之间差异极显著;精油含量经 NaCl 处理后均显著高于 CK,且 100 mmol/L NaCl 与 CK 及其他处理差异极显著(表 2)。

表 2 不同浓度 NaCl 对茴香精油含量及其他生理指标的影响

处理	可溶性糖含量(%)	蛋白质含量(%)	SOD 活性(U/g,FW)	POD 活性(U/g,FW)	MDA 含量(μmol/g,FW)	精油产量(μL/g)
CK	6.59±0.78CDde	0.94±0.1Bc	410.3±43.02Bb	3.60±0.15Bb	0.193±0.03Ee	16.0±0.00De
40	8.75±2.31ABCDbed	1.07±0.05ABbc	492.0±5.29Aa	4.10±0.54Bb	0.253±0.07DEd	17.2±0.03BCed
70	9.74±0.39ABCabc	1.06±0.68ABabc	351.0±28.35Cc	3.95±0.08Bb	0.283±0.02CDd	17.8±0.03Bb
100	11.35±0.68Aa	1.07±0.83ABabc	456.0±8.54ABab	5.29±0.25Aa	0.346±0.02BCc	18.8±0.03Aa
130	7.59±0.24BCDede	1.15±0.07Aa	418.7±8.96Bab	3.71±0.32Bb	0.350±0.02BCc	17.2±0.03BCed
160	10.29±1.95ABab	1.12±0.92ABab	420.3±21.55Bab	2.38±0.22Cc	0.417±0.03ABb	17.7±0.06BCbc
190	6.33±0.88De	0.7±0.84Cd	429.7±27.32Bb	3.85±1.4Bb	0.487±0.03Aa	17.0±0.00Cd

注同表 1。

2.3 不同浓度 NaCl 对茴香精油组分及相对含量的影响

精油经 GC/MS 鉴定,共鉴定出 14 种成分,已鉴定出成分的峰面积总和和占总峰面积的 87.96% 以上。相对含量在 1% 以上的成分有反式茴香脑、柠檬烯、蒈罗芹菜脑、爱草脑、γ-蒈品烯、肉豆蔻醚和小茴香酮 7 种,各种成分相对含量总值呈现由高到低再升高的趋势,以 190 mmol/L 最高(96.47%),CK 最低(87.96%),二者之间差异显著。精油成分除了 γ-蒈品烯、小茴香酮、3,4 二甲基-2,4,6-辛三烯、C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O、葑醇乙酸酯、金合欢烯、吉玛烯 D 和蒈罗芹菜脑 8 种成分相对含量差异不显著外,其他成分的相对含量均差异显著。茴香第一主成分反式茴香脑的相对含量为 47.55%~59.85%,呈现先降低再升高的趋势,其中 190 mmol/L NaCl 最大,极显著高于 70、100、40 mmol/L NaCl 和 CK。第二主成分柠檬烯的相对含量为 18.46%~28.56%,呈先升高再降低的趋势,变化趋势与反式茴香脑相对含量相反,70、100 mmol/L NaCl 与其他处理差异极显著,所有处理均与最小值 190 mmol/L NaCl

差异极显著。根据化合物的结构与合成途径,可将茴香精油成分分为苯丙烷类化合物和萜类化合物。本研究中苯丙烷类化合物有反式茴香脑、爱草脑、顺式茴香脑、肉豆蔻醚和蒈罗芹菜脑 5 种成分,其余为萜类化合物。不同浓度 NaCl 处理茴香精油苯丙烷类化合物相对含量为 57.54%~72.97%,变化趋势与第一主成分反式茴香脑相对含量一致,萜类化合物相对含量 23.47%~34.44%,变化趋势与第二主成分柠檬烯相对含量一致(表 3)。

2.4 茴香精油产量、主成分相对含量与蛋白质含量、可溶性糖含量等生理指标的相关分析

可溶性糖含量与精油产量和柠檬烯相对含量呈极显著正相关,与蛋白质含量呈显著正相关;蛋白质含量与柠檬烯相对含量呈显著正相关,与干物率呈极显著负相关;POD 活性与精油产量和柠檬烯相对含量呈显著正相关,与反式茴香脑相对含量呈显著负相关;MDA 含量与干物率和反式茴香脑相对含量呈极显著正相关,与鲜质量和干质量呈极显著负相关;精

表 3 不同浓度 NaCl 对茴香精油成分组成比例的影响

化合物	精油成分相对含量(%)						
	CK	40 mmol/L NaCl	70 mmol/L NaCl	100 mmol/L NaCl	130 mmol/L NaCl	160 mmol/L NaCl	190 mmol/L NaCl
柠檬烯	20.61 ± 1.31ABCb	27.00 ± 0.26ABa	28.56 ± 0.40Aa	28.27 ± 2.04Aa	21.52 ± 1.67ABCb	21.95 ± 0.57ABCb	18.46 ± 2.82Cb
γ-蒎烯	1.48 ± 0.15a	1.86 ± 0.21a	2.18 ± 0.34a	2.07 ± 0.34a	2.13 ± 0.82a	1.78 ± 0.21a	1.78 ± 0.29a
小茴香酮	2.71 ± 0.73a	3.24 ± 0.63a	2.42 ± 0.63a	2.01 ± 0.52a	2.51 ± 0.56a	2.79 ± 1.24a	3.19 ± 1.56a
3,4-二甲基-2,4,6-辛三烯	0.29 ± 0.04a	0.27 ± 0.05a	0.29 ± 0.04a	0.32 ± 0.05a	0.33 ± 0.04a	0.32 ± 0.04a	0.23 ± 0.06a
爱草脑	1.6 ± 0.03ABb	1.43 ± 0.10Bb	1.4 ± 0.08Bb	1.49 ± 0.02Bb	1.5 ± 0.071Bb	1.64 ± 0.04ABb	1.92 ± 0.11Aa
葑醇乙酸酯	0.67 ± 0.14a	0.71 ± 0.32a	1.28 ± 0.43a	0.53 ± 0.18a	0.39 ± 0.11a	0.7 ± 0.42a	0.69 ± 0.66a
顺式茴香脑	0.31 ± 0.09ABb	0.53 ± 0.13Aa	0.32 ± 0.04ABb	0.21 ± 0.02Bb	0.29 ± 0.02ABb	0.37 ± 0.04ABab	0.37 ± 0.04ABab
反式茴香脑	51.63 ± 1.32Bbc	48.14 ± 1.06Bc	47.55 ± 0.72Bc	47.75 ± 1.33Bc	56.46 ± 3.19ABab	55.48 ± 0.64ABab	59.85 ± 3.76Aa
金合欢烯	0.06 ± 0.02a	0.06 ± 0.02a	0.05 ± 0.02a	0.09 ± 0.03a	0.04 ± 0.01a	0.1 ± 0.05a	0.63 ± 0.01a
C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	0.08 ± 0.02a	0.08 ± 0.04a	0.09 ± 0.02a	0.1 ± 0.02a	0.07 ± 0.03a	0.15 ± 0.05a	0.14 ± 0.04a
亚胡椒基酸	0.15 ± 0.02Aab	0.21 ± 0.01Aa	0.2 ± 0.03Aa	0.21 ± 0.03Aa	0.22 ± 0.06Aa	0.17 ± 0.06Aab	0.06 ± 0.03Ab
吉玛烯 D	0.36 ± 0.12a	0.47 ± 0.17a	0.38 ± 0.08a	0.37 ± 0.17a	0.2 ± 0.06a	0.19 ± 0.04a	0.13 ± 0.02a
肉豆蔻醛	1.18 ± 0.31Ab	1.6 ± 0.54Aab	1.14 ± 0.26Ab	1.4 ± 0.56Aab	1.07 ± 0.37Ab	1.23 ± 0.75Ab	2.94 ± 0.62Aa
葑萝芹菜脑	6.84 ± 1.48a	8.69 ± 1.19a	6.11 ± 1.46a	8.44 ± 1.64a	6.68 ± 2.29a	6.43 ± 1.05a	6.62 ± 1.03a
苯丙烷类化合物	62.66 ± 2.96ABbc	62.21 ± 0.52Bbc	57.54 ± 0.31Bc	59.82 ± 1.90Bbc	67.01 ± 1.42ABab	66.31 ± 0.35 A Bab	72.97 ± 4.93Aa
萜类化合物	25.29 ± 1.30BCc	32.1 ± 0.09ABab	34.44 ± 0.80Aa	33.46 ± 2.16ABa	26.41 ± 0.97ABCbc	26.99 ± 0.89ABCbc	23.47 ± 3.79Cc
合计	87.96 ± 3.95Ab	94.31 ± 0.55Aab	91.98 ± 0.96Aab	93.28 ± 2.34Aab	93.42 ± 0.88Aab	93.3 ± 1.09Aab	96.43 ± 1.14Aa

注:同行数据后不同小写、大写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )、极显著( $P < 0.01$ )。

油产量与柠檬烯相对含量呈极显著正相关,与干质量呈显著负相关;鲜质量与干质量呈极显著正相关,与干物率和反式茴香脑相对含量呈显著负相关;干质量与反式茴香脑呈显著负相关;干物率与反式茴香脑相对含量呈显著正相关,与柠檬烯相对含量呈显著负相关;反式茴香脑相对含量与柠檬烯相对含量呈极显著负正相关(表 4)。

表 4 不同浓度 NaCl 茴香精油含量和主要成分含量及生理指标的相关系数

指标	相关系数									
	可溶性糖含量	蛋白质含量	SOD 活性	POD 活性	MDA 含量	精油产量	鲜质量	干质量	干物率	反式茴香相对含量
可溶性糖含量	1.000									
蛋白质含量	0.496 *	1.000								
SOD 活性	0.097	-0.085	1.000							
POD 活性	0.240	-0.064	0.230	1.000						
MDA 含量	0.073	-0.259	-0.015	-0.153	1.000					
精油产量	0.761 **	0.350	0.092	0.437 *	0.295	1.000				
鲜质量	-0.056	0.166	-0.010	0.127	-0.925 **	-0.373	1.000			
干质量	-0.070	0.164	0.019	-0.142	-0.830 **	-0.446 *	0.928 **	1.000		
干物率	-0.367	-0.630 **	0.251	-0.110	0.632 **	-0.074	-0.547 *	-0.389	1.000	
反式茴香相对含量	-0.411	-0.410	0.071	-0.504 *	0.551 **	-0.304	-0.565 **	-0.474 *	0.527 *	1.000
柠檬烯相对含量	0.569 **	0.508 *	0.052	0.488 *	-0.338	0.555 **	0.292	0.178	-0.501 *	-0.854 **

注:\*\*、\* 分别表示在 0.01、0.05 水平显著相关。

3 结论与讨论

一定浓度的 NaCl 胁迫可以提高植物精油的产量。Mou-na 等用 25、50、70、100 mmol/L NaCl 处理鼠尾草,在 25 ~ 70 mmol/L NaCl 之间,精油产量随着 NaCl 浓度升高而升高<sup>[8]</sup>;Nahida 等用 10、60、120 mmol/L NaCl 处理马郁兰,当 NaCl 浓度为 60 mmol/L 时,精油产量比 CK 增加 55.5%<sup>[9]</sup>;Jamel 等用 25、50、70 mmol/L NaCl 处理红花,结果显示,50、75 mmol/L NaCl 处理的精油产量分别比 CK 提高 70%、27%<sup>[10]</sup>。本试验结果显示,用不同浓度 NaCl 处理茴香后,其精油产量均提高了,表现为先降低再升高再降低的趋势,100 mmol/L NaCl 最高,说明 NaCl 具有促进精油合成的功能,

这与 Singh 等的“在 30% 可交换钠的逆境环境中苦茴香精油含量较正常土壤中的略低”结果<sup>[11]</sup>略有不同,而与王羽梅的“高[Cl<sup>-</sup>]的营养液配方可使球茎茴香叶片的精油含量明显增加”结果<sup>[3]</sup>是一致的。

反式茴香脑是反映茴香精油质量的重要成分,各处理相对含量为 47.55% ~ 59.85%,随着 NaCl 浓度的加大呈先降低再升高趋势,190 mmol/L NaCl 最高。这一结果与 Singh 等的“在 30% 可交换钠的逆境环境中苦茴香精油主成分反式茴香脑相对含量由 63.4% 提高到 75.2%”结果<sup>[11]</sup>一致;第二主成分柠檬烯的相对含量为 18.46% ~ 28.56%,呈先升高再降低的趋势,变化趋势与反式茴香脑相对含量相反,70、100 mmol/L NaCl 较大,190 mmol/L NaCl 最小。

上述结果说明适宜的 NaCl 浓度可以提高精油含量,改善精油品质。精油的形成大多是由异戊二烯作为基本骨架,再形成各种萜类结构的精油成分,合成途径主要有甲瓦龙酸途径、3-PGA/丙酮酸途径、莽草酸途径和丙二酸途径 4 种,其中甲羟戊酸途径和 3-PGA/丙酮酸途径主要合成萜类化合物,莽草酸途径和丙二酸途径合成苯丙烷类化合物<sup>[17]</sup>。无论是哪条代谢途径,乙酰辅酶 A 都起到了重要的作用<sup>[18]</sup>。由此可以推理,NaCl 及其浓度的变化可能是直接或间接促使辅酶 A 及其他关键酶向精油合成方向转化,因而更有利于茴香精油及其某种精油成分的合成,进而造成不同浓度 NaCl 处理茴香其精油和精油成分相对含量的差异性。

本研究的目的是想了解茴香精油在一定浓度的 NaCl 处理下,能否促进精油的累积,以及精油与初生代谢物生物量、可溶性糖含量、蛋白质含量等之间的相关性,进而为植物次生代谢规律的研究提供一些线索。本研究结果显示,可溶性糖含量、蛋白质含量、POD 活性、SOD 活性受 NaCl 浓度影响较大,这些生理指标在一定浓度范围内呈增加趋势,这是茴香受到胁迫后,为抵抗外界压力,降低细胞渗透势而产生的一种应激反应,而超过一定极限,会出现紊乱或下降现象;丙二醛是植物遭受逆境伤害时细胞膜发生膜质过氧化作用而形成的最终分解产物,在本试验中随着 NaCl 浓度提高而直线上升,190 mmol/L NaCl 最大。相关性分析结果显示,精油产量与可溶性糖含量、蛋白质含量、POD 活性、SOD 活性以及第二主成分柠檬烯相对含量呈正相关,且与可溶性糖含量、柠檬烯相对含量呈极显著正相关,与 POD 活性呈显著正相关;反式茴香脑相对含量与柠檬烯相对含量呈极显著负相关,与 SOD 活性、MDA 含量和干物率呈正相关;柠檬烯相对含量与蛋白质含量、POD 活性、SOD 活性、鲜质量、干质量呈正相关,且与 POD 活性和蛋白质含量呈显著正相关,与干物率负相关显著。

植物精油及其成分的合成、变化及累积是植物体内的氧化、聚合、失水、环化及酯化等多种生理生化过程的结果,这个过程是一个动态变化的过程,它受遗传、气候、土壤、栽培、器官及发育条件等诸多因素影响<sup>[19]</sup>。因此,还需要对茴香精油合成及组分代谢机制,特别是辅酶 A 及其他相关酶与精油代谢之间的相关性进行更进一步的研究,才能更清楚地解释本试验的结果。

#### 参考文献:

- [1] 李伊莎. 生长期和温度对茴香生长和精油代谢的影响[C]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.
- [2] 肖艳辉,何金明,王羽梅,等. 土壤含水量对茴香植株生长及精油含量和组分的影响[J]. 园艺学报,2009,36(7):1005-1012.
- [3] 王羽梅,任安祥,潘春香,等. 阴离子对球茎茴香生长和精油含量的影响[J]. 植物生理学通讯,2002,38(3):270-272.
- [4] Ichimura M, Tomitaka Y, Kimura M. Effect of temperature and day-length on growth and essential oil concentration of sweet basil[J]. J Japan Soc Hort Sci, 1991, 60: 338-339.
- [5] 木村正典,市村匡史,富高弥一平. スイートバジル(*Ocimum basilicum* L.)の生育・収量・精油濃度ならびに蒸発散量に及ぼす灌水の影響[J]. 熱帯農業,1994,38(1):65-72.
- [6] Ichimura M, Ohguro N, Wakaya M. Effect of water stress on growth and essential oil concentration of sweet basil leaves[J]. J Japan Soc Hort Sci, 1996, 65(2):334-335.
- [7] 姚 蕾,高野泰吉,鈴木茂敏. 罗勒在盐胁迫条件下水分生理及精油含量的变化[J]. 上海农学院学报,2000,18(2):77-84.
- [8] Mouna T B, Kame M, Hosni, karim, hammami, mohamed. kchouk, mohamed elyes. marzouk, brahim. plant growth, essential oil yield and composition of sage(*Salvia officinalis* L.) fruits cultivated under salt stress conditions[J]. Industrial Crops&Products, 2009, 30(3):333-337.
- [9] Jelali N, Dhifi W, Chahed T, et al. Salinity effects on growth, essential oil yield and composition and phenolic compounds content of marjoram(*Origanum majorana* L.) leaves[J]. Journal of Food Biochemistry, 2011, 35(5):1443-1450.
- [10] Harrathi J, Attia H, Nefati M, et al. Salt effects on shoot growth and essential oil yield and composition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) [J]. Journal of Essential Oil Research, 2013, 25(6):482-487.
- [11] Singh P K, Chowdhury A R, Garg V K. Yield and analysis of essential oil of some spice crops grown in sodic soils[J]. India Perfumer, 2002, 46(1):35-40.
- [12] 肖艳辉,何金明,王羽梅. 光照强度对茴香植株生长以及精油的含量和成分的影响[J]. 植物生理学通讯,2007,43(3):551-555.
- [13] 何金明,肖艳辉,王羽梅,等. 光照长度对茴香植株生长及精油含量和组分的影响[J]. 生态学报,2010,30(3):652-658.
- [14] 任安祥,何金明,肖艳辉,等. CO<sub>2</sub> 浓度升高对茴香植株生长、精油含量和组分的影响[J]. 植物生态学报,2008,32(3):698-703.
- [15] 李合生,孙 群,赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:172-174.
- [16] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999:133-134.
- [17] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 6 版. 北京:高等教育出版社,2008:131-142.
- [18] Goodwin T W. Regulation of terpenoid synthesis in higher plants [M]//Pridham J B, Swain T. Biosynthetic pathways in higher plants. London:Academic Press,1965:57-71.
- [19] 李 飞. 中国樟树精油资源与开发利用[M]. 北京:中国林业出版社,2000:70-149.

**更正** 《江苏农业科学》2015 年第 43 卷第 9 期 152-154 页所刊论文《黄绿斑驳花叶病毒荧光纳米颗粒试纸条的研制》,其中第三作者“孙晓菲”应更正为“孙晓飞”。特此更正,并向读者致歉。

《江苏农业科学》编辑部

2015 年 10 月