

〔熱帯果樹複合経営を実現する効率的栽培技術の開発〕

## 経営の二番手となる品目の生産技術開発

### ～「菊池レモン」の開花時期別果実における香気組成および評価～

池田行謙・菅原俊二\*・中山優子\*・矢口善博\*

(小笠原農セ・\*高砂香料工業)

---

【要 約】「菊池レモン」の果皮の香りは、春開花果実において「菊池レモン」の特徴香気が最も強く感じられる。秋開花果実では、thymol 香に加えて pinene などが有する針葉樹系の香気も感じられる。一方、夏開花果実には、他と比べて菊池レモンの特徴香気が弱い。

---

#### 【目 的】

小笠原の「菊池レモン」の緑色果は、年3回（9～10月を中心に4～6月および11月）の商業出荷が可能であり、現在、各時期の果実品質の詳細を調査している。本試験では、香気成分組成を明らかにし、加工、流通および消費面で利用可能な基礎資料とする。

#### 【方 法】

分析用果実の採集は、春季開花由来果実（以下、春開花）が2014年9月22日、夏季開花由来果実（以下、夏開花）が11月5日、秋季開花由来果実（以下、秋開花）が2015年5月28日に行った。分析に供した果実重量（および果数）は、4.3kg（31果）、5.0kg（28果）および3.1kg（31果）で、香気分析は、2014年10月3日、11月18日および2015年6月11日に行った。果皮分析用の試料の調製および測定は、各時期に剥皮した果皮100gを diethyl ether:pentane=1:2 溶液で抽出後、液相に無水硫酸ナトリウムを添加し、脱水、ろ過後、香気抽出物を得た。その後KD管による濃縮、SAFE処理（60℃、 $1 \times 10^{-5}$ Pa）による高沸点成分除去、KD管による再濃縮を行った後、GC/MSおよびGC/FID測定を行った。オイル重量は、各サンプルのGC/FIDクロマトグラムより溶媒のピークエリアを除いたものを香気濃縮物重量に乗じて計算した。香気評価は、2015年8月25日に行い、保存サンプル（香気濃縮物）に対して調香師から評価のコメントを得た。

#### 【成果の概要】

1. オイル含量：果皮重量に対するオイルの割合は、夏開花が  $4.7 \cdot 10^{-2}\%$  と多く、秋開花が  $3.2 \cdot 10^{-2}\%$  と少ない傾向であった。果汁重量に対するオイルの割合は、夏開花が  $9.1 \cdot 10^{-4}\%$  と多く、秋開花が  $4.0 \cdot 10^{-4}\%$  と少ない傾向であった。オイル含量比（果皮/果汁）は、春開花が82.0、夏開花が51.6、秋開花が80.0であった（表1）。
2. 主要香気成分の組成と評価：linalool (No. 35), terpineol (No. 41, 53), neral (No. 51), geranial (No. 57), neral (No. 67), geraniol (No. 71), thymol (No. 77) は春開花に、citronellol (No. 64), pinene (No. 2, 4) は秋開花に、limonene (No. 11) は夏開花にそれぞれ多い傾向であった（表2）。香気評価は、春開花が「菊池レモン」らしさが強く感じられて高評価であった。秋開花も thymol 香やフレッシュなグリーン感を感じるなど高評価であった。一方、夏開花は香りが弱く、低評価であった（表3）。
3. まとめ：春開花は、「菊池レモン」の特徴香気が全体的に強く感じられた。秋開花では、マイヤー系レモンに特有の thymol に加えて pinene など針葉樹系の香気も感じられた。一方、夏開花は、「菊池レモン」の特徴香気が弱く、他の時期と比べて評価が劣った。これは、香りの比較的弱い limonene の組成割合が他時期より高いことが原因と考えられた。

表1 開花時期別果実のオイル含量割合<sup>a, b, c, d</sup>

試験区	果皮 (%)	果汁 (%)	比 (果皮/果汁)
春開花	$4.1 \cdot 10^{-2}$	$5.0 \cdot 10^{-4}$	82.0
夏開花	$4.7 \cdot 10^{-2}$	$9.1 \cdot 10^{-4}$	51.6
秋開花	$3.2 \cdot 10^{-2}$	$4.0 \cdot 10^{-4}$	80.0

a) 採集時期：2014年9月22日（春開花），11月5日（夏開花）および2015年5月28日（秋開花）

b) GC-MS測定日：2014年10月3日（春開花），11月18日（夏開花）および2015年6月11日（秋開花）

c) GC/MS条件：測定機器：SHIMAZU GCMS-QP2010Ultra，カラム：BC-WAX (50m×0.25mmI. D. ×0.15 μ mdf, GL Sciences, Inc.，温度プログラム：70℃(0min)-(4℃/min)-220℃，キャリアガス：ヘリウム，スプリット：100:1，注入口圧：242kPa，イオンソース温度：200℃

d) GC/FID条件：測定機器：7890A(GC) (Agilent)，カラム：BC-WAX (50m×0.25mmI. D. ×0.15 μ mdf, GL Sciences, Inc.，温度プログラム：70℃(0min)-(4℃/min)-220℃，キャリアガス：ヘリウム，スプリット：100:1，注入口圧：270kPa，検出器温度：200℃

表3 調香師による果皮の香気評価<sup>a</sup>

試験区	内容
春開花	<ul style="list-style-type: none"> <li>「菊池レモン」の特徴香気が強い</li> <li>thymol様香気が3時期では最も強い</li> <li>フェノール様香気が強い</li> <li>レモン様香気が強い</li> </ul>
夏開花	<ul style="list-style-type: none"> <li>thymol様香気が3時期では最も弱い</li> <li>全体的な香りが3時期では最も弱い</li> </ul>
秋開花	<ul style="list-style-type: none"> <li>thymol様香気ははっきりと感じられる</li> <li>フレッシュなグリーン感</li> </ul>

a) 香気評価日：2015年8月25日

表2 開花時期別の果皮の香気成分比較

No.	Compound Name	GC/FID クロマトエリア (%)		
		春開花	夏開花	秋開花
1	ethyl acetate	tr <sup>a</sup>	tr	tr
2	α-pinene	0.93	0.99	1.36
3	camphene	tr	tr	tr
4	β-pinene	0.49	0.50	0.73
5	sabinene	0.14	0.15	0.15
6	cis-3-hexenal	tr	0.01	tr
7	1-penten-3-ol	tr	0.01	-
8	myrcene	1.49	1.69	1.56
9	α-phellandrene	0.03	0.04	0.04
10	α-terpinene	0.10	0.05	0.18
11	limonene	74.43	80.90	77.05
12	β-phellandrene	0.18	0.11	0.16
13	1,8-cineole	0.18	0.12	0.05
14	cis-b-ocimene	0.03	0.02	0.05
15	γ-terpinene	6.22	5.81	8.56
16	4-cymene	0.84	0.73	1.32
17	terpinolene	0.37	0.27	0.47
18	hexanol	tr	0.01	-
19	cis-3-hexenol	0.29	0.29	tr
20	nonanal	tr	0.01	tr
21	4-mentha-1,3,8-triene	tr	0.01	0.01
22	trans-2-hexenol	0.02	0.05	-
23	tetradecane	tr	tr	tr
24	dehydro-4-cymene	0.13	0.13	0.16
25	4-mentha-1,4,8-triene	0.07	0.06	0.08
26	3-carene epoxide	tr	tr	tr
27	trans-limonene-1,2-oxide	0.03	0.02	0.00
28	trans-sabinene hydrate	0.17	0.12	0.07
29	terpinolene-4,8-oxide	0.00	-	0.07
30	citronellal	0.10	0.10	tr
31	δ-elemene	0.03	0.02	tr
32	α-copaene	0.02	0.03	-
33	pentadecane	tr	tr	tr
34	camphor	0.03	0.02	tr
35	linalool	3.96	1.47	1.89
36	trans-4-menth-2-en-1-ol	tr	tr	-
37	cis-α-bergamotene	tr	0.01	tr
38	trans-α-bergamotene	0.20	0.16	0.18
39	thymol methyl ether	0.05	0.08	0.03
40	β-elemene	0.18	0.13	0.18

a) trは検出限界以下

No.	Compound Name	GC/FID クロマトエリア (%)		
		春開花	夏開花	秋開花
41	4-terpinenol	0.14	0.09	0.07
42	β-caryophyllene	0.12	0.10	0.09
43	undecanal	tr	tr	tr
44	4-menth-1-en-9-al -1)	tr	tr	-
45	trans-4-mentha-2,8-dien-1-ol	0.03	0.02	-
46	β-santalene	tr	tr	tr
47	nonanol	tr	tr	tr
48	β-citronellyl acetate	tr	tr	tr
49	trans-β-farnesene	0.06	0.02	0.04
50	α-humulene	0.05	0.08	0.07
51	neral	0.35	0.18	0.10
52	limonen-4-ol	0.05	0.03	tr
53	α-terpineol	1.14	0.80	0.50
54	borneol	tr	tr	tr
55	germacrene d	0.28	0.22	0.37
56	piperitone	tr	tr	tr
57	geranial	0.47	0.26	0.21
58	neryl acetate	0.08	0.04	-
59	β-bisabolene	0.31	0.27	0.36
60	bicyclogermacrene	0.03	0.03	0.04
61	cis-limonen-3-ol	tr	-	tr
62	trans-limonen-4-ol	tr	tr	tr
63	δ-cadinene	0.04	0.03	0.03
64	β-citronellol	0.22	0.17	0.39
65	4-mentha-1(7),2-dien-8-ol	0.05	0.07	0.03
66	γ-isogeraniol	0.02	tr	tr
67	nerol	0.35	0.18	0.13
68	β-safranin	0.04	0.02	0.03
69	isopiperitenone	0.23	0.20	0.14
70	4-cymen-8-ol	0.08	0.10	0.11
71	geraniol	0.21	0.13	0.11
72	limonen-10-yl acetate	0.02	0.01	tr
73	4-menth-1-en-9-ol -1)	0.02	tr	tr
74	4-menth-1-en-9-ol -2)	tr	tr	tr
75	limonen-10-ol	0.25	0.14	0.08
76	2-(4-methylphenyl)propanol	tr	0.01	tr
77	thymol	3.53	1.65	2.16
78	geranic acid	tr	tr	tr
	sum	98.87	98.99	99.41
	unknown	1.13	1.01	0.59