

スイートバジルの葉の着生位置ならびに 葉齢による精油含量と精油成分の差異

市村 匡史*

(平成 19 年 8 月 24 日受付/平成 19 年 10 月 26 日受理)

要約: スイートバジルの葉中精油含量は、展開直後の若い葉で多く、主枝では上段葉、側枝では第 2 次側枝葉と、若い葉が多かった。4 細胞腺毛数は、1 葉当たりでは葉面積の大きい主枝上段葉が多かったが、分布密度は最も若い第 2 次側枝葉で著しく高かった。

精油成分は 29 成分が認められ、若い生育ステージで特異的に認められた methyl eugenol は主枝下段葉および第 1 次側枝基部葉に高含有率で認められ、これらの葉が主体をなす若い生育ステージでは高含有率で存在するが、側枝葉の増加に伴って、これらの葉の全体葉に占める割合が低下すると、急激に低下することが明らかとなった。逆に、生育に伴って成分含有率が上昇した 1,8-cineol と linalool は、主枝上段葉や側枝葉の若い葉で含有率が高く、側枝葉の増加に伴って含有率が上昇したことも明らかになった。

キーワード: スイートバジル, 着生位置, 葉齢, 精油, 腺毛

緒 言

既報において、器官別の精油含量は花穂で最も多いことから、開花期に地上部全体を収穫した時には、精油量に対する花穂の貢献が大きいことを明らかにしたが、同時にスイートバジルの葉中精油含量は生育に伴って上昇し、葉のみの場合も主枝の開花期にほぼ最高含量に達することを明らかにした¹⁾。しかし、この場合の葉は、株全体の葉であり、どの葉齢、どの葉位の葉も一様に開花期に向かって精油含量が上昇したわけではない。また、ハーブを精油採取ではなく、調理を目的として利用する場合には、精油採取時のように一度に多くの葉を使用することはないため、株全体の葉の精油含量ではなく、個葉の精油含量の推移を明らかにする必要がある。

本試験では、株全体の葉の精油含量の変動要因、ならびに少枚数の葉を利用するときにはどのような葉を利用することが得策であるかを検討するため、葉齢や葉の着生位置を異にした葉の香気成分の差異について検討した。

材料および方法

材 料

供試したスイートバジル (*Ocimum basilicum* L.) の種子は、オランダから 1985 年に導入し、その後代々自殖を繰り返して採種を続けたほぼ純系に近いものであった。

栽培方法

播種箱に播種し、本葉 2 枚で 9 cm 黒色ポリポットに鉢上げし、本葉 4 枚で a/5000 ワグネルポットに定植した。

栽培には、赤土 (関東ローム心土) とバーク堆肥を混合した培養土を用いた。播種用には赤土とバーク堆肥をそれ

ぞれ 3 mm 目篩で篩別して容積比で 1:2 に混合し、鉢上げ用には 6 mm 目篩で篩別して 1:1 に混合し、定植用には 10 mm 目篩で篩別して 2:1 に混合した。施肥量はいずれの用土とも、培養土 10 l 当たり硫酸 5 g、過磷酸石灰 60 g、塩化カリ 2 g とした。栽培は、実験 1, 2 とともにガラス温室で行ったが、実験 1 では無加温で、実験 2 では最低温度を 20°C に維持するように加温して行った。

精油の採取・分析方法

精油は水蒸気蒸留法により採取し、1 回の蒸留時間を 3 時間とした。精油の分析にはガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-14A) を用いて精油成分を分離定量した。分析に用いたカラムは Carbowax 20 M, 0.2 mm × 25 m で、キャリアガスに He を用い、流量を 0.62 ml/min とした。検出器温度を 290°C とし、カラム温度を 55°C から 210°C まで、毎分 4°C で昇温した。

実験 1. 葉位と葉齢による差異

1987 年 5 月 27 日に播種し、6 月 8 日に鉢上げして、6 月 17 日に定植した。側枝を発生初期にすべて摘除し、出穂して止め葉が完全に展開した 7 月 18 日に栽培を打ち切った。精油分析のために、6 月 20 日に主枝上の第 1~6 葉、7 月 6 日に第 1~6 葉、第 7~12 葉、7 月 18 日に第 1~6 葉 (下段 3 節: 下段葉)、第 7~12 葉 (中段 3 節: 中段葉)、第 13 葉~18 葉 (上段 3 節: 上段葉) を採取した。

実験 2. 葉の着生位置による差異

1987 年 9 月 26 日に播種し、10 月 17 日に鉢上げして、10 月 22 日に定植した。12 月 9 日に精油分析のために、主枝葉については実験 1 と同様に 3 段階の節位別に採取し、第 1 次側枝については先端より第 3 節までを先端葉、第 4 節以下の葉を基部葉として採取した。第 2 次側枝については

* 東京農業大学農学部農学科

展開葉数が少ないことから、まとめて第2次側枝葉とした。

さらに、着生位置を異にした葉と腺毛数の関係を検討するため、主枝第2節葉と第8節葉、主枝第5節における第1次側枝の第5節葉、主枝第2節第1次側枝における第2次側枝第1節葉、ならびに主枝第8節第1次側枝第1節における第2次側枝第1節葉の4細胞腺毛数を100倍の透過型生物顕微鏡下で計測した。スイートバジルにおける腺毛には、精油分泌細胞数が1, 2, 4および8個の4種類が認められるが、本試験ではすべての器官に認められ、精油含量に大きく影響する4細胞腺毛のみを、各着生位置の葉の向軸・背軸両面で、1葉当たりの全数を計測した。

結 果

1. 葉位と葉齢による差異

1) 生育

草丈は定植直後の6月20日では約14cmであったが、その後順調に伸長して、試験を打ち切った7月18日には70cm余まで伸長した。主枝葉数は定植時では約6枚であったが、その後順調に増加して、7月13日には約20枚で止め葉に達した。すなわち、対生する主枝葉を3節毎に採取した上段葉の上に、さらに第10節目の止め葉節の最上位葉(19, 20葉)が展開した後、出穂した。試験打ち切り時(7月18日)における葉面積は中段葉で最も大きく、次いで上段葉で、下段葉で最も小さかった(表1)。

2) 葉中精油含量と精油成分

葉中精油含量は低段の1~6葉では第6葉展開直後の6月20日(主枝6葉期)に最も多く、約2週間後の7月6日(主枝12葉期)になると1/3以下に急激に減少し、その約2週間後にはさらに1/2以下に減少した。中段の7~12葉においても、低段葉と同様に展開直後で多く、約2週間後には約1/2に減少した。上段の第18葉の展開直後である7月18日(主枝18葉期)では上段葉ほど多く、中段葉では約1/4であり、下段葉では約1/20と少なかった。また、上段葉から下段葉までのそれぞれの展開直後と比較すると、上段葉で多く、中段葉、下段葉では差がなかった(表2)。

精油成分としては29成分が認められたが、いずれの葉位や葉齢(展開後の日数)においても、5%を超えた成分は1,8-cineol, linalool, α -bergamotene+ β -elemene, methyl eugenol, eugenolの5成分であった。低段の1~6葉でも、中段の7~12葉においても、概ね傾向が類似しており、 β -pineneからterpinoleneまでの低沸点成分は日数の経過に伴って成分含有率が低下し、iso-bornyl acetate以降に検出される高沸点成分は成分含有率が上昇する傾向にあった。低沸点成分と高沸点成分の中間の成分においては、linaloolのように一旦上昇した後に低下したり、cis-3-hexenolのように低段葉と中段葉で傾向が異なるなど、傾向が判然としなかった(表3)。

実験2. 葉の着生位置による差異

1) 生育

主枝葉数は10月17日に本葉2枚で鉢上げ後、順調に増加し、11月7日には10枚となり、11月28日には18枚で

表1 主枝の生育状態(開花開始期)

草丈(cm)		71.5
穂長(cm)		4.8
葉数(枚)		20.4
器官別	葉	29.5
	茎	20.0
	花穂	0.7
新鮮重(g)	全体	50.2
	下段	5.9
	中段	12.5
葉位別	上段	9.2
	止葉節	1.9
	全体	29.5
葉面積(cm ²)	下段	173.1
	中段	349.4
	上段	271.4
葉面積(cm ²)	止葉節	59.0
	全体	852.9

n=5

表2 葉位と葉齢を異にした主枝葉の葉中精油含量^z

	主枝6葉期 6月20日	主枝12葉期 7月6日	主枝18葉期 7月18日
13-18葉	—	—	0.53
7-12葉	—	0.28	0.14
1-6葉	0.29	0.08	0.03

z: mL/kg fw, n=3

止め葉に達した。主枝が止め葉に達した前後から、側枝が著しく伸長して、側枝葉数の増加が著しく、栽培を打ち切った12月9日には約330枚となった(図1)。

栽培打ち切り時の着生位置別葉面積は、主枝に比べて葉数の多い側枝で大きかった。第1次側枝基部葉で最も大きく、次いで同じ第1次側枝の先端葉であり、最も葉数の多かった第2次側枝葉では、平均葉面積が著しく小さかったため、側枝では最も小さかった。主枝では3節ずつ分割したため葉数が6枚と変わらず、着生位置別全葉面積では平均葉面積の大きな中段葉で大きく、次いで上段葉で、下段葉で最も小さかった(表4)。

2) 葉中精油含量と精油成分

葉中精油含量は最も若い第2次側枝葉で0.95 mL/kg fwと最も多く、次いで第1次側枝葉であり、主枝葉では少なかった。葉齢別の葉中精油含量は、主枝葉、第1次側枝葉ともに、先端の若い葉で多かった(表5)。

精油成分は29成分が認められたが、5%以上を占めた成分は1,8-cineol, linalool, α -bergamotene+ β -elemene, methyl eugenol, eugenolの5成分であった。これら5成分のうち、1,8-cineolは最も若い第2次側枝葉で成分含有率が最も高く、次いで第1次側枝葉、主枝葉となったが、第1次側枝葉、主枝葉では、先端の若い葉が高かった。特に、第2次側枝葉で約10%と高かったが、最も低かった主

表 3 葉位と葉齢を異にした主枝葉の精油成分*

精油成分	6月20日		7月6日		7月18日	
	1-6葉	1-6葉	7-12葉	1-6葉	7-12葉	13-18葉
β -pinene	0.04	tr.	0.09	tr.	0.04	0.03
sabinene	tr.	tr.	0.04	tr.	tr.	0.01
myrcene	0.08	0.06	0.25	0.04	0.15	0.14
α -terpinene	tr.	tr.	0.03	tr.	tr.	0.02
limonene	0.07	0.06	0.16	0.04	0.12	0.10
1,8-cineol	2.99	1.68	6.34	0.52	4.00	2.85
γ -terpinene + β -ocimene	0.58	0.26	1.04	0.12	0.67	0.71
terpinolene	0.13	0.08	0.22	0.04	0.17	0.10
cis-3-hexenyl acetate	tr.	tr.	0.20	tr.	0.18	0.07
cis-3-hexenol	tr.	0.53	0.67	0.19	0.73	0.55
1-octene-3-ol	tr.	0.41	0.24	tr.	0.14	0.08
sabinene hydrate	0.08	tr.	0.10	tr.	0.07	0.03
octyl acetate	0.08	0.65	0.11	0.80	0.51	0.15
copaene	0.08	0.17	0.12	0.07	0.10	0.06
camphor	0.95	0.96	0.69	0.72	0.85	0.64
linalool	7.63	9.55	41.56	5.46	37.47	34.00
iso-bornyl acetate	0.24	0.61	0.31	0.72	0.62	0.32
α -bergamotene + β -elemene	5.61	4.88	3.83	6.75	4.48	3.96
methyl chavicol	2.02	1.65	0.80	1.84	0.86	0.75
α -terpneol+borneol	2.22	1.65	1.69	1.60	1.97	2.01
germacrene-d	1.97	1.73	1.31	2.35	1.41	1.18
δ -guaiene	0.39	0.39	0.35	0.58	0.41	0.48
bisabolene-1	1.06	1.07	0.64	1.50	0.68	0.60
δ -cadinene	0.98	1.01	0.93	1.55	1.18	1.21
geraniol	0.10	0.24	0.22	0.22	0.55	0.42
methyl eugenol	32.95	24.38	0.72	25.64	0.83	0.15
epi-cubenol	0.19	0.32	0.16	0.52	0.20	0.24
eugenol	33.53	40.71	33.16	37.47	36.54	44.12
acetate-d-amyl	1.78	1.67	1.47	2.95	1.45	1.55

z:精油当たり%, n=3

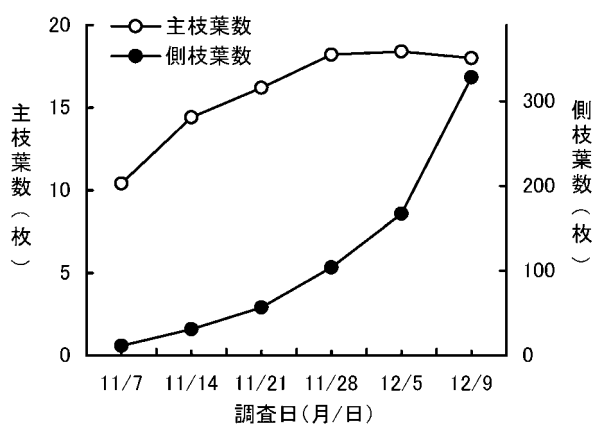


図 1 主枝・側枝葉の葉数の推移

枝下段葉では0.1%以下と約100倍の差があった。methyl eugenolは逆に主枝下段葉で約50%と著しく高く、第1次側枝葉、第2次側枝葉と低くなったが、主枝では上位節の葉ほど、第1次側枝葉では先端の葉で低かった。eugenolは全体に高かったが、主枝葉では上段葉で約45%と最も高く、古い葉ほど低くなり、下段葉で約18%と最も低かった。しかし、第1次側枝では逆に古い基部葉で高く、主枝葉で高かった上段葉とほぼ同程度で、第1次側枝の先端葉と第2次側枝葉では主枝中段葉と同程度であった。 α -bergamotene + β -elemeneはおおむね主枝葉で高い傾向であった(表5)。

3) 4細胞腺毛数

4細胞腺毛数はいずれの着生位置の葉においても、背軸面で多く、向軸面の約2倍と多かった。また、葉1枚当たりの腺毛数は葉面積の最も大きかった主枝第8葉で最も多かったが、次いで葉面積の大きかった主枝第2節葉では、

表 4 着生位置を異にした葉の面積と新鮮重

	主枝			第1次側枝		第2次
	下段葉	中段葉	上段葉	基部葉	先端葉	側枝葉
葉数(枚)	5.7	6.0	6.0	68.0	90.0	170.6
全葉面積(cm ²)	146.5	308.7	178.6	1362.3	1064.8	421.2
平均葉面積(cm ²)	25.7	51.5	29.8	20.0	11.8	2.5
全新鮮重(g)	3.8	3.8	4.1	29.2	20.3	6.7

n=5

表 5 着生位置による差異が葉中精油含量^zと精油成分^yに及ぼす影響

葉中精油含量と 精油成分	主枝			第1次側枝		第2次
	1-6葉	7-12葉	13-18葉	基部葉	先端葉	側枝葉
葉中精油含量	0.03	0.08	0.36	0.30	0.60	0.95
1,8-cineol	0.07	1.05	2.49	5.22	7.96	9.76
linalool	2.12	22.05	31.96	25.41	36.34	31.34
α -bergamotene + β -elemene	6.18	8.26	5.07	3.57	4.37	4.82
methyl eugenol	50.99	7.71	0.65	5.89	0.48	1.46
eugenol	18.22	36.45	44.53	45.96	35.86	34.50

z: mL/kg fw, y: 精油当たり%, n=3

表 6 着生位置を異にした葉の葉面積, 4 細胞腺毛の1葉当たり腺毛数と分布密度

		葉面積(cm ²)	腺毛数(個/枚)	分布密度(個/cm ²)
主枝	主2	向軸面	498.0	22.4
		背軸面	1255.0	56.1
	主8	向軸面	1991.2	45.8
		背軸面	5270.8	99.8
第1次側枝	主5・1次5	向軸面	2014.4	121.4
		背軸面	4610.8	273.7
第2次側枝	主2・1次2・2次1	向軸面	631.0	136.7
		背軸面	1282.6	272.2
	主8・1次1・2次1	向軸面	681.2	166.7
		背軸面	1615.8	385.3

n=3,

主2: 主枝第2節葉

主8: 主枝第8節葉

主5・1次5: 主枝第5節第1次側枝第5節葉

主2・1次2・2次1: 主枝第2節第1次側枝第2節第2次側枝第1節葉

主8・1次1・2次1: 主枝第8節第1次側枝第1節第2次側枝第1節葉

向軸・背軸両面とも最も少なかった。腺毛の分布密度は最も若い主枝第8節第1次側枝第1節における第2次側枝第1節葉で著しく高く、最も低かった主枝第2節葉の6~8倍であった(表6)。

考 察

本試験において、スイートバジルの葉中精油含量は、展開直後の若い葉で多く、葉位や側枝の着生位置別においても、主枝では上段葉、側枝では第1次側枝の先端葉と第2次側枝葉の若い葉が多かった。DEY・CHOUHARI²⁾は *Ocimum sanctum* L. で、葉の発育と精油含量の関係を調べ、10日齢、25日齢で多く、その後は低下しながら成熟葉(40日齢)となり、55日齢になるとさらに低下することを報告

している。本試験においても主枝下段葉の精油含量は、第6葉展開直後の主枝6葉期で最も多く、約2週間後の主枝12葉期には1/3に低下し、この2週間後の主枝18葉期にはさらに1/2に低下した。*sanctum*種と*basilicum*種と種が異なっても、展開後の日数経過に伴って、葉中精油含量が低下する傾向は同様であったと考えられた。また、吉田ら³⁾は青シソで葉位別に精油含量を調べ、先端の若い葉ほど精油含量が多かったと報告しており、本試験においても、主枝では先端の若い葉で、側枝においても基部葉より若い先端葉で、そして最も若い第2次側枝葉で最も葉中精油含量が多かった。*Ocimum*属と*Perilla*属と属が異なっても、若い葉で葉中精油含量が多いと考えられた。レモングラスやゼラニウム、ハッカなどでも同様なことが報告さ

れており、植物の属や種に関係なく、葉齢や葉位が異なる葉では、展開後の日数が少なく、より若い葉で葉中精油含量が多いものと考えられた。

次に、1葉当たりの腺毛数は、葉面積の最も大きかった主枝第8葉で最も多く、分布密度は最も若い第2次側枝葉で著しく高いとともに、葉中精油含量が最も多かった。吉田ら⁴⁾は、青シソで精油蓄積組織である腺鱗分布密度を、葉位別に展開直後の若い葉(第1葉)から第8葉まで調べ、若い葉ほど分布密度が高いことを報告しており、是沢⁵⁾も香料ゼラニウムで同様なことを報告している。さらに、吉田ら⁴⁾は腺鱗分布密度と精油含量との間に極めて高い正の相関関係を認め、腺鱗分布密度の高い葉では精油含量も多いことを報告している。本試験においても、最も若い第2次側枝葉で4細胞腺毛の分布密度と葉中精油含量が最も勝ったことから、スイートバジルにおいても青シソと同様な関係が認められた。WERKERら⁶⁾は、スイートバジルの葉の発育に伴う個葉の葉面積の増大と精油の関係を調査し、1葉当たりの精油含量は葉面積の増大に伴って増加するが、新鮮重に対する精油含量率は逆に低下することを認め、また、先端葉から順次葉位の低下に伴って、1葉当たりの精油含量は増加するが、新鮮重に対する精油含量率は低下することを報告している。本試験においても、主枝の上段葉と中段葉においては同様な関係が認められた。吉田ら⁴⁾ならびにWERKERら⁶⁾の報告を考えあわせると、腺毛の分布密度と精油含量に正の相関があり、葉面積と1葉当たりの腺毛数には正の、精油含量には負の関係が認められることから、葉面積の大きい葉ほど腺毛数が多く、精油含量も多くなるが、逆に腺毛の分布密度や精油含量率は低下するものと考えられることができる。しかし、本試験において

は、腺毛数は葉面積が最も大きかった主枝第8葉で最も多かったが、次いで葉面積の大きかった主枝2段葉では、葉面積の小さい第1次、2次側枝葉に比較しても少なく、調査した着生位置を異にする葉全体で最も少なかったことから、葉面積と腺毛数との間には正の相関関係が成立しない場合もあることが考えられた。本試験においては主枝下段葉がこれに当たるが、こうした現象が主枝下段葉にのみ特有の現象なのか、生育ステージが今回調査した主枝開花期からさらに進んだとき、第1次側枝葉や第2次側枝葉についても生じうる現象なのか、実際栽培においては、側枝を収穫しながら栽培が連続して長期にわたるため、検討する必要がある。

引用文献

- 1) 市村匡史・富高弥一平・木村正典, 1989. バジルの生育に伴う精油含量と成分の変化. 園学雑, 58 (別2): 332-333.
- 2) DEY, B.B. and M.A. CHOUDHARI, 1980. Effect of plant developmental stages and some micronutrients on essential oil and eugenol content in *Ocimum sanctum* L. *Indian Perfumer.*, XXIV (4): 199-203.
- 3) 吉田照雄・森 貞聡・若田洋三, 1969. クラリセイジ *Salvia sclaria* の精油含有組織について. 日作紀, 38 (2): 342-343.
- 4) 吉田照雄・東富士雄・猪川重徳, 1968. 香料用青シソの含油組織, 精油含量および精油成分について. 日作紀, 37 (1): 118-122.
- 5) 是沢儀明, 1954. 香料ゼラニウムに於ける施肥と生育各要素が収量に及ぼす影響. 農及園, 29 (11): 1443-1444.
- 6) WERKER, E., E. PUTIEVSKY, U. RAVID, N. DUDA and I. KATZIR., 1993. Glandular hairs and essential oil in developing leaves of *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). *Annals of Botany.* 70 : 43-50.

Variation in Contents and Components of Essential Oil by Location and Age of Leaf in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.)

By

Masashi ICHIMURA*

(Received August 24, 2007/Accepted October 26, 2007)

Summary : Essential oil content in sweet basil leaves was high in young leaves immediately after unfolding. The essential content was also high in the upper leaves on the main stem, and the second lateral branch leaves and young leaves on the lateral branches. The number of 4-cell glandular hairs per leaf was high in the upper leaves on the main stem with a large leaf area, while the distribution density was remarkably high in the second lateral branch leaves, which were the youngest.

Twenty-nine essential oil components were identified. A high percentage content of methyl eugenol, which was specifically observed in the early growth stage, was observed in the lower leaves on the main stem and proximal leaves on the first lateral branches. In the early growth stage, during which these leaves are dominant, the percentage of methyl eugenol was high. When the ratio of the number of these leaves to total leaf number decreased as the number of lateral branch leaves increased, the percentage of methyl eugenol rapidly decreased. Conversely, the percentage of 1,8-cineol and linalool, which increased as growth progressed, was high in the upper leaves on the main stem and young leaves on the lateral branches. Thus it was also shown that the percentage of these components increased as the number of lateral branch leaves increased.

Key words : sweet basil, leaf location, age, essential oil, glandular hair

* Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture