香料ゼラニウムの精油分泌機能に関する生理・生態学的研究

吉 田 照 雄

(愛媛大学農学部)

第7報 収油率の時期的変化とその支配要因*

収油率の時期的変化と体外環境及び体内環境の関係を調べ、収油率変化の支配要因を検討した。標準耕種法による *P. roseum* "France" を供試し、葉位・葉重を規定した均一な原料を用い、微量蒸溜器及びボイラー10 kg 型蒸溜器を用い収油率を測定した。1956~'58年にわたる資料から因子分析を行った。結果は次の如く要約される。

I. 体 外 条 件

(1) 収油率の季節的变化と気象諸要素との関係

5~8月にわたる収油率の変化と収穫当日の平均・最高・最低気温との関係を検討した結果(第1図)、平均気温との相関が最も大きいことが分つた。又最低気温は最高気温より相関が大である。収油率の変化には最低気温の限界がかなり密接な関係を持つことが分る。次に収穫当日の平均湿度及び日照時間と収油率の季節的变化との関係を求めた所相関は認められなかつた(湿度: $r=0.153$, 日照時間: $r=0.026$)。しかしながら温度条件がほぼ一定と考えられる日を選び相関を求めて見ると、湿度との間に負の相関があり、日照時間

Fig. 1. Relations between daily mean air temp., maximum temp., minimum temp. and percentage of oil.

Note. Materials are upper four leaf-blades, • : from May to June, ○ : from July to Aug.

との間に高い正の相関が認められた(第1表)。以上から収油率の季節的变化に対しては、気温が制限因子的に働き、気温条件がほぼ一定になると第二義的に湿度・日照時間が関与してくることが分る。

Table 1. Relations between hours of sunshine, humidity and percentage of oil, with air temperature constant.

Period	Range of daily mean temp.	Corre. coef. between humidity and percentage of oil	Corre. coef. between hours of sunshine and percentage of oil
1956 from July to Aug.	25~26°C	-0.886**	+0.935**
1957 from July to Aug.	28~29°C	-0.960**	+0.827**

Table 2. Relation between the percentage of oil in various leaf age and the daily mean air temperature.

Year	Leaf age	Period	Correlation coefficient	Regression† equation
1956	I	from May to Aug.	0.864**	$y=0.0523x-0.776$
	III	〃	0.834**	$y=0.0191x-0.276$
	V	〃	0.775*	$y=0.0059x-0.079$
	I	from Sept. to Nov.	0.869**	$y=0.0235x+0.033$
	III	〃	0.744*	$y=0.0139x-0.085$
	V	〃	0.742*	$y=0.0038x+0.003$
1957	I	from May to Aug.	0.806**	$y=0.0667x-1.273$
	III	〃	0.741*	$y=0.0246x-0.478$
	V	〃	0.791**	$y=0.0113x-0.267$
	I	from Sept. to Nov.	0.851**	$y=0.0277x-0.122$
	III	〃	0.748*	$y=0.0128x-0.071$
	V	〃	0.716*	$y=0.0078x-0.054$

† y : percentage of oil, x : daily mean air temperature.

*, ** 昭和34年9月22日 第124回講演会に於て発表

(2) 収油率と日平均気温との相関 先述した所から収油率の季節的变化の主要支配因子は日平均気温であることが分つたので、この両者の関係を更に検討するために、葉令別収油率(先端から I, III, V 葉位)の季節的变化(5~8月及9~11月)と日平均気温との関係を調べその特性を検討した(第2, 3表・第2図)。

① 幼葉の収油率は成老葉に比べ気温との相関がより密接である。② 葉令の若いもの程回帰係数が大である。つまり気温変化に対する収油率の増減が著しいわけで、幼葉収油率が気温変化に最も鋭敏である。

③ 9~11月は5~8月に比べ各葉位共にその回帰係数が低下している。これは5~8月の時期の方が気温変化に対し収油率が鋭敏に影響を受けることを物語る。④ 9~11月と5~8月の回帰線を比較して見ると、前者は y 軸を切る点が上方に移動している。つまりある一定温度に対する収油率が9~11月は6~8月に比べやや高くなっている。特に10月の気温は6月に比べ一般に低めであるが収油率は逆に高いことが注目される。この主原因は先述した第二義支配要因としての湿度・降雨量・日照時間等が精油分泌機能に好条件を与えたものと考えられる。11月中旬を過ぎ気温が急激に低下し始めると収油率は著しく低下していく。

(3) 人工昇温と収油率 ガラス板で植物体を被覆し人工的に昇温させたもの(ガラス区)と、自然状態のもの(対照区)の

Fig. 2. Relation between the percentage of oil and the daily mean air temperature at different periods.

Table 3. Comparison of air temperature, the amount of rainfall and hours of sunshine between the respective period May to June and October to November.

	May	June	Oct.	Nov.
1956 { Mean air temp. (°C)	16.4	21.7	18.4	13.1
1956 { Amount of rainfall(mm)	157.9	212.4	88.0	34.0
1956 { Hours of sunshine(h)	107.7	89.6	120.4	118.9
1957 { Mean air temp. (°C)	16.9	21.2	18.4	14.6
1957 { Amount of rainfall(mm)	127.4	114.2	69.4	39.5
1957 { Hours of sunshine(h)	116.8	113.5	164.3	156.5

収油率の季節的消長を比較検討した。ガラス区は側面からの通風を良くし湿度条件を出来るだけ外界に近いものとした。ガラス区の気温は一般に外気温（9時）に比べ2~5°C高めになっている。6~7月の外気温21~24°C及び9~10月の外気温16~24°Cの範囲内ではガラス区は対照区に比べ収油率が一般に高くなっている。人工昇温により収油率が増加したものと考えられる。しかし8月の外気温26~28°Cでは逆に対照区はガラス区に比べ20~30%収油率が高い、ガラス区内の気温（9時）が30°Cを上廻った状態は高温に

Fig. 3. Seasonal changes of the percentage of oil by artificial temperature rise.

Note: Figures in () show an index number. Materials are upper four leaf-blades.

Fig. 4. Relation between the rise of air temperature and the percentage of oil. Note: Materials are upper four leaf-blades.

すぎ逆に精油分泌機能を低下させるものと思われる、最高温の限界がこの付近にあるものと推定される（第3図）。一方光線の波長から考えると硝子は3200Å以下の短波長部は透過しないので、紫外線部が精油分泌に決定的な役割を果すとは考えられず、昇温による効果が大きなることを知った。又紫外線照射（マツダ殺菌燈GL使用、2537Å）による顕著な収油率の増加は認められなかった。

（4）収油率の増加と高温限界 7~8月の高温期を選び（9時気温が24~32°Cの範囲）、気温上昇と収油率の関係を調べた結果、第4図に示す如く拋物線的関係が認められる。9時気温28~29°Cで収油率増加のほぼ限界に達し、それ以上の高温日はかえって収油率が低下している。

（5）栽培環境 好適な肥料要素^{5,4,10}、土壌水分⁶、土壌pH⁷等は生草量の増加には有効であり、従って単位面積当りの収油量は増加するが、収油率には顕著な効果がない。以上から考えて前述の気象要素が収油率の変化を支配する外的主要因と考えてよいであろう。

II. 体内条件

（1）葉令と収油率 先に葉令別に収油率を調べ、下位葉収油率が低下していることを認め、この原因は葉の生長による腺鱗分布密度の低下及び腺鱗脱落によるものであることを指摘した¹¹。

（2）植物年令と収油率 1, 2年株の収油率を各時期について比較して見ると、1年株の生育初期では2年株に比べ収油率が低下している。この原因として

Fig. 5. Relation between plant age and weight of leaves in different positions on stem.

Fig. 6. Relation between plant age and percentage of oil of leaves in different positions on stem.

Note: measured in June.

□ First year plant, ■ Second year plant.

茎・葉歩合が異なること及び1年株初期では葉身重が各葉位共に2年株に比べ大であるので腺鱗分布密度の低下を来し、葉身重の大きい下位葉の収油率が2年株のそれに比べ著しく低いことがあげられる（第5, 6図）。

Fig. 7. Relation between plant age and the percentage of oil at different periods.

Note: Materials are upper four leaf-blades (micro-still).

しかし 7, 8 月以降に於ては 1, 2 年株の器官構成は次第に近似して来るので葉位・葉重を規定した同一時期の原料の収油率及び腺鱗分布密度には植物年令による差異は認められぬ (第 7 図)。一方葉肉組織内油滴は生育にとともに次第に増加していく, 黄化した老葉では著しく増加し細胞原形質中に充満している, 又株年令の進むに従い油滴が増加している。しかし, これらの葉肉組織内油滴は水蒸気蒸溜では殆ど抽出出来ない。顕微化学試験の結果, 油脂類ではなく, 精油と類似物質であることは既に報告した¹²⁾。次に同じ耕種条件の 2 年株を用い (2 回及 3 回刈取区, 各 15 株), 刈取節位は 6 節刈とし, 6 月中旬に 1 番刈を行い高温期の 7, 8 月を経過させ 10 月下旬に 2 番刈をしたものと, 8 月下旬に 2 番刈を行い気温低下していく時期に萌芽再生させ, 10 月下旬に 3 番刈を行つたものの収油率を比較した結果 (第 8 図), 最後の刈取の 10 月下旬にはほぼ同じ収油率を示し, 生育期間の長短による差異は認められなかつた。但し茎・葉歩合は異つてくるので刈取節位を規定した均一な原料を用い比較した。又腺鱗分布密度についても差異は認められなかつた。つまり刈取節位及び刈取時期が収油率変化を支配するわけである。一般に刈取回数を多くすれば, 若葉が多く刈取られるので年平均収油率は上昇する¹³⁾。以上から

Fig. 8. Relations between percentage of oil, yield of grass and number of cuttings.

Note: Results in the second year of planting (1957). Leaves and stalks (10 kilo type still).

考えて葉位・葉重を規定した原料では植物年令及び生育期間の長短が収油率に顕著な差異を与えず, 同一時期ではほぼ同じ収油率を示すわけで, 収油率の時期的変化は前述した気象要素による精油分泌機能の増加に帰することが出来る。

第 8 報 収油率日変化の支配要因と収油率の経日変化機構**

前報で収油率に日変化のあることを指摘し⁸⁾, その微気象的環境を調べ, 収油率日変化は気温条件が基準になり, 日射量の積算が良く対応していることを報告した⁹⁾。本報では収油率の日変化と気象要素との量的関係を調べ, 収油率の経日的な変化機構を検討した。

方法及び結果

(1) 収油率の日変化と気温との関係 5~11 月にわたる種々の気温を示す日を選び (日照条件を出来るだけ一定にするために曇天日は除外する), 午前と午後の収油率の日変化率と日平均気温との関係を検討した結果 (第 1 図), 低温期 (10~18°C) では日変化率は 15% が限界であり, 高温期 (20~30°C) では日変化率は 30~50% 程度の増加を示す。収油率日変化に

Fig. 1. Relation between the daily fluctuation of percentage of oil and the daily mean air temperature.

Note: Materials are upper four leaf-blades.

Fig. 2. Relation between the daily fluctuation of percentage of oil and the amount of solar radiation in high temperatures (from July to Aug.).

Fig. 3. Relation between the daily fluctuation of percentage of oil and the amount of solar radiation in low temperatures (from Oct. to Nov.)

Note: Materials are upper four leaf-blades.

限界は 50~60 % である。一方成老葉収油率の日変化率は 200 Cal 程度ではほぼ最高に達し、其後日射量が増加しても顕著な増加は示さない。増加限界は 10~20 % である、② 次に 10~11 月の低温期（9 時気温 14~19°C）の日変化率と日射量の量的関係を検討した結果、第 3 図に示す如き拋物線の関係が認められた。即ち 200~250 Cal 程度ではほぼ最高に達し、それ以後は日射量の増加に対して日変化率は上昇しなかつた。増加限界は 10~15 % 程度である、つまり、基準になる日平均気温が低い時期では気温及び日射の強さの最高を示す 12~13 時頃に最高の日変化率を示すわけで、それ以降の時刻に於ける日変化率の低下は気温条件が精油分泌機能に不利になるためと考えられる。この点からも気温が制限因子的に働くことが分る。

(3) 収油率日変化の三型式と収油率の経日変化機構 各季節の収油率の日変化の様子をまとめて見ると第 4 図の如き三型式に分けられる。①、② の型は高温期に一般に認められるもので、① は直線的関係の増加が夕方迄続く場合、② は直線的増加が正午頃迄続き以後平行状態になる場合、③ の型は低温期に認められるもので拋物線の関係を示し、正午頃収油率が最高を示す場合である。

次に、収油率の経日変化（2 日間にわたる変化）の様子をまとめて見ると、次の三つの場合が類型化される。① は経日的に収油率が増加する場合、② は経日的に収油率が減少する場合、③ は経日的に収油率が増減しない場合で、この変化機構に関しては当然経日的な気温、日射量、湿度等の推移が関係するわけで、第 5 図に示す如く、① 増加する場合は収油率が夕方に向い増加し翌朝低下した時、第 1 日目の早朝の収油率に比べ収油率の低下を見ないで、第 2 日目の日射を受け増加していく時、② 減少する場合は翌朝低下し

た状態で、その日の雨・曇天のため収油率が増加しない時、③ 増減しない場合は、第 2 日目の早朝の収油率の低下した状態が、前日の早朝の収油率とほぼ同じ状態にある場合で、経日的な気温上昇、日射量増加、湿度低下は収油率を増加していくし、経日的な気温低下、日射量減少、湿度上昇は収油率を減少させる。

考 察

香料ゼラニウムの収油率の時期的変化及び日変化を支配する主要因は気象要素であることを指摘したが、これら収油率変化の起る生化学的機構について更に検討することが今後の問題となる。

特にゼラニウムでは収油率の日変化が認められたので、最終的段階に於ける精油先駆物質と精油との関係がより正確に追究出来るわけである。

水蒸気蒸溜による収油率は午前到低く夕刻に向い増加していくが、各時刻の蒸溜粕中の残留油分は午前が多く、夕刻に向い減少している。つまり、水蒸気蒸溜による溜出油分と残留油分とは量的に逆の関係がある（吉田・末発表）。

以上から腺鱗内の oil は一部は遊離形態の油（揮発性油）として、又一部分は不活性な状態として存在し、酵素を媒介とする光化学的な相互変化を行うことが考えられ、酵素の活性を主として支配するものは気温であろうと推定される。発生的には精油は炭水化物或は蛋白質等を基質として作られるものであろうが、一度植物体内に生成された精油が代謝に利用されるとは考えられず、又揮発による精油の損失があるとしても、昼間及び夜間の顕著な収油率増減のしくみは上記の如く考えるのが妥当であろう。以上の様な見地から目下、高分子テルペンアルコールと低分子テルペンアルコールの相互変化並びに β -geranyl glucoside とテルペンアルコール（アグリコンとしての）及グルコースの相互変化の可能性を考え、その変化機構を生化学的に追究している。

終りに本研究費の一部は文部省助成金によつた。又御指導戴いた玉井教授並びに研究上便宜を与えられた曾田香料株式会社に対し深謝の意を表する。

引用参考文献

- 1) BONNER, J.: Plant Biochemistry (1952).
- 2) BOURQUELOT, E. et BRIDEL, M.: Compt. rend. 157, 72 (1913).
- 3) GUENTHER, E.: The Essential Oils. Vol. 1 (1949).
- 4) 是沢：農及園, 29, 11 (1954).
- 5) 宮崎：衛試報, 72 (1954).
- 6) 宮崎：衛試報, 75 (1957).
- 7) 永田：農及園, 30, 7 (1955).
- 8) 吉田：日作紀, 26, 4 (1958).
- 9) 吉田：日作紀, 28, 1 (1959).
- 10) 吉田：日作四支紀, 2 (1958).
- 11) 吉田・玉井：育種学雑誌, 7, 4 (1958).
- 12) 吉田：日作四支紀, 1 (1957).
- 13) 吉田：日作四支部講演会 3 回 (1959).

Fig. 4. Three types of the daily fluctuation of percentage of oil.

Fig. 5. Structure of the change of two successive days in the percentage of oil.

Physiological and Ecological Studies on the Secretory Function of Essential Oil in *Pelargonium* species

Teruo YOSHIDA

(College of Agriculture, Ehime University)

Summary

VII. Seasonal fluctuation of the percentage of oil yield and its influential elements.

This paper presents the study of the seasonal variation of percentage of oil yield of *Pelargonium* and the relations of its external as well as internal environments and the influential elements of the variation. The material used in the test was *P. roseum* "France" and the analyses of the elements was made from the data compiled during the period from 1956 to 1958.

1) In seasonal fluctuations of the percentage of oil the air temperature was the prime controlling influential factor, and the humidity and the amount of solar radiation was secondary (Fig. 1, Table 1).

2) Between seasonal and leaf age variations of the percentage of oil and the air temperature there existed a high positive correlation coefficient. To state further the characteristics: ④ The percentage of oil of the young leaf had a higher correlation coefficient than the old leaf and was more sensitive to the air temperature than the latter. ⑤ The percentage of oil during the period from May to August was more sensitive to the variation of the air temperature in comparison with that during the period from September to November. ⑥ The percentage of oil during the period from October to November was somewhat higher than that during the period from May to June irrespective of generally higher temperature during the latter period. The cause of this phenomenon was presumed that the secondary influential elements aforesaid, that is humidity, rainfall, number of hours of sunshine, etc. gave favourable conditions to the secretory function of essential oil (Table 2 & 3, Fig. 2).

3) Between the rise of air temperature and the percentage of oil there existed a parabolic relation and it reached the highest limit at the temperature from 28 to 29°C (temp. at 9 a.m.) and higher temperatures caused decrease of the percentage of oil yield (Fig. 4).

4) Appropriate fertilizers, soil moisture, soil pH, etc. were effective in increasing yield of grass, but no significant effect was found for increasing the percentage oil yield.

5) The result of the study of the relations among the plant age, the duration of nursing and the percentage of oil showed that there was no difference, but about equal percentage of oil yield for the same period (Fig. 5~8).

From the foregoing analyses the important factors influencing the percentage of oil yield were to be concluded as the atmospheric elements. The biochemical mechanism relating to the fluctuation of oil yield are now under study.

VIII. Factors affecting daily fluctuation of the percentage of oil yield and the structure of fluctuation of two successive days.

1) In the range of daily mean air temperatures from 10 to 18°C the daily fluctuation of the percentage of oil yield 15 % was the limit, and in the range of daily mean air temperatures from 20 to 30°C that of the percentage of oil yield 30 to 50 % was the maximum (Fig. 1).

2) The relation between the daily fluctuation of the percentage of oil and the amount of sunshine was examined during the high and low temperature periods respectively, and the result was:

④ The daily fluctuation of the percentage of oil of the young leaf increased at the rate of exponential function with the increase of the amount of sunshine and rapidly increased at 400 to 500 Cal with the limit of 50 to 60 %. The percentage of oil of the aged leaf reached maximum at 200 Cal, but showed no significant increase thereafter with the increase of the amount of sunshine and the limit of increase was 10 to 20 % (Fig. 2). ⑤ In low temperatures a parabolic relation was noted between the daily fluctuation of the percentage of oil yield and the amount of sunshine and it reached maximum at 200 to 250 Cal and thereafter showed no daily fluctuation with the increase of the amount of sunshine. The limit of the increase was 10 % (Fig. 3).

3) The daily fluctuation of the percentage of oil yield may be differentiated into the following 3 types (Fig. 4): ④ Case where a straight line increase continued until evening. ⑤ Case where a straight line increase continued until about noon and turns thereafter horizontal. ⑥ Case where showed parabolic relation with a maximum point at about noon.

Also it was found that the rise of air temperature, the increase of the amount of sunshine and the fall of humidity continued for two successive days increased the percentage of oil yield, and that the fall of air temperature, the decrease of the amount of sunshine and the rise of humidity continued for two successive days decreased the percentage of oil yield (Fig. 5).