

原 著

## 植物精油，とくにレモングラス精油および 構成テルペノイド citral の抗 *Candida albicans* 作用

安部 茂<sup>1,3</sup> 佐藤 祐一<sup>1,2</sup> 井上 重治<sup>1</sup>  
石橋 弘子<sup>1</sup> 丸山 奈保<sup>1</sup> 滝沢 登志雄<sup>1,4</sup>  
大島 治之<sup>2</sup> 山口 英世<sup>1</sup>

<sup>1</sup>帝京大学医真菌研究センター

<sup>2</sup>同理工学部バイオサイエンス学科

<sup>3</sup>同医学部微生物学教室

<sup>4</sup>明治製菓株式会社栄養機能開発研究所

〔受付12月24日，2002年．受理 6月26日，2003年〕

### 要 旨

アロマセラピーとして経験的に利用され，真菌症に効果があるといわれる植物精油 12 種について，牛胎児血清を含む培地での *Candida albicans* の発育形態に及ぼす作用を調べた．*C. albicans* を RPMI1640 培地で 3 時間培養して，germ tube を形成させた後，様々な濃度の精油を添加して，更に 16 時間培養し，発育菌糸量をクリスタル紫染色法にて測定した．その結果，100  $\mu\text{g/ml}$  の濃度で加えた場合には，レモングラス (Lemongrass)，タイム (Thyme)，パチュリ (Patchouli)，シダーウッド (Cedarwood) の各精油が明確な菌糸形発育抑制作用を示した．レモングラス精油の主要構成物質である citral は，25~100  $\mu\text{g/ml}$  の濃度で菌糸形発育を阻止し，200  $\mu\text{g/ml}$  以上では菌糸形発育のみならず，酵母形発育に対しても抑制的に作用した．これらの結果は，*C. albicans* の発育，とくに菌糸形発育を強く阻止する作用をもつレモングラス精油，もしくは citral が表在性カンジダ症の局所療法に有用である可能性を示すものである．

**Key words:** 抗 *Candida* 活性 (anti-*Candida* activity)，菌糸形 (mycelial form)，レモングラス (Lemongrass)，シトラール (citral)

### 序 文

アロマセラピーにおいて様々な効果をもつとされている一部の植物精油は，感染症，特に真菌症に対する治療的な目的で，皮膚に塗布したり，湯浴中に加えるなどして利用されている<sup>1-4</sup>．Table 1 に示すように女性を悩ます白帯下の症状を呈し膣カンジダ症と推定される膣炎に対して，ラベンダー (Lavender)，ジュニパー (Juniper)，タイム (Thyme)，シダーウッド (Cedarwood)，クラリセージ (Clary sage)，ユーカリ (Eucalyptus)，ティートリー (Tea tree)，ミルラ (Myrrh) 等の植物精油が経験的に使用され，これらが有効であると主張されている<sup>1-5</sup>．とくにティートリーおよびミルラについては，口腔カンジダ症に対しても有効と記載されている<sup>1-3</sup>．一方，レモングラス (Lemongrass)，スペアミント (Spearmint) などは広く食用ハーブとして愛好されているだけでなく，ゼ

ラニウム (Geranium)，パチュリ (Patchouli) 及びユーカリなどととも白癬に対する治療効果があるといわれている<sup>1-4</sup>．しかしながら，これらの植物精油の有効性の基礎となる実験データは少ないのが現状である<sup>5,6</sup>．

現在，膣カンジダ症，口腔カンジダ症などの治療薬としては，アゾール系抗真菌剤が頻用されている．しかしこれらの粘膜カンジダ症とくに膣カンジダ症については，難治化及び再発の問題が深刻になってきており，新たな治療法の導入が求められている<sup>7</sup>．その候補の 1 つとして，植物精油を補助療法として使用することが考えられる．

本研究ではこれらカンジダ症および白癬に有効とされる 12 種の植物精油について，粘膜カンジダ症の主要起因菌である *C. albicans* の発育形態に及ぼす作用，とくに *C. albicans* の粘膜組織侵入性に関与する菌糸形発育に対する作用<sup>7,8</sup> を明らかにすることを目的として検討を行った．その結果，一部の精油が低濃度で菌糸形発育を阻止する活性を示すことが見出された．

別刷請求先：安部 茂

〒192-0395 東京都八王子市大塚 359  
帝京大学医真菌研究センター

Table 1. Essential oils popularly used for aroma-therapeutical treatments of fungal infections

Essential oil	Indicated fungal infection		
	Oral candidiasis	Vaginal candidiasis	Trichophytosis
Lavender true		1*・3	3
Thyme (red)		1・3	
Patchouli			1・2
Spearmint			1・2・3
Clary sage		2	
Tea tree	3	1・3・4・5	3
Eucalyptus		1・3	1・4
Myrrh	1・2・3	2	1
Geranium		3	2・3
Lemongrass			3
Juniper		1・2	
Cedarwood		1	1

\* Each represents the citation in "References"

Table 2. List of essential oils tested in this study

Essential oil	Botanical name	Producing district	Provider
Lavender true	<i>Lavandula angustifolia</i>	France	Sanoflore (France)
Thyme (red)	<i>Thymus vulgaris</i>	Italy	La Florina (Germany)
Patchouli	<i>Pogostemon cablin</i>	France	Sanoflore (France)
Spearmint	<i>Mentha viridis</i>	USA	Sanoflore (France)
Clary sage	<i>Salvia sclarea</i>	France	Prevail (Tokyo)
Tea tree	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Australia	Jurlique international (Australia)
Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	France	Sanoflore (France)
Myrrh	<i>Commiphora molmol</i>	Eritrea	La Florina (Germany)
Geranium	<i>Pelargonium graveolens</i>	Egypt	Prevail (Tokyo)
Lemongrass	<i>Cymbopogon citratus</i>	France	Sanoflore (France)
Juniper	<i>Juniperus communis</i>	France	Prevail (Tokyo)
Cedarwood	<i>Cedrus atlantica</i>	USA	Prevail (Tokyo)

## 材料と方法

### 1. 植物精油・精油成分および溶液調製法

試験に用いた植物精油の産地と供給元を Table 2 に示した。またレモングラスの精油成分である citral (geranial: 57%, neral: 41%を含む) の標品は、ナカライテスク (株) より購入した。使用時に dimethyl sulfoxide (DMSO) を溶媒に用いて各精油または精油成分の 10% 溶液を調製して原液とし、これを培地で希釈して所定の濃度の溶液を作製した。対照には同濃度 ( $\leq 0.1\%$ ) に希釈した DMSO 溶液を用いた。

### 2. 試験菌

当センターに保存されている *C. albicans* 臨床検体由来株 TIMM 1768<sup>9)</sup> を試験菌として用い、サブロー・グルコース寒天培地に継代培養した。

### 3. *C. albicans* 菌糸形発育阻止効果の測定

*C. albicans* の菌糸形発育度はクリスタル紫染色法を用いて測定した<sup>10)</sup>。この方法は、菌糸形で発育した *C. albicans* 細胞を同色素で染色した場合の染色量が発育コ

ロニー数または、 $[H^3]$ -glucose の細胞内とりこみ量と相関することに基づいて、この染色量を *C. albicans* 菌糸形発育度の指標とするものである<sup>10)</sup>。略記すると、*C. albicans* の生菌を 2.5% ウシ胎児血清 (FCS) 含有 RPMI1640 培地に  $1 \times 10^5$  cells/ml の濃度に浮遊させた。この接種菌液 50  $\mu$ l を 96 穴平底プレートの各ウェルに注入し、37°C、5% CO<sub>2</sub> の条件下で 3 時間培養した。3 時間後、germ tube が形成されるのを確認した後、各種植物精油または citral を含む 2.5% FCS 含有 RPMI1640 培地 150  $\mu$ l を加え、さらに 16 時間培養した。

一部の試験では、培養当初より citral を添加し 2 群に分け、第 1 群はそのまま培養を続け、第 2 群は 1 時間後に培地を遠心分離で洗浄後、citral を含まない培地で 16 時間培養し、その効果を調べた。

培養終了後、培養液をピペットで吸引して除去し、ウェル底部に付着した菌糸形 *C. albicans* を 70% エチルアルコールで殺菌した。同液を除去し、水洗した後、0.01% クリスタル紫で 20 分間染色した。水洗後、プレートを乾燥させ、各ウェルに 0.04N-HCl を含むイソプロピルアルコール 150  $\mu$ l および 0.25% SDS 水溶液 50  $\mu$ l を加えて数分間攪拌し、染色された *C. albicans* 菌体よりクリス

タル紫を抽出した。その色素量 (OD550nm-620nm 値) に基づいて *C. albicans* 菌糸形発育量を測定するとともに、発育阻止量 (相対値) を求めた。

#### 4. *C. albicans* 酵母形発育阻止効果の測定

Citral については *C. albicans* の酵母形発育に対する効果も測定した。具体的には、*C. albicans* 酵母形発育を支持する培地として知られる YPG ブロス (1% Bacto<sup>®</sup> peptone, 0.5% Yeast extract, 2% glucose, pH6.5) を用いた微量液体希釈法<sup>11)</sup> による測定を行った。*C. albicans* 生菌を YPG ブロスに  $1 \times 10^5$  cells/ml となるように浮遊させて調製した接種菌液 50  $\mu$ l を、citral 含有 YPG ブロス 50  $\mu$ l および YPG ブロス 100  $\mu$ l とともに 96 穴平底プレートの各ウェルに加えて全量 200  $\mu$ l とした。各ウェルの初発濁度および 37°C, 16 時間培養後の濁度を分光光学的に測定 (波長 620nm) し、その差を *C. albicans* の発育量とした。Citral 無添加対照培養の発育量に対する各種 citral 添加培養の発育量の相対値 (%) を酵母形発育率として算出した。また、16 時間後の *C. albicans* 菌数を血算盤にて計測した。

#### 5. ガスクロマトグラフィーによるレモンガラス精油の分析

ガスクロマトグラフィー (GC) は既報<sup>12)</sup> に準じて GL-Science 社製 GC353B 装置を用いて行った。DB-5 キャピラリーカラム (0.53 mm $\times$ 30 m, 膜厚 1.5  $\mu$ m; J&W-Scientific 社製) を装着して、ヘリウムをキャリアーガスとして用い、水素炎で検出した。カラムは 60°C より 160°C まで毎分 5°C ずつ昇温させ GC チャートを得た。精油成分の濃度は、対応する化合物のピーク面積と濃度に関するキャリブレーション・カーブにより算出した。

#### 6. 培養液中の citral 残存量の測定

Citral を *Candida* を含まない培養液に添加して 37°C, 16 時間保温した後の残存量を次の方法によって測定した。96 穴平底プレートに 2.5% FCS 含有 RPMI1640 培地に citral を 100  $\mu$ g/ml になるように添加して調製した培養液を、200  $\mu$ l ずつ 96 穴平底プレートの各ウェルに分注した後、プレートを 37°C の CO<sub>2</sub> インキュベーター中で保温した。16 時間後、各ウェルの液を回収し、残存している citral を酢酸エチル 3 ml で 2 分間抽出した<sup>12)</sup>。この抽出液を無水硫酸ソーダで脱水した後、前述のガスクロマトグラフィー (GC) 分析により定量した<sup>12)</sup>。

### 結 果

#### 1. *C. albicans* の菌糸形発育に及ぼす各種精油の影響

Table 1 及び 2 に記載した植物精油 12 種について、10 ~ 100  $\mu$ g/ml 濃度で添加した場合における 16 時間培養後の発育量を指標として、*C. albicans* 菌糸形発育に及ぼす効果を検討した。結果を Table 3 に示す。精油無添加の対照培養はほとんどすべてが菌糸形からなる旺盛な発育

Table 3. The effects of essential oils on mycelial growth of *Candida albicans*

Essential oil	Relative <i>Candida</i> growth (%)		
	Concentration in culture medium ( $\mu$ g/ml)		
	10	25	100
Lavender true	93 $\pm$ 3	—	79 $\pm$ 9
Thyme (red)	65 $\pm$ 3	—	30 $\pm$ 6
Patchouli	—	70 $\pm$ 7	34 $\pm$ 4
Spearmint	—	98 $\pm$ 3	64 $\pm$ 2
Clary sage	71 $\pm$ 9	—	67 $\pm$ 2
Tea tree	82 $\pm$ 1	—	75 $\pm$ 1
Eucalyptus	—	97 $\pm$ 3	74 $\pm$ 2
Myrrh	—	91 $\pm$ 5	83 $\pm$ 15
Geranium	90 $\pm$ 3	—	82 $\pm$ 3
Lemongrass	85 $\pm$ 0	—	28 $\pm$ 2
Juniper	87 $\pm$ 3	—	123 $\pm$ 22
Cedarwood	79 $\pm$ 4	—	44 $\pm$ 5

*C. albicans* was cultured for 3 hrs in RPMI1640 containing 2.5% FCS to form germ tubes and then each essential oil was added to the medium. After further 16 hr-incubation, mycelial growth of *Candida* in each well was measured by CV staining assay. Relative *Candida* growth was calculated as follows: [absorbance (*Candida* + essential oil)] / [absorbance (*Candida* alone)]  $\times$  100%. —: Not tested

を示した。一方、この培養条件下で、ジュニパー油を除くすべての精油には発育阻止活性が多少とも認められ、100  $\mu$ g/ml の濃度で 50% 以上の発育阻止を示したものは、タイム、パチュリ、レモンガラス、シダーウッド、以上 4 種の精油であった。最も強力な発育阻止活性は、レモンガラス精油にみられ、100  $\mu$ g/ml の濃度での発育度は 30% 以下と低かった。さらに顕微鏡観察から、菌糸形よりも酵母形の発育が優勢であることが観察された。同様の発育像はタイムやシダーウッドの精油を添加した場合でも見られたが、レモンガラス精油で最も顕著であった。

#### 2. Citral の *C. albicans* の菌糸形発育に及ぼす影響

レモンガラス精油の主成分である citral は、geranial と neral の混合物であるが、ここで用いたレモンガラス精油は、citral を約 80% 含んでいることを GC 分析で確認した (データ省略)。Citral の *C. albicans* の菌糸形発育に及ぼす効果を精油の場合と同じ条件下で検討した。Fig. 1 に示すように citral はレモンガラス精油の場合と同様に、*C. albicans* の菌糸形発育を濃度依存的に阻止し、100  $\mu$ g/ml ではほとんど完全な菌糸形発育阻止効果を示した。その発育形態を示す写真を Fig. 2 に示す。Citral の濃度をさらに高めると 400  $\mu$ g/ml 以上で酵母形発育もほぼ完全に阻止した (Fig. 2C)。なお、その条件で germ tube がみえるが、それは、citral 添加までの 3 時間の前培養で見られる形態と一致していた (データ省略)。

Citral は揮発性物質であることから、37°C, 16 時間の培養時間中に揮発及び (または) 化学変化によって培養

液中の濃度が低下する可能性がある。これを検討するために、citral を含有する培養液を同一条件下でインキュベートし、残存量を GC 分析で測定した結果、インキュベーション後での citral 残存量は  $6.5 \mu\text{g/ml}$  と添加量の 10% 以下に減少していることが示された (データ省略)。

### 3. Citral の *C. albicans* 酵母形発育に及ぼす影響

Citral が *C. albicans* の酵母形発育に与える影響をより直接的に検討するために、本菌の酵母形発育支持培地として知られる YPG 培地を用い、前項に述べたのと同ー培養条件下で実験を行い、生菌数と濁度の変化から酵母

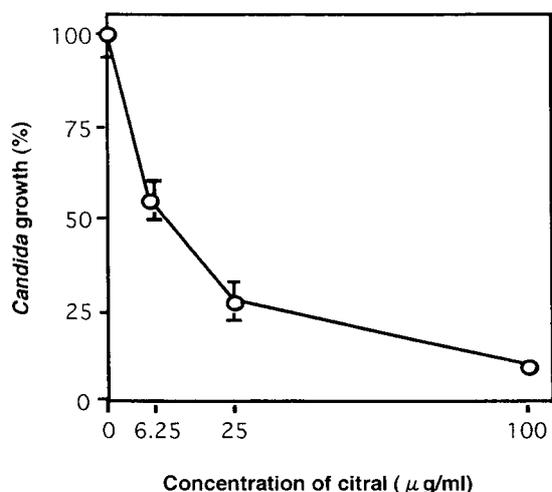


Fig. 1. The effects of citral on mycelial growth of *C. albicans*.

*C. albicans* was cultured for 3 hrs and then citral was added to the culture wells. After further 16hr-incubation, mycelial growth of *C. albicans* in each well was measured. See footnotes to Table 3.

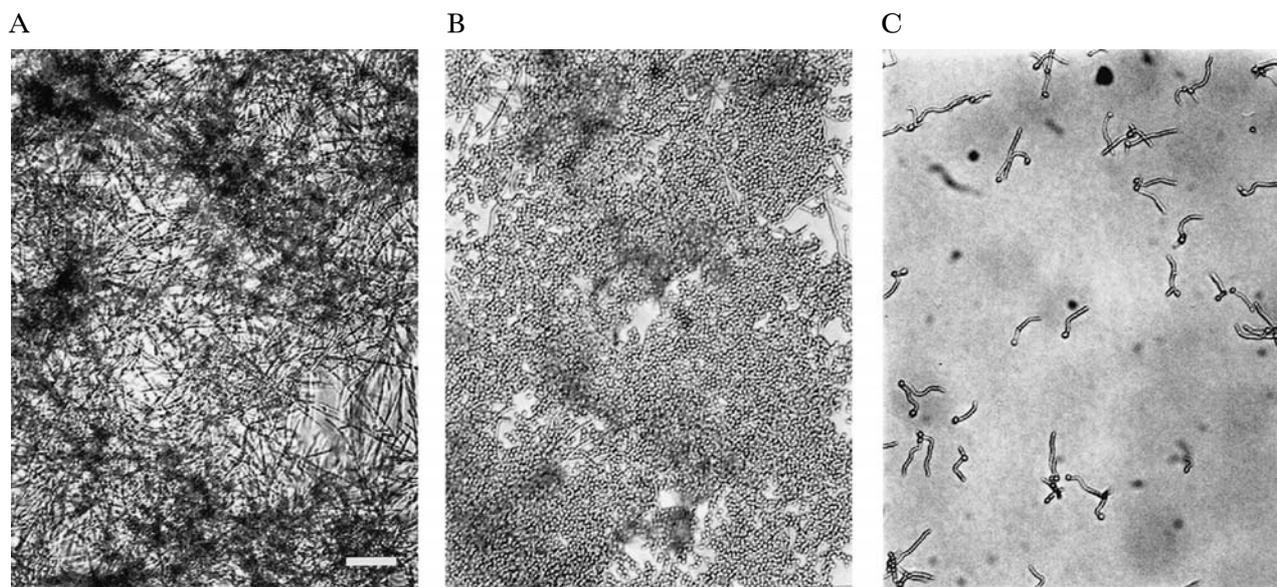


Fig. 2. *C. albicans* cultured in the medium added with citral.

*C. albicans* was cultured for 3 hrs and then citral was added to the culture wells to final concentrations of 0 (panel A),  $100 \mu\text{g/ml}$  (panel B) and  $400 \mu\text{g/ml}$  (panel C). After further 16 hr-incubation, they were observed microscopically. Bar represents  $100 \mu\text{m}$  scale.

形発育を調べた。Fig. 3 に示すように、この *C. albicans* の発育に対して  $100 \mu\text{g/ml}$  以下の低濃度の citral は影響を与えないが、 $200 \mu\text{g/ml}$  以上になると発育を強く抑制した。

### 4. *C. albicans* に対する citral の不可逆的発育阻止効果

Citral による表在性カンジダ症の局所療法を想定した治療に使う場合には、この化合物が塗布した患部局所から速やかに揮発することから、短時間の接触で *C. albicans* の発育を不可逆的に阻止することが要求される。この可能性を検討するため、*C. albicans* を、種々の濃度の citral を添加した 2.5% FCS 含有 RPMI1640 培地中で  $37^\circ\text{C}$ 、1 時間培養した後、citral を含む培地を洗浄除去し、同新鮮培地を加えて再び  $37^\circ\text{C}$ 、16 時間培養した。また途中の洗浄操作なしに 17 時間培養を続けた場合の *C. albicans* の発育も比較のため調べた。結果を Fig. 4 に示すが、菌糸形発育を 50% 以下にする citral 濃度は、途中洗浄しない場合は  $25 \mu\text{g/ml}$  以上であったのに対して、洗浄した場合に  $100 \mu\text{g/ml}$  以上であった。その発育抑制効果は洗浄により弱まったが、 $400 \mu\text{g/ml}$  以上で処置すると、洗浄しても菌糸形発育は 20% 以下にとどまった。なお、その際  $400 \mu\text{g/ml}$  までは酵母形発育を許すが、 $800 \mu\text{g/ml}$  で 1 時間処置すると、酵母形の発育も認められなかった (データ示さず)。

### 考 察

*C. albicans* は、健康なヒトの口腔、消化管及び膣等の粘膜に存在している。粘膜カンジダ症として、症状を示す場合は、酵母形から菌糸形へと発育形態が変わり、菌

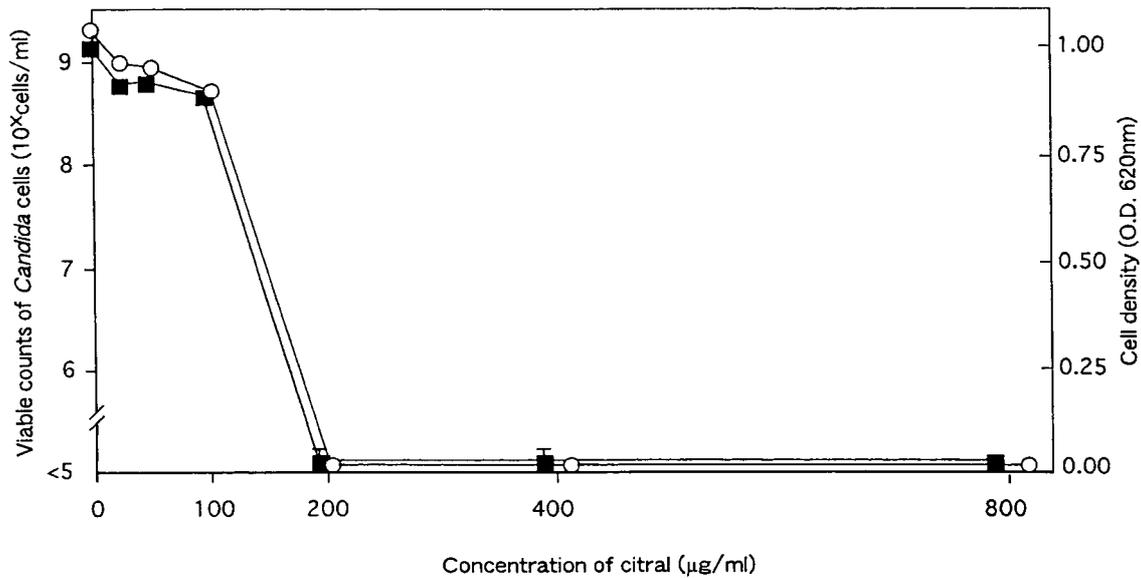


Fig. 3. The effects of citral on yeast-form growth of *C. albicans*.

*C. albicans* was cultured in YPG containing various concentrations of citral for 16 hrs. The yeast-form growth of *C. albicans* was estimated by measuring cell numbers microscopically (■) and OD620nm (○). Data are means of three samples and ±SD.

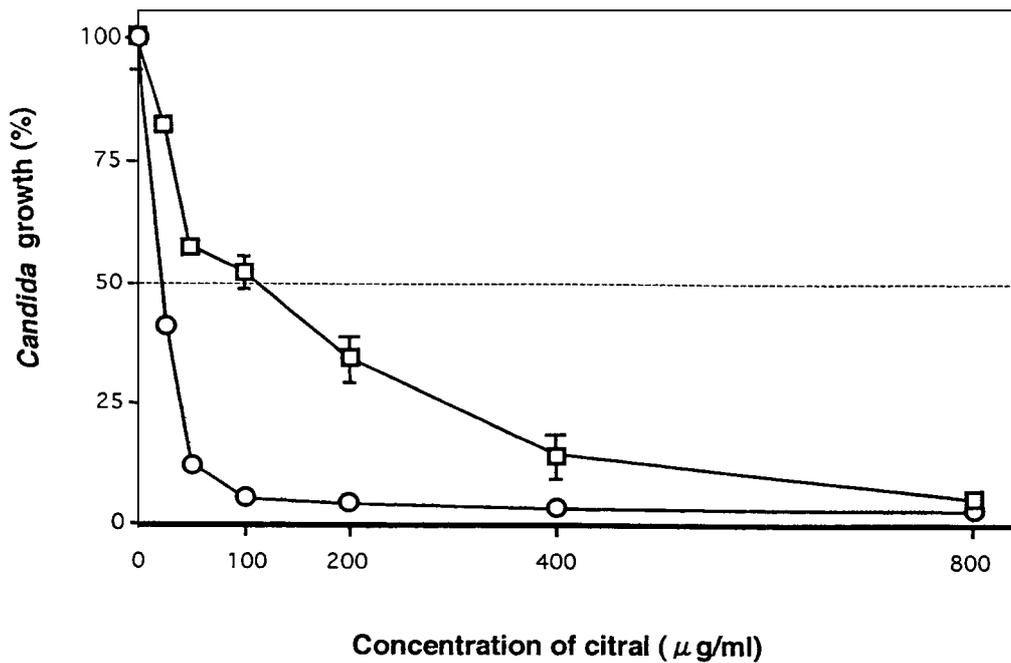


Fig. 4. Effects of short-term incubation of *C. albicans* with citral on its mycelial growth.

*C. albicans* was cultured in RPMI1640 medium containing 2.5% FCS with various concentrations of citral for 17 hrs (○). In the other wells, *C. albicans* was incubated similarly for 1 hr (□) and then washed with the medium and cultured for a further 16 hrs. Mycelial growth of *C. albicans* in each well was measured. Data are means of three samples and ±SD.

表面の疎水性が増すことにより粘膜への接着能が高まり、組織の粘膜に侵入し炎症を惹起すると考えられている<sup>7, 8)</sup>。

本研究では *C. albicans* が、菌糸形発育の初期過程である germ tube を形成させた後に、各精油を作用させてそれらの抗 *C. albicans* 活性を比較検討した。その結果、タイム、パチェリ、レモングラス、およびシダーウッドの精油を 100 µg/ml 含む培地では、*C. albicans* の菌糸形発

育が強く抑制されることが明らかになった。すでに一部の植物精油には抗真菌活性があることが示されているが、明確な阻止濃度が求まらなかったり、それらの最小発育阻止濃度は 400 µg/ml 以上とされていた<sup>4, 13-15)</sup>。本研究でも、100 µg/ml の精油では酵母形発育を阻止しないことからこれまでの知見と矛盾はない。

今回特に焦点を当てたレモングラス精油(100 µg/ml)及びその主成分である citral (6.25 µg/ml または 25 µg/

ml) は *C. albicans* の発育形態を菌糸形から酵母形に変える活性が強かった (Fig. 1, 2, 4). なお, ここで用いたクリスタル紫染色法は, 菌糸型発育量と相関することはすでに報告している<sup>10)</sup>. レモングラスなどの精油は高濃度で *C. albicans* の酵母形発育を阻止することが知られている<sup>4, 13)</sup> が, 菌糸形から酵母形への発育形態の変化を誘導する例は報告されていない. 酵母形に比べ菌糸形 *C. albicans* の方が病原性が高いことを考え合わせると, レモングラス精油及び citral は, このような低濃度でも感染防御に働くものと期待される. さらに, citral の濃度を 200  $\mu\text{g/ml}$  以上にすると, 酵母形発育も阻止された. Citral は揮発性であり, 37°C で 16 時間抗菌試験と同条件で保温すると, 90% は消失するが, Fig. 4 に示したように *Candida* に 400  $\mu\text{g/ml}$  以上で 1 時間作用すれば, 抗菌活性を示すことが出来る. したがって, 一定濃度以上で使用すれば, 揮発性であっても単回投与で感染防御活性が期待できると言えよう.

Citral の *C. albicans* の発育形態に及ぼす作用の機序は今後明らかにせねばならないが, Fig. 3 と Fig. 4 の比較より, 菌糸形発育をする *C. albicans* の方が, 酵母形の場合より citral 感受性が高いことが関連していると推定される. Citral が抗菌活性を発現する機序としては, 大腸菌を用いて 25  $\mu\text{g/ml}$  の citral が, 発育阻止作用と共に, 細胞膜からの  $\text{K}^+$  の漏洩を引き起こし, 細胞形態の変化を引き起こすことが報告されている<sup>16)</sup>. それらの知見を考え合わせると, citral が *C. albicans* の細胞膜に作用し抗菌活性を発揮するのではないかと想像される.

レモングラス精油等は, すでに経験的に約 1% (約 10mg/ml) でオイルマッサージとして, また, 約 0.001% ~ 0.01% でアロマバスとして利用されている<sup>2, 3)</sup>. 本研究結果は, レモングラス精油及び citral を含むレモンなどの精油が, 口腔, 食道, 膣などの粘膜において菌糸形発育をしている *C. albicans* の発育を阻止したり, 菌糸形から酵母形へと発育形態を変化させたりする可能性を持つことを示した. Citral は, アルデヒドであり比較的皮膚感受性が強い精油成分ではあるが, 速やかな分解, 揮発性, 浸透性など, 通常の抗真菌剤にはない特性を有している<sup>6)</sup>. 今後その特性を生かした用法を開発することにより, これらの成分が粘膜カンジダ症の予防治療に適用しうる可能性を動物実験等を含めて検討していきたい. また, レモングラス精油以外の精油も, より高濃度で用いれば *C. albicans* 発育を抑制する可能性があり, それらの中で刺激性の少ない他の精油などについても, 同様に粘膜カンジダ症への適用の可能性を追求していきたい.

## 文 献

- 1) ロバート・ティスランド (高山林太郎訳): アロマテラピー 芳香療法の理論と実際. フレグランスジャーナル社, 東京, 1985.
- 2) スーザン・カーティス (バーク文子監訳): アロマテラピー・エッセンシャルオイルブック, 双葉社, 東京, 1998.
- 3) ローザマリー・キャディー (川口健夫等訳): エッセンシャルオイルの特性と使い方. フレグランスジャーナル社, 東京, 1999.
- 4) ロジェ・ジャロア編 (高山林太郎訳): フランスアロマテラピー大全, 中巻. フレグランスジャーナル社, 東京, 1999.
- 5) Belaiche P: Treatment of vaginal infections of *Candida albicans* with the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Cheel). *Phytother* **15**: 3-15, 1985
- 6) 井上重治: 医療分野における香りの抗菌作用. *モダンメディア* **45**: 258-267, 1999.
- 7) Bodey GP: *Candidiasis Pathogenesis, Diagnosis and Treatment* 2nd Ed. Raven Press, New York, 1993.
- 8) 安部 茂, 山口英世: 真菌感染に対する生体防御能. *真菌誌* **41**: 77-81, 2000.
- 9) Teikyo University Research Center for Medical Mycology "TIMM Catalogue of Fungal Strains" Ed. Yamaguchi H, Uchida K, Saito H, Center for Academic Societies Japan, Osaka., 1993.
- 10) Abe S, Satoh T, Tokuda Y, Tansho S, Yamaguchi H: A rapid colorimetric assay for determination of leukocyte-mediated inhibition of mycelial growth of *Candida albicans*. *Microbiol Immunol* **38**: 385-388, 1994.
- 11) 内田勝久: 日本医真菌学会標準化委員会標準化試案. 2. 抗真菌剤 感受性試験法. *真菌誌* **32**: 245-247, 1991.
- 12) 井上重治, 山口英世: 芳香浴における精油蒸気のマウス吸収. *Aroma Research* **1**: 72-79, 2000.
- 13) Onawunmi GO: Evaluation of antifungal activity of lemon grass oil. *Int J Crude Drug Res* **27**: 121-126, 1989.
- 14) Mahmoud ALE: Antifungal action and antiaflatoxigenic properties of some essential oil constituents. *Letters in Applied Microbiol* **19**: 110-113, 1994.
- 15) Inoue S, Watanabe M, Nishiyama Y, Takeo K, Akao M, Yamaguchi H: Antisporulating and respiration-inhibitory effects of essential oils on filamentous fungi. *Mycoses* **41**: 403-410, 1998.
- 16) Ogunlana EO., Hoglund S., Onawunmi G., Skold O: Effects of lemongrass oil on the morphological characteristics and peptidoglycan synthesis of *Escherichia coli* cells. *Microbios* **50**: 43-59, 1987.

Anti-*Candida albicans* Activity of Essential Oils Including  
Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Oil and its Component, Citral

Shigeru Abe<sup>1,3</sup>, Yuichi Sato<sup>1,2</sup>, Shigeharu Inoue<sup>1</sup>,  
Hiroko Ishibashi<sup>1</sup>, Naho Maruyama<sup>1</sup>, Toshio Takizawa<sup>1,4</sup>,  
Haruyuki Oshima<sup>2</sup>, Hideyo Yamaguchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teikyo University Institute of Medical Mycology,  
359 Otsuka, Hachioji, Tokyo 192-0395, Japan

<sup>2</sup>Department of Bioengineering, Faculty of Technology, Teikyo University,  
1-1 Toyosato-dai, Utsunomiya 320-0003, Japan

<sup>3</sup>Department of Microbiology and Immunology, Teikyo University School of Medicine,  
2-11-1 Kaga, Itabashi-ku Tokyo 173-8605, Japan

<sup>4</sup>Health & Bioscience Laboratories, Meiji Seika Kaisya, Ltd.,  
5-3-1 Chiyoda, Sakado-shi, Saitama 350-0289, Japan

The effects of 12 essential oils, popularly used as antifungal treatments in aromatherapy, on growth of *Candida albicans* were investigated. Mycelial growth of *C. albicans*, which is known to give the fungus the capacity to invade mucosal tissues, was inhibited in the medium containing 100  $\mu\text{g/ml}$  of the oils: lemongrass (*Cymbopogon citratus*), thyme (*Thymus vulgaris*), patchouli (*Pogostemon cablin*) and cedarwood (*Cedrus atlantica*). Not only lemongrass oil but also citral, a major component of lemongrass oil (80%), in the range of 25 and 200  $\mu\text{g/ml}$  inhibited the mycelial growth but allowed yeast-form growth. More than 200  $\mu\text{g/ml}$  of citral clearly inhibited both mycelial and yeast-form growth of *C. albicans*. These results provide experimental evidence suggesting the potential value of lemongrass oil for the treatment of oral or vaginal candidiasis.

---