

キボシカミキリに寄生するBeauveria tenella(Delacroix)Siemaszkoについて

誌名	蠶絲試験場報告 = Bulletin of the Imperial Sericultural Experiment Station
ISSN	03712931
著者名	河上,清
発行元	農林省蠶絲試験場
巻/号	27巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 445-467
発行年月	1978年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



キボシカミキリに寄生する *Beauveria tenella* (DELACROIX) SIEMASZKO について

河 上 清

最近数年間、関東以西の各県下桑園において、キボシカミキリの発生が顕著で、桑樹の被害は増加傾向にあることが報告されている（中村・斉藤，1962；伊庭，1963；中村・茂木，1963；土肥・太田，1971；山浦ら，1973；伊庭ら，1976；農林省農蚕園芸局，1977）。しかし、本種の防除に関しては、その生態が十分に知られていないこと、本種は幼虫期を樹皮下で過すため、殺虫剤が到達し難いこと、または蚕飼育時期との関係から防除時期に制約のあることなどの理由から、その困難さが指摘されている。

著者は、キボシカミキリ多発桑園において、本種成虫の硬化病死体の多いことを観察した。これと同様の知見は、米山（1977）の他、現場の技術員によっても認められ、それらがカイコの硬化病の感染源となることが懸念されている。しかし、本種に対する天敵微生物の種類、それらの病原性またはカイコへの影響についてはほとんど知られていない。そこで著者は、カイコの硬化病防除の見地から、これらキボシカミキリ成虫に寄生する糸状菌の種類、およびカイコまたは本種成虫に対するそれらの病原性などを調査し、本種に発生する硬化病のカイコへの影響の有無を明らかにしたので、その結果の概要を報告する。

本文に入るに先立ち、キボシカミキリ成虫の採集にご便宜ご協力を賜った神奈川県蚕業センター病理化学科長森井謙介氏ほかの方々、菌株の分譲と菌種同定に対する助言を賜ったオランダの CBS の Dr. SAMSON, R. A. ならびに Dr. De Hoog, G. S., および本文のご校閲を戴いた蚕糸試験場病理部長小林勝利博士に謝意を表します。

材 料 と 方 法

1. キボシカミキリ成虫の硬化病発生調査

東京都日野市、神奈川県海老名市および岐阜県美濃太田市の各都県下の桑園内で捕えたキボシカミキリ成虫を、次亜塩素酸ソーダ液で表面消毒後、個体別に、死亡するまで室温で飼育した。死亡の原因が病原糸状菌であることの判定は、死亡虫を再び表面消毒した後、25°C で10日間温室に保護し、虫体内から生育してきた糸状菌コロニーの有無によって行ない、それら菌種の同定を、*Beauveria* 属菌は MACLEOD (1954) および De HOOG (1972), *Paecilomyces* 属菌は BROWN and SMITH (1957), そして *Metarrhizium* 属菌は林・岩淵 (1902) および Petch (1931) によってそれぞれ行なった。

2. 分離菌の形態・培養的性状の観察

光学顕微鏡による形態観察・計測、およびオスミウム酸蒸気固定試料での走査電子顕微鏡による形態・表面性状の観察を行なった。

つぎに、分離菌を蚕蛹煎汁2%加糖寒天、ツァベックスドックス寒天、変法ツァベックスドックス寒天（ツァベックスドックス寒天の硝酸ナトリウムを亜硝酸ナトリウムに置き変えた培地）、サブロー寒天、およびジャガイモデキストロース寒天の5種類の培地でそれぞれ培養を行ない、菌の生育程度、分生子形成度などを調査した。

3. カイコに対する病原性の検定

キボシカミキリ成虫から分離された糸状菌の純粋培養からえられた分生子を、Tween 40 添加（0.02%）滅菌水に懸濁し、十分振とうして調製した菌液を、生育段階の異なるカイコ幼虫（蟻蚕、各齡起蚕および熟蚕）および蛹（蛹化2日後）に塗布接種した。感染を容易にするため、菌接種蚕は処理後2日間保湿育され、以後は普通に蛹化または羽化終了時期まで飼育、または保護された。その間、病徴、病死蚕数についての調査を毎日行なった。ほかに、皮下注射接種をも行なった。なお、比較のために、*Beauveria bassiana* カイコ分離株、*Paecilomyces farinosus* CBS 分譲株（CBS 156・65; *Thaumatopoea pityocampa* 蛹から分離）、および *Beauveria brongiartii* CBS 分譲株（CBS 236・67）を供試した。

4. キボシカミキリ成虫に対する分離菌の病原性検定

分離菌の本種成虫に対する天敵微生物としての役割の程度を知るため、本種からの分離菌、2菌種4株、および本種以外の昆虫からの分離菌、2菌種3株、合計4菌種7株を、東京都日野市または神奈川県海老名市の各桑園で捕獲されたキボシカミキリ成虫にそれぞれ接種した。菌接種は、菌液の虫体への塗布または散布により行なった。菌接種後の成虫は病死または自然死するまで、室温で個別別に飼育した。飼育はペトリ皿を用いて無加湿で行なった。死亡の原因が糸状菌によることの判定は、死亡虫を表面消毒した後、25°Cで10日間保湿保護し、虫体内から生育してきた糸状菌を分類同定して行なった。

結 果

1. キボシカミキリ成虫の硬化病

東京都日野市、神奈川県海老名市、および岐阜県美濃太田市で捕獲された本種成虫の硬化病感染率は高く、18.5%であった（第1表）。検出された菌種は、*Beauveria tenella* (DELACROIX) SIEMASZKO [= *B. brongiartii* (SACCARD) PETCH] が最も多く、ついで *Metarrhizium anisopliae* (METSCHNIKOFF) SOROKIN であり、他に、*Beauveria bassiana* (BALSAMO) VUILLEMIN および *Paecilomyces fumoso-roseus* (WIZE) BROWN and SMITH が分離された。なお、本調査中、1頭のクワカミキリ成虫死体（岐阜県下で採集）からも *B. tenella* が分離された。*B. tenella* または *M. anisopliae* の生育した本種成虫の死体を図版 I に示した。

キボシカミキリ成虫に寄生した *B. tenella* は、まず体節、触角、脚部など各部の節間膜

第1表 桑園で捕獲されたキボシカミキリ成虫の硬化病

Table 1. Natural fungus infection of adults of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE, collected from mulberry fields in Tokyo, Kanagawa, and Gifu prefectures.

Locality and date of collection	Tokyo (Hino city) Sept. 1977	Kanagawa (Ebina city) Sept. 1977	Gifu (Minoohita city) Nov. 1977	Total
No. of insects collected	33	81	21	135
Fungi occurring on insects				
<i>Beauveria bassiana</i>		1		1
<i>Beauveria tenella</i>		5	11	16
<i>Metarrhizium anisopliae</i>	4	1		5
<i>Paecilomyces fumoso-roseus</i>		3		3
Mortality due to mycoses (%)	12.1	12.3	52.4	18.5

Insects collected from mulberry fields were reared individually in room temperature until their death after disinfecting the insect with 10% NaOCl solution. In order to determine the death of the insects were caused by mycoses, cadavers were transferred to a warm humid condition after disinfection of the integument to permit the development of the fungus mycelia and conidia.

部より生育を始め、やがてその白色菌糸は2~3日で虫体全面を被い、7~10日後には多数の分生子を形成して、そのコロニーは黄色を呈した。本菌コロニーの外観は、病蚕体上の *B. bassiana* コロニーに酷似していた。病死虫を室内で十分保湿して 25°C に保護した場合、本菌菌糸の生育伸長は著しいが、桑園で採集されたコロニー形成病死虫の場合、菌糸の生育は僅かで、多数集積して黄色を呈する粉状の分生子形成が著しかった。

一方、キボシカミキリ成虫に寄生した *M. anisopliae* は、虫体上での菌糸の生育は少なく、死後5日間位で、黒緑色の分生子を多数形成して、病死虫の節間膜部を被った。

2. 分離菌の形態

キボシカミキリ成虫から分離された *B. tenella* はいずれの菌株も、分生子形成細胞の先端がジグザグ状に伸長しながら交互に分生子を形成するという *Beauveria* 属菌の特徴を示し(第11図, 第13図, 第14図および第20図), それら分生子は単胞で無色, 大多数が卵形, 大きさは $2.4\sim 6.8 \times 1.8\sim 3.5 \mu\text{m}$ であった(第2表)。なお, CBS 分譲株と比較して, 本菌の場合は短径が大きい傾向を示し, その違いから, 本菌分生子は卵形であるのに対し, CBS 分譲株のそれは楕円形であった。

本種成虫から分離された *B. tenella* のコロニーでは, 分生子および分生子形成細胞 (conidiogenous cell) から成るクラスター (cluster) と呼ばれる集塊が形成される場合とそうでない場合とがあり, その形状も球形とは限らず, 大きさ, 集塊の密生の程度は多様であった(第4図~第8図; 図版 II)。そのうち, 良く発達した分生子形成細胞の密生した球形の大形クラスター, およびそれを解体してジグザグ状に分生子着生痕をもつ分生子形成細胞を第10図~第13図(図版 III)に示した。

つぎに, *B. tenella* における分生子梗, 分生子形成細胞の形成, またはクラスターの形

第2表 キボシカミキリ成虫から分離された *Beauveria tenella* および *Metarrhizium anisopliae* の分生子の大きさ

Table 2. Sizes of conidia of *Beauveria tenella* and *Metarrhizium anisopliae* isolated from the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE.

Fungus species and isolate number	Length Mean (Range)	Width Mean (Range)
<i>Beauveria tenella</i>		
465	3.6±0.6 (2.4-5.0) μm	2.4±0.4 (1.8-3.3) μm
614	3.8±0.6 (2.7-6.8)	2.5±0.4 (1.8-3.5)
631	3.7±0.5 (2.9-6.2)	2.6±0.3 (1.8-3.3)
663	3.6±0.4 (2.7-4.7)	2.5±0.3 (1.8-3.3)
651 (=CBS326.67)	3.8±0.6 (2.3-5.6)	2.0±0.3 (1.5-2.4)
<i>Metarrhizium anisopliae</i>		
644	6.6±0.5 (5.3-8.3)	2.3±0.2 (2.1-3.0)

Mean: based on 100 conidia. Insect host of an isolate (CBS326.67) is the larva of the grass grub, *Costelytra zealandica* WHITE (Col. Scarabaeidae).

成を経時的に観察した結果について述べる。本菌の分生子形成細胞は、菌糸上に直接形成される場合(図版 IV, 第14図および第15図)や、分生子梗上に形成される場合(同, 第16図)があるが、多くの場合、MACLEOD(1954)が vesicles と呼んだ球状の菌細胞(以下、中間球状部と呼ぶ)が菌糸上に形成され、それらが生育を続けて、分生子形成細胞または2次の中間球状部を形成するという過程をくり返し、まず、菌糸を中心にして中間球状部および分生子形成細胞からなる集塊が造られ(同, 第17図および第18図)、分生子形成の開始によりやがて、若いクラスターが出現した(同, 第19図)。クラスターは、分生子形成細胞の先端がジグザグ状に伸長しながら分生子形成を進めるに伴い大形化した。しかし、クラスターの大きさを決める一次的要因は、中間球状部の形成程度によるものと思われた。すなわち、大形クラスターの場合、中間球状部は5~6段階にわたり分岐し生育していた。以上から、分生子形成細胞の基部形状は、球形の場合とフラスコ形の場合のあることが認められた。

菌糸についてみると、分生子梗、分生子形成細胞、またはクラスターを形成した菌糸表面には、疣状の突起が多数認められたが(第14図, 第16図, 第19図, 第22図および第23図)、若い菌糸の表面には、そのような突起が少ないか、または平滑であった(第21図)。なお、菌糸巾は1.0~1.6 μmであった。

つぎに、カミキリムシ成虫から分離された *Metarrhizium anisopliae* の場合には、菌糸と区別のつけ難い単純な構造・形状の分生子梗が菌糸上の特定の部分に集中して束状に形成され、それら先端から円筒状のフィアロ型分生子が形成された。分生子は連鎖集積して、柱状または2~3mmの層状となった。分生子の大きさは、5.3~8.3 (6.6±0.5) × 2.1~3.0 (2.3±0.2) μmであった。

3. 分離菌の培地上での生育

キボシカミキリから分離された *B. tenella* は、供試した5種類のいずれの培地において

も生育したが、最も良い生育がえられた培地は、蚕蛹煎汁2%加糖寒天で、ついでツァペックドックス寒天およびサブロー寒天であった。なお、ジャガイモ・デキストロース寒天での生育が最も不良であった。つぎに、分生子形成は、蚕蛹煎汁2%加糖およびツァペック寒天で良好で、他では不良であった。一般に、コロニーは初めは白色であるが、分生子形成が進むにつれて黄色を帯びた。コロニー裏面に着色が認められた例は、蚕蛹煎汁2%加糖寒天、ツァペックドックス寒天、および変法ツァペックドックス寒天の場合に多かったが、その色調は、CBS分譲株による着色に比べて淡色で、橙色～茶褐色であった。

キボシカミキリから分離された *M. anisopliae* も供試した5種類の培地のいずれにおいても生育した。本菌の生育が最も良好であったのは、蚕蛹煎汁2%加糖寒天で、白色綿毛状の菌糸生育に続いて、7～10日後から分生子形成が徐々に進行した。その間にコロニーの一部から菌糸が束状に隆起することが多かった。その後コロニー表面の大部分は、分生子の集積した厚い層で被われた。一方、ツァペックドックス寒天、サブロー寒天、およびジャガイモ・デキストロース寒天では、菌糸の生育はうすく平坦で綿毛状の菌糸生育はみられず、分生子形成は3～5日後から始まり、蚕蛹煎汁2%加糖寒天の場合に比べれば不良であるが、コロニー表面は比較的多くの分生子で被われ黒緑色を呈した。なお、サブロー寒天上では、分生子は他の培地におけるよりも黄色を帯びた。変法ツァペックス・ドックス寒天でのコロニーは、綿毛状に隆起したが、分生子形成は不良で、そのためコロニーは灰色を呈した。

4. 分離菌のカイコに対する病原性

キボシカミキリから分離された *B. tenella* および *M. anisopliae* を主体に、カイコに対するそれらの病原性を検定した。

まず、糸状菌病に対する感受性が最も高い蟻蚕に対して、*B. tenella* を接種した結果の1例を第3表に示した。

キボシカミキリ分離株 No. 465 および No. 614 の病原性は微弱で、2頭の死亡蚕が発生したにすぎなかった。残りのカイコは、菌接種後35日目までにすべて正常に羽化し、何らの異常も認められなかった。しかし、対照菌株の CBS 分譲株 No. 651 の病原性は上記より強く、供試蚕の多くが病死した。また、対照菌株 *B. bassiana* No. 32 の病原性はさらに著しく、接種後3日で供試蚕の病死率は100%に達した。

つぎに、キボシカミキリから分離された *B. tenella* 3株、および *M. anisopliae* 1株の合計2菌種4株、ならびに対照菌種2種を供試して、カイコへの接種試験を3蚕期にわたりくり返し実施した結果を、得られた最高病死率に要約して、第4表に示した。

供試菌のうち、対照菌の *Peacilomyces farinosus* No. 650 (CBS 分譲株) を除いて、他の菌種はいずれにもカイコに対する病原性が認められた。

本種成虫から分離された *B. tenella* の病原力は小さく、1齢孵化幼虫のみが感染したにすぎず、しかも供試した最大菌液濃度 10^8 /ml においても100%の病死率はえられなかった。これら分離株のうちでは、No. 614 の病原力がとくに小さい傾向を示した。2齢期以後のカイコは、幼虫、熟蚕、蛹のいずれにおいても、塗布接種では感染が認められなかつ

第3表 キボシカミキリから分離された *Beauveria*

Table 3. Susceptibility of the newly hatched larvae of the

Species and isolate number of <i>Beauveria</i>	Dorsage of spores /ml	Test numbers and number of larvae used		3	4	5
<i>B. tenella</i>						
465	2.4×10^7	1	22	.	.	.
		2	22	.	.	.
614	4.3×10^7	1	22	.	.	1
		2	22	.	.	.
651 (CBS)	2.1×10^7	1	22	.	.	1
		2	22	.	.	2
<i>B. bassiana</i>						
32	3.8×10^7	1	22	22		
		2	22	22		
Control	—	1	22	.	.	.
		2	22	.	.	.

Used strain of the silkworm: C135×J134. Newly hatched larvae 614 were obtained from *Psacotha hilaris*; 651 from *Costelytra zealandica*;

第4表 キボシカミキリ分離の *Beauveria tenella* およびTable 4. Pathogenicity of *Beauveria tenella* (no. 465, 614, and from *Psacotha hilaris* to the silkworm, *Bombyx mori* L.

Rearing seasons and races of silkworm tested	Larval instar of insect used	Maximum percent concentration of		
		465	<i>B. tenella</i>	
			614	631
Spring: C135×J134	1 NHL	0	5.0	
	2 L	0	0	
	3 L	0	0	
	4 L	0	0	
	5 L	0	0	
Summer: C124×J124	1 NHL	40.7	0	33.3
	2 L	0	0	0
	4 L			0
Late autumn: C124×J124	1 NHL	20.0	0	40.0
	4 L	0	0	0
	5 ML	0	0	0
	P	0	0	
	P Injected	100	100	
	5L //	100	100	

Isolates of no. 650 and 651 were received from CBS culture suspension in each isolate. NHL, newly hatched larvae; 2 L, pupae.

tenella への蠶蚕の感受性
silkworm, *Bombyx mori* L., to infection with *Beauveria tenella*.

No. of insects died in the following days after inoculation											No. of survivals on 35th day
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
7	7	1	.	.	.	.	.	.	.	.	5
7	3	3	.	2	2	2	.	.	.	1	0
											0
											0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22

were smeared with spore suspension of fungus pathogens. Isolate no. 465 and 32 from *Bombyx mori*.

Metarrhizium anisopliae のカイコに対する病原性
631) and *Metarrhizium anisopliae* (no. 644) isolated

mortality in the silkworm subjected to varying spore suspension from each fungus isolates			
651	<i>M. anisopliae</i> 644	<i>B. bassiana</i> 32	<i>Paecilomyces farinosus</i> 650
77.5	100	100	
0	100	100	0
12.0	100		
0	100		
0	100		
81.5	100	100	
0	100	100	0
	100		
		100	0
	100	100	0
		100	
	100	100	

collection. 10^8 spore/ml is a highest concentration of spore larvae just after 2nd ecdysis; ML, matured larvae; P,

た. そのため, 病徴として記載できる変化はみられなかった. しかし, 本菌を5齢幼虫, または蛹に注射接種した場合, それらの病死率は容易に100%に達した. 注射接種によって病死した5齢幼虫は, その体色を赤変することなくそのまま硬化して, やがて全身は白色菌糸に被われた. なお, その死体上のコロニーは分生子の形成が進むにつれ黄色を帯びた.

一方, *B. tenella* のうち, CBS 分譲株の病原力は, 1齢蚕でえられた高い病死率および3齢蚕でも感染がみられたことから, キボシカミキリ分譲株のそれよりも大きいものと思われた.

M. anisopliae は, 対照菌の *B. bassiana* と同様に, カイコに強い病原性を示した.

5. キボシカミキリ成虫の硬化病に対する感受性

キボシカミキリ成虫から分離された4種類の糸状菌のうち, とくに, *B. tenella* による感染個体数が多いことをさきに述べたが, 本種成虫における病原糸状菌の役割を知るため, これら成虫の硬化病菌に対する感受性の違いについて調査した.

本種成虫から分離された *B. tenella* (No. 465, No. 614, No. 631), *M. anisopliae* (No. 644), 対照菌としての *B. bassiana* (No. 32 カイコ分離株, No. 661 スケバハゴロモ分離株) および *Paecilomyces fumoso-roseus* (No. 462 カイコ分離株) の合計4菌種7株を, 桑園から採集された本種成虫にそれぞれ接種し, それらを死亡するまで個体別に飼育した後, 死体からの菌の生育を促し, 菌種の同定を行なった結果を第5表に示した.

第5表 キボシカミキリ成虫の数種糸状菌に対する感受性

Table 5. Mortality of adult of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE, inoculated with different entomogenous fungi.

Isolate number of fungi used	Spore dosage treated /ml	No. of animals used	Percent mortality (%)				Recovery of fungi (%)	Percent mortality by mycoses (%)
			15 days	30	60	90		
<i>Beauveria tenella</i>								
614	2.7×10^7	26	100				92	92
465	5.5×10^7	26	100				73	73
631	10^8	26	100				96	96
<i>B. bassiana</i>								
32	1.8×10^8	25	20	32	56	72	88	12
661	1.1×10^8	22	32	36	64	64	100	14
<i>Paecilomyces fumoso-roseus</i>								
462	1.8×10^8	27	8	15	37	59	82	0
<i>Metarrhizium anisopliae</i>								
644	10^7	11	45	73	100		91	91
Control		34	15	24	32	41	71	—
		10	0	10	20	20	100	—

Beetles used were collected from some mulberry fields in Ebina city of Kanagawa prefecture on September 3, 1977.

キボシカミキリ成虫は、*B. tenella* および *M. anisopliae* に高率に感染した。一方、*B. bassiana* による感染は低率であり、*P. fumoso-roseus* による感染虫はみられなかった。

接種された成虫の死亡率および死亡時期の関係をみると、*B. tenella* による場合、本試験では、いずれの菌株によっても15日後にその死亡率は100%に達したが、*M. anisopliae* による場合、病死率が100%に達したのは60日後であった。死体からの菌回収（再検出）結果および対照区における累積死亡率から、*B. tenella* による本種成虫の死亡は急性であるが、他菌種による場合は、死亡率が低くばかりでなく死亡時期も遅れる傾向が示された。なお、未感染個体の多くは捕獲供試後60~125日で自然死したが、本接種試験無処理区においては、捕獲後125日目においてもなお生存している成虫があった。

つぎに、*B. tenella* の2株を供試して、接種菌量と本種成虫の死亡率および死亡時期との関係を調査したところ（第6表）、本種成虫に対する LC_{50} は $No. 614 \geq 2.1 \times 10^5 / ml$,

第6表 キボシカミキリ成虫における *Beauveria tenella* の接種菌量と病死率

Table 6. Percent mortality of adults of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE, inoculated with *Beauveria tenella*.

Isolate number	Spore dosage treated /ml	No. of adults used	Cumulative mortality in the period after inoculation (%)					Recovery of <i>B. tenella</i> (%)
			15 days	30	50	100	165	
614	2.7×10^7	10	100					90
	" 10^6	10	90	100				80
	" 10^5	10	50	60	60	60	100	30
	" 10^4	10	50	60	70	80	100	30
465	5.5×10^7	15	100					87
	" 10^6	15	93	100				60
	" 10^5	15	67	73	80	80	100	13
	" 10^4	15	27	33	60	67	100	0
Control	—	23	9	26	30	48	96	0

Beetles used were collected from mulberry fields in Hino city of Tokyo on September 12, 1977.

No. 465 $\geq 1.3 \times 10^6 / ml$ であり、その病原力は菌株 No. 465 よりも No. 614 の方が大きかった。両分離株の 10^6 および $10^7 / ml$ 菌液接種区では、ともに致死率100%となったが、これら死亡虫は30日以内で、そのうちの90%以上は15日間で死亡した。すなわち、累積病死率および菌の再検出調査の双方から、*B. tenella* による死亡虫のほとんどは、菌接種後15日以内に生じた。一方、菌接種30日以後の死亡の主原因は自然死と思われた。なお、本試験無処理区では、羽化後165日を経ても生存している個体が認められた。

キボシカミキリ成虫への *B. tenella* の接種方法または接種部位と病死率との関係について調査した結果を、第7表に示した。

$10^7 / ml$ 菌液によれば、接種方法が散布、または塗布のいずれの場合にも、供試虫死亡率は15日間で100%に達した。そして、塗布接種においては、触角または脚部にのみ接

第7表 キボシカミキリ成虫に対する *Beauveria*
Table 7. Effect of different inoculation methods on
hilaris PASCOE, inoculated with *Beauveria*

Spore dosage /ml	Inoculation methods used	Region inoculated	No. of insects used
10 ⁷	Spraying	Whole bodies	39
10 ⁶	"	"	39
10 ⁷	Smearing	Bodies (except for legs & antennae)	21
10 ⁶	"	"	22
10 ⁷	Smearing	Antennae	32
10 ⁷	"	Legs	32
Control (untreated)			47

Beetles used were collected from mulberry fields in Ebina city of Kana-

種した場合でも、供試虫死亡率は15日後に81~97%、20日後に97%の高率となった。

10⁶/ml菌液による場合、散布接種法では15日後の死亡率は100%であったが、触角と脚を除いた胸腹部（胴部）のみへの塗布接種区の死亡率は15日後は50%で、同区の菌検出個体は110日後においても50%にすぎなかった。

以上、本種成虫は体表面全体の場合も勿論のこと、触角または脚部からでも容易に感染をうけて高い病死率を示し、*B. tenella* に対して著しく感受性であった。

考 察

キボシカミキリに対する天敵微生物としての糸状菌の寄生に関しては、これまでに報告されたものが見当たらない。また、わが国では、*B. tenella* を昆虫から分離したという報告も少なく、岩淵・河村（1909）が、黄きょう病蚕のうち病蚕体色の赤変の著しいものから、*Botrytis tenella* SACC. (*Beauveria tenella* の旧名) を分離し、それを赤色黄きょう病菌と命名したのが初めてで、他には、最近、青木ら（1975 a）によるオオスジコガネ病死虫からの本菌の分離があるにすぎない。

一方、欧米において *Beauveria tenella* の宿主昆虫とされているのは、鞘翅目、りん翅目、双翅目などに属する11種（CHARLES, 1941）、鞘翅目2種、半翅目2種、膜翅目1種、りん翅目1種の合計6種（STEINHAUS and MARSH, 1962）*Hypsipyla robusta* MOORE (Lep; Pyralidae)の幼虫（KANDASAMY, 1969）、コフキコガネ科など鞘翅目3種（HOOG, 1972）、さらには、*Aedes sierrensis* の幼虫（ボウフラ）（PINNOCK et al., 1973）、蜜蜂 *Apis mellifera* (worker pupa)（PREST et al. 1974）などである。しかし、上記のうち、本菌の宿主昆虫として最も普遍的な虫はコガネムシ類のようで、とくに欧州においては、古くから多くの研究者によってコガネムシ類幼虫に対する微生物殺虫剤としての本菌の利用が試みられているが、これは、本菌が多く昆虫のなかで、土壌中にその生活環の一部をもつ種類に対して、土中での接触により感染すること、とくに、コガネムシ幼虫に対する感染性が選択的

tenella の接種法と病死率

mortality of adults of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha tenella* (no. 614)

10 days	Cumulative mortality in the following period (%)					Recovery of fungi used (%)	Total mycoses (%)
	15	20	30	50	110		
100						82	82
87	100					77	77
48	100					100	100
32	50	55	68	77	100	50	50
63	81	97	97	97	100	97	97
69	97	97	100			88	88
9	11	23	28	34	100	—	4

gawa prefecture on September 28, 1977.

に高いことによるといわれている (MÜLLER-KÖGLER, 1965; HURPIN and FERRON, 1964; HURPIN and ROBERT, 1972; FERRON, 1974; FERRON and HURPIN, 1974; MARCHAL, 1976).

本研究では、キボシカミキリ成虫に寄生する *B. tenella* が、カイコに対しては病原力が小さく、わずかに蟻蚕に対して感染性を示したにすぎなかった。したがって、桑園のキボシカミキリ成虫に高頻度にみられる本菌が、カイコに対して蚕病として大被害をもたらす恐れはほとんどないと考えられる。そのことは、現在まで、本菌によってカイコが自然感染したという報告の知られないことによって裏づけられているといえよう。

一方、岩淵・河村 (1909) は赤色黄きょう病菌を、蟻蚕および各齡起蚕へ接種して、いずれの場合にも 100% の病死率をえており、その結果、供試菌の病原性は黄きょう病菌よりも強いと指摘しているし、青木ら (1975 b) は、オオスジコガネ幼虫からの *B. tenella* の分生子懸濁液 1.2×10^6 /ml を接種して、蟻蚕では 91%、5 齡起蚕でも 25% の病死蚕をえている。さらに、著者がオランダの CBS から分譲をうけた CBS 326・67 株を供試した接種試験においては、蟻蚕は比較的高率に感染し、3 齡起蚕接種時にも病死率がみられた。このように、本菌は病原性の点からみて、従来報告とは異なっていた。

分生子の大きさに関しては、岩淵・河村 (1909) の *Botrytis tenella*, $2.8-(3.3)-4.2 \times 2.4-(2.8)-3.5 \mu\text{m}$, MacLeod (1954) による *Beauveria tenella*, $2.0-6.0 \times 1.0-4.0 \mu\text{m}$, De Hoog (1972) による *B. brongniartii* の $(2-)-2.5-4.5-(6) \times (1.5-)-2-2.5(-3) \mu\text{m}$, 青木ら (1975 a) による *B. tenella* の $2.5-4.0 \times 2.3-2.7 \mu\text{m}$, および CBS 分譲株 (CBS 326・67) のその 5 株と比べて大差はなかったが、分生子の形状に関しては、本菌、赤色黄きょう病菌、および MacLeod (1954) のそれは卵形、De Hoog (1972), 青木ら (1975 a) および CBS 分譲株のそれらは楕円形であり、僅かながら差違が認められた。

上記の他に、本菌を注射接種された 5 齡幼虫の体色が、病死後に赤変しなかったことや、寒天培地への色素産生の程度が少ないことなどの点において、本菌の性状が従来記載と一致しない点もある。しかし、MacLeod (1954) の指摘しているように、培地の着色程度

や病死虫の体色の变化については大きな変異のあることから、種の決定に重要な指標とはなりえないことが認められているので、キボシカミキリ 分離株は、*B. tenella* のうちのカイコに対する病原力の小さい系統と考えられる。

Beauveria 属菌の分類については、MACLEOD (1954) が多くの系統的調査に基き、ほとんどの性状が類似しているため、分生子の形状が主に球形の *B. bassiana* と卵形～楕円形の *B. tenella* の2種に括めた方式が用いられているが、最近、De HOOG (1972) は、分生子形成細胞の分生子着生痕の形態、クラスターの有無などの指標によって別の分類を提案した。すなわち、*Beauveria* 属菌は *B. alba*, *B. bassiana* および *B. brongniartii* の3種に分けられた。MACLEOD (1954) の *B. tenella* に相当する分生子が卵形～楕円形の種類は、De HOOG (1972) によれば、*B. brongniartii* となる。この種名の正当性については結論を下し難いが、菌分類の原典とされてきた *Sylloge Fungorum* (1886) には、*Botrytis tenella* SACC. は *B. bassiana* の subspecies とされ、その分生子は球形、大きさ $1.5 \mu\text{m}$ と記載されているし、*B. brongniartii* SACC. のそれは卵形 $2.5\sim 4.0 \mu\text{m}$ とされている。また、*Sylloge Fungorum* 別巻 (1892) によれば、*Botrytis densa* の分生子は卵形とされている。さらに、オランダの CBS は、1972年発行の List of Cultures における *Beauveria* 属菌の種名を *B. alba*, *B. bassiana*, および *B. brongniartii* の3種に括めている。これらから、著者は、キボシカミキリ分離菌の種名としては *Beauveria brongniartii* が適当と考えたが、今日、*B. tenella* が広く使われている事実、ならびに、クラスター形成は稀であるとする De Hoog (1972) の記載は誤りではないが、それは長年に亘って継代された保存株についてのことであり、一般には、本調査で示されたように種々の集塊の程度・形状のクラスターが形成されることなどの理由から、本文においては、*B. tenella* を *B. brongniartii* の同意語と考えて使用した。

つぎに、キボシカミキリ成虫への接種試験から、本種成虫は *B. tenella* に対して感受性の高いことが示された。カイコ幼虫との間における感受性の差は、体重の著しく小さい蠶蚕の場合との対比でも、 LC_{50} でおよそ 10^8 倍であり、野外昆虫分離菌の病原力が、分離源宿主(本種成虫)とそうでない宿主(カイコ)との間で、このように大きな差異を示したのは数少ない事例と思われる。

さらに、触角、または脚部のみへの菌接種によっても、キボシカミキリ成虫が容易に短期間に感染発病することが明らかにされたことから、上述の感受性の点と合わせ考えると、圃場において本菌は、キボシカミキリ成虫の個体数の減少に、有用天敵微生物として重要な役割を果しているものと思われた。一方では、土壌棲息性でない昆虫が *B. tenella* に対し高い感受性を示したことも興味のある点で、このことは、本菌による感染が、本種成虫の生態、とくに桑園内での行動において、経験的に知られている、一時的な地表面への待避または潜伏などの行動と関連のあることを示唆しているのかも知れない。

本邦においては、桑樹における本種の場合と似て、畑作物に対しては、コガネムシ類の異常発生がみられているが、西垣 (1977) はその原因のなかに、長期にわたる農薬の使用による天敵の排除、効果的の化学薬剤の使用禁止による代替薬剤の欠如などを挙げている。キボシカミキリの多発原因は明らかでないが、その駆除において有効な方法または化学薬剤の少ない現在、その防除法の一つとして、本菌の微生物殺虫剤としての積極的利用の可

能性が考えられる。しかし、これを本種に対する総合防除の一助として組み込むためには、カイコでの自然感染による被害例が知られていないとはいえ、カイコに対する病原力の変動の有無など、本菌の性状、感染源・越冬場所などの生態を明らかにする必要がある。またさらに、キボシカミキリ成虫の発生には時期的に異なる2つの型、すなわち、初夏型(6月)と秋季型(9月下旬~10月上旬)のあることが知られているが(伊庭ら, 1976)、本研究における調査は、時期的には後者において発生した糸状菌病について行なわれたものであり、初夏最盛型地方における本種の糸状菌寄生相などの残された点についても究明の必要があることはいうまでもない。

摘 要

桑園に多発しているキボシカミキリに多発する硬化病のカイコへの影響を明らかにするため、本種成虫に寄生する糸状菌の種類、およびそれらの形態、病原性などについて攻究し、つぎの結果をえた。

1. 東京都下、神奈川県下、および岐阜県下の各桑園から捕獲されたキボシカミキリ成虫の寄生菌として検出された菌種は、*Beauveria tenella* が最も多く、ついで *Metarrhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumoso-roseus*, および *Beauveria bassiana* であった。

2. 本種成虫から分離された *B. tenella* の形態を走査電顕によって明らかにした。本菌分生子は単胞・卵形で、大きさは $2.4-6.8 \times 1.8-3.5 \mu\text{m}$ であった。分生子は、分生子形成細胞上にジグザグ状に交互に形成されるが、クラスターの大きさ・形状・密生の程度は多様であった。分生子形成細胞は、一般には、菌糸から生じた球状の中間菌細胞上に形成されることが多かった。

3. キボシカミキリから分離された *B. tenella* は、カイコに対する病原力が小さく、感染が認められたのは蟻蚕に対してのみであった。このことから、本菌が養蚕において著しい被害をもたらすことはないものと思われた。なお、本種から分離された *M. anisopliae* はカイコに強い病原性を示した。

4. *B. tenella* をキボシカミキリ成虫へ戻し接種した場合、早い時期に高い死亡率がえられた。数種類の病原糸状菌のうち、本種成虫は、とくに *B. tenella* に対する感受性が高かった。したがって、*B. tenella* は、本種の天敵微生物として、個体数の減少に重要な役割を果しているものと思われた。そこで、キボシカミキリに対する防除法の一つとして、本菌の微生物殺虫剤としての利用の可能性が指摘された。

文 献

- 1) 青木襄児・片桐一正・串田 保 1975a. コガネムシに寄生する3種糸状菌. 応動昆, 19 (1) 17-22.
- 2) ———・柳瀬久美子・串田 保 1975b. 黄きょう病症状を現わす数種昆虫病原糸状菌の蚕に対する病原性とその和名. 日蚕雑, 44 (5) 365-370.
- 3) ARX, J. A. V. 1972. List of Cultures. 28th edition, 349 pp. Centraalbureau voor Schimmcultures, Baarn, Netherlands.
- 4) BROWN, A. H. S., and G. SMITH 1957. The genus *Paecilomyces* BAINER and its perfect stage *Byssochlamys* WESTLING. Trans. Brit. mycol. Soc., 40 (1) 17-89.
- 5) CHARLES, V. K. 1941. A preliminary check list of the entomogenous fungi of North America.

- U. S. Dept. Agr. Bur. Plant Ind. The Insect Pest Survey Bulletin, **21**, 707-785.
- 6) 土肥和男・太田芳男 1971. カミキリの防除試験. 神奈川蚕セ概要. 45年度, 131-134.
 - 7) FERRON, P. 1974. Essai de lutte microbiologique contre *Melolontha melolontha* par contamination du sol a laid de blastospores de *Beauveria tenella*. Entomophaga, **19** (1) 103-114.
 - 8) FERRON, P., and B. HURPIN 1974. Effets de la contamination simultanee ou successive par *Beauveria tenella* et par *Entomopoxvirus melolonthae* des larves de *Melolontha melolontha* (Col. Scarabaeidae). Ann. Soc. ent. Fr. (N. S.), **10** (3) 771-779.
 - 9) 林 驒作・岩淵平介 1902. 黒殭蚕の研究. 蚕事報告, (18) 273-282.
 - 10) HOOG, G. S. De. 1972. The genera *Beauveria*, *Isaria*, *Tritirachium* and *Acrodontium* gen. nov. Studies in mycology, No. 1, 41 pp., C. B. S. (Baarn).
 - 11) HURPIN, B., and P. FERRON 1964. Essais parcellaires de lutte contre les larves de *Melolontha melolontha* L. par la mycose a *Beauveria tenella*. Rev. de Path. Veg. et Ent. agr. de Fr. **43** (4) 227-236.
 - 12) ———, and P. H. ROBERT 1972. Comparison of the activity of certain pathogens of the cockchafer *Melolontha melolontha* in plots of natural meadowland. J. Invertebr. Pathol., **19**, 291-298.
 - 13) 伊庭正樹 1963. キボシヒゲナガカミキリ *Psacotha hilaris* PASCOE について. 蚕糸研究, (47) 72-78.
 - 14) ———・井上昭司・菊地 実 1976. キボシカミキリの生態学的研究 I. 成虫の発生消長にみられる地方的差異. 日蚕雑, **45** (2) 156-160.
 - 15) 岩淵平介・河村福治 1909. 蚕の赤色黄癩病に関する研究. 東京蚕事報告. (38) 91-99.
 - 16) KANDASAMY, D. 1969. *Hypsipyla robusta* MOORE, a new host for *Beauveria tenella* (DELACROIX) SIEMASZKO. J. Invertebr. Pathol., **13**, 149-150.
 - 17) MACLEOD, D. M. 1954. Investigations on the genera *Beauveria* VUILL. and *Tritirachium* LIMBER. Can. J. Bot., **32**, 818-890.
 - 18) MARCHAL, M. 1976. Sensibilité a *Beauveria brongniartii* (Fungi Imperfecti, Moniliales) des larves de *Melolontha melolontha* L. (Col. Scarabaeidae) parasitées par *Pseudomonocystis* sp. (Sporozoaire, Eugregarinaria). Comptes rendus des seances de la Societe de Biologie, **170** (2) 295-299.
 - 19) MÜLLER-KÖGLER, E. 1965. Pilzkrankheiten bei Insekten. 444 pp. Paul Parey, Berlin und Hamburg.
 - 20) 中村雅隆・斉藤仙三郎 1962. 桑園天牛類の防除について (要旨). 日蚕雑, **31** (3) 178.
 - 21) ———・茂木一二 1963. 桑園天牛類の生態と防除について II (要旨). 日蚕雑, **32** (3) 165-166.
 - 22) 西垣定治郎 1977. 最近のコガネムシ類の異常発生とその原因. 植物防疫, **31** (11) 435-440.
 - 23) 農林省農蚕園芸局 1977. 桑園害虫の発生予察に関する調査成績. 技術資料 (88) 1-29.
 - 44) PETCH, T. 1931. Notes on entomogenous fungi. Trans. Brit. myc. soc., **16**, 55-75.
 - 25) PINNOCK, D. E., R. GARCIA, and C. M. CUBBIN 1973. *Beauveria tenella* as a control agent for mosquito larva. J. Invertebr. Pathol., **22**, 143-147.
 - 26) PREST, D. B., M. GILLIAM, S. TABER III, and J. P. MILES 1974. Fungi associated with discolored honey bee, *Apis mellifera*, larvae and pupae. J. Invertebr. Pathol., **24**, 253-255.
 - 27) SACCARDO, P. A. 1886. Notae mycologicae. Sylloge Fungorum, **4**, 119.
 - 28) ———. 1892. Notae mycologicae. Sylloge Fungorum, **10**, 540.
 - 29) STEINHAUS, E. A., and G. A. MARSH 1962. Report of diagnoses of diseased insects 1951-1961. Hilgardia, **33** (9) 349-487.
 - 30) 山浦正男・丹羽正美・前田利国 1973. キボシカミキリの生態と防除. 岐阜蚕試要報. (10) 26-32.
 - 31) 米山光郎 1977. 山梨県におけるキボシカミキリの発生動態について. 日蚕中部講演要旨集, (33) 60.

Summary

**On an entomogenous fungus *Beauveria tenella* (DELACROIX)
SIEMASZKO isolated from the yellow-spotted longicorn
beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE**

By

Kiyoshi KAWAKAMI

It is well known that the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE, is one of great noxious insects to the mulberry tree in the eastern area of Japan. Until present there is no evidence about pathogens as natural enemy of the beetle, however, the author found fungal growth on beetles died in mulberry field. Therefore, the present investigation has been performed in order to make clear the taxonomical characteristics and pathogenicity of naturally occurring fungi which are obtained from dead adult beetle in mulberry field to larvae at different stages of the silkworm, *Bombyx mori* L. The results obtained are summarized as follows:

1. Entomogenous fungi found in this beetle were identified with *Beauveria tenella* (DELACROIX) SIEMASZKO ((*B. brongniartii* (SACCARD) PETCH)), *Metarrhizium anisopliae* (METSCHNIKOFF) SOROKIN, *Paecilomyces fumoso-roseus* (WIZE) BROWN and SMITH, and *Beauveria bassiana* (BALSAMO) VUILLEMIN.

2. *Beauveria tenella* has been isolated from large number of the adult beetles. And the fungus was studied morphologically with scanning electron microscope.

3. Only newly hatched larvae of the silkworm, *Bombyx mori*, were susceptible to the infection by the fungus *B. tenella* isolated from the beetle, showing 40.7% larval maximal mortality in spore dosage of 10^8 /ml. From the results it seemed that the fungus was not so dangerous to the silkworm rearing. On the other hand, *M. anisopliae* isolated from the beetle was virulent to the silkworm.

4. In laboratory experiments, the adult beetle of *Psacotha hilaris* was more susceptible to the infection with spraying or surface-smearing of spore suspension of *B. tenella* than that to both fungi, *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumoso-roseus*. Many of the adult beetle contaminated with *B. tenella* were killed within about 15 days after treatment. This result shows that *B. tenella* is one of the effective natural pathogen associated with the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE, and that there is a possibility to utilize them as agent for the microbial control of the beetle.

Acknowledgements

The author wishes to thank Dr. SAMSON, R. A., and Dr. De HOOG, G. S., Centraalbureau voor Schimmelcultures, Netherlands, for their valuable suggestions to fungus identification and for providing the living culture of CBS.

図 版 説 明

図版 I. カミキリムシ成虫の硬化病死体

第 1 図 *Beauveria tenella* によるキボシカミキリ (右) およびクワカミキリ (左) 各成虫の硬化病死体.

第 2 図 硬化病菌菌糸により被われたキボシカミキリ成虫の死体. 成虫死体は, 内部からの菌の生育を促すため, 表面消毒後室内で保湿保護された.

第 3 図 *Metarrhizium anisopliae* によるキボシカミキリ成虫の硬化病死体

図版 II. *Beauveria tenella* および *Beauveria bassiana* のクラスター (棒線は 50 μm).

第 4 図~第 8 図 *Beauveria tenella* における種々の形・大きさ・密度のクラスター.

第 9 図 *Beauveria bassiana* の典型的なクラスター. 大形・球状で斉一, そして分生子形成密度が高い (第 4 図~第 9 図は同一倍率).

図版 III. *Beauveria tenella* のクラスターと分生子形成細胞 (棒線は 10 μm).

第 10 図 *Beauveria tenella* のよく発達した球形のクラスター.

第 11 図 同上分生子形成細胞とジグザグ状の分生子形成様式. クラスターを解きほぐしたところ.

第 12 図 *Beauveria tenella* の生育途上のクラスター.

第 13 図 同上クラスターを構成する分生子形成細胞. 基部は球形でそれよりジグザグ状に分生子を形成しながら伸長している.

図版 IV. *Beauveria tenella* の分生子形成様式とクラスターの形成 (棒線は 10 μm).

第 14 図 菌糸から直接単独に形成された *Beauveria tenella* の円筒状の分生子形成細胞とその分生子形成.

第 15 図 菌糸上に単独に形成された基部がフラスコ状の分生子形成細胞.

第 16 図 分生子梗上に形成された分生子形成細胞.

第 17 図~第 19 図 *Beauveria tenella* のクラスター形成過程.

第 17 図 若いクラスター. クラスター形成の初期, 菌糸からまず球形の中間菌細胞 (以下, 中間球状部という) が数段階にわたり形成される.

第 18 図 生育途上の大形クラスター. 中間球状部が数段階にわたり形成された後に, 分生子形成細胞が分生子生産を始める.

第 19 図 分生子に被われた若いクラスター. 分生子形成が著しく, もはや, 中間球状部や分生子形成細胞の基部は見えない.

第 20 図 *Beauveria tenella* のクラスターの一部における分生子と分生子形成様式.

図版 V. *Beauveria tenella* の菌糸の表面性状 (棒線は 10 μm).

第 21 図 表面が平滑な若い菌糸.

第 22 図~第 23 図 半球状の疣状突起をもつ菌糸.

Explanation of plates

Plate I. Adults of *Psacotha hilaris* or *Apriona japonica* infected with entomogenous fungi.

Fig. 1. An adult of the yellow-spotted longicorn beetle (right), *Psacotha hilaris* PASCOE, and the mulberry borer (left), *Apriona japonica* THOMSON, infected with *Beauveria tenella*. These specimens with fungus growth were collected from mulberry fields.

Fig. 2. *Beauveria*-infected adults of *Psacotha hilaris* enveloped with the vegetative growth of the fungus. After surface sterilization, these adults were kept in humid warm condition.

Fig. 3. Two adults of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* PASCOE, infected with *Metarrhizium anisopliae* (METSCH.) SOROKIN.

Plate II. Spore clusters of *Beauveria tenella* and *Beauveria bassiana*.

Fig. 4-Fig. 8. Variation in size, shape, or arrangement of spore clusters of *Beauveria tenella* (Magnification of figures is same to Fig. 9).

Fig. 9. A typical compact globose clusters of *Beauveria bassiana*. Bar indicates 50 μ m.

Plate III. Clusters and conidiogenous cells of *Beauveria tenella* (Each bar on figures represents 10 μ m in length).

Fig. 10. Well-grown compact globose clusters of *B. tenella*.

Fig. 11. Thread-like filaments developed in a zigzag line from conidiogenous cell.

Fig. 12. A young cluster, 40 μ m in diameter, formed on mycelium of *B. tenella*.

Fig. 13. The zigzag thread-like filaments and the globose basal portion of conidiogenous cells of *B. tenella*.

Plate IV. The cluster and conidial formation in *Beauveria tenella*. Each bar on figures represents 10 μ m in length.

Fig. 14. A cylindrical conidiogenous cell formed directly on the mycelium.

Fig. 15. A flask-shape conidiogenous cell occurred singly on the mycelium.

Fig. 16. Conidiogenous cells on the conidiophore.

Fig. 17. A young cluster with globose vesicles and conidiogenous cells of *B. tenella*.

Fig. 18. A well-grown large cluster with globoses vesicles, conidiogenous cells, and conidial formation.

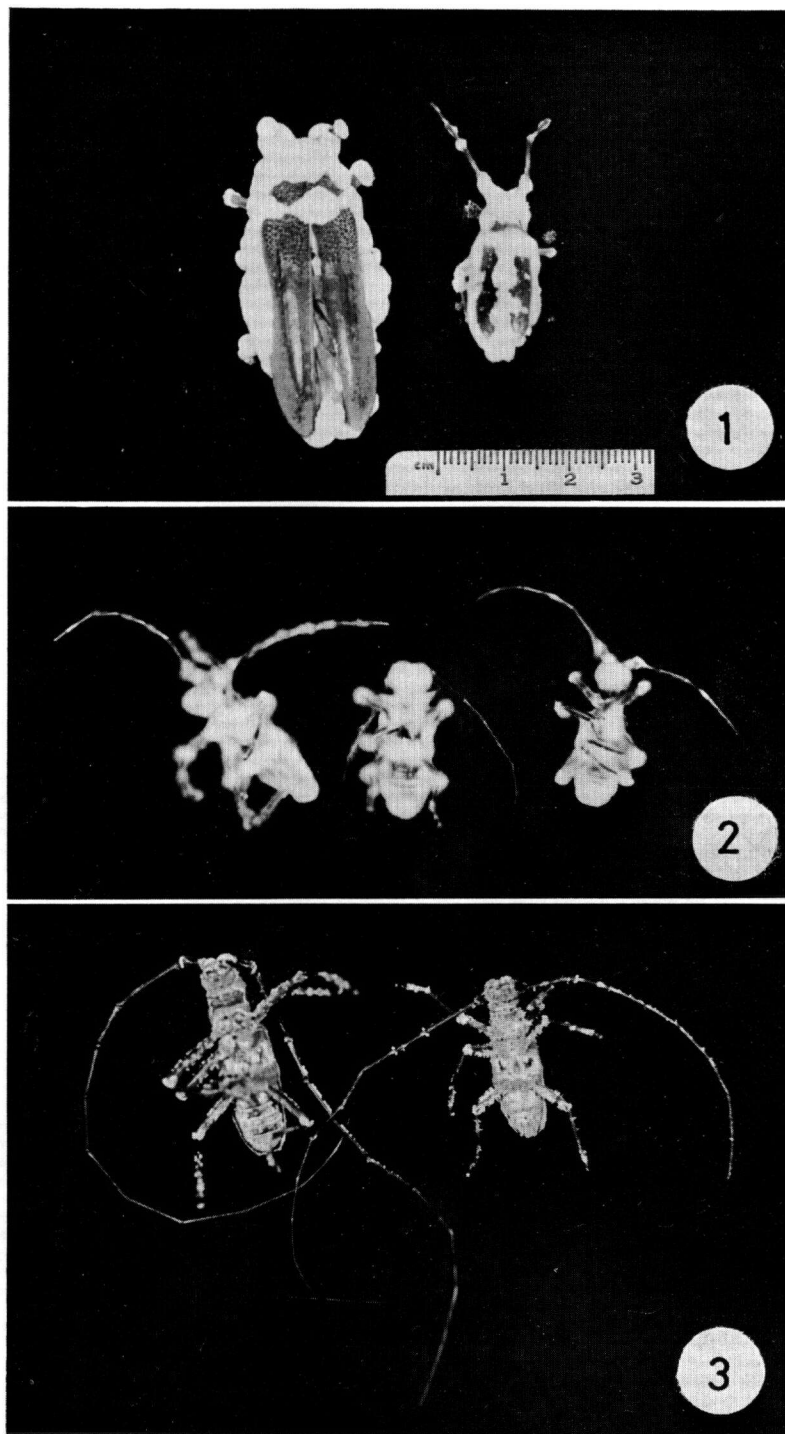
Fig. 19. A cluster covered with conidia.

Fig. 20. Oval conidia and conidial formation in the tip of the cluster of *B. tenella*.

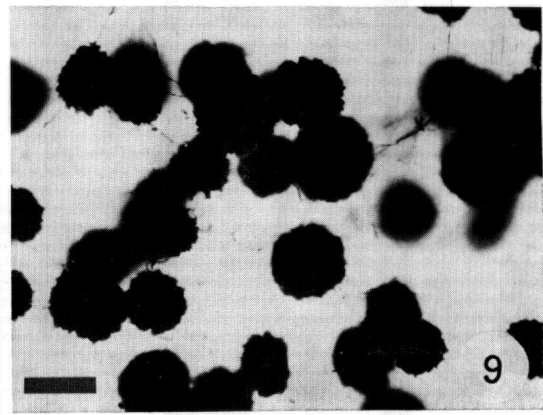
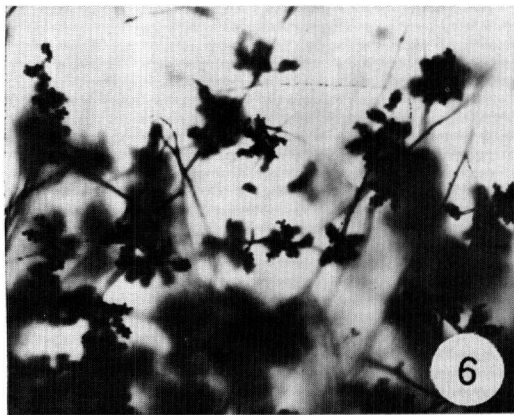
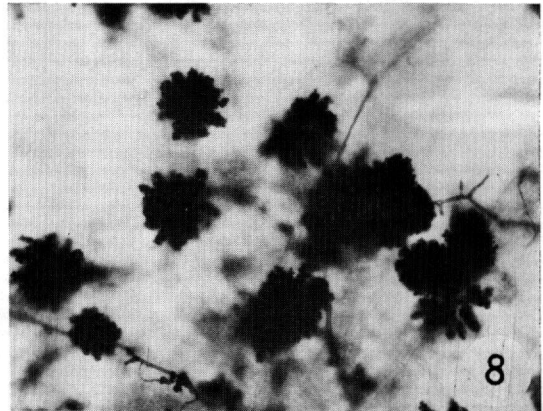
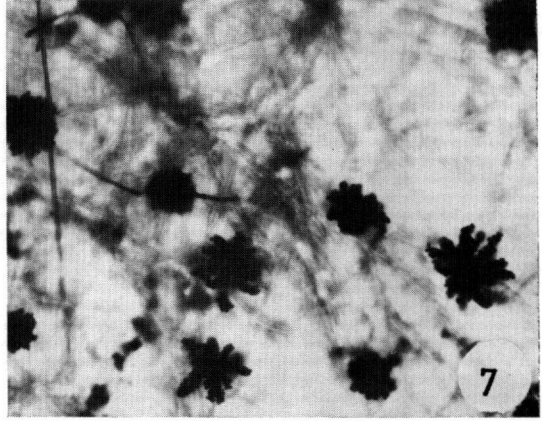
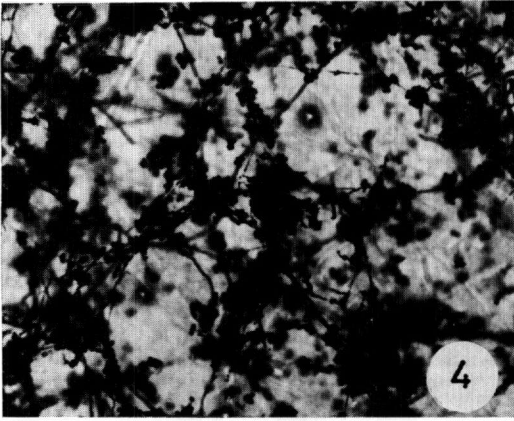
Plate V. Surface character of hyphae in *Beauveria tenella*. Bar on figures indicates 10 μ m in length.

Fig. 21. Young hyphae with smooth surface.

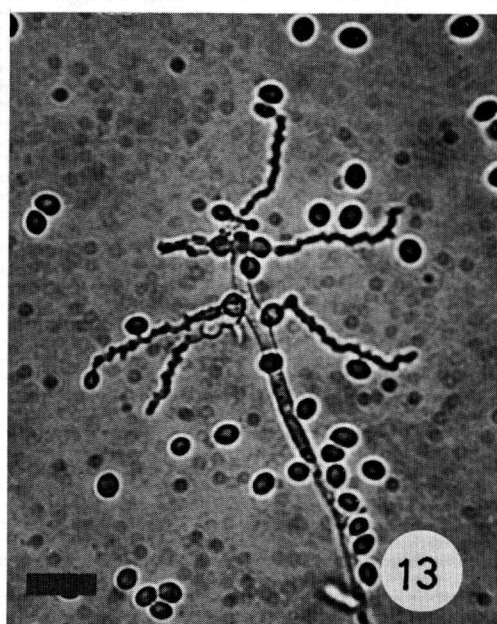
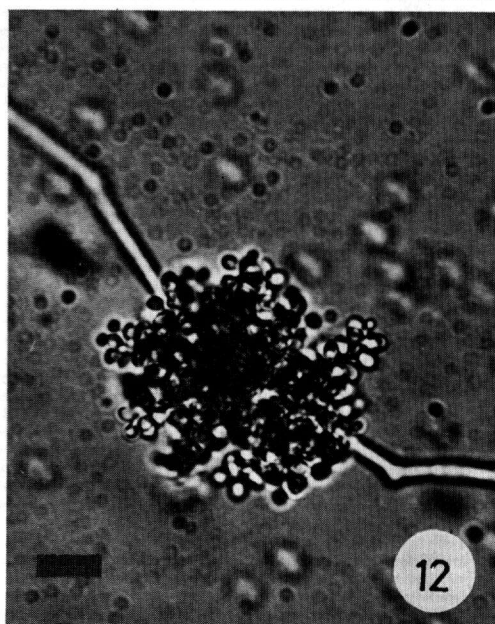
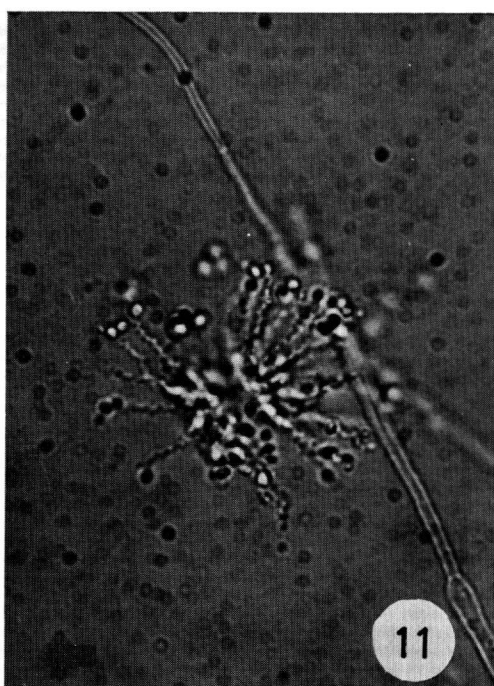
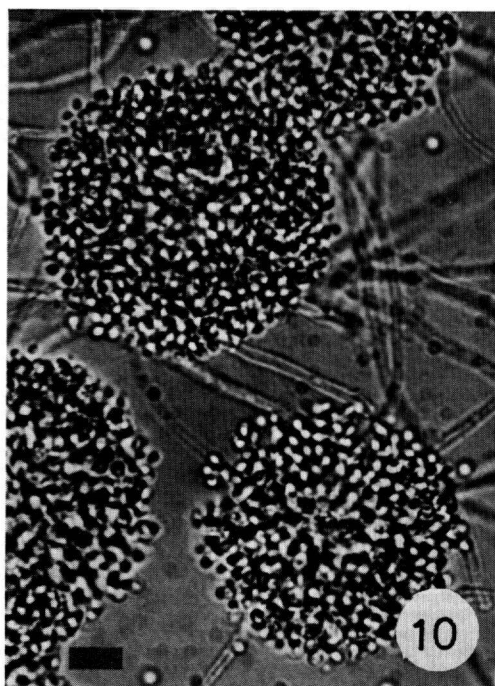
Fig. 22-Fig. 23. Hyphae with warty processes.



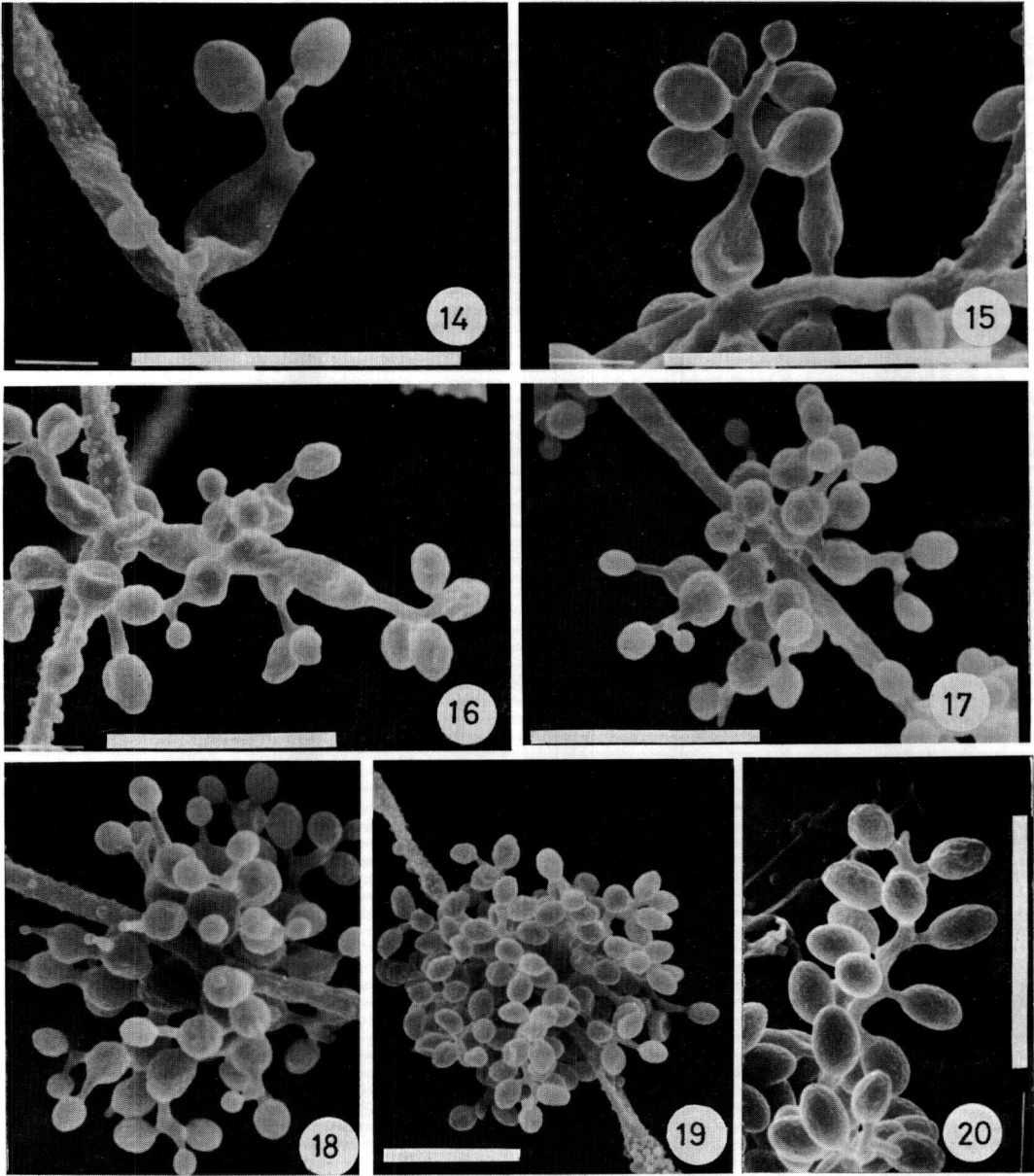
図版.(Plate) I



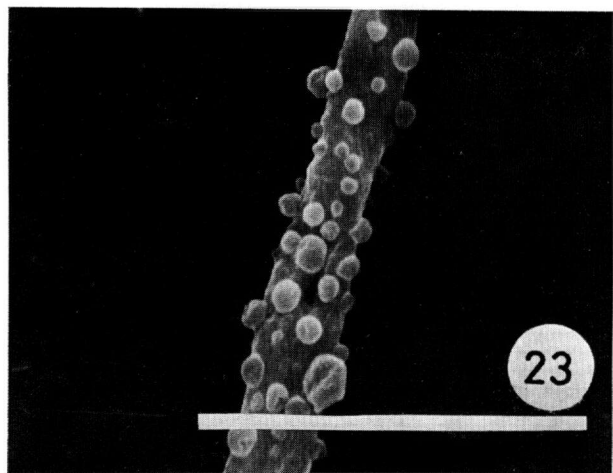
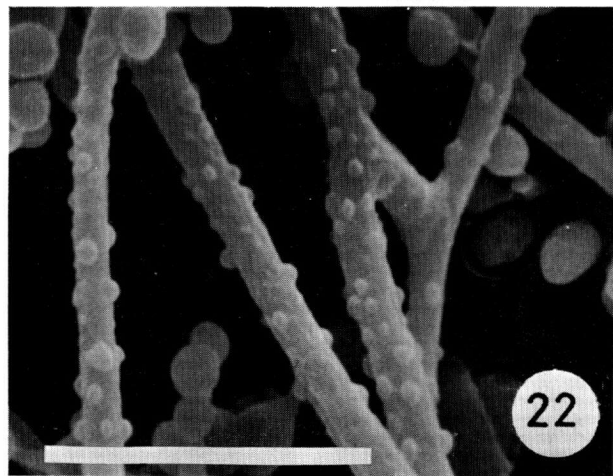
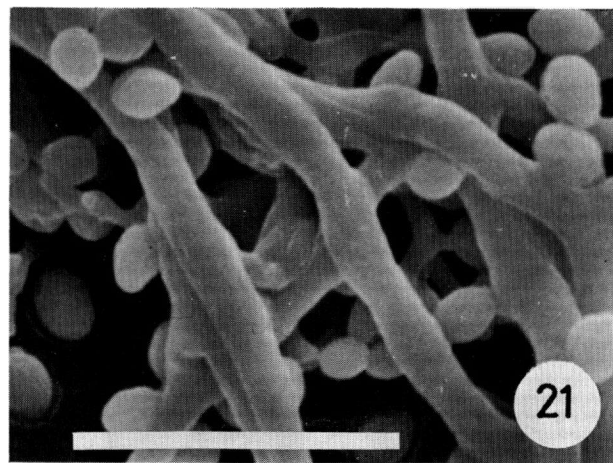
図版 (Plate) II



図版 (Plate) III



図版 (Plate) IV



図版 (Plate) V