

エンバク冠銹病菌およびスズメノテッポウ銹病菌夏胞子の寒天培地における発芽管伸長と infection-type structureの形成

内藤 中人, 谷 利 一, 奥村 良松

The germ-tube elongation and the infection-type structures formation of uredospores of *Puccinia coronata* and *Uromyces alopecuri* on nutrient agar

Nakato NAITO, Toshikazu TANI and Yoshimatsu OKUMURA

(Laboratory of Phytopathology)

(Received July 2, 1960)

銹菌夏胞子が寄主上で発芽, 侵入するさい, appressorium, penetration peg, substomatal vesicle, infection hyphaの4器官より成る所謂 infection structureを形成することは周知の事実である。しかし HURD-KARRERら⁽⁶⁾(1947)が禾本科植物に寄生する *Puccinia* 属6種の銹菌夏胞子を供試して, infection structureに酷似する器官が人工培地でも形成されることを始めて明らかにして以来, 海外では同様の報告が相次いでいる^(1, 2, 3, 4, 9)。なかでも FUCHSら(1958)がシステイン, ロイシン, グルタチオン等の添加により, infection hyphaを3300 μ までも伸長させることに成功している点は注目に値しよう。

筆者らも各種寒天培地を用い, 雑菌汚染のない状態で10—14日間にわたり, 発芽管の伸長並びに infection-type structureを観察したので報告する。但し本実験は数年前に着手した関係上, 上記 FUCHS らの培地が除外されているなど, 不備の点が残っているので, それらに関しては今後更に追試してみたい。なお, infection structureを構成する前記4器官の名称はもともと寄主で観察される器官に与えられたものであるから, 形態的に極めて類似しているという理由のみを以て, 寄主, 人工培地上の両者を同一視することには若干の疑義もあろうが, 前述研究者達の例にない本報でも, 単に形態的のみの見地から一応このように取扱ったことを附記しておく。

実験材料および方法

野外で採取したエンバク冠銹病 (*Puccinia coronata* CORDA) およびスズメノテッポウ銹病 (*Uromyces alopecuri* SEYM.)罹病葉を約5cmの長さに切り, 80%エタノールに約15秒間浸漬, 数回殺菌水で洗滌後, 殺菌濾紙にはさんで水分をふきとり, ペトリ皿に入れて底に水をはったデシケーターに納めた。20°—25°Cの室温にエンバク葉は1—2日, スズメノテッポウ葉は1日放置すると, 汚染度のかなり低い夏胞子が孢子堆から粉状に噴出してくる。この孢子を, 各種寒天培地をうすく塗布したスライドに払い落とし, 逆にした飽和湿度のペトリ皿に納め, 25°Cの定温器に保った。所定期間ごとに新しくスライドを取出し観察したが, 経時的観察にあたってのスライド間の誤差をなるべく少なくするため, 観察ずみのスライドでも雑菌の混入しなかったものは別に引続き観察して考察に資した。雑菌混入のスライドはそのつど除外していったが, 供試スライドの大体5—7割は実験終了時まで完全に汚染を免れた。但し夏胞子植付にあたり, 前述のとおり葉を寒天薄膜上で軽くたたき落す方法をとった関係上, 孢子量がスライドごとくに不均一となり, しかもその大部分が塊状に落下し, 発芽管も交錯していたから, 発芽管長測定にあたっては孢子塊より離れた孢子10コずつを選んだ。

供試培地(寒天2%)は次のとおりである。

A. エンバク冠銹病菌の場合

1. 斉藤式稀薄醤油 2. 馬鈴薯煎汁 3. ペプトン加用合成(ペプトン1g, 蔗糖5g, KH_2PO_4 0.05g, Mg-

SO₄-7H₂O 0.02g, 水100cc) 4. Czapek 5. Richards 6. マンニトール (全16%) 7. 葡萄糖 (全2%) 8. キシロース (全2%) 9. アラビノース (全2%) 10. 糖, 糖アルコール (マンニトール8%, 葡萄糖0.1%, キシロース0.1%, アラビノース0.1%) 11. アミノ酸 (グルタミン酸, アスパラギン酸, セリン, グリシン, スレオニン, α-アラニン, γ-アミノ酪酸, バリン, フェニールアラニン, リジン, グルタミンをそれぞれ15γ/ccずつ) 12. 10+11 13. エンバク健全葉煎汁 (全20%) 14. エンバク冠銹病罹病葉煎汁 (全20%) 15. ペプトン (全1%) 16. SHARPら (ゼラチン3%, ZnSO₄20-40ppm, pH6.2) 17. HURD-KARRER ら (M/5MgSO₄2.5cc, M/2 NH₄NO₃ 0.5cc, M/2 Ca(NO₃)₂ 1.5cc, M/5 KH₂PO₄ 1.5cc, M/5 K₂HPO₄ 2.5cc, 0.5%クエン酸鉄 0.5cc, 2%葡萄糖) 18. 養分無添加 (標準, 寒天2%のみ) 6-12の培地は, 本菌夏胞子の成分含量⁽⁷⁾を考慮して処方した。

B. スズメノテッポウ銹病菌の場合

上記1-5, 7, 8, 11, 17, 18のほか次の9種を加え19種類の培地を供試した。

1. マンニトール (全2%) 2. マンノース (全2%) 3. 果糖 (全2%) 4. イタリアンライグラス煎汁 (20%全煎汁150cc, 1%イースト煎汁40cc, 10%牛肝煎汁15cc, 葡萄糖10g) 5. 牛乳 (市販牛乳の倍量稀釈液200cc, 40%トマト汁液100cc, 葡萄糖6g) 6. トマト汁液 (40%トマト汁液100cc, 10%牛肝煎汁15cc, 葡萄糖6g) 7. 馬鈴薯煎汁変法 (20%馬鈴薯煎汁150cc, 1%イースト煎汁40cc, 10%牛肝煎汁15cc, 葡萄糖6g) 8. Czapek 変法 (Czapek液150cc, 1%イースト煎汁40cc, 10%牛肝煎汁15cc, 葡萄糖1.5g) 9. Richards-ペプトン加用合成 (Richards とペプトン加用合成の等量混合)

なお, 4-7とHURD-KARRER培地の場合には, 寒天と水を加えて全量300ccとしてから100°Cの湿熱で3日間殺菌したものに, 塩野義製薬ポボン液剤 (ビタミンA, B₁, B₂, B₆, C, D₂, ニコチン酸アミド, パントテノール, リジンを含む) 0.12ccを加え, 更に15分間100°Cで殺菌し, 加熱中に生じた沈澱物は濾過して除去した。

実験結果

1. 各種培地上における発芽管の伸長

前記処方の培地中15種 (1-14, 18) を用いて, 10日間にわたりエンバク冠銹病菌夏胞子の発芽管長を測定した結果をみるのに (第1表), 供試胞子数の過少によりスライド間の誤差が大きく現われたためか, 発芽管長と培養経過

第1表 エンバク冠銹病菌夏胞子の各種寒天培地における発芽管伸長(μ)

培地種類	培養経過日数										伸長* 指数
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
稀薄醤油	148	221	299	347	334	256	279	342	293	271	50
馬鈴薯煎汁	297	465	387	498	464	414	463	465	506	415	78
ペプトン加用合成	287	446	360	353	348	400	367	359	308	343	64
Czapek	263	363	322	377	332	388	350	360	350	308	61
Richards	144	237	263	272	305	346	321	265	300	250	48
マンニトール	113	165	262	217	—	—	—	—	—	—	34
グルコース	342	406	310	388	342	383	354	446	331	335	65
キシロース	185	144	87	238	117	200	92	119	166	146	27
アラビノース	151	169	219	195	178	195	230	212	242	297	37
糖, 糖アルコール	165	141	127	149	337	108	167	101	—	—	29
アミノ酸	465	405	130	400	366	266	365	440	—	—	63
糖, 糖アルコール, アミノ酸	295	213	187	310	240	225	210	235	206	155	41
健全葉煎汁	327	401	356	405	398	319	397	320	326	313	64
罹病葉煎汁	385	390	408	380	405	407	305	325	437	431	70
標準	442	566	506	514	503	481	501	510	513	571	100

* 培養日数ごとの測定値の総和にもとづく。— は寒天薄膜乾燥のため測定不能のもの。

日数との関係はかなり不齊一になっている。しかし、発芽管長が養分無添加培地で最大を示すことは明らかであり、また大体の傾向としては、馬鈴薯煎汁がこれに次ぎ、葡萄糖、ペプトン加用合成、エンバク健全葉煎汁、アミノ酸、エンバク罹病葉煎汁、およびCzapekではさらに劣り、醤油、Richards、およびマンニトール、葡萄糖、キシロース、アラビノース添加のアミノ酸区等が最も不良のようである。マンニトール培地はその添加量が16%であるから滲透圧の影響も考えられるが、胞子中に存在することの判っている種々の糖類は2%添加したにすぎないにも拘わらず、葡萄糖以外のもの、なかでもキシロースは著しく伸長を阻害している。本報に掲げた諸表の結果のみでは、的確な経時的变化をつかみかたいが、これと平行して観測ずみのスライドを用い、適宜マークしておいた胞子に就いて観測を継続したところ、各培地とも大体1日で発芽管長は最大に達し、それ以後は殆んど伸長しないようである。

次にスズメノテッポウ銹病菌についても馬鈴薯煎汁を除く18種の培地を用いて同様の測定を14日間にわたって行なったが、本菌の場合も、養分無添加区以上の発育を示す培地は皆無で、且つ1日後には同じく伸長を殆んど停止する。ビタミン類添加の影響もあまり認められず、キシロース、果糖、醤油は著しく伸長を阻害した。いま3-5日目までの養分無添加区に対する伸長指数を例示すると第2表のとおりである。

このように稀薄醤油、キシロース寒天培地では発芽管の伸長は著しく不良であったが、同一濃度の液体培地では発芽率、発芽管長ともに蒸溜水の場合と殆んど変りがなかった。従ってその他の培地にみられる伸長阻害も、添加養分の本質的作用以外に、なんらかの原因が存するのではあるまいか。

2. 発芽経過に伴う発芽管内容物の消長

両銹菌とも供試培地で発芽開始後5時間位たつと、夏胞子内の橙黄色々素は発芽管の方へ移行しはじめる。発芽管の伸長につれて、色素は数コに分れ、発芽管内の所々に帯状となり、且つ概して先端に近い部分にその量も多い。しかし発芽管の無色部にも内容物の充満しているのが明らかに認められる。供試した殆んどの培地において、3-5日目頃まではこのような状態を続けるが、それ以後急速に褪色し、同時に無色の内容物も断片的に消失しはじめ(写真C)、発芽管全体の映像も薄れてくる(写真A)。但し肉眼では、胞子塊における発芽後の褪色が判るだけで、その他の点では最後まで異状を認めない。筆者らは従来、蒸溜水に夏胞子を浮かべて発芽させた発芽管のmatが10日位すると液状に溶解して全く消失してうろことを屢々観察し、自己消化と推定していたが、寒天培地における上記の結果から類推すると、細菌汚染による分解現象であったものと考えられる。顕微鏡下で観察される、内容物の消失と発芽管のしぼみを以て、一応発芽管の自己消化段階と考えるならば、養分無添加培地のみでなく大抵の培地では3-5日目頃から自己消化ははじまることとなる。これに対し、エンバク冠銹病菌の稀薄醤油、スズメノテッポウ銹病菌の稀薄醤油、Richards、およびアミノ酸培地では約10日の比較的長期にわたって色素が存在しているから、これら培地は自己消化を遅延させるものと推定する(写真B)。

3. 培地上における infection structure の形成

infection structure を観察した HURD-KARRERら⁽⁶⁾、SHARPら⁽⁹⁾に準じた培地を含む18種類の培地を供試し、14日間にわたりエンバク冠銹病菌夏胞子における infection structure 形成の有無を観察した。その結果、エンバク冠銹病菌においては1%ペプトン培地で3コ、HURD-KARRER らの培地で1コを観察したにすぎず(頻度は恐らく発芽胞子数千-数万のうち1コ程度)、その他の培地では全く形成しなかった。しかもその形態は HURD-KARRER らの atypical body⁽⁶⁾に相当するものばかりで、infection hypha の長さは25-48μであった。

次にスズメノテッポウ銹病菌についても19種類の寒天培地を使用して同様の観察を続けたが、本菌の場合にはエンバク冠銹病菌とちがいがかなり多数の infection structure を種々の培地で形成した。なかでもペプトン加用合成が最多で(発芽胞子数の約半分)(写真D)、Czapek、Czapek変法、2%マンニトール、2%マンノース、1%ペプトン、HURD-KARRER 培地等がこれに次ぎ、養分無添加区にも稀にみられたが、Richards、2%キシロース、Richards+ペプトン加用合成区には全く形成しなかった。本菌の infection structure は各培地とも、その大部分が典型的な形

第2表 スズメノテッポウ銹病菌夏胞子発芽管の伸長(μ)

培地種類	伸長指数
稀薄醤油	43
ペプトン加用合成	87
Richards	69
Czapek	110
マンニトール	88
葡萄糖	76
マンノース	75
フラクトース	26
キシロース	10
アミノ酸	67
イタリアンライグラス	70
牛乳	75
トマト	75
Czapek 変法	85
馬鈴薯煎汁	80
HURD-KARRER	105
Richards-ペプトン	69

第3表 スズメノテッポウ銹病菌夏胞子の各種培地上におけるinfection hyphaの長さ(μ)

培養日数	平 均					最 大				
	2	3	4	5	9	2	3	4	5	9
ペプトン加用合成	94	154	172	176	143	152	380	260	340	193
Czapek	101	104	105	90	77	149	165	146	152	111
HURD-KARRER	74	52	84	82	118	149	57	124	120	143
マニトール	83	60	102	81	80	146	86	159	133	121
マンノース	86	70	74	76	113	105	95	105	98	155
葡萄糖	55	89	108	95	116	105	108	162	159	146
標 準	53	43	45	—	—	98	51	51	—	—

註：—はinfection structureを形成しなかった。

態のものであった(写真E, F, G)。但しinfection structureの形成は胞子の採取時期にも著しく左右されるようで、スズメノテッポウ銹病菌の場合でも、例えば1959年6月7日に採取して直ちに供用した胞子がCzapek変法培地に多数形成したにも拘わらず、6月21日採取のものには全くみられず、1960年5月24日採取の胞子がペプトン加用合成に多数形成したに対し、6月13日採取のものでは少なかった。

所謂infection structureを構成するappressorium, penetration peg, substomatal vesicle, infection hyphaの4器官のうち、penetration pegははっきりしない場合も少なくないが、他の3器官はそれぞれ形態的にはっきり分化していること多く、多くの銹菌について寄主で観察されているものと類似しているのみでなく、培地上で観察された既報のもの^(3,4,6,9)とも酷似している。発芽管の先端に形成されるappressoriumは無色であるが、substomatal vesicleは内部に橙黄色の色素を比較的多く含み、その長径、短径はそれぞれ平均16.3, 10.3μで、培地による差異も殆んどなく、多くの場合1-3コの隔膜らしいものが存在する。infection hyphaはsubstomatal vesicleの一端(写真E, F)、両端(全G)から、稀には一端から2本(全H)、或いは側部から(全I)伸長し、枝分れも生じ(全K)、且つその大部分が波状形態を呈するとともに、橙黄色素と無色の内容物が交互に帯状となっている(全D, F)。稀にはinfection hyphaの先端が丸く膨れ、そこから更に菌糸を伸長しているが(写真J)、haustoriumらしいものは形成しない。色素、内容物は各培地とも発芽管内容物の消失する9日目でもなお明らかに存在するが(写真L)、14日目には殆んど消失する。ペプトン加用合成および葡萄糖培地では3日、他の培地では2日以内にinfection hyphaの長さは最大に達し、それ以後は9日目になっても変化がない。その長さの平均値はペプトン加用合成のとき最大で、最大値は380μを示した。他の培地間には長さの差があまりなく、また、infection structureの形成は24時間以内に始まるようである。

考 察

エンバク冠銹病菌およびスズメノテッポウ銹病菌夏胞子は、蒸溜水に浮かべるだけで極めて良好な発芽を示し、発芽管長も24時間後には約500μに達するが、その後は殆んど伸長しないことを従来筆者らは観察していた。蒸溜水上における発芽管伸長は勿論、胞子内の貯蔵物質のみに依存せねばならないわけであるが、本実験結果からして、たとえ各種栄養源、ビタミン類添加の寒天培地上でも無添加培地以上に発芽管を伸長するものではないことが明らかとなり、栄養物の添加はむしろ阻害的傾向を示した。この点では同じく銹菌についてのGOETTLIEBら⁽⁶⁾の結論と一致しており、大石ら⁽²⁾もタマネギ露菌病菌で同様のことを報じている。しかも両供試菌とも栄養物の有無にかかわらず、発芽管伸長は1日で停止し、それ以後10-14日に至っても伸長の跡が殆んどつかえない。エンバク冠銹病菌夏胞子は約16%の多量のマニトールのほか葡萄糖、キシロース、アラビノース、および10種以上のアミノ酸を遊離の状態に含有している⁽⁷⁾、これらの物質をも一応添加してみたが、外部からの添加では伸長増大の効果を示さない。SHUら⁽⁸⁾は麦黒銹病菌夏胞子が、添加した糖、糖アルコール、脂肪酸、アミノ酸を分解してCO₂を放出することを、放射性同位元素により証明している。添加栄養物が吸収、利用されても、それが合成エネルギーとして働かない限り、発芽管の伸長増大はおこるまいから、本実験結果を以て菌が添加養分を吸収、利用しない論拠にすることはできないが、少なくともこの種の栄養源では伸長増大の片鱗すら示さないという事実は、純寄生菌としての特殊性を今更なが

ら痛感させられる。しかし、発芽管内の色素、内容物の消失を以て一応自己消化の indicator とすれば、エンバク冠銹病菌では稀薄醬油、スズメノテッポウ銹病菌では稀薄醬油、Richards, アミノ酸培地において数日間自己消化が遅延したこととなるから、上記 SHU らの実験結果をも併せ考えると、これら添加物質も維持エネルギー源としては多少利用されているようにも考えられる。

HURD-KARRER ら⁽⁶⁾ は *Puccinia graminis tritici*, *P. triticina*, *P. dispersa*, *P. coronata*, *P. hordei*, *P. sorghi* の 6 種銹菌夏孢子が寒天培地上で、稀にはあるが、infection structure 酷似の器官を形成すると報じ、且つこれら 6 種銹菌の infection structure が寄主で示す多少ずつの形態的差異は、培地上でも同様に認められる等の理由から、寒天培地上の該器官も真の infection structure であると考えた。次いで SHARP ら⁽⁹⁾ は $ZnSO_4$ 添加のゼラチン培地では *P. coronata avenae* 夏孢子約 40% が infection structure を形成し、 $ZnSO_4$ の最適濃度は培地 pH に左右されるとし、EMGE⁽³⁾ も *P. graminis tritici* の本器官形成に及ぼす温度と光線の影響を論じた。本実験においても上記 HURD-KARRER, SHARP らの培地をも含む各種の寒天培地を用いて、その形成を追求したのであるが、エンバク銹菌では全培地を通じ 4 コを観察したにすぎず、SHARP らの結果とは相反した。但し SHARP らはゼラチン培地を用いているのであるが、筆者らが作製した同一処方培地は充分に固まらなかった関係上寒天をも更に追加したので、或いはその差異に基くものかもしれない。これに反しスズメノテッポウ銹病菌は、ペプトン加用合成培地で発芽孢子約半数が infection structure を形成したほか、その他の多数培地でも大なり小なり形成し、しかもその大部分は典型的な形態のものであった。しかし infection hypha の伸長も 2-3 日で停止し、haustorium の形成もおこらず、唯栄養添加区では発芽管の場合と同じく、内容物の消失が数日間遅延するにすぎない。infection hypha の最大値は 380μ で、HURD-KARRER らの 316μ とほぼ一致した。しかし FUCHS ら⁽⁴⁾ は最近、*Puccinia graminis tritici* においてシステイン、ロイシン、グルタチオン添加培地で、 3300μ もの長さの infection hypha を観察している。本報告の培地にはこれら 3 物質はいずれも含まれていないので、この点更に追試の必要を感じている。

いずれにしても、従来の記録に比べて発芽管或いは infection hypha が多少でも長く伸長しうる培地を探究することは、銹菌の人工培養法に探りを入れる一手段であろうが、それには発芽管よりも infection hypha に重点をおくべきであることは、寄主における菌の侵入、伸展過程からも推測されるから、その意味でも FUCHS らの業績は前途に一縷の望みを与えるものではあるまいか。

摘 要

1. エンバク冠銹病菌 (*Puccinia coronata* CORDA) およびスズメノテッポウ銹病菌 (*Uromyces alopecuri* SEYM.) の夏孢子を、養分添加の各種寒天薄膜上に接種して、10-14日にわたり発芽管伸長および形態的变化を追究した。
2. 各培地とも両菌発芽管の伸長は24時間までに殆んど停止し、発芽管長は養分無添加培地のとき最大である。
3. 発芽管内の色素および無色内容物は、両菌とも普通5日目までに消失するが、エンバク冠銹病菌では稀薄醬油、スズメノテッポウ銹病菌では稀薄醬油、Richards, およびアミノ酸培地のとき数日間その消失が遅延する。
4. スズメノテッポウ銹病菌は多くの培地で infection structure を形成し、特にペプトン加用合成培地のとき最も多く、最長の infection hypha は 380μ である。その伸長は 2-3 日で停止するが、色素および無色内容物は発芽管内内容物の消失後も数日間は存在する。しかし、haustorium は形成しない。一方エンバク冠銹病菌は infection structure を、1%ペプトン培地で 3 コ、HURD-KARRER 培地で 1 コ形成したにすぎない。

引用文献

1. DICKINSON, S. : Studies in the physiology of obligate parasitism. II. The behavior of the germ-tubes of certain rusts in contact with various membranes. *Ann. Bot.*, 13, 219-256 (1949).
2. ——— : IV. The formation on membranes of haustoria by rust hyphae and powdery mildew germ-tubes. *Ibid.*, 13, 345-353 (1949).
3. EMGE, R. G. : The influence of light and temperature on the formation of infection-type structures of *Puccinia graminis* var. *tritici* on artificial substrates. *Phytopath.*, 48, 649-652 (1958).
4. FUCHS, W. H., GAERTNER, A. : Untersuchungen zur Keimungsphysiologie des Schwarzrostes *Puccinia graminis tritici* (PERS.) ERICKSS. u. HENN.

Arch. Mikrobiol., 28, 303—309 (1958).

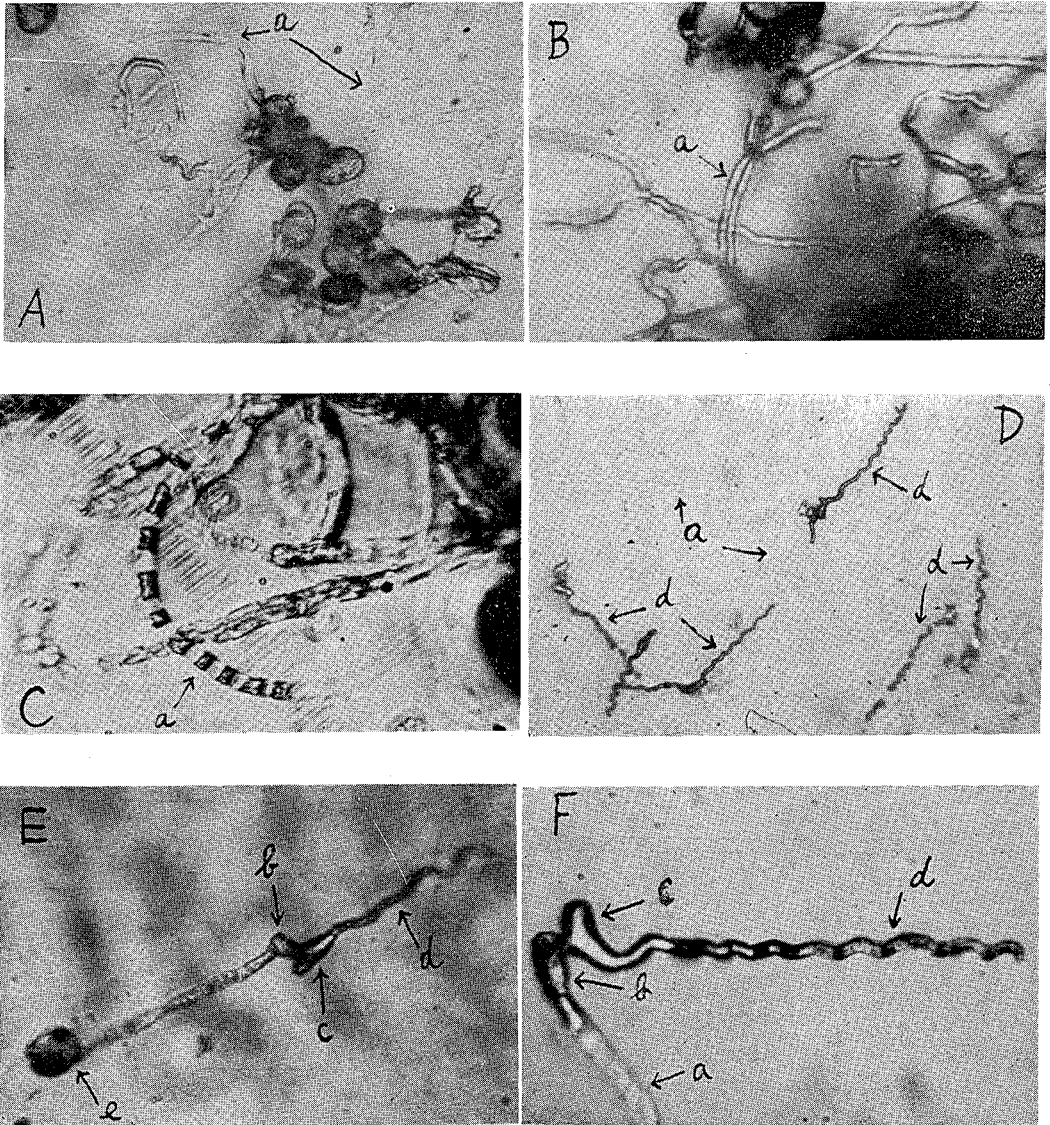
5. GOETTLIEB, D., HART, H. : Growth substances and the rust fungi. *Phytopath.*, 33, 724—728 (1943).
6. HURD-KARRER, A. M., RODENHISER, H. A. : Structures corresponding to appressoria and substomatal vesicles produced on nutrient-solution agar by cereal rusts. *Am. J. Bot.*, 34, 377—384 (1947).
7. 内藤中人, 谷 利一 : 日植病報, 25, 53—54 (1960) (講演要旨).
8. 大石親男, 志賀陽一, 高橋 実 : 日植病報, 25, 55 (1960) (講演要旨).
9. SHARP, E. L., SMITH, F. G. : The influence of pH and zinc on vesicle formation in *Puccinia coronata avenae* CORDA. *Phytopath.*, 42, 581—582 (1952).
10. SHU, P., NEISH, A. C., LEDINGHAM, G. A. : Utilization of added substrates by uredospores of wheat stem rust. *Canad. J. Microbiol.*, 2, 559—563 (1956).

R é s u m é

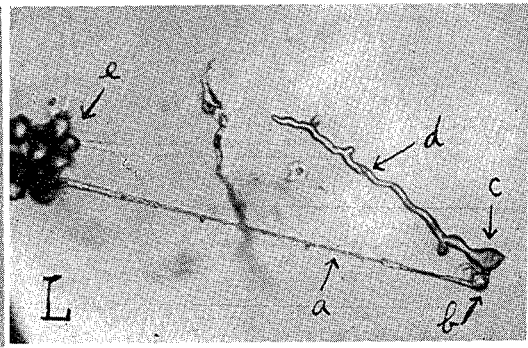
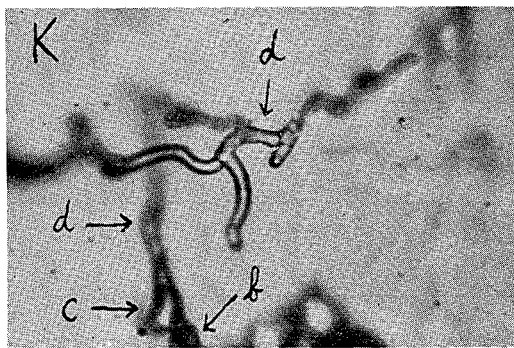
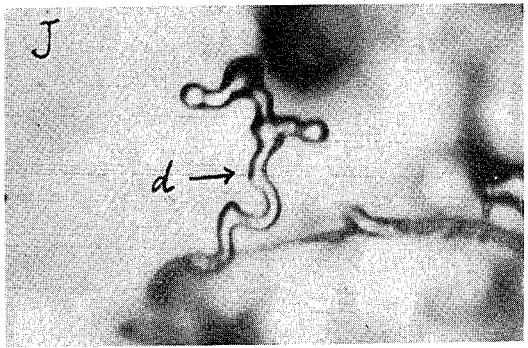
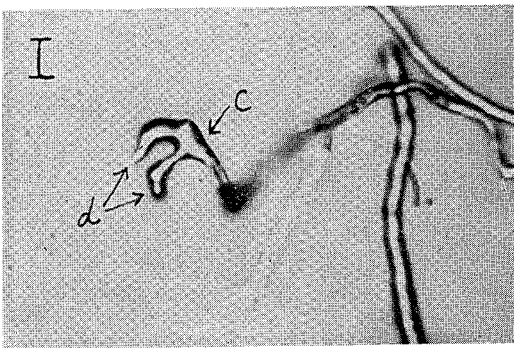
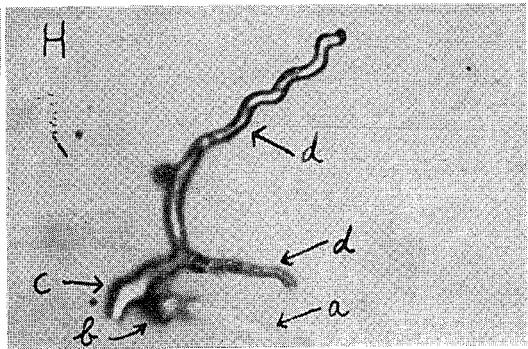
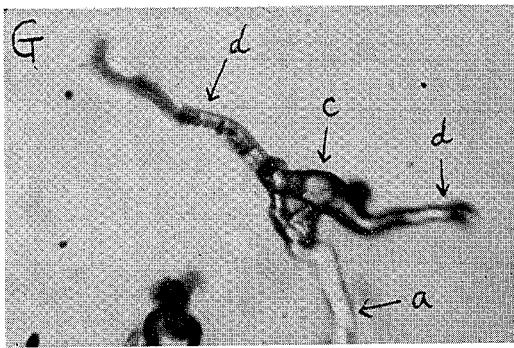
(1) Uredospores of *Puccinia coronata* CORDA and *Uromyces alopecuri* SEYM. were dusted on agar-film containing chemicals and nutrients and incubated at 25°C. The observation upon the germ-tubes elongation and their morphological change was continued from ten to fourteen days without contamination of other organisms.

(2) In both fungi, the elongation of germ-tubes stops about 24 hours after the spores were sown on agar plates. The mean length of them is largest on water agar. On most media the orange-yellow pigment and the colourless contents of germ-tubes disappear about in five days. But the disappearance is postponed by several days on Soy media in *P. coronata*, and on Soy, Richards, amino acids media in *U. alopecuri*.

(3) The uredospores of *U. alopecuri* form many infection-type structures on many kinds of media, and the greatest number of them occurs on peptone-salts agar. The longest infection hypha was about 380 μ . Although its elongation stops from two to three days after inoculation, the orange-yellow pigment and colourless contents are yet observed for several days after those of germ-tubes had disappeared. On the other hand, the formation of infection structures in *P. coronata* was very rare. In both fungi no tendency to produce haustorium-like structures was observed.



A. *U. alopecuri*, 養分無添加4日目(発芽管内容物消失の状態) B. *U. al.*, Richards 4日目
 (発芽管内容が充実) C. *P. coronata*, 馬鈴薯煎汁5日目(無色内容物のちぎれ) D. *U. al.*,
 ペプトン加用合成3日目 E. *U. al.*, マンニトール4日目 F. *U. al.* ペプトン加用合成2日目
 a. 発芽管 b. appressorium c. substomatal vesicle d. infection hypha e. 夏胞子



G. *U. al.*, ペプトン加用合成2日目 H. *U. al.*, マンニトール2日目 I. *U. al.*, ペプトン加用合成2日目 J. *U. al.*, マンニトール2日目 K. *U. al.*, ペプトン加用合成4日目 L. *U. al.*, ペプトン加用合成4日目