

病原菌の感染行動に及ぼすFFCセラミック水の効果について

誌名	岡山大学農学部学術報告 = Scientific report of the Faculty of Agriculture, Okayama University
ISSN	04740254
著者名	白石,友紀 豊田,和弘 鈴木,智子 目黒,あかね 長谷川,幸子 西村,富生 久能,均
発行元	岡山大学農学部
巻/号	99号
巻号補足	
掲載ページ	p. 27-34
発行年月	2010年2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



病原菌の感染行動に及ぼす FFC セラミック水の効果について

白石 友紀・豊田 和弘・鈴木 智子・目黒あかね^{b)}
 長谷川幸子^{b)}・西村 富生^{b)}・久能 均^{a), b)}
 (応用植物科学コース)

Effect of FFC Ceramic Water on the Infection Process of a Fungal Pathogen

Tomonori Shiraishi, Kazuhiro Toyoda, Tomoko Suzuki, Akane Meguro^{b)},
 Sachiko Hasegawa^{b)}, Tomio Nishimura^{b)} and Hitoshi Kunoh^{a), b)}
 (Course of Applied Plant Science)

In this report, an effect of FFC-ceramic (FFC-Japan Co. Ltd., Tsu) water on the process of infection by a pea fungal pathogen, *Mycosphaerella pinodes* was investigated. Energy dispersive X-ray analysis showed that both of the FFC-ceramic water and a common ceramic water contained mainly Ca and S elements, of which the relative atomic percentages were 53~56 % and 44~45 %, respectively. Lesion formation by pycnosporos of *M. pinodes* on pea leaves was inhibited severely by the application with both ceramic waters at the 1/2~1/6 concentration of saturated solution. Cytological observation under microscope showed that germination, germ-tube elongation and penetration were severely inhibited by these ceramic waters. However, such inhibitory effect of FFC-ceramic water was superior to that of the common ceramic water. On ethanol-killed pea epidermal tissues, both FFC-ceramic water and the common ceramic water blocked the germination, germ-tube elongation and penetration by the pathogen, indicating the direct effect of both ceramic waters on the fungus. In this case, the inhibiting effect of FFC ceramic water was more intensive than the common ceramic water. CaSO₄ at a 1/2~1/4 concentration of saturated solution blocked penetration by the fungus on the killed epidermis of onion bulb but scarcely affected germination and germ-tube elongation. Based on these results, we discussed the role of FFC-ceramic water in disease tolerance of plants and its availability for cultivation.

Key words : Calcium sulfate, FFC-ceramics, infection establishment, *Mycosphaerella pinodes*, *Pisum sativum*

緒 言

市販の FFC セラミックスTMや FFC エースTM (株 エフエフシー・ジャパン) は、水の改質や土壌改良などに使用されている。例えば、FFC エースTMが施用された栽培現場においては、作物の生育促進や品質、収量の向上のみならず耐環境性や耐病性の向上が認められることが報告されている^{1, 2, 4-6)}。耐病性に関しては、FFC エースTMを10% (w/w) あるいは50%市販の培養土に混和した結果、イネ苗立枯細菌病に対する防除効果が、それぞれ86.8%及び98.2%と高い防除効果があることが報告された¹⁾。さらに、FFC エースTMはイネもみ枯細菌病や馬鹿苗病に対する防除効果も有することも明らかにされている¹⁾。一方、FFC セラミックスTMを浸漬した脱イオン水 (以下 FFC セラミック水) に浮かべたオオムギ (*Hordeum vulgare* L.) 子葉鞘細胞上に接種されたオオムギうどんこ病菌 (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) 分生胞子の感染行動が詳細に調べられた結果、1) FFC セ

ラミック水に浮かべると脱イオン水 (対照区) に浮かべたものよりも感染率が有意に低下すること、すなわち耐病性が付与されること、2) 侵入を受けた子葉鞘細胞においては細胞質凝集がより急速に起こり長時間持続すること、また、3) 顕著に大きいパピラ (侵入部位における物理的・化学的障壁) が形成されることが明らかにされた^{5, 6)}。目黒は、生育促進作用や耐病性促進作用の結果を総合して、FFC セラミック水の処理でオオムギ子葉鞘細胞の代謝系が亢進し、この結果、動的な拒絶応答が促進され、耐病性に至ると考察した^{5, 6)}。すなわち、FFC セラミック水処理組織における病原菌の感染の低下は、宿

Received October 1, 2009

a) 大学院・自然科学研究科・FFC 寄付講座
 (Laboratory for FFC-technology, Graduate School of Natural Science and Technology)

b) 株式会社赤塚植物園・生物機能開発研究所
 (Institute for Biological Process Research, Akatsuka Garden Co., Ltd.)

主の一次代謝並びにこれに支えられる二次代謝系の活性化を介した作用ととらえている。

しかしながら、FFC セラミック水の植物病原菌に対する直接的な作用については、これまでのところ報告は見当たらない。そこで、本研究では、FFC セラミック水の病原菌の感染行動に対する直接的効果を調べることにした。なお、本実験では、水との混合接種が可能な植物病原菌として、エンドウ褐紋病菌 (*Mycosphaerella pinodes*) を用いた。

材料と方法

1) FFC セラミック水

赤塚植物園より分譲された FFC セラミックス™ (径約 1.6 cm) 20 g を秤量し、20 ml の脱イオン水に室温で約 3 ヶ月浸漬し、この浸漬液を原液として用いた。赤塚植物園生物機能開発研究所の処方によれば、FFC セラミックス™ を 20 g/L 脱イオン水に 24 時間浸漬して得られる水を基準としているが、今回は作用を短時間で増幅して観察するために、推奨されている処方よりも 50 倍高く設定した。なお、対照区としては、通常の焼成セラミックスで処理された浸漬液 (20 g/20 ml; 以下セラミック水) と殺菌した脱イオン水 (以下脱イオン水) を用いた。また、FFC セラミック水の元素分析から、大量に含まれている塩類を CaSO_4 と推定し、この飽和液も適宜使用した。

2) 植物

エンドウ褐紋病菌の宿主エンドウ (*Pisum sativum* L. 品種ミドリウスイ) を 15–23 °C のガラス室で約 1 ヶ月生育させ、上位から第 3 番目の複葉を用いた。また、茎 (あるいは茎表皮) に接種する場合は、上位から第 3, 4 節目を用いた。また、侵入行動の観察には、エンドウ茎やタマネギ鱗片の表皮組織 (70% エタノールに浸漬後、水洗したもの) も適宜用いた。

3) 病原菌

当研究室保存のエンドウ褐紋病菌 (系統 OMP-2) を、V11 寒天スラント培地に移植し、23 °C で 5–6 日間培養して形成された柄胞子を孢子濃度 $5-10 \times 10^5/\text{ml}$ になる様、脱イオン水で調整して用いた。

4) エネルギー分散型 X 線分析装置による FFC セラミック水中の元素分析

上記、1) で得られた処理水を 5 μl づつプラスチックシャーレ内のパラフィルム上に置き、室温で 2 日間風乾した。その後、滴下部のパラフィルム (約 5 mm^2) を切断し、試料台に接着後、真空蒸着装置 (日立 E102 Ion Sputter) により、白金パナジウムを 15 mA で 30 秒間蒸着した。乾燥標品の元素分析は、加速電圧 30 kV のフィールドエミッション型走査電子顕微鏡 (Fe-SEM, 日立 S-800) 内で、SEM 像を観察しながら、エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー (EDX: Horiba EMAX-5770W) を用いて、300 秒間シグナルを取込んで計測し

た。

結果と考察

1 FFC セラミック水並びにセラミック水中の元素分析

両セラミック水乾燥標品を SEM で観察した結果、Fig. 1b と 1c のインセットに示すように、FFC セラミック水あるいはセラミック水ともに類似した盤状の結晶構造が多数観察された。結晶構造から、本溶液中には CaSO_4 が多量溶存していることが推察できた。これらの長径を測定した結果、セラミック水では、200–400 μm のサイズのものが大勢を占め、一方、FFC セラミック水では、150 μm 以下のサイズが大勢を占めた。このサイズが異なる原因は、現在の所不明であるが、水分の蒸発時間や水分構造の違いに起因するものと推定している。

調製した各浸出液の元素分析を行った結果を、Fig. 1 に示した。Fig. 1a–c に検出される Pt ピークは蒸着物 (内部標準) である。脱イオン水 (Fig. 1a) では、C, O の他には顕著な X 線ピークは観察されなかった。この C はパラフィルム由来と考えられる。一方、セラミック水 (Fig. 1b) や FFC セラミック水 (Fig. 1c) には、Ca 及び S の顕著なピークが観察された。この結果は、FFC セラミック水を ICP-MS で分析した結果 (赤塚植物園生物機能開発研究所データ) と一致する。すなわち、研究所処方 FFC セラミック水中の元素分析結果によれば、B 5.9, Al 2.3, Si 188.3, Li 1.6, Na 152, K 117.6, Mg 172.7, Ca 7267.5, Sr 17.8, Ba 1.2, Ti 0.1, V 3.5, Mn 0.2, F 8, Cl 8.8, NO_3 6, SO_4 17646 (単位は ppb) であり、Ca と SO_4 が大量に存在することが明らかとなっている。しかし、FFC セラミック水とセラミック水の両者間のピークパターンに、顕著な定性的違いは見いだせなかった。これらのデータから相対的な原子数 (%) を求めた結果を Fig. 1d に示したが、数値的にも両者に顕著な違いは認められなかった。すなわち、両セラミック水中の元素組成は大きい差異がないことが判明した。

以上、SEM 像観察並びに元素分析の結果を合わせて考えるならば、両セラミック水に溶解込んでいる主な塩類は、 CaSO_4 であると考えられた。

2 FFC セラミック水による病斑形成の阻害

FFC セラミック水、セラミック水の原液から 3 倍希釈シリーズを作成し、それぞれ 5 μl をエンドウ葉に滴下した。なお、両者の対照区としては、殺菌した脱イオン水を用いた。処理 1 時間後、褐紋病菌柄胞子懸濁液 5 μl をそれぞれの処理部に滴下接種し、22–23 °C の湿室に静置した。接種 24 時間後には、葉上の水分状態を調節する区を設けるため、左側の葉の接種部の水分を濾紙で除いた (Fig. 2a left)。この処理によって、24 時間までに侵入し感染を成立できた孢子だけが病斑を形成することが期

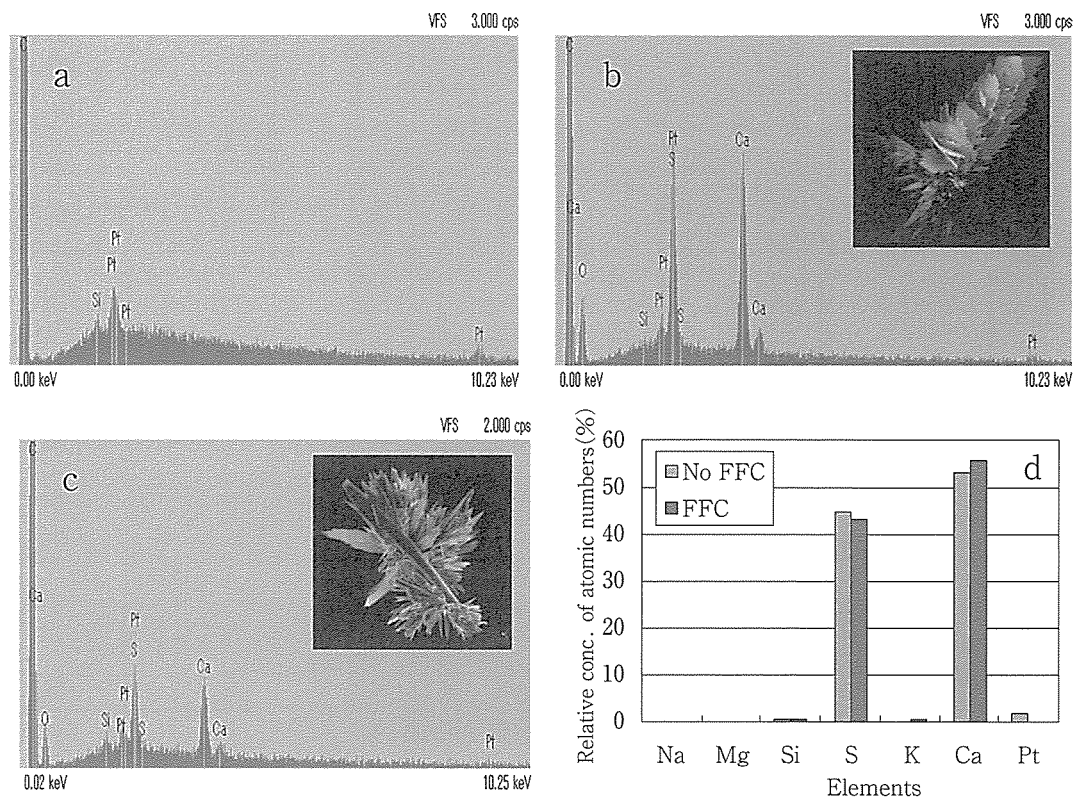


Fig. 1 Energy dispersive X-ray analysis of the elements in FFC-ceramic water.

a, deionized water on parafilm; b, ceramic water; c, FFC-ceramic water; d, relative concentration of atomic numbers (%) in respective solutions (FFC, FFC ceramic water; No FFC, common ceramic water). Insets of 1b and 1c are SEM images of dried samples.

待されたからである。Fig. 2aは、接種48時間後に形成された病斑を示している。この結果から、いずれのセラミック水も原液の1/2～1/6の濃度で病斑形成を阻害することが明らかとなった。しかし、詳細に観察すると、セラミック水に比較して、FFCセラミック水処理区における病斑形成はより低濃度で抑制される傾向が認められた。Assess 2.0ソフトウェア (by L. Lamari; APS Press) で、病斑のシグナル数 (ピクセル数で表示) を解析した結果を Fig. 2a 右のグラフで表わした。Fig. 2a left では、両セラミック水間に顕著な差異は検出できなかった。一方、Fig. 2a right に示すように、溶液を残した場合には、病斑形成は、FFCセラミック水でより強く抑制される傾向が認められた。

次に、両セラミック水処理と同時に褐紋病菌柄胞子を接種した結果を Fig. 2b に示した。Fig. 2a とほぼ同様に、原液の1/2～1/6の濃度で、病斑形成が強く阻害された (Fig. 2b)。また、同時接種では、接種24時間後に溶液を除去したもの (Fig. 2b right) よりも、溶液を48時間目まで残しておいたものの方 (Fig. 2b left) が、病斑形成が抑制される傾向にあった。さらに、詳細に観察すると、病斑形成は、セラミック水よりも FFC セラミック水において強く阻害される傾向が認められた

(Fig. 2b left; F1/2～1/18で阻害されている)。Fig. 2b の右のグラフに示すように、Assess 2.0で解析した結果も、上記を支持している。また、この傾向は、Fig. 2a right の結果とも一致した。

なお、両セラミック水を接種24時間後に与えた場合には、病斑形成に対する顕著な阻害作用は観察されなかった (データは示さず)。これらの結果を総合すると、両セラミック水原液あるいは3倍希釈液は、病原菌と接触することによって、高い病斑形成の阻害作用を発揮すると言えることができる。また、Fig. 2a と Fig. 2b の結果が大きく相違しないことから、両セラミック水の病斑形成の抑制作用は必ずしも誘導的ではない可能性が示唆された。ただし、前処理時間が短時間であるので、今後前処理時間を長くして調べる必要があるであろう。なお、FFC セラミック水の病斑抑制活性が単なるセラミック水と比較して何故高いのかという点については、今後さらに詳細な解析が望まれる。

3 FFC セラミック水の感染行動に及ぼす作用

病斑形成抑制の原因を探る第一段階として、FFC セラミック水共存下における病原菌の侵入行動について顕微鏡を用いて調べた。ワックスを除いたエンドウ莖に、両

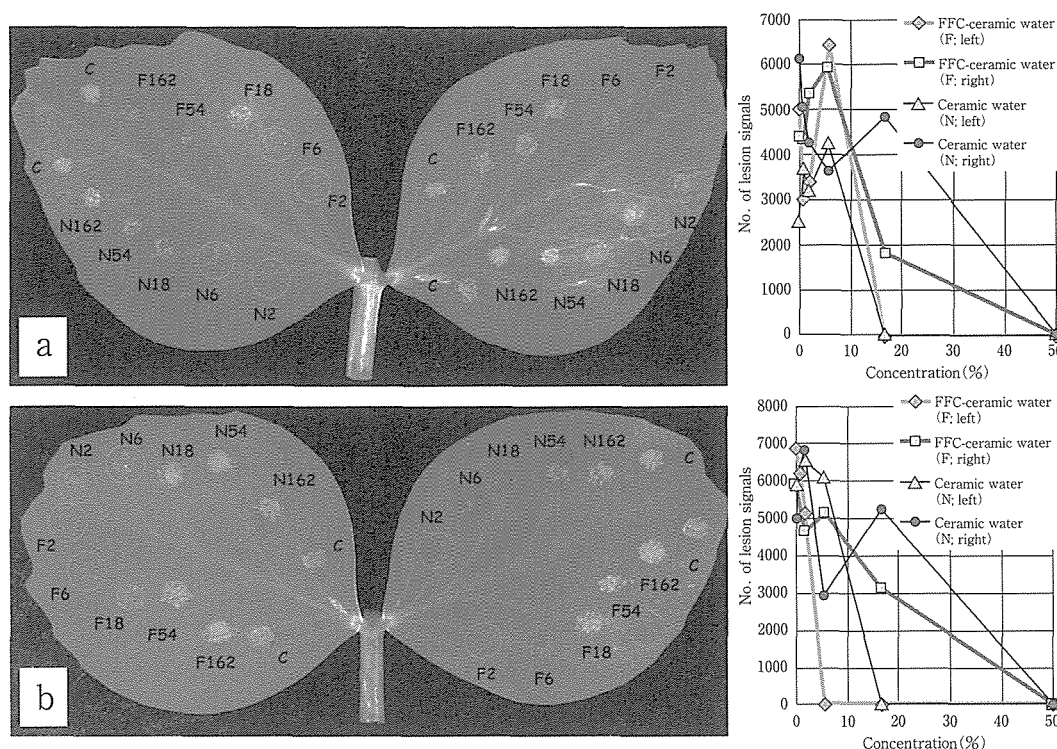


Fig. 2 Effect of FFC-ceramic water on the lesion formation on pea leaf 48 h after inoculation with a pea pathogen, *Mycosphaerella pinodes*.

Numbers indicate dilution times from the original solution.

a, Treatment of pea leaf with a 5 μ l of FFC-ceramic water (F), common ceramic water (N) or deionized water (C) for 1 h prior to the inoculation with spores of *M. pinodes* (OMP-2; 10^6 /ml, 5 μ l). Drops on the left leaf were wiped off 24 h after inoculation. An attached right graph shows the result of signal number of respective lesion spots with a software Assess 2.0 made by L. Lamari (APS Press).

b, A pea leaf was treated with a 5 μ l of respective solutions and then immediately inoculated with *M. pinodes* (conc. of spores was described above). Drops on the right leaf were wiped off 24 h after inoculation. An attached right graph shows the result of signal number of respective lesion spots with a software Assess 2.0 made by L. Lamari (APS Press).

セラミック水原液と孢子懸濁液を1:1に混合して、それぞれ5 μ lづつ接種した。接種24時間後に接種面の表皮を剥離し、70%エタノールで固定後水洗し、0.1%コットンブルー溶液で染色して光学顕微鏡下に観察した。

それぞれの顕微鏡写真をFig. 3a~cに示した。脱イオン水処理では、侵入菌糸を形成した(感染が成立した)柄孢子が多数観察された(Fig. 3a)。一方、両セラミック水の処理では、侵入菌糸を形成する柄孢子は全く観察されなかった(Fig. 3b, 3c)。すなわち、侵入と感染の成立が強く阻害されることが明らかとなった。さらに、FFCセラミック水の処理では、セラミック水処理に比べて、発芽自体も強く抑制された。

発芽率及び感染率を計測した結果、脱イオン水対照区においては、発芽及び付着器形成率は100%、また侵入率(侵入菌糸形成率)は61.5~100%(平均80.0%)であった。一方、セラミック水処理区では、発芽率は66.7~100%(平均85.2%)で感染率は0%、また、FFCセラミック水処理区では、発芽率は20~50%(平均35%)、感染率

は0%であった。このように、両セラミック水は、原液の1/2の濃度で、完全に侵入と侵入菌糸の形成(感染の成立)を阻害した。観察結果からは、セラミック水による感染阻害は、接触/付着 → 発芽 → 発芽管伸長 → 付着器形成 → 貫入菌糸形成 → 侵入菌糸原基形成 → 侵入菌糸伸長という感染プロセスのうち、発芽、発芽管伸長から貫入(侵入)に至る過程に強く作用すると考えられた。Mitchelら³⁾によれば、FFCセラミック水は、チタン等金属表面への細菌の付着やミスト噴霧後乾燥させた物体表面へのカビの付着を阻害する効果があると報告している。しかし、今回の実験の様に、湿潤状態に置かれた場合には、褐紋病菌の植物体への付着はほとんど阻害されなかった。

両セラミック水をさらに希釈して処理すると、褐紋病菌の感染が成立し、病斑形成が回復することから、両者の作用は静菌の一過的である可能性が高い。しかし、FFCセラミック水の発芽阻害作用が単純なセラミック水より秀でている原因は現在の所不明であり、さらなる

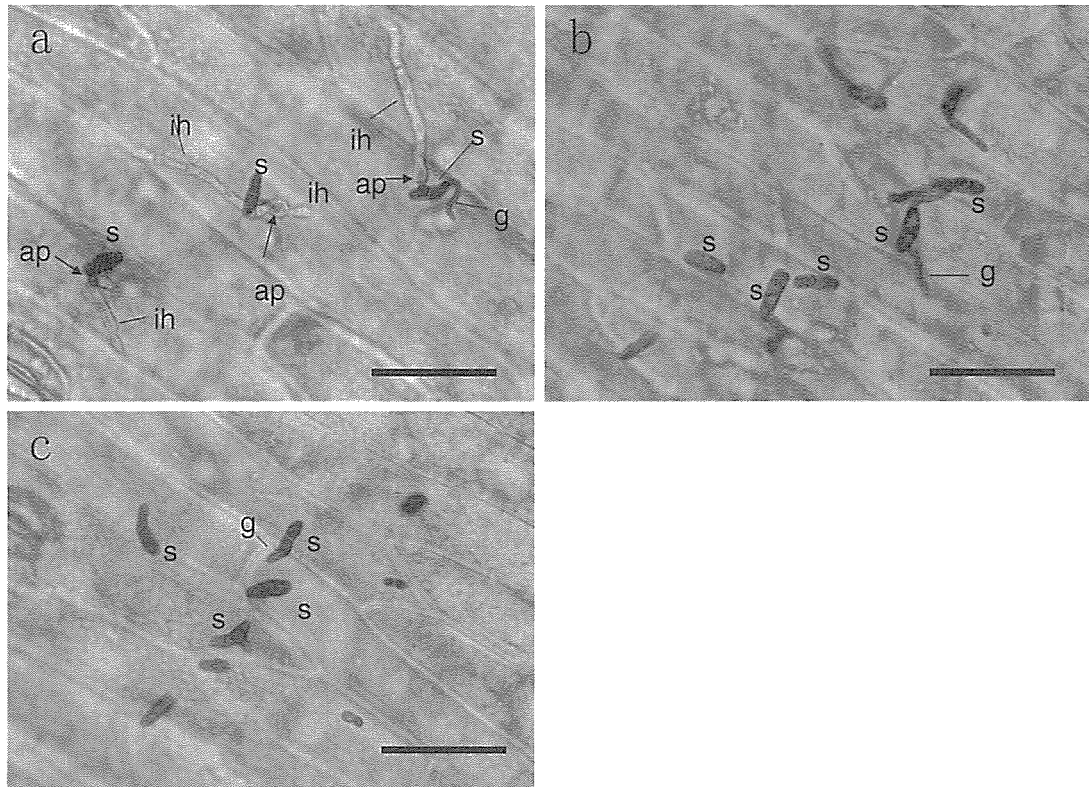


Fig. 3 Effect of FFC-ceramic water on the infection by *Mycosphaerella pinodes* on pea stem tissues.

The infection was observed 24 h after inoculation with pycnosporos of *M. pinodes*. FFC-ceramic water (c), ceramic water (b) or deionized water (a) was mixed with spores, and then a 5 μ l of respective spore suspension was placed on pea stems. ap, appressorium; g, germ tube; ih, infection hypha; s, pycnosporos. Bars indicate 10 μ m.

解析が望まれる。

4 殺したエンドウ表皮細胞上における FFC セラミック水の褐紋病菌に対する作用

生組織を用いる限り、処理液の間接的作用、すなわち、植物側の代謝系を介した作用の可能性を完全に除くことができない。そこで、次に、エンドウ茎から表皮組織を剥離し、70%エタノールで浸漬洗浄し、最終的に水で洗浄して、死表皮組織を作成した。この表皮組織を100 μ lの殺菌水に浮かべ、両セラミック水原液と褐紋病菌胞子懸濁液を等量に混合した胞子懸濁液を5 μ lずつ滴下接種し、22–23 $^{\circ}$ Cの湿室に21時間静置後、コットンブルーで染色して、顕微鏡で観察した。

それぞれの処理における顕微鏡写真をFig. 4a–cに示した。殺したエンドウ表皮組織を用いた場合、脱イオン水処理区ではほとんどの胞子が侵入に成功していた (Fig. 4a)。一方、両セラミック水処理区では、侵入（貫入）が強く阻害された (Fig. 4b 4c)。また、両セラミック水は発芽自体も阻害する効果が認められ、FFC セラミック水の処理区の方が、セラミック水処理区に比べて、より強く阻害される傾向が認められた。

発芽率と感染率を計測した結果、脱イオン水対照区に

おいては、発芽及び付着器形成率は100%、また侵入率（侵入菌糸形成率）は76.5–95.2%（平均86.8%）であった。一方、セラミック水処理区における発芽率は50.0–63.2%（平均56.5%）、FFC セラミック水処理区の発芽率は0–12.5%（平均6.0%）で、両セラミック水処理区とも侵入率は0%であった。このように、両セラミック水は、原液の1/2の濃度で、完全に褐紋病菌の死組織への侵入を阻害することが明らかとなった。

以上、両セラミック水は、殺した組織上でも発芽を阻害すること、また、死組織への侵入（貫入）を顕著に阻害することから、褐紋病菌の一連の侵入行動に対して直接的な阻害作用を有するといえる。すなわち、生組織における感染と病斑形成の阻害は、両セラミック水の病原菌に対する直接的な作用の結果ということが出来る。しかし、発芽率の違いでも認められるように、FFC セラミック水の作用が単純なセラミック水より阻害活性が強い原因は不明であり、さらに詳細な解析が望まれるところである。

5 CaSO₄飽和溶液の褐紋病菌に対する作用

両セラミック水中には、多量のCa及びSO₄が溶解していることは、前述の通りである。そこで、次に褐紋病

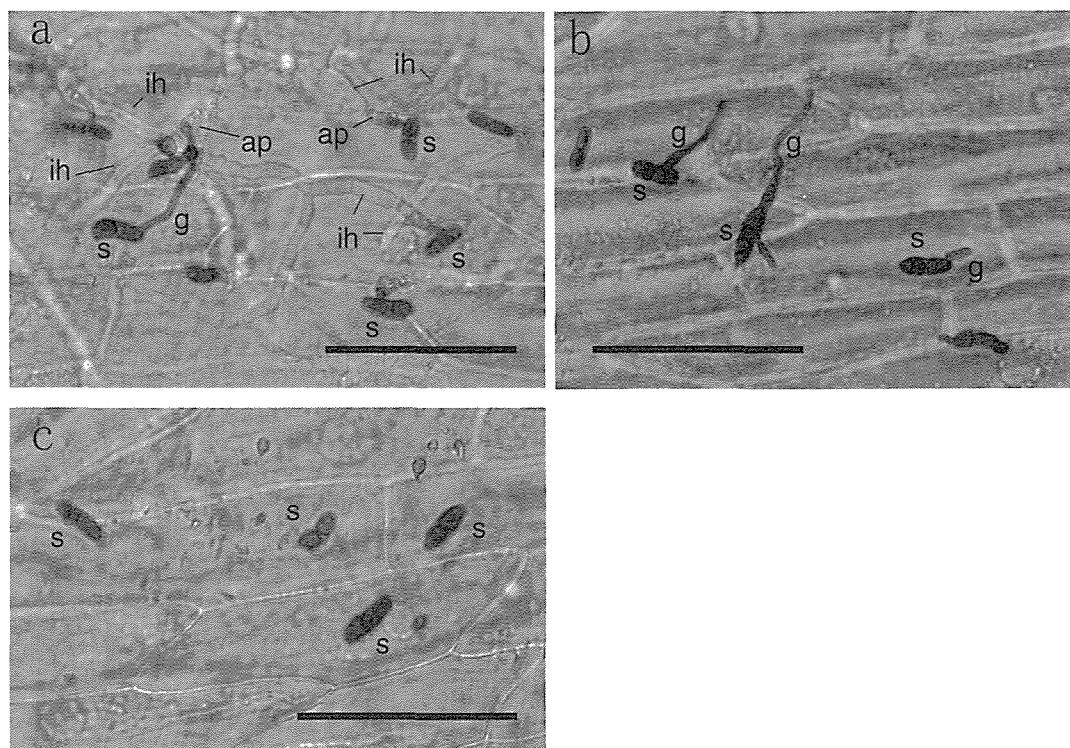


Fig. 4 Effect of FFC-ceramic water on the penetration by *Mycosphaerella pinodes* on ethanol-killed epidermal tissues of pea stems.

The penetration was observed 21 h after inoculation with pycnospores of *M. pinodes*. The original solution of FFC-ceramic water (c), ceramic water (b) or deionized water (a) was mixed with the equal volume of spore suspension, and then, a 5 μ l of respective spore suspension was placed on the killed epidermal tissue. ap, appressorium; g, germ tube; ih, infection (penetration) hypha; s, pyncospore. The bar indicates 10 μ m.

菌の形態形成に対する CaSO_4 の直接的な作用について調べた。

CaSO_4 は、25 $^{\circ}\text{C}$ で 2.08 g/L (15.3 mM) 溶解する。20 g/20 ml の両セラミック水中の CaSO_4 は、3 ヶ月後にはほぼ飽和に達しているものと仮定して、 CaSO_4 飽和液を調製して使用した。タマネギ鱗片の内表皮組織を剥離し、70% エタノールで洗浄した後に、水洗し、これをモデル死表皮とした。100 μ l の脱イオン水上に、表皮を浮かべ、飽和あるいは 1/2 飽和 CaSO_4 溶液と褐紋病菌柄胞子懸濁液の等量混合液を 10 μ l 滴下接種し、22–23 $^{\circ}\text{C}$ の湿室に 18 時間静置後、コットンブルーで染色し、顕微鏡で観察した。

この結果を、Fig. 5a～c に示した。両セラミック水の場合と異なり、 CaSO_4 の存在下においては、殆どの胞子が発芽していた。しかしながら、脱イオン水対照区 (Fig. 5a) では、多数の胞子から死細胞への侵入 (貫入) が観察されたが、 CaSO_4 存在下では、侵入率は顕著に低下した (Fig. 5b 5c)。

発芽率と侵入率を計測した結果、脱イオン水対照区においては、発芽及び付着器形成率は 100%，また侵入率 (侵入菌糸形成率) は 91.7～100% (平均 97.4%) であった。一方、2 倍希釈 CaSO_4 処理区では、発芽率は、95.5

～100% (平均 98.5%)，侵入率は 0～7.7% (平均 1.5%)，4 倍希釈 CaSO_4 処理区では、発芽率は、91.7～100% (平均 95.3%)，侵入率は 0～33.3% (平均 15.2%) であった。このように、 CaSO_4 は 2～4 倍希釈の飽和溶液においても、褐紋病菌の感染、特に侵入行動を、顕著に阻害することが明らかとなった。

両セラミック水は、原液の 1/2 の濃度で、完全に褐紋病菌の死組織への侵入を阻害すること、さらに、病原菌胞子の発芽を直接的に阻害することは前に述べた通りである。しかし、 CaSO_4 飽和溶液の場合には 2 倍希釈液でも、発芽は殆ど阻害されることはなく、また、頻度は低いとはいえ侵入も観察された。以上の結果から、FFC セラミック水の感染阻害作用の一部は CaSO_4 が担っている可能性はあるものの、 CaSO_4 以外にも、病原菌の形態形成 (発芽、発芽管伸長、付着器形成など) や侵入行動に強く影響する他の因子の存在が強く示唆される。前述のように、土壌改良資材である FFC エースは、作物の光合成を促進し、収量増加を原因することが知られている^{2,4-6)}。また、イネ苗立枯細菌病の防除効果も期待されている¹⁾。このように、植物の生長を促進する効果と合わせて、直接的あるいは間接的に病原菌による発症を軽

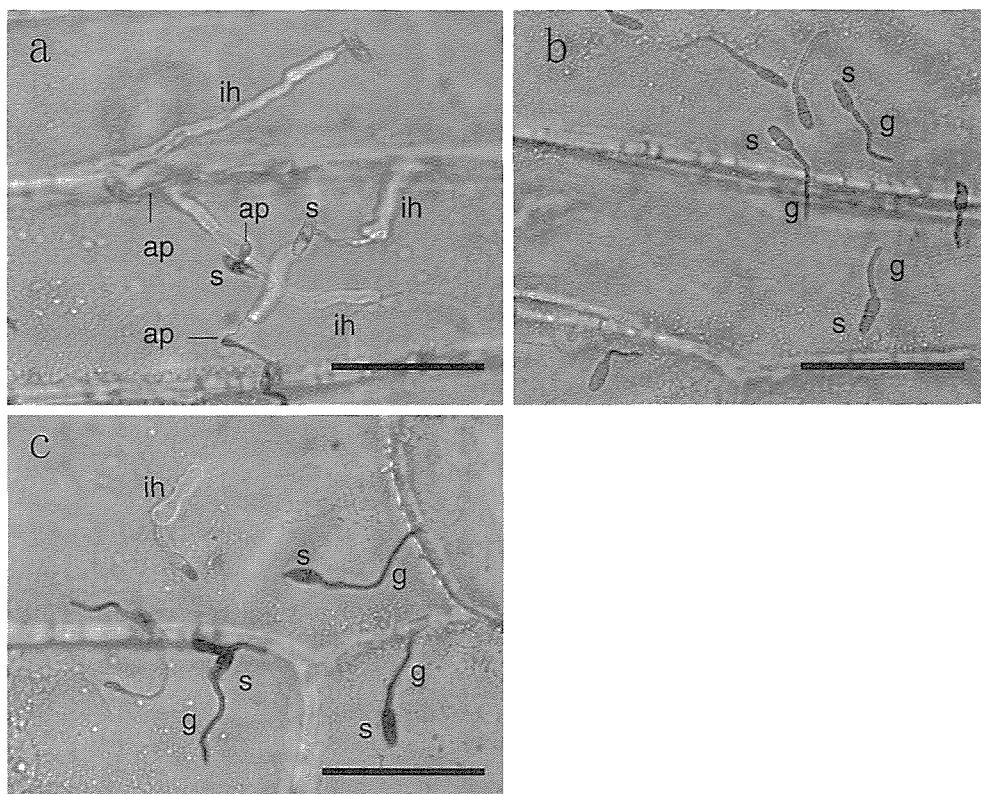


Fig. 5 Effect of CaSO_4 on the penetration by *Mycosphaerella pinodes* on ethanol-killed epidermal tissues of onion bulb.

The penetration was observed 18 h after inoculation with pycnospores of *M. pinodes*. Deionized water (a), a saturated CaSO_4 solution (b) or 1/2-saturated CaSO_4 solution (c) was mixed with the same volume of spore suspension. Then, a 10 μl of respective mixture was placed on the killed epidermal tissues. ap, appressorium; g, germ tube; ih, infection (penetration) hypha; s, pycnospore. The bars indicate 10 μm .

減あるいは抑制する作用がある点で、FFC セラミックスTMや FFC エースTMは大変興味深い資材と考えられる。なお、FFC セラミック水は、広範な作物の重要病害である灰色かび病 (Grey mold; 病原菌は *Botrytis cinerea*) の感染・病斑形成 (発病) も強く阻害することも明らかとなってきた (データ示さず)。このような事実から、FFC 資材は広範な病害の制御にも十分利用できるものと推察している。

付記するならば、 CaSO_4 を主成分とする土壌改良剤が、現在複数市販されており、これらの資材は、土壌の化学的あるいは物理的な状態の改善に有効とされている。しかし、本研究の結果からは、生物的環境の改善にも貢献している可能性は高い。特に、 CaSO_4 は多量に施要された場合に置いても、溶解度が低いために高張溶液となることはなく (塩害が起き難い)、一方、植物による吸収や降雨による流亡等で土壌間隙水における濃度が低下した場合には、固体から徐々に補われるというように、ある意味で緩衝作用を持つ徐放性の土壌改良資材ととらえることができるであろう。今後、さらに詳細なメカニズムの解明とともに栽培者にとって有用、安全そして使い易い資材の開発が急がれるところである。

要 約

本研究は、FFC セラミックスTM (株 エフフシージャパン) の植物病原菌の発病抑制効果について調べたものである。FFC セラミック水は原液の 1/2 ~ 1/6 の濃度でエンドウ褐紋病菌の発病を顕著に抑制した。この原因を調べたところ、FFC セラミック水は、病原菌の発芽、発芽管伸長、侵入 (貫入) を顕著に阻害することが判明した。FFC セラミック水中には Ca 並びに S, O 元素が多量に存在し、SEM 観察の結果と合わせると、 CaSO_4 が多量に含まれることが示唆された。そこで、 CaSO_4 飽和液の 1/2 ~ 1/4 濃度で、病原菌に対する作用を調べた結果、発芽あるいは発芽管伸長はほとんど阻害されず、低率ながら侵入も観察された。これらの結果を総合して、FFC セラミック水や CaSO_4 の栽培場面での応用を考察した。

謝 辞

本論文は、2006年 8 月に岡山大学大学院自然科学研究科に設置された FFC 寄付講座において行われた研究の一部をまとめたものである。御援助を頂いた赤塚植物園に深謝する。

引用文献

- 1) 青木一美・渡邊 健・植田康裕・長谷川幸子：土壤改質材（FFC エース）の育苗培土混和处理がイネ種子伝染性病害の発病に及ぼす影響. 平成21年度日本植物病理学会大会 講演要旨予稿集 (2009年3月26日～28日, 山形), pp. 96(2009)
- 2) Fujita, K., T. Suzuki, S. Hasegawa, A. Meguro, H. Sugiura, K. Toyoda, T. Shiraishi, E. Sakaguchi, T. Nishimura and H. Kunoh : Enhancement of growth and yield of barley by the soil conditioner FFC-ace™. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University, (2009) (submitted)
- 3) Mitchell, R., N. Konkol and C. McNamara : FFC inhibits microbial attachment. *In* Proceeding of the 2009 International Forum on FFC Technology (Tokyo, August 24-25, 2009), pp. 29 (2009)
- 4) Mitchell, R., N. Konkol and C. McNamara : FFC enhances plant growth. *In* Proceeding of the 2009 International Forum on FFC Technology (Tokyo, August 24-25, 2009), pp. 31 (2009)
- 5) 目黒あかね : FFCは植物を病気から守れるか? *In* Proceedings of the 2005 International Forum on FFC Technology (Nagoya, July 12-13, 2005), pp. 33 (2005)
- 6) 目黒あかね : FFCで育成された植物の細胞活性の高まりが病害抵抗性につながる. *In* Proceedings of 1st FFC Technology Researcher Meeting (Tsu-city, June 14-15, 2008), pp. 39 (2008)