

FFC Ceramic Water and Plant Health

FFC セラミック水と植物の健康



Tomonori Shiraishi

Graduate School of Natural Science and Technology,
Okayama University
Tomonori Shiraishi and Kazuhiro Toyoda



Kazuhiro Toyoda

岡山大学大学院自然科学研究科
白石 友紀、豊田 和弘

【研究の目的】

FFC®セラミック水は、動植物やそれらを取り巻く自然環境によい水として知られており、最近では、河川や海の浄化、作物の生育促進など広範な場面で用いられています。植物は、私たちの生命や健康を支えていることは周知の事実で、健康な植物無くしては私たちの生活は一日ともなりたちません。そこで、私たちは、植物や生体分子に着目し、FFC®セラミック水のミクロな作用について解析しました。以下、FFC水とは、一定量のFFCセラミックスを一定量の水に浸漬して調製した“水”を意味します。

【研究の概要】

1. 植物の生育に対する FFC 水の作用

水道水、FFC®セラミックで処理した水道水(FFC水)、あるいは別の市販のセラミックで処理した水道水(セラミック水)の植物の生育に及ぼす作用を調べました。その結果、FFC水を与えて育てたコマツナは、セラミック水や水道水を与

[Object]

FFC is recognized recently as available for environmental conditioning and cultivation of crops. For example, FFC is used for cleaning-up of a river or the sea and for promotion of growth or disease tolerance of crops. Based on previous data, in this study, we studied the direct effect of FFC water on plant growth and a plant enzyme to clarify its mechanisms. Furthermore we examined its action on a disease of pea plants. In this paper, “FFC water” implies the water prepared by dipping a certain amount of FFC ceramics in a certain volume of water for designated hours.

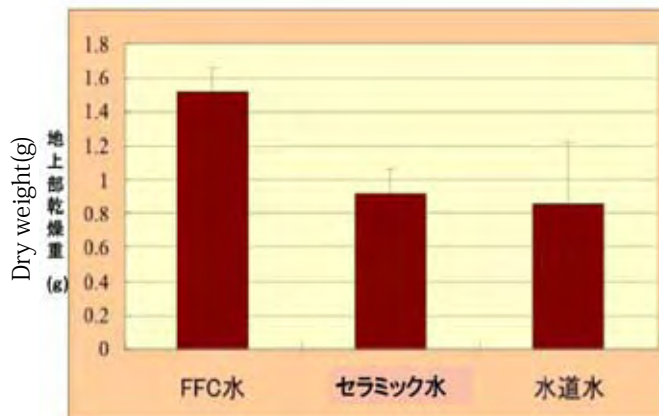
[Summary of results]

1. Action of FFC water on plant growth

Action of tap water, FFC water or ceramic (commercially available)-treated water (“ceramic water”, below) on plant growth was examined. Application of FFC-water stimulated significantly



FFC water Ceramic water Tap water

灌水に用いた水
FFC water Ceramic water Tap water

Application

図1. FFC水のコマツナの生育に及ぼす作用。
播種後3週間後の地上部の写真(左)と重量(右)。

Fig. 1. Effect of FFC water on the growth of Komatsuna plant. (Observed 3 weeks after sowing.)

えた場合と比べて、地上部の重量の増加が大きく、顕著な成長促進作用が観察されました (図1)。一方、モデル植物のシロイヌナズナ (雑草) では、FFC水は逆に生育を抑制し、葉の形態形成に影響を及ぼすことが判りました。これまでに、農業資材 FFC エースを与えたオオムギにおいては、低光量区での光合成と蒸散が対照区より高く、また収量も増加することが明らかにされており、好ましい生理生化学的な作用を与えていることが示唆されました。

2. FFC水の生体分子 (酵素) に対する作用

私たちのこれまでの解析から、植物の細胞壁に存在する1つの酵素アピレース (ATPなどを加水分解する酵素) が、病原菌のシグナル分子、有害元素、植物ホルモンなどの内外の環境因子に応答することが知られています (Kawahara et al. 2004, Takahashi et al. 2006)。また、活性化したアピレースによって生じる無機リン酸は、防御遺伝子の発現を誘導し、この結果、植物が病原菌に対する耐性を獲得することも明らかにしました (Kawahara et al. 2006)。そこで、作物への作用の原因を明らかにする基礎的な実験として、植物のアピレース活性に対する作用を調べました。解析の結果、FFC水はアピレースを直接活性化し、その効果は FFC水の添加量に比例することが明らかとなりました。一方、このような活性化はセラミック水でも観察されます。そこで、活性化の原因を明らかにするために、FFC水中の無機イオンの相対量を EDX (エネルギー分散型 X線検出器) を用いて調べました。この結果、FFC水中には、Ca、Sが比較的多量含まれていることが判明しました。そこで、アピレースに CaSO_4 や CaCl_2 などカルシウム塩溶液を与えたところ、アピレース活性は濃度依存的に上昇することが明らかになりました。逆に、FFC水から Ca イオンを取除くためにキレート剤 EGTA を添加したところアピレース活性は顕著に低下しました。以上の結果は、FFC水によるアピレースの活性化には、FFC水中のカルシウムイオンの作用が大きいものと考えられます。しかし、FFC水から、分子ふるいカラムによって Ca^{2+} を除いた (脱塩した) 水においても、なお、アピレースの活性化作用が残っていることが明ら

the growth of Komatsuna (a member of crucifer plants) compared to treatments with ceramic water or tap water (Fig. 1). On the other hand, the application of FFC-water decreased the growth (leaf expansion) of *Arabidopsis thaliana*, indicating negative effects on a model weed plant. In this connection, it was suggested that the barley growth and yield were enhanced significantly by the application of an agricultural material, FFC-Ace. It was shown that photosynthesis and transpiration of barley under a low light quantity were promoted by this application. However, since the detailed action has been still obscure, further physiological and biochemical studies on the FFC effect are needed.

2. Direct action of FFC water on a cell wall-bound enzyme " apyrase"

In our previous reports, it was presented that plant extracellular apyrase (NTP/NDPase) is able to recognize and respond to internal and external stimuli such as MAMPs, heavy metal elements, plant hormones (Takahashi et al. 2006, Kawahara et al. 2004, Kiba et al. 2006). We also demonstrated that inorganic phosphate, generated by the activated apyrase, is able to induce defense response accompanied with the activation of defense-related genes. Based on these reports, the effect of FFC-water on apyrase was examined. FFC water activated apyrase directly and significantly as compared to treatment with deionized water. A further study indicated that a part of such an effect is dependent on Ca^{2+} ion in the FFC-water. However, an FFC water from which Ca^{2+} ion or divalent cations were excluded by GFC was also able to enhance the apyrase activity. This result suggested that another yet-unidentified factor in FFC water also activates apyrase as well as a Ca^{2+} ion. Further studies, therefore, are crucial to understand detailed mechanisms of the FFC water on plant metabolisms.

かとなりました。このことは FFC 水中の Ca イオン以外にもアピレーズ活性を増大させる別の要因がある可能性を示しています。この点は今後さらに詳細な検討が必要です。

3. 病原菌の感染に対する FFC 水の効果

植物の伝染病の 80% は糸状菌（カビ）が原因となって引き起されます。そこで、FFC 水を与えた場合の病原菌の感染行動を観察しました。エンドウとその病原菌を用いて調べた結果、1/2 ~ 1/6 飽和レベルの FFC 水で処理した区では、感染と病気の進展が顕著に阻害されました（図 2）。顕微鏡で観察した結果、FFC 水では、病原菌の発芽が完全に抑えられていることが判明しました。また、同様な結果は、多犯性の病原菌である灰色かび病菌をタバコ植物に接種した場合にも、認められることから、広範な作物病に有効であることが予想されます。前述のように、FFC 水中には Ca や S が比較的多く含まれていますので、CaSO₄ の飽和液を用いた実験を行いました。この結果、CaSO₄ の 1/2 飽和液を与えると、植物体へ侵入はできなくなるものの発芽は起こることが明らかになりました。この結果は、FFC 水の作用の一部は CaSO₄ が担っているものの、CaSO₄ 飽和液に勝る作用が存在することを示しており、後者の原因については、さらに詳細な解析が必要と考えられます。

4. これまでの研究のまとめ

以上のように、これまでの実験から、FFC 水は作物に対して優れた作用を示し、その初期作用は、植物の酵素を介することも判明しました。また、病原菌を制御することで植物を保護する作用も有することが明らかとなりました。これらの作用の一部は、CaSO₄ が担っていると推定されますが、この塩の作用だけでは説明できない事象も捉えることができました。今後、さらに詳細な解析が望まれるところです。

3. Effects of FFC water on infection by a fungal pathogen

Vast majority of infectious agents of plants are fungal pathogens. Then, we investigated the effects of FFC water on the infection establishment and disease development by a fungal pathogen, *Mycosphaerella pinodes*, of pea plant. FFC water prevented markedly infection and lesion formation by the pathogen at the 1/2~1/6 saturated solution as shown in Fig. 2. Microscopic observation showed that 1/2-saturated solution of FFC water blocked perfectly the spore germination of *M. pinodes*. As relatively high amounts of Ca and S elements were contained in FFC water, then, the effect of CaSO₄ solution was examined. However, the solution did not block the germination, while it blocked infection and lesion formation. This result also indicated that all of the FFC effects were not dependent upon CaSO₄. In other words, another yet-undefined factor in FFC water is crucial for the total effects of FFC, as described above.

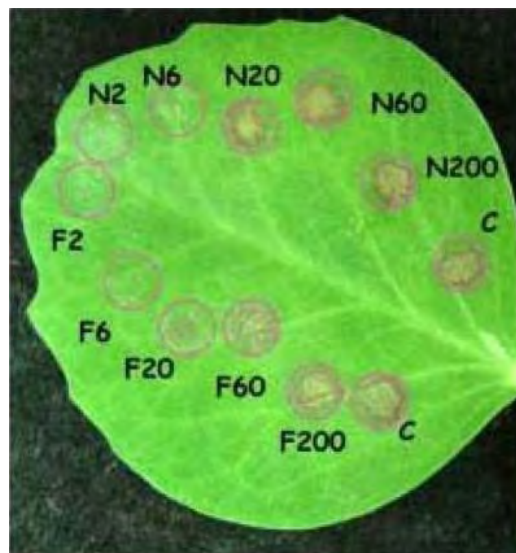


図 2. FFC 水がエンドウ病原菌の発病に与える作用（接種後 48 時間目）。

F は FFC 水、N はセラミック水、C は脱イオン水に病原菌胞子を混合して○の部分に接種した。数字は希釈倍率。

FFC 水は 20 倍希釈でも、病斑の形成を抑制できた。

Fig. 2. Effect of FFC water (F) and a ceramic water (N) on lesion formation by a pea pathogen.

Lesion formation was observed 48 h after inoculation. Respective numbers present dilution fold of respective solutions. C, deionized water.