

カンキツ樹における湿害と有機物施用

石井孝昭*・門屋一臣・渡部潤一郎

秋好広明・天野勝司

Waterlogging Injury to Citrus Trees as Influenced by Organic Material Application

Takaaki ISHII, Kazuomi KADOYA, Junichiro WATANABE,
Hiroaki AKIYOSHI and Shoji AMANO

緒言

最近、化学肥料一辺倒の考え方から、土壌への有機物の施用は土地生産性を高める上で必要不可欠な作業であるという考え方が再認識されるようになった。カンキツ栽培でも毎年秀品多収を望むためには計画的な有機物の投入が必要である。

一方、有機物を施用した土壌が湛水状態になった場合、施用量が多い程 Eh の低下が急速で、亜酸化鉄、硫化水素などの還元性物質の発生が早く、また、これらの発生量も多い³⁾。したがって、このような土壌での果樹根群の過湿による害は極めて著しいことが知られている³⁾。しかし、有機物の種類や施用量を変えての試験例は数少ない。

そこで、本研究では腐熟度の異なる有機物や現在広く使用されている家畜ふん尿を加えたおがくず堆肥を用いて、湛水条件下におけるカンキツ樹の生育障害の程度とその原因について調査した。

材料及び方法

生育調査及び光合成の測定

1984年5月下旬に、有機物をほとんど含まない花こう岩土壌に第2図に示す有機物を混ぜたものを用い、3年生のナツミカン実生苗を1/5,000 a のワーグナーポットに植え付けた。有機物には市販の鶏ふんおがくず堆肥あるいはカンキツ剪定くずの未熟なものに尿素を加え1年間腐熟させたものを供試した。なお、各処理区ともに3反復とした。植え付け3か月後、ポット下部の排水口を閉じ湛水処

* 愛媛大学教育学部

理を開始し、12週間にわたって以下の調査を行った。

葉内クロロフィル含量は、富士グリーンメーターGM 1 を用いて定期的に調査した。

光合成の測定は、アクリル製の同化箱 (33×28×6.5 cm) を用いた通気法ⁱⁱ⁾で行った。測定条件は気温25–28°C、照度40–50Klx、相対湿度85–95%、通気量3–5 ℓ/minとした。CO₂は堀場 ASSA–1600植物同化作用測定装置で計測した。なお、湛水無処理区あるいは湛水処理区の一部では夏枝が発生したが、すべて取り除いてほぼ同時期に展葉した春葉について定期的に調査した。

11月12日にポットから個体を取り出し、根の障害の程度を観察した。また、TTC(2,3,5–トリフェニルテトラゾリウムクロライド) 法によって根の活性を調査したⁱⁱⁱ⁾。

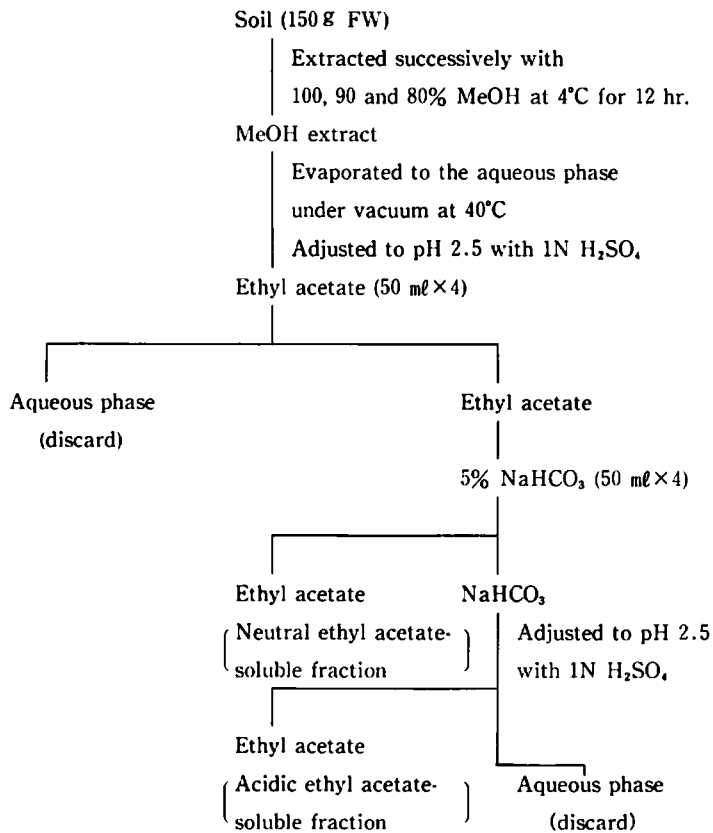


Fig.1. Flow diagram of extraction and partitioning procedures of inhibitors in the waterlogged soils treated with organic materials.

湛水土壌における生育阻害物質

活性 2 価鉄は、解体時に土壌を採取し直ちに IM 酢酸ナトリウム (pH3.0) を用いて抽出し、ジピリジル法で比色定量した²⁾。

土壌から発生する硫化水素は、湛水処理開始 6 週後において毎分 5 ℓ の速度で 12 時間吸引採取し、ヨードメトリー法で定量した²⁾。

一方、解体時に土壌水を各施用区から 50ml 採取し東洋ろ紙 No 5 B でろ過した後、イオン交換樹脂 (アンバーライト CG-150 及び CG-400) で分画³⁾し、各溶出液の一部をイネ (日本晴) の生物検定にかけた。

更に、解体時に土壌を採取し、第 1 図に示すように、土壌に含まれる抑制物質をメタノールで抽出した後、分画し、中性及び酸性酢酸エチル分画についてイネ (日本晴) の生物検定で検討を行った。

結 果

葉内クロロフィル含量

第 2 図に示すように、湛水無処理区では有機物の種類及び施用量による差はわずかであった。しかし、湛水処理区ではカンキツ剪定くず腐熟区を除く他の施用区で脱緑が甚しかった。

光 合 成

第 3 図は光合成速度に及ぼす影響をみた結果である。湛水処理を開始する時点では、すでに、カ

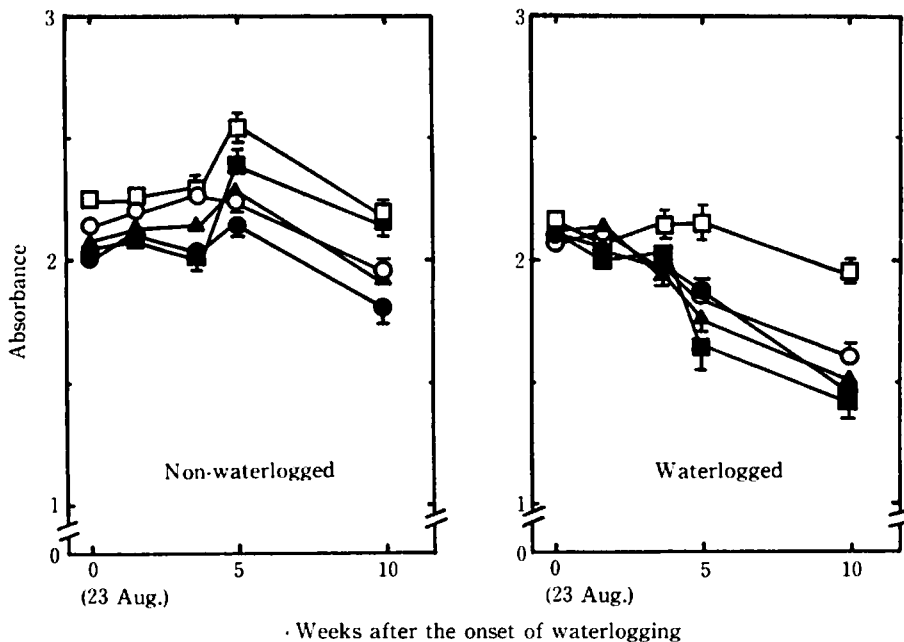


Fig.2. Effect of organic material application and waterlogging on the chlorophyll content of citrus leaves. O : control [C] , ● : fowl faeces and sawdust compost which was fermented for about 3 months [FS] (40 g DW), ▲ : FS(400 g DW), ■ : citrus branch pruned (unfermented) [CBU] (40 g DW), □ : citrus branch pruned(fermented for about a year) [CBF] (40 g DW). Chlorophyll content was measured by a Fuji type GM1 green meter. Vertical bars indicate standard error (SE).

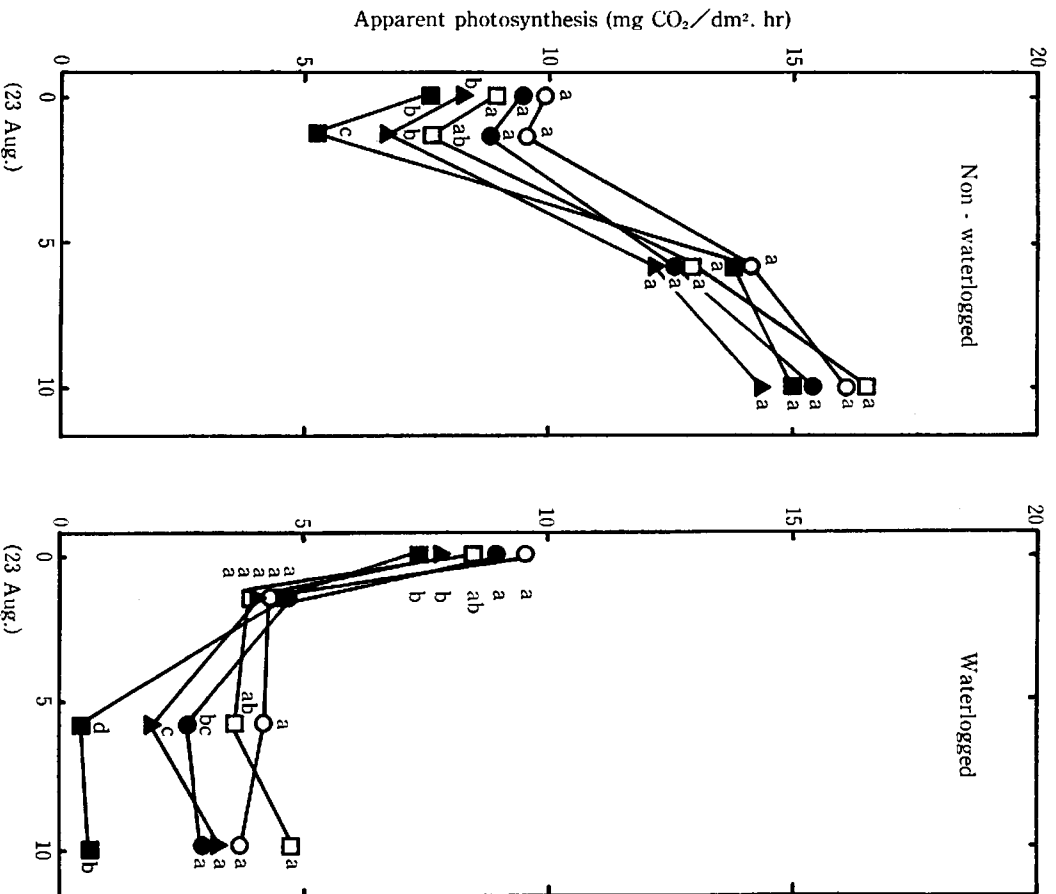


Fig. 3. Effect of organic material application and waterlogging on photosynthesis of citrus leaves. Symbols are the same as shown in Fig. 2. Mean separation within date by Duncan's multiple range test, 5% level (as indicated by different letters).

ソキツ剪定くず未熟物 (以下 CBU と記す) や鶏ふんおがくず堆肥多量施用区 (以下 FSA400 と記す) における光合成速度が低下していた。その後、通気良好な条件下 (湛水無処理区) では光合成速度が徐々に回復するのが認められたが、湛水処理をすると、いずれの有機物施用区においても光合成速度が著しく低下した。特にこの傾向は CBU 施用区で顕著であった。

根の生育

根における障害の程度を調査した結果を第 1 表に、また TTC 法による根の活性を測定した結果を第

4 図に示している。湛水処理によっていずれの施用区でも根の生育が阻害されたが、その障害の程度は有機物の種類及び施用量によって異なった。特に CBU 及び FS400 施用区では枯死した根が非常に多く、根の活性の低下も著しい傾向にあった。

Table 1. Effect of organic material application and waterlogging on the growth of citrus roots.

Treatment	Injury rating ^y	
	Non-waterlogged	Waterlogged
C	0	3
FS40	0.3	3.3
FS400	0.7	4.3
CBU	0.7	5
CBF	0	2.7

* See Fig.2.

^y Visual rating : 0=Vigorous root with many fibrous roots, 1=Vigorous root with only a few fibrous roots, 2=1-25% of the roots are dead, 3=26-50% of the roots are dead, 4=51-75% of the roots are dead, 5=76-100% of the roots are dead. Twelve weeks after the onset of waterlogging, the trees were removed from the pots (Wagner's pots of 1/5,000 a), and the injury rating of the roots was determined.

湛水処理区における生育阻害物質

第2表に示すように、活性2価鉄及び硫化水素の生成量は CBU 及び FS400 施用区で特に多かった。

湛水条件下の土壤水をイオン交換樹脂にかけた後の各分画区の阻害効果を見た結果が第5図である。すなわち、有機酸類を含むアニオン分画において、イネ幼植物の生育が阻害された。しかし、その阻害程度はカンキツ剪定くず腐熟 (CBF) 施用区でわずかに低い傾向にあった。

湛水土壤からのメタノール抽出物の阻害効果を示しているのが第6図である。すなわち、酢酸エチル可溶の中性及び酸性分画ともに、FS40及び400並びに CBU 施用区でイネ幼植物の生育が抑制されたが、他の施用区では抑制効果がほとんどみられなかった。

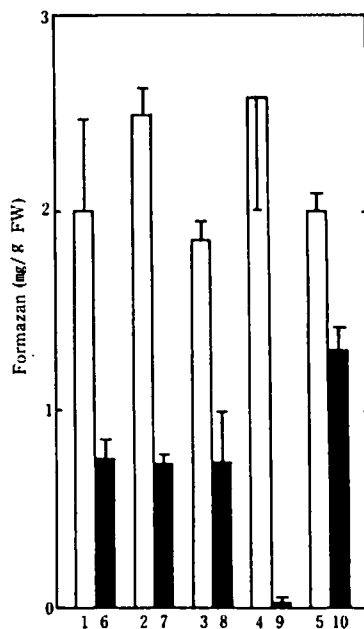


Fig.4. Effect of organic material application and waterlogging on the activity of citrus roots. 1: C-NW, 2: FS40-NW, 3: FS400-NW, 4: CBU-NW, 5: CBF-NW, 6: C-W, 7: FS40-W, 8: FS400-W, 9: CBU-W, 10: CBF-W, NW: Non-waterlogged, W: Waterlogged (see Fig.2). Twelve weeks after the onset of waterlogging, the trees were removed from the pots, and then the activity of the roots was measured by the TTC (2, 3, 5-Triphenyltetrazolium chloride) method. Vertical bars indicate SE.

Table 2. Active Fe and H₂S produced in the waterlogged soils treated with organic materials.

Treatment	Active Fe ²⁺ [ppm (dry wtbasis)]	H ₂ S* (mg S/12 hr)
C -W ^a	157.2±21.1 ^b	0.31±0.01
FS40 -W	188.2± 6.2	0.31±0.02
FS400-W	259.8±19.8	0.36±0.02
CBU -W	247.1±19.4	0.41±0.01
CBF -W	183.2± 8.9	0.27±0.02

^a See Figs.2 and 4.

^b Twelve weeks after the onset of waterlogging, active Fe in the waterlogged soils was extracted with 1M sodium acetate solution (pH3.0) and 0.2% α, α'-dipyridyl solution was added in the extract. Then Fe in the extract was measured colorimetrically at 525nm.

* Six weeks after the onset of waterlogging, H₂S evolved from the waterlogged soils was trapped in 2.5% zinc acetate solution. And then H₂S in the solution was analyzed by the iodimetry.

^c Mean ± SE.

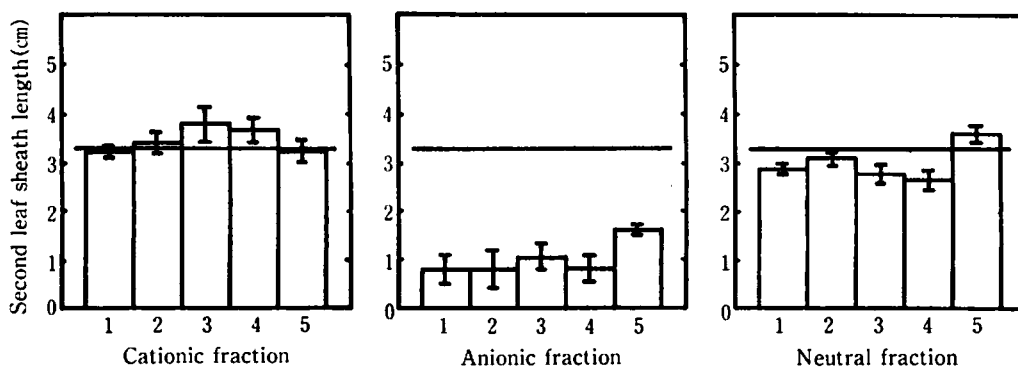


Fig.5. Growth inhibition by soil water (2 ml) obtained from the waterlogged soils treated with organic materials. 1 : C-W, 2 : FS40-W, 3 : FS400-W, 4 : CBU-W, 5 : CBF-W (see Figs.2 and 4). Twelve weeks after the onset of waterlogging, soil water was filtered through Toyo No5B paper and fractionated by chromatography on columns of ion-exchange resins (Amberlite CG-120 and CG-400). The rice seedling bioassay was used at pH6.5. Vertical bars indicate SE.

考 察

わが国のカンキツ主要産地は傾斜地園が多く、一般に排水が良好であるが、傾斜地園でも排水の不良な園が見られることがある⁶⁾。また、水田転換による平地のカンキツ園では過湿による害が深刻な問題となっている。このような園において、植穴に有機物を入れたまま排水不良の状態に放って置くと降雨期に甚しい湿害が発生することが知られており、本実験の結果からも、このことが立証された。

林、脇坂³⁾は、イチジク、モモ、ナシ、リンゴ、カキ及びブドウ樹を湛水処理した場合、有機物の施用量が多い程これらの果樹における湿害の程度が高いことを報告している。また、小林ら⁷⁾は、ショ糖を含む水道水で湛水状態にした場合、イチジク、モモ、クリ、ナシ、カキ、ブドウ、ウンシュウ

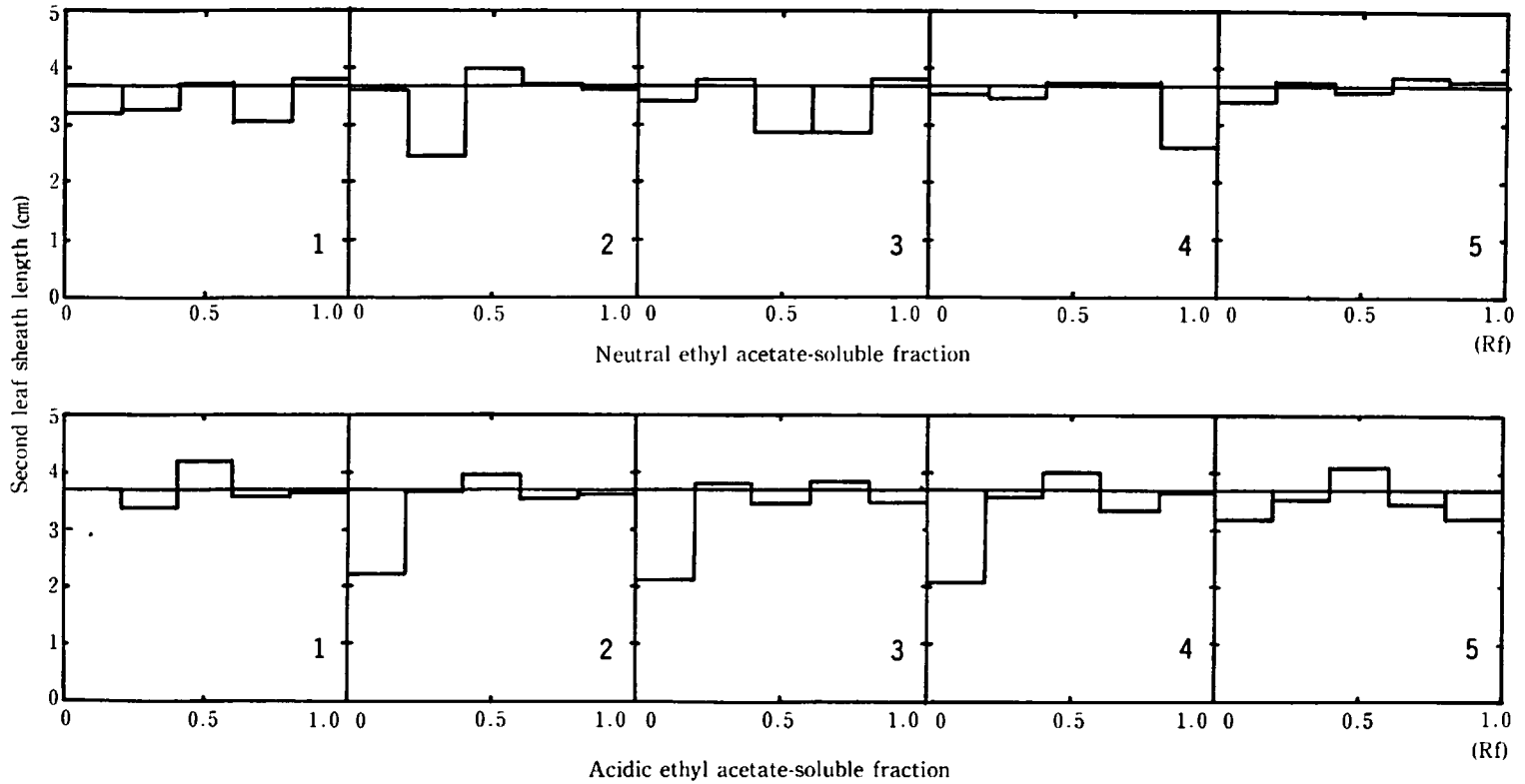


Fig.6. Growth inhibition by soil extracts (50g FW) obtained from the waterlogged soils treated with organic materials. 1 : C-W, 2 ; FS40-W, 3 : FS400-W, 4 : CBU-W, 5:CBF-W (see Figs. 2 and 4.). Twelve weeks after the onset of waterlogging, inhibitors in the soils were extracted with MeOH and fractionated as shown in Fig. 1. The fraction was evaporated to dryness, and the residue dissolved in 1 ml ethanol. The solution was spotted on Toyo No 50 paper (2 cm×40 cm strips) which was developed with solvent (iso-propanol : 28% ammonia : water=10 : 1 : 1, v/v). The strips were cut into 5 segments and analyzed by the rice seedling bioassay.

ミカン、オリーブのいずれにおいても、ショ糖を加えることによって、障害が著しくなることを明らかにしている。一般に、カンキツ類は耐水性が高く⁸⁾、中でも本実験に用いたナツミカンは非常に優れている⁹⁾。しかしながら、本実験の結果はいかに耐水性に優れている種類でも未熟な有機物を多量に施した場合には甚しい湿害を被るおそれがあることを示している。この原因として、これまでに明らかにされている急激な酸素濃度の低下^{3,7,10)}と亜酸化鉄^{3,10)}、硫化水素^{3,10)}、有機酸類^{10,12)}などの発生による害だけでなく、有機物に由来する抑制物質の存在がその害を更に強めていることと関連があるのだろう。また、湛水処理開始前における未熟な有機物や多量の鶏ふんおがくず堆肥の施用による生育障害が湛水下での耐性を一層弱めさせたのかもしれない。ちなみに、著者ら^{4,5)}は、非湛水条件下でも、それらとほぼ同様の有機物でカンキツ樹の生育が著しく阻害されることを報告している。

一般に、嫌氣的な土壌では有機物は次のような物質に分解されることが知られている¹⁰⁾。1：揮発性の窒素化合物、二酸化炭素、一酸化炭素などのガス類、2：低級炭化水素類、3：アルコール類、4：アルデヒドやケトン類、5：揮発性の脂肪酸類、6：不揮発性の有機酸類、7：フェノール物質、8：揮発性の硫化物である。本実験では、硫化水素や有機酸類について分析するとともに、フェノール物質などを含んでいると思われるメタノール抽出物中の抑制物質について調査・検討を行い、これらが有機物の種類や施用量による障害の程度の差に影響を及ぼしていることを明らかにした。しかし、これら以外の物質については今後さらに検討を加える必要があろう。

一方、十分に腐熟させた有機物施用区では、過湿による害が無施用区よりもやや軽減する傾向が見られた。本実験に用いた土壌は微砂を多く含み、排水性がやや劣る傾向にあった。それゆえ、有機物の施用による土壌改善の効果が、湛水処理開始前の生育が無施用区と比べてやや旺盛になったことと関係があるのかもしれない。

摘 要

1. 市販の鶏ふんおがくず堆肥 (FS) 少量及び多量施用区、カンキツ剪定くず未熟 (CBU) 及び腐熟 (CBF) 施用区並びに有機物無施用区を設けて、有機物の種類及び施用量が湛水条件下におけるカンキツ樹 (ナツミカン実生苗) の生育に及ぼす影響について調査した。また、湛水土壤中の生育阻害物質についても検討した。

2. 湛水処理によって、樹、特に根の生育が阻害され、葉内クロロフィル含量や光合成速度が低下した。しかし、有機物の種類及び施用量による明らかな障害の差が次の点で見られた。CBU 及び FS 多量施用区では障害の程度が甚しかったが、他の区、特に CBF 施用区では軽かった。

3. 湛水処理土壌において、活性 2 価鉄及び硫化水素の生成量が CBU 及び FS 多量施用区で多かった。また、土壌水の有機酸含有分画溶液及び土壌からのメタノール抽出物によるイネ幼植物の生育阻害の程度は、有機物の種類によって差異が認められた。

引用文献

- 1) 天野勝司, 日野昭, 大東宏, 倉岡唯行 (1972) 果樹の光合成作用に関する研究 (第1報) 環境条件が光合成速度に及ぼす影響. 園学雑 41: 144-150.
- 2) 土壤養分測定法委員会編 (1978) 土壤養分分析法. 養賢堂. 東京.
- 3) 林真二, 脇坂聿雄 (1956) 果樹の湿害について 土壤酸化還元電位の低下及び有害還元物質との関係. 園学雑 25: 59-68.
- 4) ISHII, T. and K. KADOYA (1984) Growth of citrus trees as affected by ethylene evolved from organic materials applied to soil. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 53: 320-330.
- 5) 石井孝明, 門屋一臣 (1986) 鶏ふんおがくず堆肥施用がカンキツ樹の生育に及ぼす影響. 愛媛大学教育学部紀要 (自然科学) 6: 45-58.
- 6) 岩崎一男, 水谷房雄, 石井孝昭 (1981) 土壤通気と樹体生長. 門屋一臣編 急傾斜地柑橘園の合理的管理体系の確立に関する総合的研究. 文部省科学研究費昭和54, 55年度総合研究(A)報告書. 愛媛大学農学部. 42-46.
- 7) 小林章, 島村和夫, 池田勇 (1954) 果樹の耐水性に関する研究 IV. 土壤の酸化還元電位の低下と果樹種類間の抵抗性. 農業及び園芸 29: 547-548.
- 8) 小林章 (1975) 果樹環境論. 養賢堂. 東京. 212-219.
- 9) 水谷房雄, 中島久喜, 日野昭, 門屋一臣 (1985) カンキツ樹の耐水性について. 園学要旨昭60中四国支部. 4.
- 10) PONNAMPERUMA, F.N. (1984) Effects of flooding on soils. In: T.T. Kozlowski (ed.) Flooding and plant growth. Academic Press. London. 9-45.
- 11) 作物分析法委員会編 (1980) 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 養賢堂. 東京. 532-533.
- 12) 瀧嶋康夫 (1963) 水田特に泥炭質湿田土壤中における生育阻害性物質の行動に関する研究. 農技研報B 13: 117-252.

Summary

1. We investigated the effect of organic materials on the growth and the photosynthesis of 3-year-old 'Kawano Natsudaidai' (*Citrus natsudaidai* Hayata) seedlings under waterlogged conditions. In addition, inhibitors in the waterlogged soils treated with organic materials were examined. Fowl faeces and sawdust compost (FS), unfermented citrus branch (CBU) and fermented citrus branch (CBF) were used as organic materials.

2. Waterlogging inhibited root growth and caused the reduction of chlorophyll content and photosynthetic activity. The degree of waterlogging injury, however, varied with the kind and amount of organic materials. Growth inhibition was severe at the applications of CBU and FS (400

g DW), but was slight at the other applications, especially CBF application. In addition, the day before the onset of waterlogging, photosynthetic activity had already decreased with the applications of CBU and FS (400g DW).

3. Under the waterlogged conditions, the concentrations of active Fe and H₂S produced at the applications of CBU and FS (400g DW) were higher than those at any other applications. The anionic fraction of soil water, which seems to contain some organic acids, inhibited the growth of rice seedlings. The degree of inhibition at the application of CBF, however, was low. The methanol extracts from the waterlogged soils treated with CBU and FS (40 and 400g DW) heavily inhibited the growth of rice seedlings at both ethyl acetate-soluble fractions.

4. These results suggest that when soil treated with unfermented organic materials or with a great deal of fowl faeces and sawdust composts becomes submerged, the growth of citrus trees will be severely depressed not only by increases in the production of reduced substances, such as active Fe and H₂S, but also by inhibitors derived from the organic materials.