

加圧脱水ケーキで育苗したイチゴ苗の生育に及ぼすリン酸肥料の効果

太田和宏, 北浦健生, 重久綾子

Phosphoric Acid is a Determinant Fertilizer on the Growth of Strawberry Runner Plants Grown by Pressure-Dehydrated Cake as the Pot Soil.

Kazuhiro OHTA, Takeo KITAURA and Ayako SHIGEHISA

摘 要

加圧脱水ケーキは本県におけるイチゴの育苗培土に利用されている湿式造粒脱水ケーキ（以後、さがみ粒土）の代替培土として期待されている。加圧脱水ケーキを単体でイチゴの育苗培土として利用した時、苗の生育が遅延し、リン酸欠乏症と推測される葉脈の周辺が赤紫色を呈する生理障害が生じる。そこで、加圧脱水ケーキを用いてイチゴ苗を正常に生育させるための要因を明らかにするため、肥料要素の効果について検討した。加圧脱水ケーキに窒素、リン酸、カリの肥料三要素を組み合わせることで施用した培土でイチゴ苗を育てた結果、リン酸を2.5 g/L程度与えると生理障害症状を生じることなく正常に生育した。また、加圧脱水ケーキにパーミキュライトもしくはパーライトを25%(v/v)混合した場合でも、リン酸を施用すれば正常に生育した。以上のことから、加圧脱水ケーキで育苗する場合、イチゴ苗の生育に最も影響する要因はリン酸であり、リン酸を2.5 g/L程度施用すれば、生理障害の発生もなく、正常に生育することが明らかとなった。

キーワード：イチゴ育苗, 浄水ケーキ, リン酸, 生理障害

Summary

Pressure-dehydrated cake (PDC) is considered to be a most promising alternative to wet pellet-dehydrated cake, Sagami-soil, that has been used as a pot soil for raising strawberry runner plant by growers in Kanagawa Prefecture. We have already reported that, when PDC per se was used as the pot soil, the growth of strawberry runner plant was retarded and purplish red discoloration occurred along the leaf vein, probably due to the phosphorous deficiency in the soil. In the present study, we investigated the effect of major 3 fertilizer elements, nitrogen, phosphoric acid, and potassium, added to the PDC pot soil in terms of their differential effects on the growth of strawberry runner plant. When the 3 fertilizer elements were added by different regimes to the pot soil, growth of strawberry runner plant grew normally without vein discoloration only when phosphoric acid was added to the PDC soil at the concentration of 2.5 g/L. The same results were obtained when PDC was mixed with either Vermiculite or Perlite by 25% (v/v). These results demonstrated that phosphoric acid is a determinant fertilizer on the growth of strawberry runner plant grown by PDC and addition of phosphoric acids at the concentration of 2.5 g/L allow the strawberry runner plant to grow normally.

Key words: strawberry runner plant, pressure-dehydrated cake/water purification cake, phosphoric acid, physiological disorder

緒 言

本県におけるイチゴの育苗培土には、現在、県内の浄水場で製造される浄水ケーキが広く使われている。1980年代に浄水ケーキの農業利用に関する研究が盛

んに行われ、鎌田ら（1982）、山田・鎌田（1983）、佐藤・高橋（1985）によりイチゴの育苗培土としての適性の高さが確認され、また、安価で多量に入手できることから、浄水ケーキはイチゴ生産者に受け入れられ、これまで長く利用されてきた。しかし、一部の浄水場

で浄水ケーキの脱水方法が変更され、これまで加熱及び造粒して製造されていたさがみ粒土から加熱及び造粒されていない板状の加圧脱水ケーキに変わり、これに伴ってイチゴ育苗培土としての利用方法について再検討する必要が生じた。そこで、前報（太田ら 2009）では、本県のイチゴ栽培における主要 3 品種を用いて、加圧脱水ケーキによる育苗とその苗を用いた時の収量について調査し、加圧脱水ケーキに市販培土を 25 % (v/v) 混合することで、さがみ粒土に市販培土を 25 % (v/v) 混合した時と同様の生育や収量を示すことを報告した。しかし、市販培土の混合率を変化させると苗の生育に違いがみられたことから、市販培土に含まれる肥料要素もしくは混合されている資材のうち、どの要因が生育に影響しているのかは不明であった。そこで、本研究では主要な肥料成分や土壌改良資材などを加圧脱水ケーキに加えてイチゴ苗を育苗した時の生育について調査し、リン酸がその決定要因であること等が明らかになったので報告する。

材料及び方法

1. 供試した浄水ケーキ及び育苗方法

本研究は、2009 年及び 2010 年に神奈川県農業技術センターで行った。加圧脱水ケーキは 2007 年 6 月に神奈川県内広域水道企業団相模原浄水場から導入し、2009 年 1 月 27 日までポリ袋に入れて暗所で保管した後、開封して野外に堆積した。その後、2009 年は 7 月 21 日まで、2010 年は 7 月 21 日まで野外で堆積した状態で降雨にあてた加圧脱水ケーキを使用した。なお、その間の降水量はそれぞれ 779 mm 及び 2,551 mm であった。品種は「さちのか」を供試し、育苗は床面に防草シートを張った雨よけパイプハウス内に設置し、高さ 1 m の高設ベンチで行った。2009 年は 7 月 23 日、2010 年は 7 月 21 日にそれぞれ育苗培土を充填した 3.5 号黒丸ポットに本葉 2 枚程度展開した子株を採苗した。子株の切り離しはそれぞれ 2009 年 8 月 13 日及び 2010 年 8 月 10 日に行い、切除時に IB 化成 S1 号 (N:P₂O₅:K₂O=10:10:10 %) をポット当たり窒素で約 150 mg となるように 3 粒ずつ施用した。灌水は培土の乾燥程度に応じて 1 日 1~3 回株元に行った。調査は定植期を迎えた 2009 年 9 月 17 日及び 2010 年 9 月 15 日

に行い、根を除いた地上部重を測定するとともに、葉における生理障害発生程度を観察により、0:障害なし、1:葉に黄変あり、2:葉縁が褐変、3:葉脈が赤紫変、4:葉脈が褐変の 5 段階で評価した。

2. 肥料要素がイチゴ苗の生育に及ぼす影響

2009 年には窒素とリン酸について、2010 年にカリとリン酸の影響について調査した。浄水ケーキには単肥で CDU 窒素 (N:31 %), 重焼燐 2 号 (P₂O₅:く溶性リン酸 35 %, うち水溶性リン酸 16 %), 硫酸カリ (K₂O:50 %) を施用した。なお、2009 年の窒素とリン酸施用区のみ CDU 複合燐加安 S555 号 (N:P₂O₅:K₂O=15:15:15 %, 可溶性リン酸 15 %, うち水溶性リン酸 12.5 %) を施用した。そのため、処理区間でカリの施用量は若干異なったが、各区の窒素とリン酸の施用量は、加圧脱水ケーキの体積 1 L 当たり、それぞれ 140 mg, 1,230 mg とした。調査は 2009 年及び 2010 年ともに各区 6 株ずつ行った。

3. リン酸の施用量がイチゴ苗の生育に及ぼす影響

2010 年にはリン酸のみに着目し、さがみ粒土に与作 V1 号を体積比で 25 % 混合した培土を慣行として検討した。試験区は加圧脱水ケーキに与作 V1 号を体積比で 25 % 混合した培土区と加圧脱水ケーキ単体に重焼燐 2 号をリン酸で 0, 610, 1,230, 1,850, 2,470 mg/L となるように施用した培土区を設定した。与作 V1 号を混合していないすべての培土については CDU 窒素を慣行栽培と同量の窒素 140 mg/L となるように施用した。調査は各区 6 株で行った。また、リン酸施用量の限界値を明らかにするため、加圧脱水ケーキに重焼燐 2 号をリン酸で 0~9.1 g/L 施用した 16 区を設定した。この場合、すべての区に CDU 窒素を用いて窒素 140 mg/L 施用した。試験は 1 区 2 株とした。

4. 土壌改良資材及び市販培土の添加がイチゴ苗の生育に及ぼす影響

2009 年に土壌改良資材として肥料成分が含まれていないバーミキュライト及びパーライトを、また市販培土として肥料成分が含まれている与作 V1 号 (N:P₂O₅:K₂O=400:4400:500 mg/L) を供試した。土壌

改良資材の混合率の影響については、パーミキュライトを用い、加圧脱水ケーキに体積比で 0 %, 6.3 %, 12.5 %及び 25 %混合して育苗培土とした。この場合、窒素についてはすべての区に CDU 窒素で 140 mg/L 施用し、リン酸及びカリは無施用とした。

土壌改良資材とリン酸を組み合わせた時の影響についてはパーミキュライト及びパーライトを加圧脱水ケーキと体積比でいずれも 25 %混合し、これに肥料成分として CDU 窒素, CDU 複合燐加安 S555 号, 重焼燐 2 号を用いて窒素とリン酸それぞれ 140 mg/L 及び 1,230 mg/L となるように施用した。

浄水ケーキに土壌改良資材を加えた時の影響については、加圧脱水ケーキ及びさがみ粒土にパーミキュライト, パーライト, 与作 V1 号を体積比 25 %で混合したものを供試した。なお、与作 V1 号には肥料成分が含まれているため、与作 V1 号を混合していない処理区には CDU 窒素, CDU 複合燐加安 S555 号及び重焼燐 2 号を用いて各区の窒素及びリン酸がそれぞれ 140 mg/L, 1,230 mg/L となるよう調整した。調査は各区 6 株ずつで行った。

5. 浄水ケーキのリン酸吸収係数及び可給態リン酸含量

リン酸吸収係数の測定は常法（小原, 2001）によった。供試培土は加圧脱水ケーキ及びさがみ粒土を、淡色黒ボク土は所内ガラス温室内イチゴ栽培土壌の土を用いた。各培土を風乾後、2 mm の網でふるった培土 1 に対して 2 倍容量の 2.5 %リン酸アンモニウム溶液 (pH7.0)を加え、24 時間、室温で時々振とうした。この振とう液を濾過し、濾液中の P_2O_5 をバナドモリブデン酸法で定量し、リン酸吸着量を算出した。

可給態リン酸はトルオーグ法（伊藤, 2001）により抽出し、分光光度計（日立製, U-2000A 形ダブルビーム分光光度計）を用いて検出波長 880 nm で測定した。供試試料は加圧脱水ケーキに重焼燐 2 号をリン酸で 0, 610, 1,230, 1,850, 2,470 mg/L となるように添加した培土と与作 V1 号を体積比で 25 %混合した培土を用いた。また、さがみ粒土と与作 V1 号を体積比で 0 %及び 25 %混合した培土も合わせて測定した。

結果

1. 肥料要素がイチゴ苗の生育に及ぼす影響

イチゴ苗は窒素施用の有無にかかわらず、リン酸を施用すると地上部重が有意に重くなった。生理障害発生程度は、リン酸が無施用の場合 2.2~3.0 であったのに対し、リン酸を施用すると 0.7~1.0 に低下した（図 1）。カリについても施用の有無にかかわらず、リン酸を施用すると地上部重が有意に重くなるとともに、生理障害発生程度はリン酸が無施用の場合 3.8~4.0 であるのに対し、リン酸を施用すると 1.0~1.2 に低下した（図 2）。窒素あるいはカリ施用の有無にかかわらず、リン酸を施用しないと葉の葉脈に沿ってその周辺部が赤紫色に変色し、一部は褐変した（図 3）。

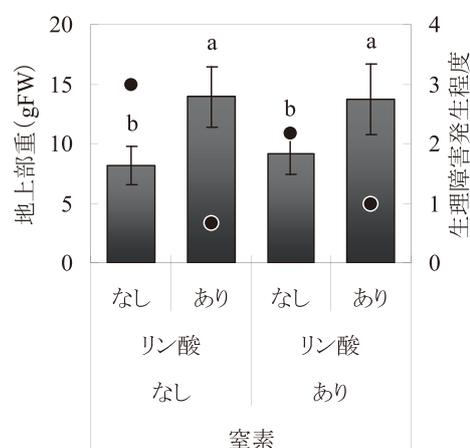


図 1 加圧脱水ケーキに対する窒素とリン酸の添加がイチゴ苗の地上部重及び葉における生理障害発生程度に及ぼす影響

■は地上部重を、●は生理障害発生程度及び図中の縦線は標準偏差をそれぞれ示す (n=6)。異なるアルファベット間には Tukey の多重検定により 5%水準で有意差があることを示す。葉における生理障害発生程度は、観察により、0: 障害なし, 1: 葉に黄変あり, 2: 葉縁が褐変, 3: 葉脈が赤紫変, 4: 葉脈が褐変の 5 段階で評価。品種は 'さちのか'。

2. リン酸の施用量がイチゴ苗の生育に及ぼす影響

イチゴ苗の生育はリン酸施用量が多くなるほど地上部重は増加し、一方で生理障害発生程度は低下した（図 4, 図 5）。リン酸施用量が慣行と同量である 1,230 mg/L でも地上部重は慣行より劣り、生理障害発生程度も高かったが、リン酸施用量を 2,470 mg/L まで高めると慣行と同等となった。なお、さがみ粒土と加圧脱水

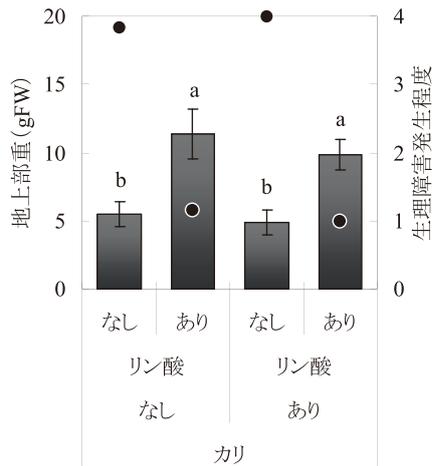


図2 加圧脱水ケーキに対するカリとリン酸の添加がイチゴ苗の地上部重及び葉における生理障害発生程度に及ぼす影響表示については図1参照



図3 イチゴ苗の育苗に加圧脱水ケーキのみを培土に使用したときに葉に発生した生理障害(矢印)品種は‘さちのか’

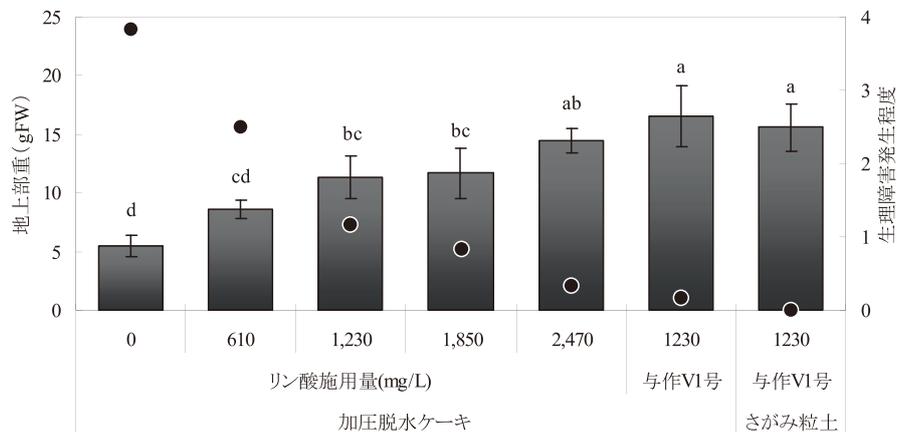


図4 リン酸施用量と浄水ケーキの種類及び与作 V1 号の添加がイチゴ苗の地上部重及び葉における生理障害発生程度に及ぼす影響表示については図1参照

ケーキにそれぞれ与作 V1 号を体積比で 25%混合した区では、地上部重と生理障害発生程度に差は認められなかった。

リン酸施用量を0から9.1 g/Lまで変えたときのイチゴの生育量を図6に示した。リン酸を全く与えない時、地上部重は最も軽く、施用するリン酸が増加するのに比例して地上部重は増加し、リン酸施用量が加圧脱水ケーキ1 L当たり2.5 gになると地上部重は15 gとなり飽和した。また、生理障害発生程度はリン酸無施用で最も高く、リン酸施用量が増加すると減少し、リン酸施用量が加圧脱水ケーキ1 L当たり2.5 g以上では生理障害の発生は認められなかった。

3. 土壌改良資材及び市販培土の添加がイチゴ苗の生育に及ぼす影響

加圧脱水ケーキにバーミキュライトを混合した場合、その混合率にかかわらずイチゴ苗の地上部重及び生理障害発生程度に差は認められなかった(図7)。

資材とリン酸施用による影響はリン酸無施用区では地上部重が約10 gであるのに対し、リン酸施用区では15 g程度と有意に大きくなり、バーミキュライトとパーライトで同じ傾向であった。また、生理障害発生程度はリン酸無施用区が1.2~2.0であるのに対し、リン酸施用区では0~0.2に低下した(図8)。

浄水ケーキと各種資材の影響を図9に示した。さが

み粒土と加圧脱水ケーキに与作 V1 号を混合した区では地上部重が約 20 g だったが、バーミキュライト、パーライト及び加圧脱水ケーキ単体では約 15 g と有意に小さかった。生理障害発生程度は加圧脱水ケーキ単体が 1.0 であるのに対し、他の区では 0~0.2 と資材を混合した区で低かった。

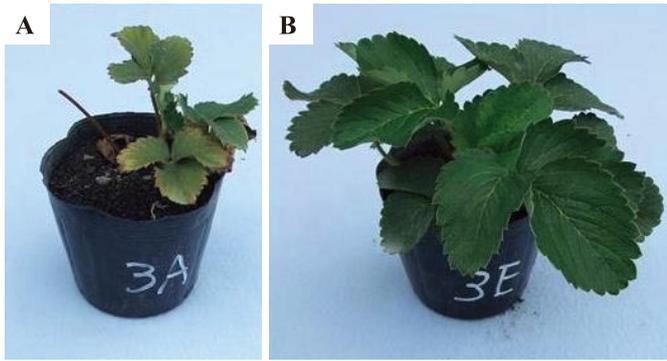


図 5 加圧脱水ケーキをイチゴの育苗培土として用いたときにリン酸施用の有無がイチゴ苗の生育に及ぼす影響

A：リン酸施用なし，B：リン酸 2.5 g/L 施用
品種はいずれも‘さちのか’

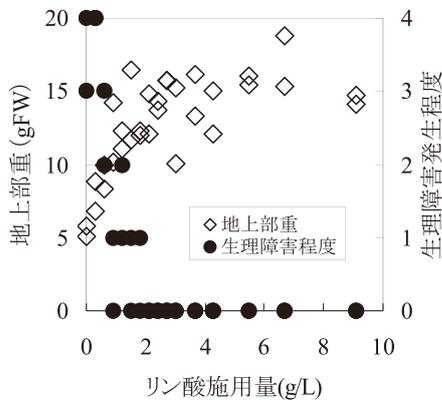


図 6 加圧脱水ケーキへのリン酸施用量とイチゴ苗の地上部重及び葉における生理障害発生程度との関係

◇：地上部重，●：生理障害発生程度，品種は‘さちのか’

4. 浄水ケーキのリン酸吸収係数及び可給態リン酸含量

表 1 に浄水ケーキのリン酸吸収係数を示した。淡色黒ボク土のリン酸吸収係数は 1,767 mg/100g 乾土に対し、加圧脱水ケーキは 2,565 mg/100g 乾土、さがみ粒土は 2,512 mg/100g 乾土と浄水ケーキは高くなり、両

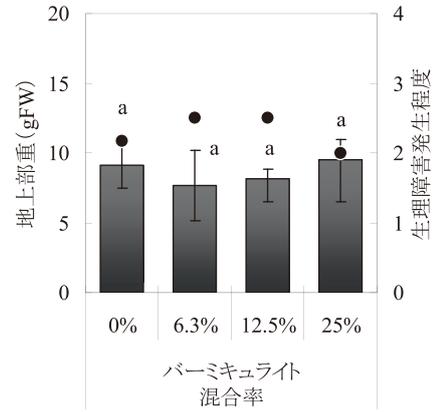


図 7 加圧脱水ケーキにバーミキュライトを異なる混合率で添加した培土を用いたときのイチゴ苗における地上部重及び葉の生理障害発生程度表示については図 1 参照

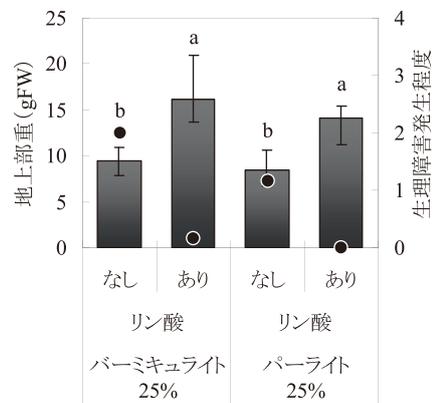


図 8 加圧脱水ケーキに土壌改良資材とリン酸を添加したときのイチゴ苗の地上部重及び葉における生理障害発生程度に及ぼす影響表示については図 1 参照

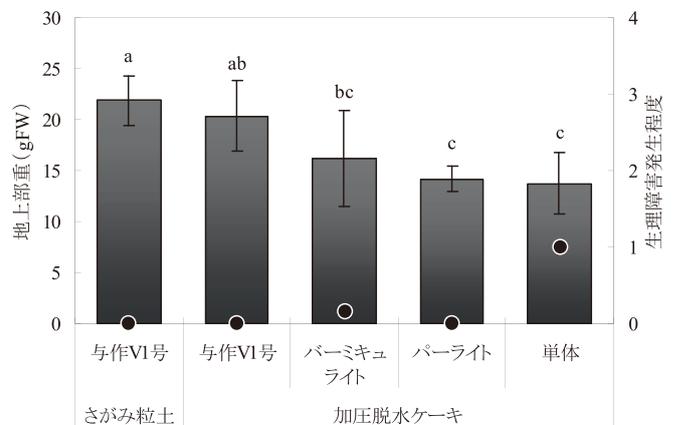


図 9 浄水ケーキと資材がイチゴ苗の地上部重及び葉における生理障害発生程度に及ぼす影響表示については図 1 参照

者のリン酸吸収係数は同程度であった。

可給態リン酸はリン酸施用量が増加するほど、可給態リン酸は増加した。また、加圧脱水ケーキ及びさがみ粒土単体ではそれぞれ 5.0 mg/100g, 11.5 mg/100g であったが、与作 V1 号を両者に 25%(v/v)混合した場合、92.7 mg/100g, 68.7 mg/100g に増加した (表 2)。

考 察

本研究では肥料要素と土壌改良資材などの添加がイチゴ苗の生育に及ぼす影響について検討した。肥料要素試験で最もイチゴ苗の生育に影響を及ぼしたのはリン酸であり、窒素とカリはほとんど効果がみられなかった (図 1, 図 2)。浄水ケーキのリン酸吸収係数は淡色黒ボク土に比べて高いこ

とが確認された (表 1)。浄水場の浄水工程で凝集剤としてアルミニウム資材を混入するため、浄水ケーキのリン酸吸収係数は一般的に高く、さらに採取場所や処理方法により異なることが報告されている (麻生・麻生 1990, 戸田ら 1980)。今回の試験に用いた加圧脱水ケーキ及びさがみ粒土はこれらの報告どおり淡色黒ボク土よりリン酸吸収係数が高いことから、本県で製造される浄水ケーキは製造方法にかかわらずリン酸吸収係数が高いことが確認された。

リン酸吸収係数が高いということはリン酸が土壌に吸着・固定されやすい。そのため、リン酸を施用しないと植物が利用できる可給態リン酸の量が少なく、十分に生育しない。本研究で、リン酸施用時の可給態リン酸含量を測定したところ、リン酸施用量が多くなるほど可給態リン酸は多くなったが、これはリン酸施用によりイチゴ苗の地上部重が増加したことから支持される。以上の結果から本県で製造される浄水ケーキをイチゴの育苗培土に利用する場合、リン酸の施用が必須であることが示唆された。

このような事情にかかわらず、生産現場ではさがみ粒土は副資材を混合せずに単体でイチゴの育苗培土に

表 1 本研究で使用した培土のリン酸吸収係数

培土	リン酸吸収係数 (mg/100g 乾土)
淡色黒ボク土	1,767
加圧脱水ケーキ	2,565
さがみ粒土	2,512

表 2 浄水ケーキにリン酸および与作 V1 号を混合したときの可給態リン酸

浄水ケーキ	資材 ^z	リン酸施用量 (mg/L)	可給態リン酸 (mg/100g 乾土)
加圧脱水ケーキ	-	0	5.0
	-	610	10.2
	-	1,230	10.3
	-	1,850	24.5
	-	2,470	46.1
	与作 V1 号	0	92.7
さがみ粒土	-	0	11.5
	与作 V1 号	0	68.7

z: -は資材の混合なし

使用される事例が多い。さがみ粒土は脱水過程で水ガラスと高分子凝集剤を添加して脱水、さらにバーナーで高温乾燥しているために pH が高く、部分殺菌されているなど加圧脱水ケーキの製造工程とは大きな違いがある (鎌田ら, 1982)。さらに、さがみ粒土はその粒径によって可給態リン酸含量が異なり、粒径が大きいほど可給態リン酸含量も高くなる (山田, 未発表)。従って、さがみ粒土が単体でもイチゴの育苗培土として利用可能となってきた要因として、可給態リン酸供給量が加圧脱水ケーキに比較して相対的に多い可能性が考えられる。

庄司ら (1988) は、浄水ケーキを用いたイチゴのポット育苗において、リン酸施用量が多いと生育が良くなることを報告している。本研究において、慣行の育苗方法と同等の生育を示すリン酸量について検討したところ、慣行と生育が同等となったのはリン酸を 2.5 g/L 施用したときであった (図 4, 図 5, 図 6)。よって、加圧脱水ケーキで育苗する場合、リン酸施用量を 2.5 g/L 程度とすれば正常に生育することが明らかとなった。このことはイチゴ苗の生育に必要なリン酸を十分量供給すれば加圧脱水ケーキ単体でも慣行の育苗方法

と同等の育苗ができることを示唆している。慣行の育苗方法は浄水ケーキに与作 V1 号を 25 % (v/v) 混合している。従って、与作 V1 号に含まれるリン酸と同量ではイチゴ苗の必要量に対して不足し、生育が劣るので、この場合でもリン酸は 2.5 g/L 程度施用することが必須である。

本研究で観察された生理障害は古葉から現れ、葉脈に沿って赤紫色に呈色し、程度が進むと褐変した。これは一般的なリン酸の欠乏症状である。リン酸が地上部重の増加と正の相関、生理障害発生程度と負の相関を示していることから観察された生理障害はリン酸欠乏である可能性が極めて高い。また、浄水ケーキは多量に交換性マンガンを含むため、植物がマンガン過剰障害を起こす可能性がある（麻生・麻生 1990）。前報では観察された生理障害をマンガン過剰障害としたが、一部の症状が本研究で観察された生理障害と同じであったため、リン酸欠乏症が起こっていた可能性が高い。しかし、黒色斑点症状は一般的なリン酸欠乏症とは異なるため、リン酸欠乏症とマンガン過剰障害を正確に判別する必要がある。

無肥料の資材の混合率の違いはイチゴ苗の生育に影響を及ぼさなかった（図 7）。また、リン酸を施用することで無肥料の資材でも生育は向上した（図 8）。これは資材を混合する場合、資材に含まれている肥料成分量が非常に重要であり、それを考慮した上でリン酸を施用する必要があることを意味する。しかし、与作 V1 号を混合した処理区は他の資材を混合した処理区と窒素及びリン酸施用量が同じであっても地上部重が多かった（図 9）。与作 V1 号はパーミキュライトやピートモスが主体の資材である。パーミキュライトとパーライトを含めた資材は保水性・通気性・保肥性・透水性などの改善効果が期待されている。与作 V1 号と他の資材における保肥力や物理性の違いにより生育差が生じた可能性がある。

以上の結果より、本県で製造される加圧脱水ケーキを用いたイチゴの育苗において、最も生育に影響を及ぼす要素はリン酸であり、資材の種類にはあまり影響を受けていないことが明らかとなった。よって、浄水ケーキを用いてイチゴの育苗を行う場合、リン酸を施用することが重要であり、リン酸吸収係数が約 2,500

mg/100g 乾土の浄水ケーキを充填した場合、リン酸を 2.5 g/L 程度施用する必要があることが示唆された。一般に十分量のリン酸が含まれていれば、地上部の生育に影響を及ぼす要素は窒素である。窒素は生育の他にも花芽分化に作用することから、今後はリン酸が適量含まれている条件下における窒素量の違いの影響を調査する必要がある。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり JA 神奈川県中央会山田裕顧問には本稿のご校閲をいただいた。また、農業環境研究部岡本保博士、上山紀代美主任研究員、企画調整部北宜裕博士にはご助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

引用文献

- 麻生昇平・麻生末雄. 1990. わが国における浄水処理ケーキの種類と理化学性. 土肥誌. 61 : 661-667.
- 伊藤純雄. 2001. 土壌, 水質及び植物体分析法. p79-80. 財団法人日本土壌協会. 東京.
- 鎌田春海・山田裕ら. 1982. 浄水汚泥の農業利用に関する研究開発. 神奈川農総研報. 123 : 1-80.
- 小原洋. 2001. 土壌, 水質及び植物体分析法. p63-66. 財団法人日本土壌協会. 東京.
- 太田和宏・北浦健生・伊藤喜誠. 2009. 加圧脱水処理法により製造される浄水場ケーキがイチゴの育苗と収量に及ぼす影響. 神奈川農技セ研報. 151 : 17-27.
- 佐藤紀男・高橋基. 1985. 促成イチゴのポット育苗に関する試験. 神奈川園試研報. 32 : 12-20.
- 庄下正昭・西岡忠史・藪田信次・児玉幸弘. 1988. 浄水ケーキの農業利用に関する研究. 第 2 報 野菜育苗培土への利用. 三重農技セ研報. 16 : 21-31.
- 戸田敏一・戸波多美子ら. 1980. 浄水汚泥の農業利用に関する研究 (予報). 物理・化学性について. 三重農技セ研報. 8 : 73-80.
- 山田裕・鎌田春海. 1983. 石灰処理浄水汚泥の農業利用. 神奈川農総研報. 124 : 57-82.