

液肥の無機元素組成がロックウール栽培イチジクに及ぼす影響

高橋 徹, 沖浦 文, 細見 彰洋

Effects of the Inorganic Elemental Composition of Liquid Fertilizers on Rockwool-Cultivated Common Fig (*Ficus carica* L.)

Toru Takahashi, Aya Okiura, Akihiro Hosomi

The effects of the inorganic elemental composition of liquid fertilizers on rockwool (mineral wool) - cultivated common fig plant growth as well as fruit yield and quality were investigated.

'Masui Dauphine' (synonym of 'San Piero') plants were grown in plastic pots containing approximately 13 L rockwool and pruned to a single bearing shoot. The cultivation was performed three times in a closed-type plant cultivation room with artificial light. Two types of liquid fertilizer were applied at two concentrations based on the amount of nitrogen.

The liquid fertilizers weakly affected shoot growth (length, number of nodes, and leaf color), whereas the fruiting node rate (number of fruits/number of nodes) was clearly affected by the liquid fertilizer type and concentration. Specifically, the fruiting node rate was high for the liquid fertilizer containing high phosphorus and boron contents and low potassium, magnesium and manganese contents. A comparison of the inorganic elemental composition in the leaves after harvest revealed the fruiting node rate was positively correlated with the phosphorus content, but negatively correlated with the iron content. Therefore, these inorganic elements may be important for increasing the fruit yield of common fig cultivated in rockwool.

Key words: fig, rockwool-cultivation, liquid fertilizer, fruiting, phosphorus, iron

普通種のイチジク (*Ficus carica* L.) は、他の果樹より少ない光でも生育し果実収穫に至る、単為結果するため受粉が必要ない、結果枝管理が簡単などの理由から、施設栽培に適した果樹といえる。これにより、成熟期の降雨や気象災害の回避、早期出荷による高価格取引、出荷期間の延長といった利点が期待できる。このためビニールハウスやガラス温室にて、土耕の他にロックウール等を使用した鉢植えや栽培ベッド植えで、液肥を与える養液栽培も行われている。イチジクの養液栽培に関しては、二期作¹⁾や密植²⁾により生産性を向上する試みや、樹体の栄養状態診断³⁾に関する研究などが行われている。

イチジクの施設栽培では「飛び節」とも呼ばれる不着果が発生し、生産性の低下につながる事が知られている³⁻⁷⁾。主な原因としては環境条件や病虫害による樹の弱体化、樹内の貯蔵養分不足に起因する貯蔵養分から同化養分への切り替え不良、強剪定や過剰施肥による樹勢の強壮などが考えられている⁸⁾。養分の供給状態が原因である場合、与える液肥の組成や量を最適化することで、不着果を改善できる可能性がある。果樹における肥料の無機元素組成・投入量と花芽分化との関係に関しては、リンゴ、ナシ、モモ、ブドウ⁹⁾、や温州ミカン¹⁰⁾ではリン(リン酸)の増量により花芽形成が促進されることが報告されており、リ

ンの施用条件で着果を向上できる可能性がある。

イチジクの養液栽培の試験で使用される液肥としては、必要な無機元素がバランス良く配合され、汎用性の高い OAT ハウス肥料の A 処方^{1, 2)}、同 B 処方¹¹⁾、Hoagland II 液¹²⁻¹³⁾などが挙げられる。これらに含まれる主要無機元素である窒素：リン：カリウムの比は、OAT ハウス A 処方が 1.0 : 0.5 : 1.6、同 B 処方が 1.0 : 0.4 : 1.6、Hoagland II 液が 1.0 : 0.3 : 1.0 である。その他、1.0 : 1.0 : 1.0 のもの^{7, 14)}や、独自処方の液肥¹⁵⁾を使用した報告もある。いずれも窒素やカリウムに対してリンは同等か少ないバランスになっており、リンの比率が窒素やカリウムより高い液肥での試験例はほとんどないと思われる。

以上より、養液栽培されるイチジクにおける、液肥組成と花芽の形成・発育との関係については研究の余地があると考えられる。本研究では、液肥の無機元素組成、特にリン量の違いが養液栽培イチジクの生育や着果に及ぼす影響を調査し、生産性の向上が期待できるかどうかを検討した。

材料および方法

1. 液肥

汎用型の液肥として、OAT ハウス肥料 A 処方 (OAT

アグリオ)を使用した。これとは処方、特にリン酸の濃度が大きく異なるハイポネックス原液(ハイポネックス)を比較液肥として用いた。液肥の条件はOAT液肥の0.5単位濃度(略号OAT, 1号粉末0.75gと2号粉末0.5gを水1Lに溶解), OAT液肥の1単位濃度(同OAT2), ハイポネックス液肥の1/460希釈(同HPX), ハイポネックス液肥の1/230希釈(同HPX2)の4試験区(群)とした。液肥の窒素濃度はOATとHPX, OAT2とHPX2

がそれぞれ揃うように設定した。製品表記に基づく無機元素濃度は表1の通りである。HPXはOATに対し、リン酸が3.6倍、ホウ素(B₂O₃)が約1.5倍多く、カリウム(K₂O)は約1/2, マグネシウム(MgO)とマンガン(MnO)は約1/30と少ない特徴があり、窒素:リン:カリウムの比は1.0:1.7:0.8となっている。液肥の調製水には水道水を使用した。

表1 希釈調製した液肥の無機元素濃度 (ppm)

液肥	濃度	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	MnO	B ₂ O ₃	CaO	Fe	Cu	Zn	Mo
OAT	0.5単位	130	60	203	30	0.75	0.075	115	1.35	0.015	0.045	0.015
HPX	1/460希釈	130 (1.00)	217 (3.60)	109 (0.53)	1.09 (0.04)	0.021 (0.03)	0.109 (1.45)	-	-	-	-	-

*製品表示に基づいて算出 括弧内はOATを1とした相対値 -:記載なし

2. 供試樹および栽培方法

樹脂製植木鉢(アップルウェア, 楽々菜園鉢:直径380mm, 高さ353mm, 土容量15L, 底貯水量2.5L)に、約13Lのロックウール(日本ロックウール)を培土として定植し、一本仕立てで栽培した「柵井ドーフィン」の2年生樹を、1群あたり4樹供試した。

閉鎖型栽培室(間口3.1m×奥行5.3m)にて、明期14時間(6:00~20:00), 暗期10時間(20:00~6:00)の照明サイクル, 明期24℃・暗期20℃の温度制御で栽培した。暗期の温度は20℃で安定したが、明期の温度は照明からの熱により、設定より2℃程度高く推移した。湿度は外気依存の成り行きとした。照明はメタルハライドランプ(岩崎電気, M400FCE-W/BUD/HO)を18灯使用し、高さ約3mの位置から照射した。照度は分光放射照度計(コニカミノルタ, CL-500)で計測し、室内中央床面で約20000Lux(同地点の80cm高さでは約25000Lux)に調節した。この時の光合成有効光量子束密度は上記床面で約340μmol/m²/s(同地点80cm高さでは約430μmol/m²/s)であった。照度は室中央が最も高く、壁際や入口・奥寄りでは低下するので、樹の受光量を均一化するため、約20日毎に鉢の配置を入れ替えた。液肥とは別に、水道水を適宜かん水した。

3. 栽培経過

栽培1回目はOAT, HPX, HPX2の3群を設け、2019年10月17日~2020年4月12日に実施した。栽培2回目と3回目はOAT, OAT2, HPX, HPX2の4群を設け、それぞれ2020年4月13日~12月14日、および2020年12月15日~2021年11月15日に実施した。なお、2回目以降にOAT2群として試験に供した4樹は、1回目時は予備としてOAT群と同じ管理で栽培

した。

前作の枝を切り戻し剪定した時点を栽培開始とした。当初20日程度は水道水のみを与え、その後、新梢が萌芽し始めて以降は1週間に1回の頻度で、1L/鉢の液肥を施用した。新梢が20~30cmに伸びた頃に芽かきを行い、結果枝を一本仕立てとした。新梢が50~60cmに伸びた以降は、液肥の施用頻度を2週間に3回に増やした。結果枝は、栽培1回目は109日目に25節、2回目は108日目に25節、3回目では122日目に30節の直上で摘心した。副梢は適宜切除した。収穫終了後も20~30日は液肥施用を継続した後、枝を切り戻し剪定して栽培を終了した。

4. 調査方法

4-1. 生育状況

栽培中は約1ヵ月毎に以下の項目を調査した。(1)新梢長:基部から最先端節までの長さをメジャーで計測した。(2)節数:新梢基部から最先端節までを計数した。(3)葉色:葉緑素計(コニカミノルタ, SPAD-502Plus)で測定したSPAD値を、葉色の指標とした。最先端の展開葉から数えて4~6枚目の葉を対象に、中央およびその両側裂片について、葉脈を避けて状態の良い1カ所ずつ(図1)を適宜選択し、測定した(3枚×3カ所=9点の平均値として算出)。摘心後は、10, 15, 20, 25節の葉を対象に測定した(栽培3回目のみ30節も測定)。対象の節に葉が無い場合は、近傍の節の葉で測定した。(4)着果率:目視観察により、花序の直径が5mm程度以上に発育し、果梗が伸長し始めた状態を着果とみなし、その数を集計した。途中で生理的に落果したものも含め、全節数に対する着果数の割合で求めた。成熟した果実は適宜収穫し、収穫開始時期、樹当たり収量等を調べた。



● : SPAD 値測定部位の例

点線枠内 : 無機元素分析用試料の採取部位

(葉の模式図は農林水産省「いちじく特性審査基準」より引用)

<http://www.hinshu2.maff.go.jp/info/sinsakijun/kijun/1282.pdf>

図1 葉色測定および試料採取部位の模式図

4-2. 果実の品質

収穫した果実は重量(果重)を測定するとともに、一部についてはポケット糖酸度計(アタゴ, PAL-BX/ACID12)で糖度および酸度を測定した(栽培1回目は糖度のみ測定)。手順は果皮を除いて果肉を摺り潰し、4倍量の水を加えて攪拌し、その上清で糖度を測定した。同じ上清を水でさらに1/10希釈して酸度(クエン酸当量)を測定した。

4-3. 葉の無機元素組成

収穫終了後(切り戻し剪定の約1週間程度前)に、10、15、20、25、30節の葉を採取した(落葉していた場合は近傍の節より採取)。各葉の中央裂片(図1参照)部分を洗浄、細切して縮分し、 -80°C で保管した。凍結乾燥後にフードミルで粉末化し、0.4gに硝酸5mlを加え、 110°C で30分加熱して灰化した。灰化液に過酸化水素水5mlを加え、 110°C で30分加熱・放冷後に水で50mlに定容し、吸引フィルター(ジーエルサイエンス、孔径 $1.0\mu\text{m}$ デジフィルター)でろ過した。硝酸、過酸化水素水とともに精密分析用(富士フイルム和光)を、水はミリQ水(Merck Millipore)を使用した。

試料液の無機元素濃度は、誘導結合プラズマ(ICP)発光分光分析装置(島津製作所, ICPE-9000)を用い、リン(P)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、マンガン(Mn)、ホウ素(B)、カルシウム(Ca)、鉄(Fe)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、モリブデン(Mo)、ナトリウム(Na)、アルミニウム(Al)を測定した($n=3$)。標準試料は、ICPマルチエレメントスタンダードIV(Merck)の他、リンはジーエルサイエンス製、モリブデンは富士フイルム和光製を用いた。内部標準はイットリウム(Accu Standard)を用いた。結果は付属分析ソフトウェアICPE solutionで解析した。

5. 統計処理

Excel アドイン[StatCell](オーエムエス出版)を用い、Tukey-Kramer法で群間の多重比較検定を行った。相関関係の評価も同アドインにより、Pearsonの相関係数検定により行った。有意水準は危険率(p)5%未満とした。値は平均値±標準偏差で表した。

結果および考察

1. 新梢の生育および着果

新梢長の推移を図2に示した。栽培1回目と2回目では、HPX2群の伸長が最も速かったが、群間で顕著な差はみられなかった。栽培3回目では、OAT2群の伸長が他3群より速かった。節数の推移も同様の傾向を示し、栽培3回目でHPX群が他3群より少なかった以外は、群間に差はみられなかった(データ省略)。葉色(SPAD値)の推移を図3に示した。なお、摘心の前後で測定対象の葉の節位は異なるが、生育の相対的な差を見るためグラフの線は連続的に表記した。栽培1回目は濃度の高いHPX2群が明らかに高い値で推移した。2回目も濃度の高いOAT2群とHPX2群が高い値で推移する傾向を示したが、顕著な差ではなかった。3回目はハイポネックス液肥を施用した2群がやや高く推移する傾向を示したが、2回目同様に群間で顕著な差はみられなかった。以上より、一部変動はあるものの本研究の条件では、液肥の種類は新梢の伸長や葉色に対して顕著な影響を及ぼさないと考えられた。

一方、栽培を繰り返した際の新梢長推移の変動について、OAT2群は2回目と3回目がほとんど同じであったのに対して、他3群では、1、2回目と比べて3回目はわずかに遅くなっていた。同じ液肥条件での栽培が、OAT2群は2回(栽培1回目はOATを施用)なのに対し、他3群は3回という違いがある。Hosomiは‘榊井ドーフィン’を容量10Lの素焼き鉢に砂や鹿沼土で定植し、一本仕立てで10年間露地栽培した結果、新梢の乾物重は年により変動があるものの、明確な増加または低下の傾向はみられなかったと報告している¹⁶⁾。このことから、培土や施肥は異なるが、近い培土容量で実施した本研究においては、環境条件が3回とも変わらないため、新梢生育の変動は本来ほとんどないと考えられる。にもかかわらずOAT群、HPX群、HPX2群の栽培3回目で、新梢伸長がわずかとはいえ遅くなった点は気になる点である。単なる変動なのか、本研究の条件で栽培を繰り返した影響なのかを見極めるには、さらに栽培を繰り返して調査する必要がある。

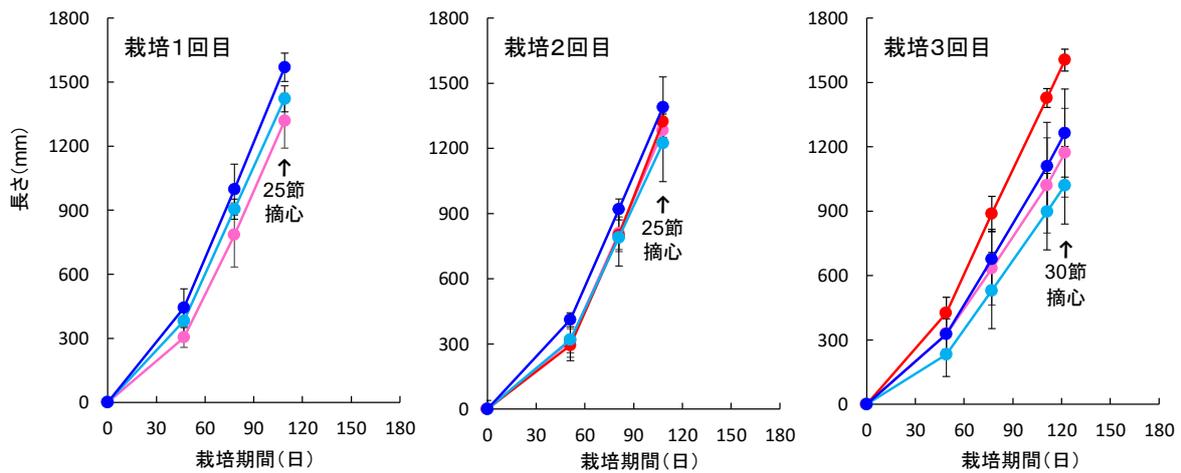


図2 新梢長の推移 (n=4)

凡例：● OAT, ● OAT2, ● HPX, ● HPX2

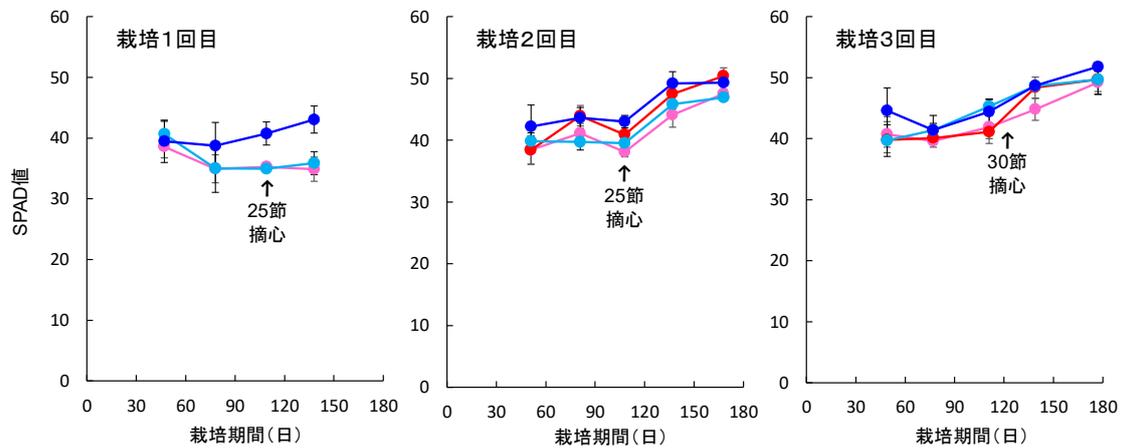


図3 葉色 (SPAD 値) の推移 (n=4)

凡例：● OAT, ● OAT2, ● HPX, ● HPX2

*摘心までは先端から4～6枚目の展開葉,
摘心後は10, 15, 20, 25, 30節の葉を対象に測定

着果率の推移を図4に示した。栽培1回目では、摘心直前の時点でHPX2群が45%で最も高く、HPX群は24%、OAT群は1%であった。その後も着果は増えたが群間の差は同様で、収穫開始直前ではHPX2群が51%、HPX群が32%、OAT群は5%となった。2回目でもHPX2群が最も高く推移し、摘心直前で51%、収穫直前では61%となった。次にHPX群とOAT2群が同程度で推移し、収穫直前ではそれぞれ47%、45%となった。OAT群は1回目より向上したが、22% (収穫直前)にとどまった。3回目も同様の結果となり、HPX2群が最も高く、次いでHPX群とOAT2群が同程度で、OAT群が最も低く推移した。HPX2群の着果率は摘心直前で42%、収穫直前では56%で2回目よりもやや低下した。

他3群も3回目は2回目より低下したが、原因は不明である。なお、数は少なかったが成熟に至らず生理的落果したものもあり、そのため着果率が低下した場面もあった。以上より、液肥の種類と濃度は着果率に明確な影響を及ぼし、リンとホウ素の量が多く、カリウム、マグネシウム、マンガンが少ないハイポネックス液肥の方が着果率は高くなること、同じ液肥種では濃度の高い方が着果率は高くなること、栽培を繰り返してもこの様相は同じであることが分かった。与えた液肥中濃度の相対値をみると、リンはOAT群：OAT2群：HPX群：HPX2群=1.0：2.0：3.6：7.2、ホウ素は=1.0：2.0：1.5：2.9となっており、着果率の群間差と比例しているように見受けられた。カリウム、マグネシウム、マンガンではこのような関連性はなかった。

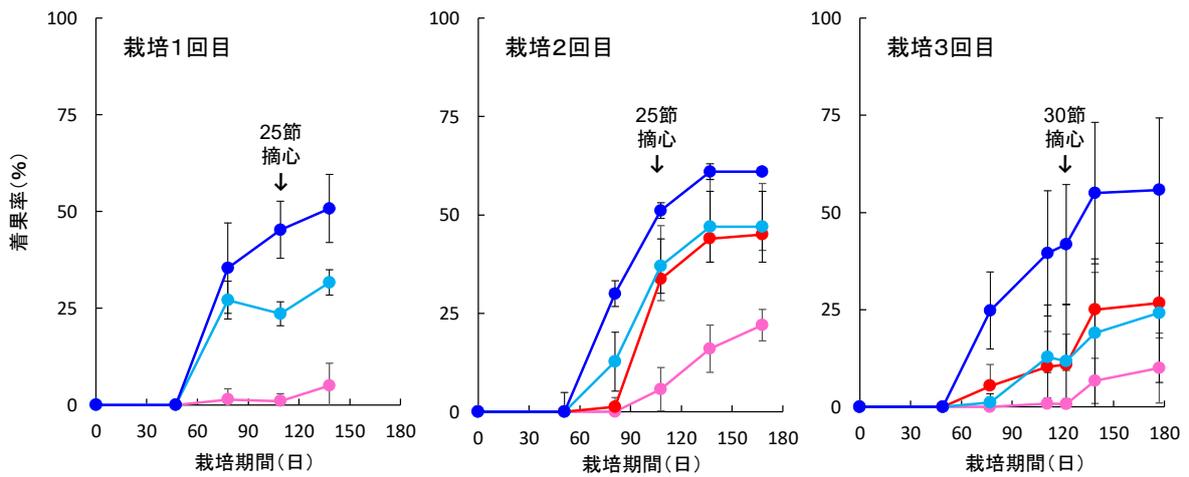


図4 着果率の推移 (n=4)

凡例：● OAT, ● OAT2, ● HPX, ● HPX2

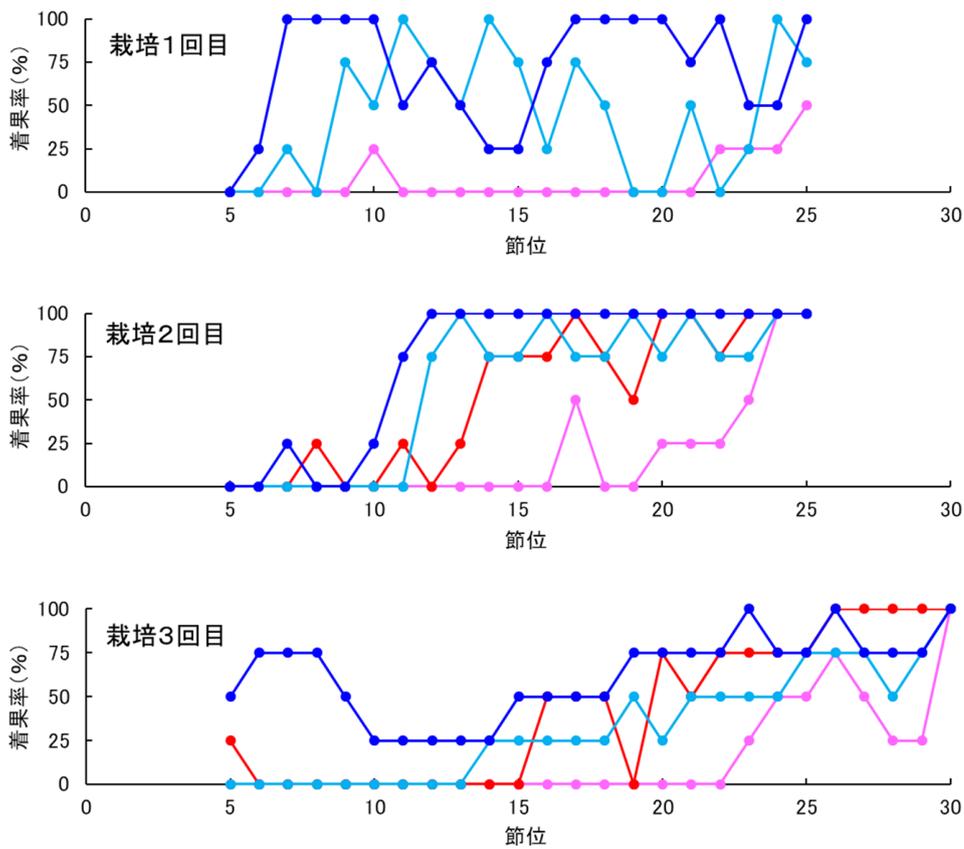


図5 節位毎の延べ着果率の推移 (n=4)

凡例：● OAT, ● OAT2, ● HPX, ● HPX2

*1 栽培1, 2回目は25節直上, 3回目は30節直上で摘心した

*2 生理的落果したものも含めて集計した

次に、節位毎に集計した着果率を図5に示した。栽培1回目、結果枝全体の着果率が最も高かったHPX2群では6節以上で着果したものの、11～16節および20～25節で不着果が発生した。HPX群では着果がみられた7～25節全てで不着果が発生し、特に20節付近で多かった。OAT群では21節以下にはほとんど着果しなかった。栽培2回目、HPX2群では7節以上で着果し、特に12節より上では全節に着果し、不着果はみられなかった。HPX群とOAT2群でも12～13節以上のほとんどの節に着果したが、不着果も散見された。OAT群は1回目より着果した節位は増えたが、16節以下には着果しなかった。栽培3回目は様相がやや異なった。HPX2群は5節目以上で着果したが、全体に不着果が散見され、特に10～19節で多かった。HPX群とOAT2群は近い様相を呈し、それぞれ13節、15節以下では着果せず、これらより上位の節でも不着果が散見された。OAT群は前2回と同様、上位の23節以上にしか着果しなかった。本集計は生理的落果により成熟・収穫に至らなかった果実も含めていたが、その割合は少なかったため、着果率を収穫率に置き換えた場合でも同様の様相であった。3回の栽培に共通して、ハイポネックス液肥を施用した群の方がより下位の節から着果し、さらに不着果も少ないこと、同じ液肥種では、濃度の高い方がより下位の節から着果し、不着果も少ないことが分かった。

2. 果実の収穫状況および品質

栽培を開始してから、最初の果実を収穫するまでの日数を表2に示した。栽培1回目はHPX群とHPX2群が同じとなり、OAT群はこれらより18日程遅かった。2回目ではHPX2群で最も早く収穫が始まり、10日程遅れてHPX群とOAT2群が続いた。OAT群はHPX2群から約30日遅れて収穫開始となった。3回目も2回目と同様の傾向となり、HPX2群が最も早く、HPX群とOAT2群がこれに続き、OAT群が最も遅かった。また、栽培を

繰り返すにつれて、群間での差は拡大する傾向を示した。なお、収穫開始までの期間に施用した液肥量は以下の通りであった。栽培1回目は、OAT群:28 L, HPX群・HPX2群:24 L。2回目はOAT群:34 L, OAT2群:31 L, HPX群:29 L, HPX2群:28 L。3回目はOAT群:36 L, OAT2群:27 L, HPX群:31 L, HPX2群:23 L。

果実収量の指標として、1樹当りの収穫果の個数と平均果重を表3に示した。収穫果数には着果率が明確に反映され、HPX2群が最も多く、HPX群とOAT2群が同程度で続き、OAT群が最も少なかった。特に栽培1回目では1果しか収穫に至らなかった。果重は栽培1回目ではHPX2群が最大でHPX群とOAT群が同程度となったが、2回目ではHPX2群とOAT2群が最大、次がOAT群で、HPX群が最小となった。3回目もHPX群が最少で、他3群はほぼ同じであった。果重の差に対して果数の差の方が大きいため、果数と果重の積で算出される一樹当たりの収量は、着果率と同様にHPX2群が最大となり、HPX群とOAT2群が同程度(OAT2群の方がやや多い)、OAT群が最小となった。以上のとおり、収量と着果率には比例関係が、収穫が始まるまでの期間と着果率には反比例関係があることが分かった。

表2 収穫開始までの日数

試験区	栽培		
	1回目	2回目	3回目
OAT	158	181±8 a	211±6 a
OAT2	—	166±7 b	170±15 b
HPX	141±7	157±5 b	188±29 a
HPX2	140±4	150±6 c	149±3 b

(n=4) * abc: 共通しないアルファベットを含む組み合わせで有意差があることを示す (p<0.05)

表3 1樹当りの収穫果数および平均果重

試験区	栽培1回目		栽培2回目		栽培3回目	
	果数	果重(g)	果数	果重(g)	果数	果重(g)
OAT	0.25	41.3	5.5±1.0 b	72.4±8.8 ab	4.0±2.2 b	83.1±20.0 a
OAT2	—	—	11.3±3.9 a	80.1±9.9 a	8.5±3.0 b	86.6±6.2 a
HPX	5.0±1.4	42.2±11.1	12.0±2.2 a	61.9±4.7 b	8.5±5.4 b	78.0±13.7 a
HPX2	7.3±2.6	52.7±16.8	15.3±1.0 a	79.5±5.7 a	17.0±5.1 a	83.5±1.4 a

(n=4) * abc: 共通しないアルファベットを含む組み合わせで有意差があることを示す (p<0.05)

果実の糖度および酸度を表4に示した。糖度は栽培2回目と3回目においてOAT群が最も高かった。一方、2回目ではHPX群が、3回目ではHPX2群が最も低かった。酸度は2回目と3回目で同様の傾向を示し、OAT2群が最も高く、HPX2群とOAT群が同程度で、HPX群が最も低かった。栽培1回目を除き、糖度はOAT群が最も高かったが、これは着果数の少なさ、すなわち枝の着果負担の小ささが表れている可能性がある。他の3群については14~16の範囲で、商品特性としては問題無いと考えられる。酸度に関しても0.2~0.3%のため、食味に影響はないものと考えられる。

響はないものと考えられる。

果実の外観に関して、栽培2回目および3回目の一部果実において、部分的な萎凋および変色を伴う異常が見られた(写真1)。正確な集計は行わなかったが、発生はHPX2群が最も多く、HPX群でもわずかにみられた。症状がそうか病や炭疽病とは異なること、OAT群およびOAT2群では発生しなかったことなどから、何らかの生理障害、それも過剰障害の可能性が考えられた。今後、果実中の無機元素組成調査などにより、原因を解明する必要がある。

表4 果実の食味品質

試験区	栽培1回目			栽培2回目			栽培3回目		
	調査数	糖度(Brix)	酸度(%)	調査数	糖度(Brix)	酸度(%)	調査数	糖度(Brix)	酸度(%)
OAT	1	13.5	-	9	16.8±2.6 a	0.25±0.04 bc	9	18.1±1.6 a	0.25±0.02 bc
OAT2	-	-	-	9	14.7±2.0 ab	0.31±0.05 a	17	15.6±1.7 bc	0.32±0.08 a
HPX	15	17.1±4.2	-	12	14.0±1.3 b	0.23±0.03 c	13	15.8±1.5 b	0.21±0.02 c
HPX2	23	17.5±2.3	-	9	15.1±1.3 ab	0.29±0.06 ab	29	14.4±1.4 c	0.28±0.04 b

(n=4) * abc: 共通しないアルファベットを含む組み合わせで有意差があることを示す (p<0.05)



写真1 果実に発生した障害

左: 樹上での状態 中・右: 果実断面

3. 葉中の無機元素量

収穫終了から約1ヵ月経過後に採取した葉の無機元素組成について、OAT群の実測値を表5に示した。最も量が多かったのはカルシウムで、次に多かったリン、カリウム、マグネシウム、ナトリウムと比べて数倍~50倍であった。マンガン、ホウ素、鉄、アルミニウムは0.5 mg/g 乾物以下で、亜鉛、モリブデンはさらに微量であった。栽培1回目と比べ、リンは2, 3回目で半減、マグネシウムは2回目のみ半減、アルミニウムは3回目で1/5に減少し、ナトリウムは2回目のみ1.5倍ほど多く、銅は1/30以下であるなどの変動がみられた。カリウム、カルシウム、マ

ンガン、ホウ素、鉄は栽培を繰り返した際の変動は小さかった。

露地栽培されたイチジク樹における収穫末期の葉では、カルシウムが30~40 mg/g 乾物で最も多く、カリウムはその数分の一、リンとマグネシウムは10分の一以下であるとされる¹⁷⁾。養液栽培でもカルシウムが30 mg/g 乾物程度で最も多く、カリウムはその2/3程度、マグネシウムは1/4程度、リンは1/10以下との報告がある¹⁴⁾。本研究の結果もほぼ近い傾向であったが、カルシウムは前記報告より1.5~2倍程多かった。

表5 収穫終了後の OAT 群の葉中無機元素量 (mg/g 乾物)

	P	K	Mg	Mn	B	Ca
栽培1回目	1.66 ± 0.17	8.24 ± 1.29	8.74 ± 0.30	0.26 ± 0.03	0.38 ± 0.05	60.56 ± 3.78
栽培2回目	0.83 ± 0.05	9.56 ± 0.70	5.41 ± 0.88	0.30 ± 0.02	0.33 ± 0.01	50.42 ± 2.43
栽培3回目	0.91 ± 0.04	8.20 ± 2.36	8.37 ± 1.10	0.27 ± 0.01	0.40 ± 0.02	59.92 ± 1.45

表5 つづき

	Fe	Cu	Zn	Mo	Na	Al
栽培1回目	0.29 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.038 ± 0.001	0.009 ± 0.000	1.19 ± 0.20	0.21 ± 0.01
栽培2回目	0.38 ± 0.03	ND	ND	0.008 ± 0.000	1.88 ± 0.11	0.22 ± 0.00
栽培3回目	0.33 ± 0.00	0.004 ± 0.000	ND	0.008 ± 0.000	0.96 ± 0.15	0.04 ± 0.01

(n=4) *ND: 検出限界以下

次に、各群の無機元素組成を、OAT 群を 1 とした相対値で表 6 に示した。リンは HPX2 群が最も多く、次が HPX 群で、OAT2 群と OAT 群はほぼ同じであった。この傾向は、OAT 群と OAT2 群の関係を除けば、着果率の傾向と近いように見受けられた。カリウムは栽培 1 回目では HPX 群と HPX2 群が 1/2 と少なかった。2, 3 回目では HPX 群のみ他 3 群の 1/2 程度であった。この相対比は、OAT2 群を除き、液肥中の濃度が反映されているように見受けられた。マグネシウムは OAT2 群が他より多い傾向を示した。マンガンは栽培毎に群間での違いが異なった。鉄は HPX2 群が最も少なく、HPX 群と OAT2 群はこれと同等またはやや多く、OAT 群が最も多い傾向であった。この傾向は、着果率の傾向と逆のように見受け

られた。ホウ素は群間差がなく、与えられた液肥中の濃度差は反映されなかった。その他、カルシウム、ナトリウム、アルミニウムも群間差は小さかった。

そこで、リン、カリウム、マグネシウム、鉄について、着果率との関係を調べたところ (図 6)、リンは正の相関 ($p=0.02$)、鉄は負の相関 ($p=0.01$) を示したが、カリウム ($p=0.99$)、マグネシウム ($p=0.12$) は相関がなかった。最も量が多かったカルシウム ($p=0.15$) も相関はなかった (データ省略)。リンと鉄について栽培別でみると、どちらも正または負の相関関係は変わらなかったが、有意 ($p < 0.05$) であったのは、リンは栽培 1 回のみ、鉄は栽培 2 回のみであった。

表6 収穫終了後の葉中無機元素量の相対比較

試験区	P	K	Mg	Mn	B	Ca	Fe	Na	Al
栽培1回目	OAT	1	1	1	1	1	1	1	1
	OAT2	—	—	—	—	—	—	—	—
	HPX	1.4	0.5	1.0	0.7	1.0	0.9	0.6	1.2
	HPX2	1.6	0.6	1.0	0.6	0.9	0.8	0.6	1.0
栽培2回目	OAT	1	1	1	1	1	1	1	1
	OAT2	1.2	1.1	1.4	1.1	0.9	1.1	0.5	1.1
	HPX	2.1	0.5	0.8	0.9	0.8	1.0	0.5	1.0
	HPX2	5.5	1.0	0.3	0.6	0.8	0.8	0.3	0.9
栽培3回目	OAT	1	1	1	1	1	1	1	1
	OAT2	1.0	0.8	1.6	1.4	1.0	1.3	0.8	1.1
	HPX	1.9	0.5	0.9	1.1	0.9	1.0	0.5	1.7
	HPX2	3.1	1.0	1.0	1.2	0.9	1.1	0.6	1.0

(n=4) *OAT 群の測定値を 1 として算出した

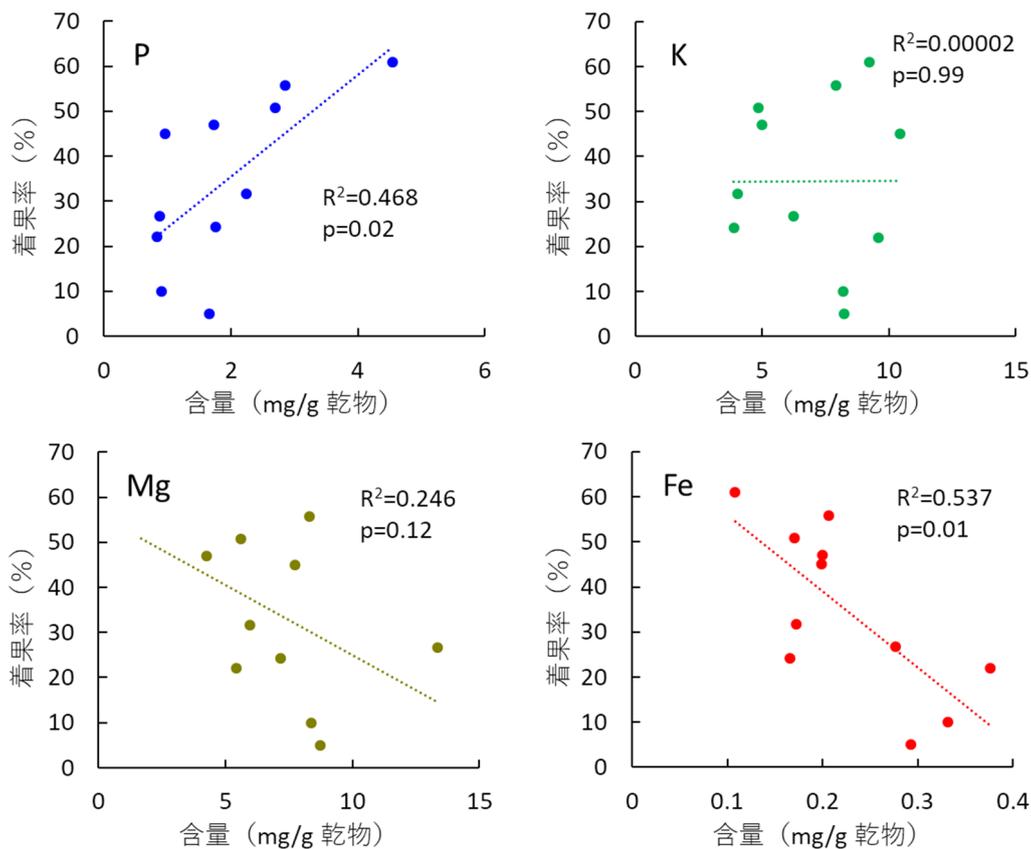


図6 着果率と葉中の無機元素量との関係

上左：リン，上右：カリウム，下左：マグネシウム，下右：鉄

以上の通り、リンの比率が高いハイポネックス液肥を与えた群では、葉中リン量が多く、さらに着果率も高くなった。ハイポネックスを施用した2群では、葉中リン量には液肥中の濃度差が反映されたが、OAT群とOAT2群では、液肥中では2倍の差があるにもかかわらず、葉中リン量には差がみられなかった。根での吸収や樹体内での移行において、他の無機元素との競合があるのかもしれない。OAT群とOAT2群については、リン量ではなく窒素の量が着果率に影響した可能性がある。平井ら¹⁵⁾は養液栽培のイチジクに窒素、リン酸、カリウムを様々な濃度で組み合わせて与える試験を行い、窒素濃度が一定の場合、リン酸濃度を高くするほど葉中リン量が高くなり、果実の収量が増加すること、リン酸濃度が一定の場合、ある限度までは窒素量が多いほど収量が増加することを報告している。この結果は本研究の結果とも一致することから、液肥中のリン濃度を高めることと、窒素濃度を高めることは、ともにイチジクの着果率向上に作用することは間違いないと考えられる。一方、アールスメロンでも着果した株の葉中リン量は増加するが、これは果実へ光合成産物を供給するためにリン要求量が高まった結果と考えられている¹⁸⁾。

このような事象もあるため、着果率が高かったHPX2群などで葉中リン量が多かったのは、原因でなく結果、すなわち果実が多く着果したため誘導された可能性もある。この点を明確にするには、生育途中の着果が始まる前後での葉中無機元素組成を調査する必要がある。

鉄に関して花芽分化に及ぼす影響は知見が少ないが、水耕液中の鉄濃度を高めると、光条件も影響するが、トマトの花房分化が遅れる¹⁹⁾、ヒマワリの花芽分化が抑制される²⁰⁾という事例が報告されている。イチジクにおいても、鉄が着果に対して抑制的に作用するかどうかを解明する必要がある。

まとめ

ロックウールなどで養液栽培されるイチジクにおける液肥組成、特にリン量の違いが生育や着果率に及ぼす影響を調べるため、汎用型で窒素：リン酸：カリウムの比が1.0：0.5：1.6のOATハウス肥量A処方と、3元素の比が1.0：1.7：0.8と、窒素・カリウムよりリン酸が多い特徴があるハイポネックス液肥を、それぞれ窒素濃度を揃えた2水準の濃度で比較した。結果、液肥種ではハイポネックス

液肥の方が、濃度では高い方が着果率ひいては収量が高くなることが分かった。一方、新梢の生育速度や果実の品質にはそれほど明確な影響は表れなかったことから、新梢の生育（栄養成長）と着果（生殖成長）は、与えられる液肥組成・濃度によってそれぞれ異なる影響を受けることが示唆された。葉中の無機元素組成からは、リンと鉄は着果率とそれぞれ正および負の相関を示し、重要な因子であると考えられたが、その作用機序については、新梢の生育に伴う経時的变化など、さらなる調査が必要である。

露地栽培では、新梢基部付近の数節を除いたほぼ全ての節に着果することから、着果率は80%前後になると推定される。これと比較すると、本研究の着果率は最も高かったHPX2群でも50~60%で十分とはいえない。着果率を露地栽培のレベルまで引き上げるには、10節以下の着果を増やすことや、中位節での不着果をさらに減らす必要がある。また、数は少ないものの生理落下して収穫に至らない果実があることや、一部の果実に発生した生理障害の対策も必要である。いずれにしても、今回用いたハイポネックス液肥で全ての問題が解決するわけではなく、これを踏まえた液肥組成の検討・最適化が必要である。このような液肥が開発できれば、収量の増加だけでなく、収穫開始までの所要期間短縮や液肥所要量の削減が可能となり、施設栽培コスト面でもメリットが発生すると考えられる。

参考文献

- 川俣昌大, 小原 均, 大川克哉, 村田義宏, 高橋英吉, 松井弘之: 養液栽培によるイチジクの二期作, 園学雑, **71**, 68-73 (2002)
- 大川克哉, 宮坂百合子, 小原 均, 三輪正幸, 松井弘之: 養液栽培法によるイチジクの密植栽培に関する研究 (第1報) 培地量と培養液濃度の違いが新梢生長, 果実収量および果実品質に及ぼす影響, 園芸学研究, **6** 別冊1, 367 (2007)
- 瀧 勝俊: イチジクのリアルタイム栄養診断指標 (第1報) 主に生育前半の樹体窒素栄養と着果との関係から, 愛知農総試験報, **33**, 181-186 (2001)
- 株本暉久: 施設栽培イチジクの現状と問題点, 昭和61年度果樹課題別研究会資料, 農水省果樹試編, p98-101 (1986)
- 松浦克彦: 施設栽培の取り入れ方と実際, 新特産シリーズ イチジク, 株本暉久編著, p127-138, 農文協, 東京 (1996)
- 鎌田憲昭, 黒柳栄一: イチジクの冬期収穫栽培で着果を促進するための枝管理法, 関東東海北陸農業研究成果情報, 平成16年度, p 32-33 (2004)
- 鬼頭郁代: ハウスイチジクのコンテナ栽培における養液施肥技術, 農業技術, **62**, 30-32 (2007)
- 松浦克彦: 生理障害・災害は事前対策で, 新特産シリーズ イチジク, 株本暉久編著, p102-109, 農文協, 東京 (1996)
- 建石繁明, 熊代克巳: 火山灰土壌に生育するリンゴ, ナシ, モモおよびブドウの生育, 収量および果実品質に及ぼすリン酸の肥効, 信州大学農学部紀要, **14**, 1-11 (1977)
- 井上 宏, 片岡郁雄: ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす肥料要素と温度の影響, 園学雑, **60**, 771-776 (1992)
- 種村竜太, 遠藤昌伸, 大竹憲邦: イチジクのコンテナ栽培における窒素動態の解析, 土壤肥料学会講演要旨集, **65**, 256 (2019)
- 寺岸明彦, 神原嘉男, 小野 浩: 穂木の低温貯蔵, 穂木径, 培養液濃度が養液栽培におけるイチジク挿し木苗の生長と着果に及ぼす影響, 園学雑, **67**, 386-390 (1998)
- 寺岸明彦, 神原嘉男, 小野 浩: 養液栽培における培養液濃度がイチジクの生長と果実品質に及ぼす影響, 園学雑, **67**, 391-395 (1998)
- 鬼頭郁代, 上林義幸, 成田秋義, 眞子伸生: 一文字整枝法によるコンテナ栽培イチジク「柘井ドーフィン」の養分吸収特性, 愛知農総試研報, **40**, 129-139 (2008)
- 平井重三, 中川昌一, 南条嘉泰, 平田尚美: イチジク樹の栄養に関する研究 (第1報) 3要素の施用濃度が樹体の生育ならびに果実の収量と品質に及ぼす影響, 園学雑, **33**, 273-279 (1964)
- Hosomi A.: Stable growth inhibition of potted fig (*Ficus carica* L.) trees by soil sickness, *Adv. Hort. Sci.*, **34**, 449-453 (2020)
- 平田尚美: イチジク樹の生育特性, 果樹園芸大百科13 イチジク, p13-23, 農文協, 東京 (2000)
- 西村安代, 福元康文, 島崎一彦: アールスメロン (*Cucumis melo* L.) の葉内無機成分に及ぼす着果の影響, 生物環境調節, **42**, 137-146 (2004)
- 山下昭治, 野田昭彦, 五島善秋: 植物養分が花芽分化におよぼす影響 (第9報) - トマトの第1花房分化にたいする鉄および単色光照射の影響, 土壤肥料学会講演要旨集, **11**, 110 (1965)
- 山下昭治, 野田昭彦, 五島善秋: 植物養分が花芽分化におよぼす影響 (第8報) - ヒマワリの花成にたいする鉄および単色光照射の影響, 土壤肥料学会講演要旨集, **12**, C11-C12 (1966)