

果樹研究所研究報告 第12号
(平成23年3月)

目 次

原著論文

鉢物と庭木に向く観賞用カンキツ新品種‘ミニマートル1号’

吉田俊雄・根角博久・上野 勇・伊藤祐司・吉岡照高 1

JM台木に接ぎしたカラムナータイプリンゴ樹の樹体生育、果実生産性、および果実品質

猪俣雄司・別所英男・工藤和典・増田哲男 7

高温・高濃度炭酸ガスくん蒸の殺虫効果とリンゴ・ナシ果実品質への影響

土田 聡・中村ゆり・羽山裕子・村井 保・中田 健・望月雅俊 15

キンカンにおける *CiFT* 遺伝子発現の季節変化 (英文)

西川英美恵・岩崎光徳・深町 浩・野中圭介・今井 篤・遠藤朋子 27

研究資料

ニホンナシ‘あきづき’‘王秋’における果肉障害発生調査報告

中村ゆり 33

果樹園における施肥改善等に関するアンケート調査報告

草場新之助・井上博道 65

**BULLETIN OF THE
NATIONAL INSTITUTE OF FRUIT TREE SCIENCE
(No.12 March 2011)**

CONTENTS

Original paper

New Ornamental Citrus Cultivar ' Minimyrtle No.1 ' Suited to Pot Plant and Garden Tree
Toshio YOSHIDA, Hirohisa NESUMI, Isamu UENO, Yuji ITO and Terutaka YOSHIOKA 1

Growth, Fruit Productivity and Quality of Columnar Type Apple Tree Grafted on JM Rootstock
Yuji INOMATA, Hideo BESSHO, Kazunori KUDO and Tetsuo MASUDA 7

High-Temperature and High-Concentration CO₂ Fumigation : Insecticidal Effects and
Influence on the Quality of Apple and Japanese Pear Fruits
Satoshi TODA, Yuri NAKAMURA, Hiroko HAYAMA, Tamotsu MURAI, Ken NAKADA, and
Masatoshi MOCHIZUKI 15

Seasonal Changes of Citrus *Flowering Locus T* Gene Expression in Kumquat
Fumie NISHIKAWA, Mitsunori IWASAKI, Hiroshi HUKAMACHI, Keisuke NONAKA,
Atsushi IMAI and Tomoko ENDO 27

Research note

Flesh Disorder Investigation Report in Japanese Pear Fruit, 'Akizuki' and 'Oushuu'
Yuri NAKAMURA 33

Report of Questionnaire survey on fertilizer application improvement in Japanese orchard
Shinnosuke KUSABA and Hiromichi INOUE 65

原著論文

鉢物と庭木に向く観賞用カンキツ新品種 ‘ミニマートル1号’ †¹

吉田俊雄^{†2}・根角博久^{†3}・上野 勇^{†2}・伊藤祐司^{†4}・吉岡照高

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

果樹研究所カンキツ研究興津拠点

424-0292 静岡県静岡市

New Ornamental Citrus Cultivar ‘Minimyrtle No. 1’ Suited to Pot Plant and Garden Tree

Toshio YOSHIDA, Hirohisa NESUMI, Isamu UENO, Yuji ITO and Terutaka YOSHIOKA

Okitsu Citrus Research Station, National Institute of Fruit Tree Science

National Agriculture and Food Research Organization

Shizuoka, Shizuoka 424-0292, Japan

Summary

'Minimyrtle No. 1' is a new citrus cultivar released in 2008 by the Okitsu Citrus Research Station, National Institute of Fruit Tree Science, National Agriculture and Food Research Organization. It originated from a cross between 'Kusaie lime' x Myrtle-leaf orange, made in 1980 at the Okitsu Branch of the Fruit Tree Research Station to study the inheritance of dwarfism from Myrtle-leaf orange. It was selected as a promising ornamental citrus suitable as a pot plant and a garden tree. It was registered as No. 16773 under the Seed and Seedlings Law of Japan on March 18, 2008. The tree has weak vigor and its growth habit is between upright and spreading. It seems resistant to citrus scab and citrus canker. Its twigs, leaves, flowers and fruit are very small as a citrus plant and the tree bears abundant flowers. The fruit develops color in March and remains attached to the tree for about two years. Each fruit weighs about 12g and is globose in shape. The rind is reddish orange in color and about 2.5 mm thick. The rind percentage is high. The surface texture of the fruit is somewhat coarse. The flesh is yellowish orange in color and not juicy. The fruit is inedible because it is small and very acid and the flesh percentage is small. This cultivar can grow outdoors in citrus-growing areas in Japan. If the cultivar is grown as a pot plant and moved indoors in winter, it can be grown more widely.

Key words: citrus, ornamental, new cultivar, dwarfism

†¹ 果樹研究所業績番号：1585(21年9月2日受付・22年10月18日受理)

†² 元 果樹研究所

†³ 現 近畿中国四国農業研究センター四国研究センター 765-0053 香川県善通寺市

†⁴ 現 北海道農業研究センター 062-8555 北海道札幌市

緒 言

カンキツの利用方法は多様であり，果実を生食や加工品や香料の原料の他，庭木，街路樹，盆栽などの観賞用の樹木としても広く用いられている．例えば，ダイダイ (*Citrus aurantium* L.)，ナツミカン (*C. natsudaikai* Hayata)，シシユズ (*C. pseudogulgu* hort. ex Shirai)，キンカン類 (*Fortunella* spp.) 等が庭木として，ブッシュカン (*C. medica* L. var. *sarcodactylis* Swingle)，レモン (*C. limon* Burm. f.)，ハナユ (*C. hanaju* Siebold ex Shirai)，シキキツ (*C. madurensis* Lour.) 等が鉢物として，ブッシュカン，マメキンカン (キンズ，*F. hindsii* Swingle) 等は盆栽として用いられている．鑑賞用カンキツとしては，果実を利用するための品種を兼用して楽しむ場合も多いが，カンキツ属植物としては極めて葉が小さく，節間が短い，わい性のマートルリーフオレンジ (*C. myrtifolia* Raf.) (Hodgson, 1967) や，ダイダイの斑入り品種である‘縞橙’ (*Citrus aurantium* L.) (田中, 1980) など，特色のある形態を持つものが観賞用としての価値が高い．

果樹では，観賞用を目的とした育成品種は少ないが，近年，秋季の紅葉を日本料理の彩りに利用するカキ品種‘丹麗’と‘錦繡’ (山根ら, 1998) や，パインアップルの斑入り品種‘ナツヒメ’ (命名登録「パインアップル農林5号」, 2004, 品種登録第14418号, 2006) が育成されている．しかし，カンキツでは，細胞融合による三倍体品種‘ホワイトラブ’ (品種登録第9519号, 2001) が鑑賞用として公表されているのみであり，さらなる実用的な鑑賞用品種の育成が期待されているところである．

著者らはわい性の遺伝様式を研究するために，試験材料としてマートルリーフオレンジを片親とする雑種及びその後代の育成を行った．その過程で生じた雑種個体の中から，樹体が極小型で観賞用としての利用価値が高いと考えられるものを選抜し，‘ミニマートル1号’ と命名した．種苗法に基づき品種登録されたので，ここにその育成経過と特性の概要を紹介する．

謝 辞

本品種の育成に当たり，圃場管理等に多大のご協力を寄せられたカンキツ研究興津拠点の歴代職員，研修生の各位に心から感謝の意を表する．

育成経過

1980年5月に果樹試験場興津支場 (現カンキツ研究興津拠点) において，比較的わい性で果実が小さい‘クサイライム (Kusaie lime)’ (*C. limonia* Osbeck) を種子親に，わい性で葉と果実が小さいマートルリーフオレンジを花粉親に用いて交配を行った．同年11月に採種後直ちにガラス室内に播種して育苗を行った．1982年3月に実生苗を10号鉢に鉢上げして栽培した．個体番号は‘KL・ML-2’である．1987年に初結実した．1990年3月に鉢植えの実生樹を圃場に定植した．圃場に定植後も樹体，葉，花，果実がカンキツ属植物としては極めて小型であることから，鉢物あるいは庭木として観賞価値があると判断し一次選抜した．

1993年に高接ぎとカラタチ台への接ぎ木を行い，複製樹を養成して樹性と果実特性の調査を継続した．カラタチ台苗は鉢植えで栽培し，また，その一部を圃場に移植して栽培した．特性調査の結果，樹体はわい性で葉，花，果実がカンキツ属の植物としては極めて小型で特色があること，着花量が多く，後期落果をしないことなどから，鉢物あるいは庭木などの観賞用として価値があることを確認した．2005年2月の平成16年度果樹試験研究推進会議において，新品種候補とすることが決定され，種苗法に基づく品種登録出願を行った．2008年3月18日付けで，登録番号第16773号として品種登録された．

なお，‘ミニマートル1号’の品種名はマートルリーフオレンジよりさらに小型のカンキツで，最初に登録された品種であることを表す．

本品種の育成に携わった担当者およびその担当期間は次のとおりである．

吉田俊雄 (1980 ~ 1985, 1988 ~ 2005)，上野 勇 (1982 ~ 1988)，伊藤祐司 (1984 ~ 1991)，根角博久 (1986 ~ 2003)，吉岡照高 (1989 ~ 1996)

特性の概要

1. 樹 性

樹勢は弱く，わい性で生育緩慢である．圃場に定植した実生樹 (原木) は24年生で樹高約2.4mと低い．6号鉢に植えたカラタチ台の11年生樹の樹高は平均56cmで，非常にコンパクトな樹に作ることができる．しかし，ガラス室内での育苗では2年生苗の樹高が平均89cmに達した (Table 1)．樹姿は直立性と開張性の中

間である。枝梢は細く、短く、密生する。節間長は極短い。とげは無い。葉は極小さく、マートルリーフオレンジより小さく丸みがある。葉身は紡錘形で、葉形指数が極小さい、翼葉は痕跡程度である、葉柄は極短く細い、そうか病、かいよう病に対しては発病が認められず‘クサイライム’より耐病性が強い (Table 2, 3, Fig. 1)。

花はマートルリーフオレンジより小さく、単生し、花弁は白色、5枚である。花糸は20本程度でカンキツ類としては中程度、一部合一している (Table 4, Fig. 2)、アセトカーミン染色による花粉稔性率は高く、90%程度である。子房は樽形で、花柱は真っ直ぐである。観

察では、着花量は多く、バランス良く着果する。

2. 果実の特性

果実は12g程度でマートルリーフオレンジより小さく、球形である。果皮は赤橙色で、果面はやや粗い、油胞は大きく、凹んでおり、その分布密度は極疎である。果皮の完全着色は3月上旬頃で遅い、果皮の厚さは2.7mm程度で、果皮歩合が高く、剥皮はやや容易である。果心は小さく、その充実度は中程度である。果肉は黄橙色で果汁量は少ない。果汁の糖度は10.5%内外でカンキツ類としては中程度である。また、酸含量は着色期の3月に5%程度あり高い。含核数は平均3粒

Table 1. Tree size of 'Minimyrtle No. 1' at various tree ages (2004).

Culture method	Size of pot (cm) ^z	Rootstock	Tree age (year)	Tree number	Height of tree (cm)	Width of tree (cm)
Open culture ^y	-	Own root (original tree)	24	1	240	150
Open culture ^x	-	Trifoliolate orange	11	5	88	72
Pot culture	30	Trifoliolate orange	11	2	93	50
Pot culture	18	Trifoliolate orange	11	3	56	38
Pot culture ^w	12	Trifoliolate orange	2	8	89	-

^z Inside diameter.

^y Transplanted after growing in a 30 cm pot for 8 years.

^x Transplanted after growing in a 30 cm pot for 9 years.

^w Trees were grafted and grown in a greenhouse.

Table 2. Tree characteristics of 'Minimyrtle No. 1' compared with Myrtle-leaf orange and 'Kusaie lime' (2002).

Cultivar	Tree vigor	Tree growth habit	Density of twigs	Thorn	Occurrence of citrus canker	Occurrence of citrus scab	Full bloom
Minimyrtle No. 1	Weak	Intermediate ^z	Dense	None	None	None	Mid-May
Myrtle-leaf orange	Weak	Spreading	Dense	None	None	None	Mid-May
Kusaie lime	Weak	Spreading	Dense	Medium	Medium	Medium	Mid-May

^z Intermediate between "upright" and "spreading".

Table 3. Shoot and leaf characteristics of 'Minimyrtle No. 1' compared with Myrtle-leaf orange and 'Kusaie lime' (2002).

Cultivar	Thickness of shoot (mm)	Length of shoot (cm)	Length of internode (cm)	Size of leaf blade (cm ²)	Leaf blade length (cm)	Leaf blade width (cm)	Leaf shape index ^z	Petiole length (mm)	Petiole width (mm)	Leaf thickness (mm)
Minimyrtle No. 1	1.8	5.3	0.5	1.53	2.1	1.0	2.0	3.7	0.8	0.25
Myrtle-leaf orange	2.3	7.7	0.5	2.44	3.2	1.2	2.7	5.6	1.0	0.31
Kusaie lime	1.6	5.1	0.9	11.85	6.8	2.6	2.6	6.8	1.2	0.19

^z Leaf blade length/leaf blade width.



Fig. 1. Leaves of 'Minimyrrtle No. 1' compared with those of the parents.(Top:'Kusaie lime', center:'Minimyrrtle No. 1', bottom:Myrtle-leaf orange)



Fig. 2. Flowers of 'Minimyrrtle No. 1' compared with those of the parents.(Top:'Kusaie lime', center:'Minimyrrtle No. 1', bottom:Myrtle-leaf orange)

Table 4. Flower characteristics of 'Minimyrrtle No. 1' compared with Myrtle-leaf orange and 'Kusaie lime' (2002).

Cultivar	Flower weight ^z (g)	Petal length (mm)	Petal width (mm)	Petal shape index ^y	No. of petals	No. of filaments
Minimyrrtle No. 1	0.16	12.9	5.6	2.3	5.0	20.2
Myrtle-leaf orange	0.36	18.2	6.7	2.7	5.0	28.7
Kusaie lime	0.31	17.8	6.2	2.9	5.0	21.8

^z At the time of beginning of flowering.

^y Petal length/petal width.

Table 5. Fruit characteristics of 'Minimyrrtle No. 1' compared with Myrtle-leaf orange and 'Kusaie lime' (2002).

Cultivar	Fruit weight (g)	Fruit shape	D/H index ^z	Peel color index ^y	Rind color	Fruit surface texture	Rind thickness (mm)	Firmness of rind	Fruit puffing	Peeling
Minimyrrtle No. 1	12.3	Globose	108	10	Reddish orange	Semi-coarse	2.7	Semi-firm	None	Semi-easy
Myrtle-leaf orange	38.5	Oblate	112	10	Deep orange	Intermediate	4.2	Semi-firm	Little	Semi-easy
Kusaie lime	39.2	Globose	108	10	Yellowish orange	Smooth	2.1	Semi-soft	None	Semi-easy

^z (Diameter/height) x 100.

^y 0:green 10:full coloration.

Table 5. Continued.

Cultivar	Flesh color	Firmness of segment walls	Firmness of flesh	Juice content	Brix (g/100g)	Acid (g/100g)	Bitterness	Number of seeds	Number of embryos	Time of maturation
Minimyrrtle No. 1	Yellowish orange	Semi-firm	Semi-soft	Low	10.6	5.03	None	3.1	Monoembryonic	March
Myrtle-leaf orange	Orange	Semi-firm	Semi-soft	Semi-low	9.2	0.83	Slight	9.5	Polyembryonic	January
Kusaie lime	Yellow	Semi-soft	Soft	High	8.1	6.65	None	14.6	Polyembryonic	December



Fig. 3. Fruit of 'Minimyrrtle No. 1'



Fig. 4. Fruiting shoots of 'Minimyrrtle No. 1'.



Fig. 5. Fruit of 'Minimyrrtle No. 1' compared with those of the parents. (Top: Myrtle-leaf orange, center: 'Minimyrrtle No. 1', bottom: Kusaie lime)



Fig. 6. Nine-year-old 'Minimyrrtle No. 1' tree planted in a 18 cm pot. (Tree height: 45cm).

程度で、種子は単胚性である (Table 5, Fig. 3, 4, 5).

3. 用途

鉢物あるいは庭木として利用できる (Fig. 6), 果実は極小さく、果肉が少なく、酸味が強いので食用には不適である。

4. 適応地域

冬季温暖なカンキツ栽培地域では露地栽培が可能である。鉢植えの場合、冬季室内に取り込めば栽培可能な地域は広い、

5. 栽培及び利用上の注意

樹体が小型であるので、6号鉢程度の小さい鉢で数年間栽培可能であるが、鉢内に根が回ると着花しても結実しにくいので、植え替え時期を失しないように注意する。

摘 要

1. 'ミニマートル1号' は1980年に果樹試験場興津支場において、'クサイライム' にマートルリーフオレンジを交配して育成された品種である。樹体、葉、花、果実がカンキツ属植物としては極めて小型であり、着花量が多く、果実は2年程度樹に着生するなどの特性

を備えるため鉢物あるいは庭木として観賞価値が高いと評価，選抜され，2008年3月18日付けで，種苗法に基づき第16773号として品種登録された．

2．樹勢は弱く，わい性で生育緩慢である．樹姿は直立性と開張性の中間である．枝梢は細く，短く，密生する．節間長は極短い．葉は極小さい．花は極小さく，単生する．着花量が多い．そうか病およびかいよう病に対しては強い．

3．果実は球形で12 g程度である．果皮は赤橙色で，果面はやや粗い．果皮の厚さは2.5mm程度で，果皮歩合が高い．果皮の完全着色は3月上旬頃で遅い．果肉は黄橙色で果汁量は少ない．果汁は酸味が強い．平均3粒程度の種子が入る．果実は極小さく，果肉が少なく，酸味が強いので食用には不適である．

4．冬季温暖なカンキツ栽培地域では露地栽培が可能である，鉢植えの場合，冬季室内に取り込めば栽培可

能な地域は広い．

引用文献

- 1) Hodgson, R. W. 1967. Horticultural varieties of Citrus. p. 431-591. In: Reuther, W., H. J. Webber and L. D. Bachelor (eds.). The citrus industry Vol. 1. Univ. Calif. Press, Berkeley.
- 2) 田中諭一郎．1980．縞橙．p42-45．日本柑橘図譜続編．養賢堂．東京．
- 3) 山根弘康・山田昌彦・栗原昭夫・吉永勝一・永田賢嗣・小澤俊治・角利昭・平林利郎・平川信之・佐藤明彦・松本亮司・角谷真奈美．1998．カキ新品種`丹麗'と`錦繡'．果樹試報．30・31：15-24．

原著論文

J M台木に接ぎしたカラムナータイプリンゴ樹の 樹体生育，果実生産性，および果実品質^{†1}

猪俣雄司^{†2}・別所英男^{†2}・工藤和典^{†3}・増田哲男^{†4}

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所 省農薬リンゴ研究果樹サブチーム
020-0123 岩手県盛岡市

Growth, Fruit Productivity and Quality of Columnar Type Apple Tree Grafted on JM Rootstock

Yuji INOMATA, Hideo BESSHO, Kazunori KUDO
and Tetsuo MASUDA

Apple Pest Control Research Subteam,
National Institute of Fruit Tree Science (NIFTS),
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)
Morioka, Iwate 020-0123, Japan

Summary

A columnar type apple tree was grafted on JM rootstock and the influence on growth, fruit productivity and quality was examined.

Varieties grafted on JM5 had weak tree vigor and low fruit productivity, so there were practical difficulties.

Varieties with weak tree vigor grafted on JM7 had high fruit productivity and quality, but the tree vigor could not be maintained. Thus, combinations of these patterns appear to have practical difficulties. Since tree vigor could be maintained when varieties with strong tree vigor were grafted on JM7, these combinations may have practical potential.

Tree vigor could be maintained with varieties grafted on JM2, but strong alternate bearing occurred. Practical varieties may be possible by breeding new varieties with non-alternate bearing or developing new culture techniques with high flower bud formation.

Key words: columnar type apple, tree growth, fruit productivity, JM rootstock, fruit quality

^{†1} 果樹研究所業績番号：1586（22年4月30日受付・22年11月26日受理）

^{†2} 現 果樹研究所企画管理部

^{†3} 元 果樹研究所リンゴ研究チーム主任研究員

^{†4} 元 果樹研究所研究管理監

緒 言

わが国のリンゴ産業では、生産者の高齢化や生産費の増加などにより、これまでよりも省力的で低コストな新しい栽培技術の開発が必要となっている。省力的なリンゴ栽培を行うためには樹を小型にすることは有効（中田，1983）で、その手段の一つとしてわい性台木の利用がある。現在はM系台木が多く利用されているが、近年育成されたJM台木（副島，1997）は、挿し木繁殖が容易で増殖しやすく、さらに、使用するJM台木によってはM系台木よりもさらに樹を小型に仕立てることが可能になるため、JM台木はM系台木にかわる新しいわい性台木として植え付け面積が増加している。

一方、側枝の発生が少なく円筒形の樹姿になることが特徴的なカラムナータイプのリンゴ樹（Fisher，1969）は、樹冠が小さくなるため（猪俣ら，2004）、樹を小型に維持しながら栽培することが可能である。しかし、現時点では、消費者の嗜好に見合う果実品質を持ったカラムナータイプの品種がないため、経済的な栽培は行われていない。

世界各地では、カラムナータイプの特性を持つ品種の開発が進められており、今後高い果実品質を持った新しいカラムナータイプの品種が育成されることが想定される。そこで、カラムナータイプとJM台木の組み合わせが樹体生育、果実生産性、果実品質などに及ぼす影響について今から解明しておくことは、新しいカラムナータイプの品種が育成されたとき、省力的で低コストな栽培技術を開発するうえで有益と考えられる。

本報告では、カラムナータイプのリンゴ樹をJM台木に接ぎ木した場合における樹体生育、果実生産性、および、果実品質に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

1. 供試材料

カラムナータイプのリンゴとして‘8H-9-1’（強樹勢系統）, ‘8S-60-74’（弱樹勢系統）, ‘ウイジック’（弱樹勢品種）を用い、供試台木としてJM2（半わい性台木）, JM5（極わい性台木）, JM7（わい性台木）, マルバカイドウ（普通台木）を用いた。植栽距離は、極わい性台木またはわい性台木であるJM5台木とJM7台木は4m × 0.5m 植え（10aあたり500本植え）、半わい性台木または普通台木であるJM2台木とマルバカイドウ台木は、JM5台木、JM7台木よりも樹間距離を2倍にした4m × 1m 植

え（10aあたり250本植え）とし、整枝法は主幹形とした。それぞれの台木と品種・系統の組み合わせとも5樹2反復で試験を行った（Fig.1）。

1999年4月に切り接ぎを行い、1年間苗圃で育成後2000年4月に台木部分が約15cm地上部に出るように南北植えで定植した。

着果程度は結果枝20cmに1果を目安とし、葉摘みなどの着色管理は行わなかった。せん定は枝の混みあった部分を最小限に間引く程度の弱せん定とした。樹冠下除草は手除草と除草剤散布を併用した。これ以外の栽培管理は一般の慣行法にしたがった。

2. 調査項目

2年生樹から8年生樹（2000年～2006年：以下同じ）までの樹体生育、果実生産性、および、果実品質について調査した。

樹体生育は、樹高、樹冠容積、接ぎ木部から20cm上部の幹断面積、総新梢長、接ぎ目こぶと台芽の発生程度、7年間の累積せん定枝重量（新鮮重）について調査した。また、短果枝葉と新梢葉における平均個葉面積について調査した。

樹冠容積（ $V_n:m^3$ ）は、カラムナータイプの樹姿が円筒形になることが特徴であるため、列方向（a）と樹方向（b）の最大樹冠幅から楕円形の公式 $A_n = ab$ を用いて樹冠占有面積（ $A_n:m^2$ ）を計算し、次いで、円柱の公式 $V_n = h \cdot A_n$ （h:樹高）を用いて推定した。

平均個葉面積は、地上から150cm～200cmに存在する30葉の平均値から推定し、新梢葉は新梢中位に存在する葉を調査に用いた。



← JM 5 (Five trees) ← JM 7 (Five trees) ← JM 2 (Five trees) ← Marubakaido (Five trees)

Fig. 1. Experimental trees of JM2, JM5, JM7 and MarubaKaido. These trees in picture are ‘8S-60-74’ (six-year-old).

果実生産性，および，果実品質については，着果開始時から8年生樹までの花芽着生密度，樹および10aあたり収量と累積収量，果実重，着色歩合，屈折計示度，果汁酸度（リンゴ酸含量換算）について調査した．

1樹あたり10果を果実品質調査に用いた．10aあたり収量は，JM5台木とJM7台木については10aあたり500本植え，JM2台木とマルバカイドウ台木については10aあたり250本植えと仮定し，樹あたりの収量からそれぞれの本数を乗じて推定した．

結 果

1．樹体生育

JM台木が樹体生育に及ぼす影響についてTable 1に

示した．すべての品種・系統ともに，樹高はマルバカイドウ台木で最も高く，次いでJM2台木，JM7台木，JM5台木の順であった．幹断面積についても，すべての品種・系統ともにマルバカイドウ台木で最も広く，次いでJM2台木，JM7台木，JM5台木の順であった．また，月別における幹断面積の肥大経過は，JM5台木は6月以降から停止し，JM7台木は6月以降から急激に減少したのに対し，JM2台木とマルバカイドウ台木では落葉期まで一定に肥大した（データ省略）．総新梢長は，すべての品種・系統ともにマルバカイドウ台木で最も多く，次いでJM2台木，JM7台木，JM5台木の順であった．JM5台木では4年生樹，JM7台木では5年生樹以降から総新梢長が少なくなる傾向が認められた．

樹冠容積は，すべての品種・系統ともに，マルバカ

Table 1. The influence of columnar type varieties, tree age and rootstocks on tree height, trunk cross area and total shoot length.

Variety	Rootstock	Tree Age (year-old)						
		3	4	5	6	7	8	
Tree height (cm)								
8H-9-1	JM2	246 ± 4 ^z	322 ± 9	379 ± 8	419 ± 7	457 ± 4	498 ± 5	
	JM5	191 ± 14	211 ± 26	221 ± 26	230 ± 27	226 ± 29	230 ± 33	
	JM7	229 ± 7	292 ± 8	316 ± 3	342 ± 21	362 ± 10	372 ± 10	
Marubakaido		283 ± 1	361 ± 3	413 ± 4	446 ± 1	484 ± 10	522 ± 4	
	8S-60-74	JM2	196 ± 4	245 ± 10	307 ± 22	337 ± 14	378 ± 8	433 ± 13
		JM5	133 ± 7	152 ± 8	170 ± 9	183 ± 13	194 ± 17	193 ± 17
JM7		178 ± 2	230 ± 2	262 ± 2	291 ± 5	319 ± 7	332 ± 14	
Marubakaido		201 ± 2	254 ± 5	298 ± 11	339 ± 5	391 ± 1	439 ± 5	
	Wijcik	JM2	175 ± 4	205 ± 3	252 ± 4	283 ± 2	325 ± 1	364 ± 0
		JM5	126 ± 0	144 ± 9	145 ± 20	173 ± 0	170 ± 9	174 ± 11
JM7		174 ± 1	212 ± 0	242 ± 1	268 ± 2	287 ± 7	295 ± 1	
Marubakaido		191 ± 2	233 ± 0	276 ± 2	308 ± 0	347 ± 3	388 ± 2	
	Trunk cross area (cm ²)							
	8H-9-1	JM2	9.82 ± 0.42	20.65 ± 0.72	31.53 ± 0.05	41.03 ± 1.17	50.94 ± 0.97	58.22 ± 0.91
JM5		3.61 ± 0.63	4.56 ± 1.00	4.73 ± 0.53	5.77 ± 1.18	6.20 ± 1.46	6.54 ± 1.53	
JM7		5.48 ± 0.34	9.32 ± 0.78	11.19 ± 0.35	13.48 ± 1.03	15.78 ± 0.05	16.21 ± 0.27	
Marubakaido		11.07 ± 0.12	23.46 ± 0.20	36.39 ± 0.23	50.26 ± 0.55	63.19 ± 0.39	74.62 ± 1.04	
	8S-60-74	JM2	6.67 ± 0.04	12.21 ± 1.11	17.50 ± 0.29	22.95 ± 1.10	29.81 ± 2.06	33.80 ± 1.87
		JM5	2.06 ± 0.23	2.66 ± 0.40	2.93 ± 0.19	3.08 ± 0.43	3.38 ± 0.55	3.65 ± 0.43
JM7		4.02 ± 0.12	5.90 ± 0.38	7.40 ± 0.35	8.36 ± 0.91	9.32 ± 0.74	10.72 ± 1.01	
Marubakaido		6.54 ± 0.25	12.89 ± 0.09	19.53 ± 0.19	25.92 ± 1.01	34.37 ± 1.07	40.22 ± 0.81	
	Wijcik	JM2	5.71 ± 0.25	11.60 ± 0.59	14.47 ± 0.33	27.53 ± 0.68	35.28 ± 0.87	44.22 ± 1.04
		JM5	2.37 ± 0.26	3.24 ± 0.48	3.72 ± 0.25	3.85 ± 0.62	4.15 ± 0.62	4.61 ± 0.72
JM7		4.19 ± 0.22	7.70 ± 0.33	9.41 ± 0.30	11.34 ± 0.64	12.93 ± 0.81	14.19 ± 0.83	
Marubakaido		6.49 ± 0.30	14.17 ± 0.71	21.33 ± 0.54	33.46 ± 2.09	43.18 ± 2.65	55.07 ± 4.52	
	Total Shoot length (cm)							
	8H-9-1	JM2	559 ± 25	814 ± 87	743 ± 34	1117 ± 47	999 ± 9	477 ± 45
JM5		126 ± 35	76 ± 27	28 ± 7	11 ± 5	0 ± 0	0 ± 0	
JM7		283 ± 40	283 ± 14	158 ± 14	175 ± 14	63 ± 11	29 ± 6	
Marubakaido		748 ± 12	1054 ± 50	1080 ± 36	1295 ± 42	1384 ± 199	721 ± 69	
	8S-60-74	JM2	188 ± 9	288 ± 23	366 ± 15	527 ± 98	645 ± 94	461 ± 27
		JM5	46 ± 7	44 ± 7	38 ± 10	22 ± 4	0 ± 0	0 ± 0
JM7		104 ± 12	140 ± 21	131 ± 2	108 ± 6	77 ± 9	44 ± 14	
Marubakaido		248 ± 24	366 ± 28	475 ± 2	598 ± 41	599 ± 82	513 ± 87	
	Wijcik	JM2	216 ± 16	249 ± 14	349 ± 47	418 ± 5	574 ± 103	477 ± 77
		JM5	72 ± 10	58 ± 9	23 ± 8	13 ± 4	6 ± 4	0 ± 0
JM7		165 ± 19	180 ± 7	148 ± 10	123 ± 5	47 ± 4	29 ± 11	
Marubakaido		273 ± 1	352 ± 10	427 ± 5	638 ± 69	588 ± 19	628 ± 11	

^z Mean ± SE (n=2)

Data were the means of two replications (five trees per one replication) per treatment.

イドウ台木と比べて、JM2台木ではほぼ同じ大きさであったのに対し、JM7台木は30%前後、JM5台木は10%前後の大きさであった。隣樹と互いに枝が交差する樹齢は、今回設定した植栽条件では、すべての品種・系統ともにJM2台木とマルバカイドウ台木は3年生樹、'8H-9-1'のJM7台木は3年生樹、'8S-60-74'と'ウイジック'のJM7台木では4~5年生樹からだった。JM5台木では隣樹との交差は認められなかった(データ省略)。

7年間の累積せん定枝重量は、すべての品種・系統ともにマルバカイドウ台木で最も多く、次いでJM2台木、JM7台木、JM5台木の順であった。JM7台木、JM5台木の累積せん定枝重量は100g以下と極端に少なかった(データ省略)。

接ぎ目こぶは、Fig.2に示したように、すべての品種・系統ともにJM5台木で顕著に発生が認められた。JM7台木、JM2台木、マルバカイドウ台木ではほとんど発生は認められなかった。

台芽は、すべての品種・系統ともにJM5台木、JM7台木で顕著に発生したのに対し、JM2台木でほとんど発生は認められなかった。'8S-60-74'と'ウイジック'では、マルバカイドウ台木で発生が認められたが、'8H-9-1'ではほとんど発生は認められなかった(データ省略)。

8年生樹における平均個葉葉面積は、短果枝葉では、

すべての品種・系統ともにJM2台木とマルバカイドウ台木で最も広く、次いでJM7台木、JM5台木の順であった。JM2台木とマルバカイドウ台木には明確な違いは認められなかった。新梢葉では、JM5台木は新梢の発生が認められなかったため、新梢葉に関するデータを得ることができなかった。JM5台木以外の台木について比べると、すべての品種・系統ともにマルバカイドウ台木で最も広く、次いでJM2台木、JM7台木の順であった(データ省略)。

2. 果実生産性および果実品質

樹冠内における花芽着生の位置と密度との関係は、すべての品種・系統ともに樹冠上部で着生密度が高かった(データ略)。枝齢との関係では、すべての品種・系統ともに2年枝以上の枝で花芽の着生密度が高く、JM2台木、マルバカイドウ台木よりもJM5台木、JM7台木で高かった。JM2台木とマルバカイドウ台木、または、JM5台木とJM7台木には明確な違いは認められなかった(Table 2)。主幹から発生している側枝長との関係では、100cm以上の側枝で花芽の着生密度が高く、すべての品種・系統ともにJM5台木、JM7台木、JM2台木、マルバカイドウ台木の順に着生密度が高かった(データ略)。

8年生樹までの樹あたり収量の経年変化についてFig.3に示した。'8H-9-1'については、JM5台木では6年生樹、JM7台木では7年生樹から収量が一定になる傾向が認め



Fig. 2. The influence of columnar type varieties and rootstocks on enlargement of the grafted union. Data were the means of ten trees per treatment and were measured at eight-year-old tree. Vertical bars indicate SE (n = 10). Enlargement of the grafted union was calculated as follow,

$$\frac{\text{Maximum diameter of grafted union}}{\text{Maximum diameter of 10cm position under graft union}}$$

られた。JM2台木とマルバカイドウ台木では隔年結果が認められ，特に6年生樹以降の収量の変動は著しく，安定しなかった。‘8S-60-74’については，JM5台木，JM7台木では5年生樹から収量の増加が認められなくなった。JM2台木では弱い隔年結果が認められたものの，JM2台木，マルバカイドウ台木ともに収量は増加を続けた。‘ウイジック’は，JM5台木では5年生樹から収量の増加が認められなくなり，JM7台木では7年生樹から減少が認められた。JM2台木とマルバカイドウ台木では隔年結果が認められ，特に6年生樹以降の収量の変動は著しく，安定しなかった。すべての品種・系統ともにJM5台木で最も収量が低かった。

JM5台木とJM7台木については10aあたり500本植え，JM2台木とマルバカイドウ台木については10aあたり

250本植えと仮定した場合における8年生樹の10aあたり収量を計算すると，JM5台木で約1.0t，JM7台木で2.0～2.8t，JM2台木で0.6～2.8t，マルバカイドウ台木で0.9～2.1tであった。8年生樹までの10aあたり累積収量についてFig.4に示した。‘8H-9-1’ではJM7台木で最も累積収量が多く，JM2台木，JM5台木，マルバカイドウ台木には明確な違いは認められなかった。‘8S-60-74’では，JM7台木で最も多く，次いで，JM2台木，マルバカイドウ台木，JM5台木の順であった。‘ウイジック’は，JM7台木，JM2台木の順に多かった。JM5台木とマルバカイドウ台木には明確な違いは認められなかった。

果実品質に及ぼす影響に関しては，すべての品種・系統ともに同じ傾向が認められた (Table 3)。果実重で

Table 2. The influence of columnar type varieties and rootstocks on the flower buddensity of the lateral branch.

Variety	Rootstock	Age of lateral branch (year-old)				
		1	2	3	4	4 >
8H-9-1	JM2	0.2±0.0 ^z	1.4±0.2	1.8±0.2	1.3±0.1	1.5±0.2
	JM5	-	-	-	3.6±0.3	3.6±0.4
	JM7	1.3±0.2	3.2±0.3	4.4±0.5	3.3±0.2	3.4±0.3
8S-60-74	Marubakaido	0.2±0.0	0.6±0.1	1.1±0.1	0.8±0.1	0.8±0.1
	JM2	0	2.4±0.3	2.8±0.3	3.1±0.4	2.7±0.3
	JM5	-	1.8±0.2	3.6±0.4	4.3±0.3	3.9±0.3
Wijcik	Marubakaido	0	4.4±0.4	3.3±0.3	4.5±0.4	4.2±0.4
	JM2	0	0.5±0.0	1.0±0.1	1.2±0.2	0.9±0.1
	JM5	-	0.3±0.0	0.6±0.0	0.7±0.1	0.5±0.0
Marubakaido	JM2	0.2±0.0	2.7±0.2	2.9±0.3	2.5±0.2	2.6±0.3
	JM5	-	-	9.5±0.8	3.5±0.4	4.0±0.4
	JM7	0	0.1±0.0	0.6±0.1	0.3±0.0	0.3±0.0

Data were the means of four trees per treatment and were measured at eight-year-old tree. Data represent the flower bud numbers per 10 cm on the lateral branch.

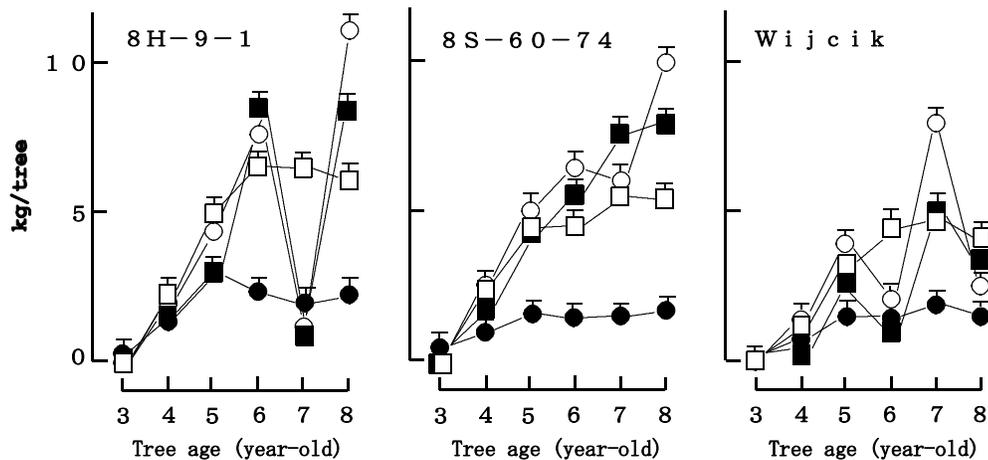


Fig. 3. The influence of columnar type varieties, tree age and rootstocks, JM2(□), JM5(○), JM7(△), Marubakaido (◇), on yield (kg/tree). Vertical bars indicate SE (n = 2).

Data were the means of two replications (five trees per one replication) per treatment.

はJM台木の種類による明らかな違いは認められなかったが、調査年によってJM5台木、JM7台木で重くなる傾向が認められた。着色歩合はJM5台木とJM7台木で高く、JM2台木とマルバカイドウ台木で低かった。果汁糖度はJM5台木で最も高く、JM7台木でも高かった。果汁酸度への台木の影響は認められなかった。

考 察

リンゴ樹は結実部位が低いほど作業効率がよい（福田ら，1975），整枝法の改善（中田，1983）やわい性台木の利用（藤根，1995）などによって省力化を目的とした低樹高栽培が行われている。一方，カラムナータイプのリンゴ樹は樹を小型に維持しながら栽培できるため（猪俣ら，2004），省力化には有効と考えられている。樹がわい化した場合には，着果と樹体生育のバランスをとる必要があり，着果量が多い場合には光合成産物は果実に多く樹体にはほとんど分配されないため，わい性台木を利用した低樹高栽培を行うためには，高い果実生産性を持つ樹勢の維持と適正着果を考慮することが重要である。

JM台木では，利用する品種と台木の組み合わせによって樹体生育に差が生じる（川田ら，2002；佐藤ら，2005；Inomata et al.，2002）。したがって，JM台木を利用したカラムナータイプ樹による新しい栽培技術を開発するためには，目的に見合った大きさの樹冠になるJM台木の種類とカラムナータイプの品種の組み合わせを選択することが重要である。

これまでに，マルバカイドウ台木を利用したカラムナータイプリンゴ樹の樹体生育，果実生産性，果実品質などについてはすでに明らかにした（猪俣ら，2004）。そこで，本試験では，JM台木との組み合わせについて検討した。なお，本試験では，枝が混み合っている場所を最低限に間引く程度の弱せん定を行ったが，各処理とも同じ基準で行っており，同様に着果についても同じ基準であり，樹体生育などについて比較することは可能と考えられる。樹体生育特性の面からみると，樹勢の指標として樹体生育量（Table 1），せん定量，葉の形状，接ぎ目こぶ（Fig.2）や台芽の発生などを調査し，その結果から，樹勢については，試験に用いたすべての品種・系統ともに半わい性台木のJM2台木で最も強く，次いで，わい性台木のJM7台木，極わい性台木のJM5台木の順になることが明らかになった。さらに，本試験で行った着果基準による試験では，8年生樹の時点において，すべてのカラムナータイプの品種・系統ともに，JM5台木ではJM2台木と比較してすでに樹勢が抑制あるいは低下していることが認められた。JM7台木についてもすべてのカラムナータイプ品種・系統ともに樹勢が抑制される傾向が認められ，‘8S-60-74’などの弱樹勢のカラムナータイプの系統でその傾向が強いことが明らかになった。JM2台木については樹勢は維持されていたが，樹高はかなり高くなる傾向にあった。以上のことから，早い時期から樹勢が抑制されるJM5台木の利用は本試験における条件では難しいと考えられた。また，弱樹勢のカラムナータイプの品種・系統を用いたJM7台木では累積収量が最も高い傾向を示しており，

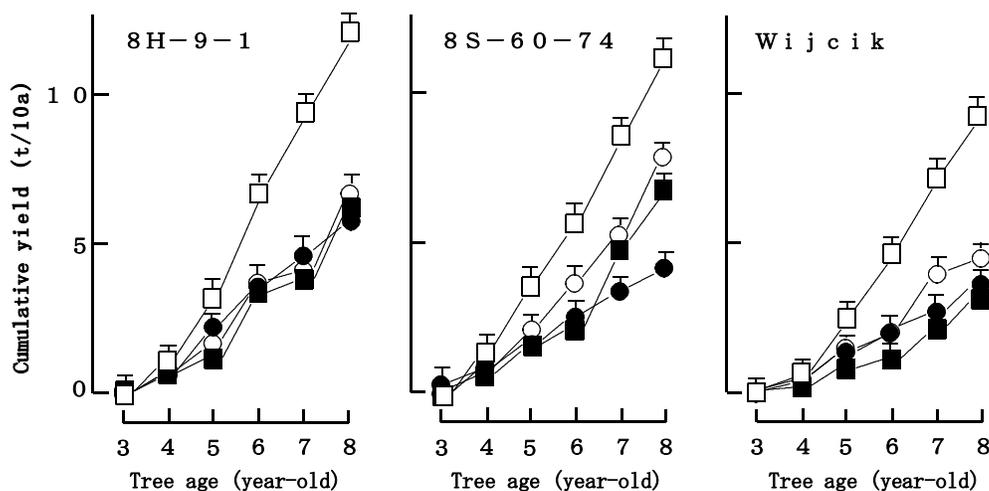


Fig. 4. The influence of columnar type varieties, tree age and rootstocks, JM2(□), JM5(○), JM7(△), Marubakaido(●), on cumulative yield (t/10a).

Vertical bars indicate SE (n = 2).

Data were the means of two replications (five trees per one replication) per treatment.

樹高もわい化栽培に適し，しかも隔年結果性も低いことから，今後，適正な着果量や剪定量などの総合的な検討を進めて利用の可能性を検討していく必要があると考えられる．一方，強樹勢のカラムナータイプの品種・系統を用いたJM7台木の利用，あるいは，JM2台木

の利用は，今後樹勢の維持が可能な場合には有効な台木になると考えられる．そのため，本試験以外でもこれらの組み合わせについては，さらに継続して調査・検討する必要がある．

果実生産性の面からみると，JM5台木は果実品質はよ

Table 3. The influence of columnar type varieties, tree age and rootstocks on the fruit quality.

Variety	Rootstock	Tree Age (year-old)					
		4	5	6	7	8	
Fruit weight (g)							
8H-9-1	JM2	227 ± 3 ^z	219 ± 5	192 ± 6	213 ± 1	176 ± 1	
	JM5	255 ± 5	255 ± 5	200 ± 13	202 ± 29	175 ± 22	
	JM7	240 ± 6	259 ± 4	222 ± 0	225 ± 3	184 ± 7	
Marubakaido		260 ± 1	225 ± 3	188 ± 5	210 ± 15	172 ± 10	
	8S-60-74	JM2	277 ± 1	254 ± 8	216 ± 2	206 ± 3	200 ± 3
		JM5	294 ± 12	282 ± 1	229 ± 3	213 ± 2	185 ± 4
JM7		297 ± 3	299 ± 6	244 ± 3	224 ± 5	200 ± 1	
Marubakaido		251 ± 7	239 ± 2	213 ± 1	198 ± 3	196 ± 4	
	Wijcik	JM2	248 ± 9	208 ± 4	187 ± 10	188 ± 9	150 ± 1
		JM5	242 ± 3	206 ± 7	205 ± 10	200 ± 4	182 ± 8
JM7		257 ± 3	236 ± 2	227 ± 12	192 ± 9	171 ± 0	
Marubakaido		286 ± 18	191 ± 6	172 ± 2	184 ± 8	152 ± 2	
Coloring rate of fruit (%)							
8H-9-1	JM2	27 ± 3	30 ± 2	54 ± 0	50 ± 3	52 ± 2	
	JM5	46 ± 0	65 ± 2	77 ± 2	82 ± 2	85 ± 1	
	JM7	32 ± 2	46 ± 1	70 ± 1	74 ± 3	76 ± 3	
Marubakaido		30 ± 1	29 ± 2	56 ± 2	48 ± 2	50 ± 4	
	8S-60-74	JM2	61 ± 2	73 ± 1	62 ± 5	64 ± 2	60 ± 3
		JM5	80 ± 2	87 ± 2	85 ± 2	88 ± 3	84 ± 2
JM7		70 ± 2	83 ± 2	75 ± 2	78 ± 3	80 ± 1	
Marubakaido		61 ± 2	65 ± 0	56 ± 1	52 ± 1	56 ± 4	
	Wijcik	JM2	51 ± 3	44 ± 2	44 ± 6	43 ± 1	41 ± 3
		JM5	68 ± 3	68 ± 1	70 ± 4	73 ± 2	75 ± 3
JM7		57 ± 3	54 ± 3	55 ± 2	53 ± 2	56 ± 2	
Marubakaido		38 ± 13	37 ± 6	39 ± 4	40 ± 1	38 ± 2	
Brix %							
8H-9-1	JM2	9.7 ± 0.0	10.3 ± 0.0	11.9 ± 0.3	11.8 ± 0.2	12.2 ± 0.3	
	JM5	12.9 ± 0.2	13.0 ± 0.1	13.8 ± 0.0	14.1 ± 0.1	14.1 ± 0.6	
	JM7	10.8 ± 0.0	11.6 ± 0.0	12.9 ± 0.1	12.9 ± 0.3	12.7 ± 0.1	
Marubakaido		10.2 ± 0.2	10.5 ± 0.0	11.6 ± 0.0	11.6 ± 0.2	11.7 ± 0.2	
	8S-60-74	JM2	9.5 ± 0.1	9.6 ± 0.1	10.4 ± 0.1	12.1 ± 0.1	10.9 ± 0.0
		JM5	13.9 ± 0.2	12.6 ± 0.5	13.6 ± 0.2	14.4 ± 0.4	12.2 ± 0.0
JM7		11.5 ± 0.1	11.9 ± 0.2	12.6 ± 0.0	13.4 ± 0.3	11.9 ± 0.1	
Marubakaido		9.3 ± 0.2	9.2 ± 0.1	10.4 ± 0.0	11.8 ± 0.3	10.7 ± 0.1	
	Wijcik	JM2	9.2 ± 0.0	8.7 ± 0.0	10.4 ± 0.2	10.2 ± 0.2	11.0 ± 0.2
		JM5	13.1 ± 0.2	11.8 ± 0.2	13.0 ± 0.3	13.3 ± 0.2	13.8 ± 0.1
JM7		10.8 ± 0.1	10.8 ± 0.1	12.2 ± 0.1	12.4 ± 0.1	13.0 ± 0.1	
Marubakaido		9.6 ± 0.1	9.1 ± 0.0	10.9 ± 0.1	10.4 ± 0.2	11.1 ± 0.2	
Acidity (g/100ml)							
8H-9-1	JM2	0.62 ± 0.04	0.60 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.59 ± 0.02	0.49 ± 0.02	
	JM5	0.73 ± 0.02	0.62 ± 0.01	0.38 ± 0.02	0.58 ± 0.07	0.49 ± 0.01	
	JM7	0.67 ± 0.00	0.68 ± 0.01	0.39 ± 0.01	0.64 ± 0.00	0.48 ± 0.01	
Marubakaido		0.55 ± 0.03	0.54 ± 0.02	0.35 ± 0.02	0.49 ± 0.05	0.48 ± 0.00	
	8S-60-74	JM2	0.56 ± 0.03	0.53 ± 0.01	0.55 ± 0.01	0.51 ± 0.02	0.60 ± 0.02
		JM5	0.69 ± 0.02	0.58 ± 0.01	0.53 ± 0.01	0.56 ± 0.04	0.55 ± 0.01
JM7		0.64 ± 0.02	0.54 ± 0.04	0.54 ± 0.01	0.54 ± 0.01	0.60 ± 0.07	
Marubakaido		0.51 ± 0.02	0.51 ± 0.01	0.59 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.64 ± 0.02	
	Wijcik	JM2	0.60 ± 0.02	0.65 ± 0.02	0.68 ± 0.02	0.69 ± 0.01	0.77 ± 0.06
		JM5	0.76 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.70 ± 0.01	0.73 ± 0.01	0.77 ± 0.01
JM7		0.82 ± 0.03	0.88 ± 0.01	0.74 ± 0.02	0.76 ± 0.02	0.82 ± 0.03	
Marubakaido		0.65 ± 0.01	0.72 ± 0.00	0.64 ± 0.04	0.69 ± 0.02	0.71 ± 0.02	

^z Mean ± SE (n=2)

Data were the means of two replications (five trees per one replication) per treatment. Ten fruits per one tree were investigated.

いが果実生産力は低かった。樹勢はすでに抑制，低下を示しているため，仮に密植栽培を行って面積あたりの収量増加を図っても，樹勢の維持は難しく，収量の確保も困難であると考えられる。したがって，経済的なJM5台木の利用は難しいと考えられる。JM7台木では，8年生樹までは果実品質は高く果実生産性も高かった。しかし，弱樹勢のカラムナータイプの系統では，少なくとも8年生樹の段階で樹勢の抑制が認められるため，今後長期間にわたって樹勢を維持して高い果実生産性を維持できる可能性について，適正着果量などの観点から調査を行う必要がある。一方，‘8H-9-1’のような強樹勢のカラムナータイプの系統を用いたJM7台木の利用は，樹勢が抑制される傾向も認められたものの，わい化栽培には適した樹高であり，8年生樹までは樹勢を維持し，高い果実生産性，果実品質を確保しており，有効な組み合わせになる可能性があると考えられる。今後実用化に向けてさらに継続して検討する必要がある。JM2台木では，すべての品種・系統ともに8年生樹までは樹勢が維持された。しかし，‘8H-9-1’，‘ウイジック’では隔年結果が認められ，収量の年次間差が非常に大きく安定しなかった。そのため，樹冠の拡大が続いているにもかかわらず収量の増加には結びつかず，本試験での条件では栄養生長と果実生産のバランスがとれていないものと考えられた。したがって，今後花芽着生のよい品種の育成，また，花芽が安定して着生する技術や適正な着果技術の開発が行われた場合，有効な台木になる可能性があると考えられる。

摘 要

8年生樹までのカラムナータイプ樹におけるJM台木の影響を検討した。

極わい性台木であるJM5台木については，果実品質は高かったものの，樹勢は弱く果実生産性は低かった。わい性台木であるJM7台木については，弱樹勢のカラムナータイプの系統は，果実生産性，果実品質は高いものの樹勢は弱かった。強樹勢のカラムナータイプの系統は，果実生産性，果実品質は高いものの，樹勢の抑制傾向が認められた。半わい性台木であるJM2台木は，樹勢は維持されたが，収量が安定しなかった。

以上のことから，JM5台木は弱樹勢と低い果実生産性のため実用的価値は低いと考えられるがさらに今後検討すべき課題もある。JM7台木については，弱樹勢のカラムナータイプの系統では，果実生産性や果実品質は高く，わい化栽培に適しており，適正着果量などの観

点からさらに調査を続ける必要があると考えられる。強樹勢のカラムナータイプの系統では，果実生産性や果実品質は高く樹勢は維持されていたため，長期間にわたって樹勢が維持できる場合有効な台木になる可能性があると考えられる。JM2台木は，樹勢が維持されていることから本試験の条件では実用的価値はあると考えられるが，樹高が高くなりすぎることや収量の年次間差が大きいこと，花芽着生の高い品種の育成，また，花芽を安定して着生する栽培技術が開発された場合，有効な台木になる可能性があると考えられる。

引用文献

- 1) Fisher, D.V. 1969. Spur-type strains of McIntosh for high density plantings. British Columbia Fruit Growers' Association Quarterly Report. 14: 3-10.
- 2) 福田博之・千葉和彦・久保田貞三・川村栄五郎・山根弘康. 1975. リンゴの収穫，せん定における大型作業機械利用に関する研究. 果樹試報. C2: 43-72.
- 3) 藤根勝栄. 1995. 大規模リンゴ園の課題と対応技術. 東北農業研究. 別8: 55-68.
- 4) Inomata, Y., K. Kudo, M. Wada and H. Bessho. 2002. The influence of dry matter production in nursery stock of columnar-type and normal-type apple trees grafted on the new dwarfing rootstock JM7. 26th IHC Abstracts P349.
- 5) 猪俣雄司・工藤和典・増田哲男・別所英男・和田雅人・鈴木邦彦. 2004. リンゴカラムナータイプ系統の樹体生育特性・果実生産特性. 果樹研報. 3: 77-88.
- 6) 川田道子・石川勝規・鈴木哲・小野田和夫. 2002. リンゴわい性台木JM1, JM7の利用法. 東北農業研究. 55: 153-154.
- 7) 中田嘉博. 1983. リンゴわい化栽培の経済性. 第1報. わい化栽培の省力効果. 東北農業研究. 33: 317-318.
- 8) 佐藤善政・森田泉・嵯峨清・樋熊みどり・船山瑞樹・丹波仁. 2005. 秋田県における‘みしまふじ’/JM1, JM7, M.26の生育と収量の比較. 園学雑 74(別1): 472.
- 9) 副島淳一. 1997. リンゴJMシリーズわい性台木の育成経過と特性, 利用方法. 果実日本. 52(11): 25-29.

原著論文

高温・高濃度炭酸ガスくん蒸の殺虫効果と リンゴ・ナシ果実品質への影響^{†1}

土田 聡, 中村ゆり^{†2}, 羽山裕子^{†2}, 村井 保^{†3}, 中田 健^{†4}, 望月雅俊^{†5}

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点 果樹害虫研究チーム
739 - 2494 広島県東広島市安芸津町

High-Temperature and High-Concentration CO₂ Fumigation: Insecticidal Effects and Influence on the Quality of Apple and Japanese Pear Fruits

Satoshi TODA, Yuri NAKAMURA, Hiroko HAYAMA, Tamotsu MURAI, Ken NAKADA and Masatoshi MOCHIZUKI

Entomology Research Team, National Institute of Fruit Tree Science, National Agriculture and Food Research Organization, Grape and Persimmon Research Station
Akitsu, Higashihiroshima, Hiroshima 739-2494, Japan

Summary

The insecticidal effects on three pest insects and the influence of high-concentration CO₂ fumigation under high temperature conditions on the quality of apples and Japanese pears were investigated.

1. Larvae of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, were completely killed by 60% CO₂ - 16 hours, and diapausing females of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, were 100% eliminated by 40% CO₂ - 24 hours at 35 °C. However, larvae of the peach fruit moth, *Carposina sasakii*, were not all killed by CO₂ fumigation.

2. Different apple varieties showed different degrees of carbon dioxide injury. None was seen in 'Tsugaru', 'Jonagold' or 'Orin', whereas 'Fuji' was clearly susceptible. In the Japanese pear varieties 'Kosui' and 'Hosui,' CO₂ fumigation worsened water soaking injury resulting from fruit senescence, and carbon dioxide injury also occurred with high frequency in both varieties.

3. In 'Hosui,' 1-methylcyclopropene treatment tended to reduce carbon dioxide injury, but aggravated it in 'Kosui' and 'Fuji'.

These results indicate that it is not feasible to apply high concentrations of CO₂ fumigation as a quarantine measure for Japanese pears under high temperature conditions; however, it may be applicable to

^{†1} 果樹研究所業績番号：1587（2010年8月20日受付・2010年12月16日受理）

^{†2} 果樹研究所果実鮮度保持研究チーム

^{†3} 宇都宮大学農学部

^{†4} 鳥取県農林総合研究所園芸試験場

^{†5} 現 果樹研究所カンキツ研究興津拠点果樹害虫研究チーム

certain varieties of apple and for certain pest species.

Key words: CO₂ fumigation, oriental fruit moth, peach fruit moth, two-spotted spider mite, Japanese pear, apple, 1-MCP

緒 言

農産物の輸入を行うにあたり、国により病虫害の侵入防止という植物防疫上の理由からその輸入の禁止または制限が行われている。検疫対象病虫害は品目ごとに定められているが、害虫においては、ガ類、ハダニ類およびカイガラムシ類が品目を超えて共通の対象となっている場合が多い(吉澤, 1990)。特にわが国で発生の認められるモモシクイガ *Carposina sasakii* Matsumura は、アメリカ、カナダ、オーストラリア、ニュージーランドおよび台湾において、リンゴ、ナシ(ニホンナシを含む)、モモで規制対象に挙げられるなど、諸外国が特に侵入を警戒している害虫の一つである(吉澤, 1990)。政府の農業政策により農産物輸出の振興が求められており、近年わが国の国内産果実の輸出が増大している。中でもリンゴ、ナシは樹種別輸出金額で1, 2位を占めているが(日本園芸農業協同組合連合会, 2009)、両樹種におけるモモシクイガ等を対象とした植物検疫は輸出時の障壁となっており、有効な害虫混入阻止技術の開発が求められている。

植物検疫に用いるくん蒸剤の一つである臭化メチルは、ハダニ類、ガ類など生果実に寄生する害虫に対して強い殺虫効果があり、低温処理と組み合わせることによりモモシクイガなどを対象とした輸出リンゴの植物検疫処理に利用されている(川上ら; 1994)。しかし、臭化メチルはモントリオール議定書締約国会合においてオゾン層破壊物質に指定されて以来、その使用に対する規制が強化され、現在は特例として検疫や不可欠用途のみの使用が認められている。近い将来にはさらに使用規制が強化される可能性が高いことから、代替くん蒸資材の開発が急務となっている。

植物検疫手法の一つとして、主として貯穀害虫に対して用いられてきた資材に二酸化炭素ガス(炭酸ガス)がある(中北, 1995)。炭酸ガスは空気中にも存在し、人体に対する毒性が低い、発火性、引火性がない、浸透性が強い、さらには残留毒性がないという長所があり(日本くん蒸技術協会, 2002)、青果物を対象とした臭化メチルの代替くん蒸資材として期待が大きい。Carpenter et al. (1996) は40%濃度以上の炭酸ガスの常

温24時間処理により、タマネギにおけるアザミウマの1種 *Thrips obscuratus* Crawford 成虫の完全殺虫が可能であることを明らかにしている。しかしながら、果実に食入している害虫類は炭酸ガスくん蒸の影響を受けにくいと考えられ、炭酸ガス濃度、処理温度あるいは処理時間を上昇あるいは延長することにより、殺虫効果を高める必要がある。

そこで、本研究ではナシおよびリンゴを対象果実とし、多くの国で輸入禁止対象病虫害に挙げられているモモシクイガおよびナシヒメシクイ *Grapholita molesta* (Busck) について、高濃度炭酸ガスおよび高温を組み合わせたくん蒸処理の殺虫効果について検討した。また、輸入禁止対象病虫害には指定されていないものの、その寄生が台湾等輸出相手国における流通販売上で問題視されるため、エアガン等による除去が慣例的に行われているリンゴのナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch 休眠雌成虫についても同様の検討を行った。

また、これら殺虫試験と平行して、高濃度炭酸ガスおよび高温処理がニホンナシおよびリンゴの果実品質に及ぼす影響について評価した。さらに、リンゴやニホンナシでは貯蔵中の炭酸ガス濃度が高いと障害が発生することが報告されていること(村岡ら, 1985a,b)、一般に収穫後の高温は果実の老化を促進することから、新規鮮度保持剤1-methyl-cyclopropene (1-MCP) (Sisler and Serek, 1997) の処理が、くん蒸処理による障害発生やその他の品質低下を防止できるかどうかについても検討した。

本文に入るに先立ち、供試虫の提供あるいはシクイムシ類寄生果実作出にご助力いただいた、果樹害虫研究チームの柳沼勝彦氏(現省農薬リンゴ研究果樹サブチーム)および三代浩二氏、果樹研究所省農薬リンゴ研究果樹サブチームの井原史雄氏および新井朋徳氏(現果樹害虫研究チーム)、豊島真吾氏(現野菜茶業研究所)に深謝する。また、炭酸ガスくん蒸装置を設計施工し、維持管理いただいた株式会社朝日熱学の神昭典氏および黒坂勇史氏に厚く御礼申し上げる。

なお、本研究は先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「高濃度炭酸ガスと1-MCP剤による生鮮物検疫システムの開発(課題番号1715)」の助成により行われた。

材料および方法

1. 炭酸ガスくん蒸装置

高濃度炭酸ガス処理は果樹研究所に試作された2室からなる温度および炭酸ガス濃度を制御可能な炭酸ガスくん蒸装置を用いて行った。同装置は株式会社朝日熱学により設計施工された。各室の庫内容積は10m³ (2.5m × 2m × 2m) であり、温度制御は空冷式とし、加熱用のヒーターは天吊ユニットクーラーの吹き出し口に組み込まれた。炭酸ガスは庫外に設置したガスポンプから供給した。庫内の空気を定期的にサンプリングして自動分析し、炭酸ガス濃度を自動制御する仕様とした。

2. 殺虫試験

炭酸ガスくん蒸処理条件はアクリル樹脂製の炭酸ガス処理容器（容積約1L）を用いた予備的試験の結果をもとに、それぞれ数段階の炭酸ガス濃度、温度、および処理時間を組み合わせて処理区を設定した。処理後のモモシクイガおよびナシヒメシクイ食入果実は23℃、16時間明所、8時間暗所（16L8D）条件下に置き、処理10～16日後に果実の切開調査を行った。モモシクイガおよびナシヒメシクイは実際に果実に食入した個体数、および果実内で死亡した幼虫個体数の計数は困難であった。そこで、川上ら（1994）に従い、炭酸ガス無処理区の全果実から摘出あるいは脱出した老熟幼虫個体数を全処理区の供試個体数と仮定し、それぞれ殺虫率を算出することとした。

1) ナシヒメシクイ - ニホンナシ成熟果試験

ナシヒメシクイは果樹研究所果樹害虫研究チームで幼果リンゴを餌とし、22.5℃、16L8D条件下で継代飼育されている系統を供試した。ニホンナシ‘二十世紀’は2007年8月末～9月に鳥取県農林総合研究所園芸試験場内で収穫された果実を用いた。ナシ果実への接種は、直接産卵させる方法（Experiment 1）、および採取した卵を果実上に置き、ふ化幼虫を果実内に食入させる方法（Experiment 2）をとった。Experiment 1では果実を収容したアクリルケージ内に雌雄成虫を合計約100頭放し、25℃、16L8D条件下で24-48時間産卵させた後、産卵された果実を取り出した。Experiment 2では、人工飼料シルクメイト2S（日本農産工業株式会社）による飼育で得られた成虫を収容した容器内にパラフィン紙（5cm × 2cm）を置き、25℃、16L8D条件下で24時間産

卵させた。産卵されたパラフィン紙を取り出し、1果あたり10卵を果実上に置いてふ化幼虫に食入させた。ナシヒメシクイでは果皮の変色により被害果は外部から識別できるとされるが（真梶・堤, 2005）、食入後間もない若齢幼虫による被害果は選果の過程で見過ごされる可能性が高い。そこで、殺虫試験はふ化後3～6日経過した若齢幼虫を対象として行った。くん蒸処理条件は炭酸ガス濃度（40または60%）、処理時間（16, 20, 24時間）を組み合わせる処理区を設定した。処理温度は35℃とした。

2) モモシクイガ - リンゴ成熟果試験

モモシクイガは、果樹研究所果樹害虫研究チームで継代飼育されている系統を供試した。供試虫は2007年10月に福島県で収穫されたリンゴ‘ジョナ・ゴールド’成熟果実に接種した。供試虫を果実に接種するために、濾紙に産下させたモモシクイガ卵を、1果あたり10～20卵ずつ果実上に置いた。卵は23℃、16L8D条件下で孵化させ、幼虫を果実に食入させた。幼虫食入開始後3日以内の果実をプラスチック容器（40cm × 32.5cm × 14cm）に一列に並べ、くん蒸した。幼果試験の結果を参考に、くん蒸処理条件は温度を35℃、処理時間を24時間とし、炭酸ガス濃度は40、50または60%とした。

3) ナミハダニ休眠雌成虫 - リンゴ成熟果試験

ナミハダニは1999年10月に果樹研究所リンゴ研究拠点でリンゴより採集され、累代飼育されていた系統を入手した。飼育は20℃、16L8Dでインゲンマメ *Phaseolus vulgaris* L.リーフディスク（5cm × 5cm）を用いて行った。休眠雌成虫は以下の方法で作出し、供試した。累代飼育系統から雌成虫を約50頭リーフディスクに移し、2-3日産卵させた後、雌成虫を除去した。産下された卵は、東北個体群で100%近い休眠率を誘起するとされる18℃、9L15Dの温度日長条件下（Takafuji et al., 1991）で成虫まで飼育してそのまま維持し、体色が淡橙色に完全に变化した休眠雌成虫のみを供試した。

ナミハダニ休眠雌成虫は収穫果実ではがくあ部に集合している。そこで、リンゴ‘ふじ’のがくあ部に1果あたり50頭の雌成虫を接種し、離脱を防ぐために48μm目合いのナイロンゴースでがくあ部を覆った。ハダニを接種したリンゴ果実は蓋に5cm × 5cmの穴を開け48μm目合いのナイロンゴースを張ったプラスチック容器（40cm × 32.5cm × 14cm）に収容し、くん蒸処理を行った。くん蒸条件は、温度を35℃、処理時間を24時間

とし、炭酸ガス濃度は40または60%とした。処理後の果実は25℃、16L8D条件下に置き、1日後に死亡個体数および苦悶虫数を計数した。苦悶虫はインゲンマメリーフディスクに移して25℃、16L8D条件下に置き、処理3日後に再度観察した。

3. 果実品質評価試験

1) 供試果実

試験は2006年および2007年に実施し、ニホンナシは‘幸水’および‘豊水’の2品種、リンゴは‘つがる’‘ジョナ・ゴールド’‘王林’および‘ふじ’の4品種の成熟果実を供試した。Table 1に供試果実の生産地ならびに収穫日を示した。ナシは収穫当日、リンゴは収穫1日後の果実を試験に用いた。

2) 炭酸ガスくん蒸処理および1-MCP処理

処理区は、炭酸ガスくん蒸処理区、1-MCP (SmartFresh™, Rohm and Hass, Japan) 処理後に炭酸ガスくん蒸処理を行う1-MCP + 炭酸ガスくん蒸処理区、および無処理区とした。炭酸ガスくん蒸処理区においては、後述する炭酸ガスくん蒸処理時の温度条件まで果実温を確実に上昇させるために、35℃で16時間保温した後、炭酸ガスくん蒸処理を行った。炭酸ガスくん蒸条件は、殺虫試験結果をもとに、温度を35℃、処理時間を24時間とし、炭酸ガス濃度は40%または60%とした。1-MCP + 炭酸ガスくん蒸処理区では、炭酸ガスくん蒸処理の前に1-MCP処理を行った。2006年の1-MCP処理は、35℃保温条件下においたプラスチック密閉容器内で、濃度1ppmの1-MCPに果実を16時間暴露処理することによって行った。2007年の1-MCP処理は、炭酸ガス処理装置庫内で1ppmの1-MCPに35℃下で16時間暴露処理することによって行った。1-MCP処理終了後は直ちに開封して、炭酸ガスくん蒸処理を行った。また、各処理を実施している期間中、25℃（ニホンナ

シ）あるいは20℃（リンゴ）条件下に置いたものを無処理区とした。処理後の果実は各処理区毎に段ボール箱に入れ、ニホンナシは25℃、リンゴは20℃の恒温条件下でそれぞれ果実品質調査までの間保存した。2006年の全試験および2007年の‘王林’の試験については各処理10-15果、2007年の‘幸水’および‘ふじ’の試験では各処理72果を使用した。

3) 果実品質調査

果実の品質調査は、2006年の‘幸水’は処理開始13日後、‘豊水’、‘つがる’、‘ジョナ・ゴールド’および‘ふじ’は処理開始14日後、2007年の‘王林’および‘ふじ’は処理開始15日後にそれぞれ行った。果実は各区10果ずつ無作為に取り出し、地色、油上がり（リンゴ）を調査した後、果肉硬度、pH（ニホンナシ）または滴定酸含量（リンゴ）、および糖度（Brix）を調査した。また、処理果実全果について、炭酸ガス障害発生程度を調査し、加えて‘ふじ’ではみつ入り指数、ニホンナシでは老化による果肉水浸状症状の程度について調査した。地色は果実カラーチャート（山崎・鈴木、1980）を用い、‘つがる’および‘ジョナ・ゴールド’は‘ふじ地色’、‘王林’は‘王林地色’、ニホンナシは‘ナシ地色’を基準に、ていあ部付近の地色を評価した。‘ふじ’は着色が良好で地色判定が困難であったため、地色の評価は行わなかった。リンゴの油上がりは、官能で4段階評価とし、0：全く感じられない（無）、1：少しべたべたするが商品性に影響なし（少）、2：べたべたする、商品性に影響あり（中）、3：とてもべたべたして不快、商品性に影響あり（多）とした。果肉硬度は、果実赤道面の相対する2カ所の果皮を薄く削ぎ、硬度計（FT327、直径11mm円柱形プローブ使用、富士平工業）を用いて測定した。糖度、pHまたは滴定酸含量は、果肉部分からジューサーで搾汁した果汁を用いて測定した。Brixは糖度計（PR-101、ATAGO）、pHは

Table 1. Harvest data of each fruit used in the fruit quality experiments.

Fruit	Cultivar	Date harvested	Location
Japanese pear	‘Kosui’	August 22, 2006	Tsukuba, Ibaraki
	‘Hosui’	September 5, 2006	Tsukuba, Ibaraki
Apple	‘Tsugaru’	September 19, 2006	Takizawa, Iwate
	‘Jonagold’	October 16, 2006	Shiwa, Iwate
	‘Orin’	October 28, 2006	Takizawa, Iwate
	‘Fuji’	November 13, 2006	Iizaka, Fukushima
		November 17, 2007	Iizaka, Fukushima

Table 2. Mortality of *G. molesta* in Japanese pear fruits fumigated with high concentrations of carbon dioxide.

Treatments	Experiment 1			Experiment 2		
	No. tested fruits	No. surviving ^z	Mortality ^y (%)	No. tested fruits	No. surviving ^z	Mortality ^y (%)
Untreated	10	20	0	12	66	0
40%CO ₂ -35 -20h				12	16	75.8
40%CO ₂ -35 -24h	16	4	80.0			
60%CO ₂ -35 -16h				26 ^x	0	100
60%CO ₂ -35 -20h	14	0	100	14	0	100
60%CO ₂ -35 -24h	16	0	100			

^zTotal number of larvae emerged from fruits.

^yMortalities were calculated on the assumption that the number of larvae burrowed into the fruit was identical to the number of surviving individuals in the control.

^xTotal number of 2 replications.

pHメーター (twinpH B-212, HORIBA) で測定した。滴定酸含量は自動滴定酸測定機 (Foodstat FS-51, 東興化学研究所) で測定し, リンゴ酸として換算した。炭酸ガス障害程度は, 果実を赤道面に平行に4分割し, 切断面における障害発生程度を, 0: なし, 1: 微, 2: 全体1/3以下, 3: 全体1/3以上の4段階で評価し, 指数2および3のものを重症果とした。ニホンナシの果肉水浸状症状の程度は, 佐久間ら(1995)のナシのみつ症の4段階評価基準を参考に, 果実赤道部の切断面における水浸状を呈する果肉の面積割合について, 0: なし, 1: 微 (1cm²以下), 2: 全体の1/3以下, 3: 全体の1/3以上の4段階で評価した。リンゴの蜜入り指数については, 青森県のりんご生産指導要項 (青森県リンゴ生産指導要項編集委員会, 2006) を参照して, 0: なし, 1: 極少, 2: 10%程度 (少), 3: 30%程度 (中), 4: 50%以上 (多) の5段階で評価した。

結 果

1. 殺虫試験

ナシヒメシクイ幼虫は炭酸ガス濃度60%, 35℃, 16時間で100%の死虫率が得られたが, 炭酸ガス濃度40%では完全殺虫できなかった (Table 2)。

モモシクイガ幼虫に対する試験では, 炭酸ガス濃度60%, 35℃, 24時間の処理でも1.3%の老熟幼虫が脱出し, 完全殺虫できなかった (Table 3)。

ナミハダニ休眠雌成虫は炭酸ガス濃度40%および60%ともに24時間後の調査時点ではそれぞれ9.4%, 2.1%の苦悶虫が認められた (Table 4)。しかし, 72時間後の調査では両処理区ともにすべての苦悶虫も死亡

し, 結果として100%の殺虫効果が得られた。本試験では接種部位をナイロンゴースで覆って処理したため, くん蒸によりハダニが果実上から離脱するかどうかは検証できなかった。

2. 果実品質評価

1) リンゴの果実品質への影響

リンゴ‘つがる’, ‘ジョナ・ゴールド’, および‘王林’の3品種の果実品質に及ぼす炭酸ガスくん蒸の影響をTable 5に示した。これら3品種に炭酸ガスを単独で処理した場合, 地色と油上がりについては無処理と有意な差は認められなかった。果肉硬度は‘つがる’の炭酸ガス60%処理区および‘王林’の炭酸ガス40%および60%処理区で無処理区に比べ有意に高く保たれていた。滴定酸含量は‘ジョナ・ゴールド’の炭酸ガス40%処理区で無処理区に比べて有意に減少し, 炭酸ガス60%処理区でも減少傾向が認められたが, ‘つがる’

Table 3. Mortality of *C. sasakii* in mature apple fruits fumigated with high concentrations of carbon dioxide.

Treatments	No. tested fruits	No. surviving ^z	Mortality ^y (%)
Untreated	30	157	0
40%CO ₂ -35 -24h	30	90	42.7
50%CO ₂ -35 -24h	30	9	94.3
60%CO ₂ -35 -24h	30	2	98.7

^zTotal number of larvae emerging from fruits.

^yMortalities were calculated on the assumption that the number of larvae burrowed into the fruit was identical to the number of surviving individuals in the control.

Table 4. Mortality of diapausing female *T. urticae* on apple fruits fumigated with high concentrations of carbon dioxide.

Treatments	No. mites tested	1 day after			3 days after			Mortality (%)
		Normal	Writhing ^z	Dead	Normal	Writhing ^z	Dead	
Untreated	210	198	12	0	198	0	12	5.7
40%CO ₂ -35 -24h	532	0	50	482	0	0	532	100
60%CO ₂ -35 -24h	1210	0	25	1185	0	0	1210	100

^zNo. of mites which can't walk normally.

および‘王林’では無処理区と差は認められなかった。糖度は、無処理区と差は認められなかった。これら3品種では果肉褐変等の炭酸ガス障害は全く認められなかった。1-MCP処理と組み合わせた場合、地色の抜けと油上がりは、無処理区ならびに同濃度の炭酸ガス処理区に比べて有意に抑制され、果肉硬度は有意に高く保たれた。滴定酸含量は無処理区ならびに同濃度の炭酸ガス処理区に比べて高く保たれていた。糖度については一定の傾向は認められなかった。また、炭酸ガス単独処理同様、3品種ともに炭酸ガス障害の発生は認められなかった。

Table 6には‘ふじ’の果実品質に及ぼす炭酸ガスくん蒸の影響を示した。‘ふじ’では、炭酸ガスくん蒸処理単独の場合、40%および60%のどちらの炭酸ガス処理においても、油上がりは無処理区に比べて抑制される傾向が認められた。果肉硬度は無処理と差が認められなかった。滴定酸含量は、無処理に比べて2006年の60%炭酸ガス処理区では有意に減少したが、2007年の40%炭酸ガス処理区では差が認められなかった。糖度には差は認められなかった。蜜入り指数は無処理に比べて低下する傾向があった。果肉にす入りが生じて褐変する炭酸ガス障害の発生は40%および60%のどちらの処理区でも認められた。1-MCPと組み合わせた場合において、油上がりは無処理区に比べて抑制傾向であったが、同濃度の炭酸ガス処理区とは差が無かった。果肉硬度および滴定酸含量は無処理ならびに同濃度の炭酸ガス処理に比べて高く保たれた。糖度や蜜入り指数は無処理と差が認められなかった。1-MCP処理を行った場合においても炭酸ガス障害の発生が認められ、かつ、炭酸ガス単独処理に比べて発生率が增大する傾向が認められた。

2) ニホンナシの果実品質への影響

ニホンナシ‘幸水’および‘豊水’の果実品質に及ぼす炭酸ガスくん蒸の影響をTable 7に示した。炭酸ガス単独処理の場合、地色の抜けは両品種ともに無処理に比べて抑制されていた。果肉硬度は両品種ともに無

処理に比べて低下した。pHは、‘幸水’では無処理と差が認められなかったが、‘豊水’では無処理より有意に高く、酸の減少が進んでいた。糖度は無処理と差が認められなかった。老化による果肉水浸状症状の程度は‘幸水’では無処理と差が認められなかったが、‘豊水’では無処理に比べて有意に高く、果肉劣化が進んでいた。炭酸ガス障害は両品種ともに高率で発生し、‘幸水’の炭酸ガス60%処理区では100%の発生率であった。炭酸ガス障害の症状は、‘幸水’ではす入りを伴う比較的境界の明瞭な果肉褐変が多かったのに対し、‘豊水’では境界の不明瞭な果肉褐変が多く認められた。1-MCP処理と組み合わせた場合においては、果肉硬度は両品種とも無処理区と差がないが、同濃度の炭酸ガス単独処理に比べて高く保たれた。pHは‘幸水’では無処理区および同濃度の炭酸ガス処理区よりも低く保たれたが、‘豊水’では無処理区より高くなった。糖度は1-MCP + 60%炭酸ガス処理区で高かったものの、処理による一定の傾向は認められなかった。果肉水浸状症状は、‘幸水’では無処理区および同濃度の炭酸ガス処理区よりも有意に軽減された。‘豊水’では無処理区より有意に助長され、同濃度の炭酸ガス処理区と同程度であった。1-MCP処理と組み合わせた場合、両品種とも炭酸ガス障害の発生が認められた。‘幸水’では1-MCP処理により炭酸ガス障害が増大する傾向があったのに対し、‘豊水’では減少する傾向が認められた。

考 察

リンゴまたはニホンナシの収穫果実への寄生が認められる3種害虫のうち、ナミハダニ休眠雌成虫は炭酸ガス濃度40%の35、24時間処理で、ナシヒメシンクイ幼虫は60%の35、16時間処理で100%の死虫率が得られた。一方、モモシンクイガ幼虫は予備的に行ったりんご幼果を用いた試験では60%の35、24時間処理で100%の死虫率が得られたが(土田ら、未発表)、成熟果を用いた本試験ではいずれの条件でも完全殺虫できなかった。輸出を目的とした殺虫技術の開発は輸入国

Table 5. Effects of combination of carbon dioxide fumigation and 1-MCP treatment on quality of apple fruit 'Tsumugaru', 'Jonagold', and 'Orin'

Cultivar	Ground color (color chart index) ^{z,y}	Waxing index ^{z,y,x}	Flesh firmness (N) ^{z,w}	Titratable acidity (%) ^{z,w}	Brix (%) ^{z,w}	Frequency of fruit with carbon dioxide injury(%) ^y /Frequency of severe ones (%) ^y
'Tsumugaru'	3.2 ± 0.2	0.0 ± 0.0	59.41 ± 1.08	0.228 ± 0.004	12.96 ± 0.14	
14 days after treatment						
Treatments						
untreated	5.2 ± 0.1	2.3 ± 0.2	42.03 ± 1.06	0.174 ± 0.003	12.94 ± 0.15	0.0 / 0.0
40%CO ₂	5.2 ± 0.1	2.7 ± 0.2	44.87 ± 0.96	0.177 ± 0.003	13.69 ± 0.18	0.0 / 0.0
60%CO ₂	4.7 ± 0.2	2.9 ± 0.1	48.83 ± 0.90	0.178 ± 0.004	13.28 ± 0.07	0.0 / 0.0
40%CO ₂ +1-MCP	4.0 ± 0.1	1.3 ± 0.2	50.82 ± 0.90	0.191 ± 0.004	13.40 ± 0.10	0.0 / 0.0
60%CO ₂ +1-MCP	4.0 ± 0.2	1.4 ± 0.2	56.10 ± 0.50	0.197 ± 0.004	13.08 ± 0.27	0.0 / 0.0
'Jonagold'	2.4 ± 0.2	0.0 ± 0.0	67.94 ± 1.41	0.519 ± 0.011	13.03 ± 0.12	
14 days after treatment						
Treatments						
untreated	3.5 ± 0.2	2.8 ± 0.1	44.04 ± 1.62	0.430 ± 0.008	13.58 ± 0.11	0.0 / 0.0
40%CO ₂	3.8 ± 0.1	2.6 ± 0.2	44.92 ± 0.87	0.387 ± 0.008	13.56 ± 0.10	0.0 / 0.0
60%CO ₂	3.9 ± 0.2	2.9 ± 0.1	47.65 ± 0.83	0.407 ± 0.007	13.52 ± 0.13	0.0 / 0.0
40%CO ₂ +1-MCP	2.4 ± 0.2	0.1 ± 0.1	70.56 ± 0.68	0.462 ± 0.008	13.97 ± 0.15	0.0 / 0.0
60%CO ₂ +1-MCP	2.7 ± 0.2	0.2 ± 0.1	68.00 ± 0.48	0.419 ± 0.007	13.29 ± 0.09	0.0 / 0.0
'Orin'	4.6 ± 0.1	0.0 ± 0.0	69.22 ± 0.58	0.231 ± 0.026	14.19 ± 0.17	
15 days after treatment						
Treatments						
untreated	6.4 ± 0.2	0.8 ± 0.1	46.76 ± 0.99	0.199 ± 0.019	14.91 ± 0.13	0.0 / 0.0
40%CO ₂	6.7 ± 0.1	0.7 ± 0.2	53.89 ± 1.31	0.197 ± 0.006	15.01 ± 0.10	0.0 / 0.0
60%CO ₂	6.5 ± 0.1	0.5 ± 0.2	55.22 ± 1.01	0.189 ± 0.004	15.03 ± 0.13	0.0 / 0.0
40%CO ₂ +1-MCP	5.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	69.54 ± 1.51	0.252 ± 0.008	15.08 ± 0.08	0.0 / 0.0
60%CO ₂ +1-MCP	5.1 ± 0.2	0.4 ± 0.1	67.00 ± 1.56	0.232 ± 0.009	15.13 ± 0.18	0.0 / 0.0

^z Values indicate mean ± SE.

^y Values labeled with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by the Steel-Dwass test.

^x Grades for levels of greasiness on surface of apple pericarp as indices, 0: not greasy, 1: slightly greasy, 2: greasy, 3: very greasy

^w Values labeled with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Tukey's test.

^v The symptom of carbon dioxide injury in fruit are brown heart and cavities. Grades for carbon dioxide injury as indices of the area involved in the fruit equatorial plate, 0: No area involved, 1: 1cm² or less, but not zero, 2: more than 1cm², but less than 1/3 of whole area, 3: more than 1/3 of whole area.

^u The carbon dioxide injury index 2 and 3 were assumed to be severe carbon dioxide injury.

Table 6. Effects of combination of carbon dioxide fumigation and 1-MCP treatment on quality of 'Fuji' apples

	Waxing index ^{z,y}		Flesh firmness (N) ^{z,w}		Titratable acidity (%) ^{z,w}		Brix (%) ^{z,w}		Watercore intensity ^{z,w}		Frequency of fruit with carbon dioxide injury (%) ^y /Frequency of severe ones (%) ^t	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Pre treatment	0.0±0.0	0.2±0.1	60.33±0.83	63.44±1.01	0.333±0.008	0.357±0.015	14.89±0.17	14.51±0.28	3.3±0.2	2.6±0.4		
14-15 days after treatment												
Treatments												
untreated	0.7±0.3 a	0.3±0.1 a	58.71±0.76 a	58.71±0.76 a	0.288±0.011 a	0.267±0.011 a	15.41±0.21 a	15.38±0.15 a	1.4±0.3 a	1.1±0.1 a	0.0/ 0.0	1.4/ 1.4
40%CO ₂	0.1±0.0 b	0.1±0.0 b	60.48±0.72 ab	60.48±0.72 ab	0.294±0.005 ab	0.294±0.005 ab	15.91±0.15 ab	15.91±0.15 ab	0.5±0.2 a	0.6±0.1 b	20.0/ 0.0	64.6/ 16.9
60%CO ₂	0.3±0.2 ab	0.0±0.0 b	60.49±0.72 a	63.50±0.74 b	0.248±0.004 b	0.323±0.009 b	15.67±0.13 a	16.31±0.17 b	1.6±0.4 a	0.8±0.1 ab		68.6/ 23.9
40%CO ₂ +1-MCP	0.0±0.0 b	0.0±0.0 b	63.50±0.74 b	63.50±0.74 b	0.272±0.004 ab		15.50±0.18 a					
60%CO ₂ +1-MCP	0.0±0.0 b	0.0±0.0 b	63.50±0.74 b	63.50±0.74 b	0.272±0.004 ab		15.50±0.18 a					

^z Values indicate mean ± SE.

^y Grades for levels of greasiness on surface of apple pericarp as indices: 0: not greasy, 1: slightly greasy, 2: greasy, 3: very greasy

^x Values labeled with different letters are significantly different ($P < 0.05$) by the Steel-Dwass test

^w Values labeled with different letters are significantly different ($P < 0.05$) by Tukey's test

^v Grades for watercore intensity as indices: 0: none, 1: slight, 2: moderate, 3: severe

^u The symptom of carbon dioxide injury in fruit are brown heart and cavities. Grades for carbon dioxide injury as indices of the area involved in the fruit equatorial plate: 0: No area involved, 1: 1 cm² or less, but not zero, 2: more than 1 cm², but less than 1/3 of whole area, 3: more than 1/3 of whole area.

^t The carbon dioxide injury index 2 and 3 were assumed to be severe carbon dioxide injury.

Table 7. Effects of combination of carbon dioxide fumigation and 1-MCP treatment on quality of Japanese pear fruit ‘Kosui’ and ‘Hosui’

Cultivar	Ground color (color chart index) ^{z,x}	Flesh firmness (N) ^{z,y}	pH ^{z,y}	Brix (%) ^{z,y}	Water soaked disorder intensity ^{z,x,w}	Frequency of fruit with carbon dioxide injury(%) ^v /Frequency of severe ones (%) ^v	
‘Kosui’ pre treatment 13 days after treatment	2.6 ± 0.2	24.73 ± 1.04	5.260 ± 0.022	12.67 ± 0.22	0.0 ± 0.0		
	Treatments						
	untreated	4.3 ± 0.1 a	18.53 ± 0.46 a	5.620 ± 0.051 a	12.80 ± 0.13 ab	3.3 ± 0.2 a	0.0/ 0.0
	40%CO ₂	3.6 ± 0.2 b	16.56 ± 0.33 bcd	5.700 ± 0.076 a	12.52 ± 0.14 a	4.0 ± 0.0 a	27.3/ 9.1
	60%CO ₂	3.5 ± 0.1 b	16.10 ± 0.41 d	5.650 ± 0.052 a	12.55 ± 0.18 a	4.0 ± 0.0 a	100.0/ 100.0
40%CO ₂ +1-MCP	3.6 ± 0.1 b	18.21 ± 0.51 ab	5.157 ± 0.034 b	12.57 ± 0.18 a	0.4 ± 0.1 b	42.9/ 14.2	
60%CO ₂ +1-MCP	3.8 ± 0.1 ab	18.00 ± 0.47 abc	5.186 ± 0.027 b	13.31 ± 0.20 b	0.5 ± 0.2 b	100.0/ 71.4	
‘Hosui’ pre treatment 14 days after treatment	3.7 ± 0.2	21.39 ± 0.56	4.560 ± 0.034	12.95 ± 0.21	0.5 ± 0.2		
	Treatments						
	untreated	4.9 ± 0.1 c	18.16 ± 0.42 b	4.417 ± 0.027 a	12.83 ± 0.25 a	0.4 ± 0.2 a	0.0/ 0.0
	40%CO ₂	4.7 ± 0.1 bc	15.82 ± 0.27 a	4.577 ± 0.017 b	12.63 ± 0.14 a	2.1 ± 0.1 b	53.8/ 23.1
	60%CO ₂	4.5 ± 0.1 bc	17.44 ± 0.74 ab	4.638 ± 0.037 b	13.31 ± 0.11 a	3.7 ± 0.1 c	76.9/ 46.2
40%CO ₂ +1-MCP	4.4 ± 0.1 b	18.85 ± 0.47 b	4.556 ± 0.017 b	13.20 ± 0.17 a	1.6 ± 0.1 b	33.3/ 5.6	
60%CO ₂ +1-MCP	4.0 ± 0.1 a	19.45 ± 0.60 b	4.631 ± 0.031 b	13.08 ± 0.17 a	3.6 ± 0.2 c	69.2/ 46.2	

^z Values indicate mean ± SE.

^y Values labeled with different letters are significantly different ($P < 0.05$) by the Steel-Dwass test

^x Values labeled with different letters are significantly different ($P < 0.05$) by Tukey's test

^w Grades for water soaked disorder intensity on fresh as indices, 0: none, 1: slight, 2: medium, 3: severe

^v The symptoms of carbon dioxide injury in fruit are brown heart and cavities. Grades for carbon dioxide injury as indices of the area involved in the fruit equatorial plate, 0: No area involved, 1: 1 cm² or less, but not zero, 2: more than 1 cm², but less than 1/3 of whole area, 3: more than 1/3 of whole area.

^u The carbon dioxide injury index 2 and 3 were assumed to be severe carbon dioxide injury.

の植物検疫規制をクリアする必要がある。検疫処理では一般に開発された殺虫処理基準を適用して大規模殺虫試験が行われ、一般に99.9968%以上の殺虫率(Probit 9)が得られることが必要であるとされている(Landolt et al., 1984)。例えば、台湾への輸入検査でモモシクイガが発見された場合、台湾向け農産物の対象生果実について、1回目は生産した都道府県から、2回目の発見では全国からの輸出が停止される取り決めになっているため、1例でも発見されればその影響は極めて大きい。したがって、本研究におけるモモシクイガの殺虫試験結果は死亡率は98.7%と高率ではあったが、求められる要件は満たしていない。また、完全殺虫が確認されたナミハダニおよびナシヒメシクイにおいても、本研究で得られた処理条件を検疫技術として確立するためには、さらなる大規模試験の実施が必須となる。本研究ではナシヒメシクイ、モモシクイガともに果実食入後6日以内の若齢幼虫を対象とした。しかし、モモシクイガでは臭化メチルに対して5齢幼虫が最も耐性が高いとされている(川上ら, 1994)。リンゴの晩生種である‘ふじ’の収穫果では5齢幼虫が食入している可能性が高い。したがって、ナシヒメシクイと合わせて、炭酸ガスに対する耐性が最も高いステージの調査を行い、全ステージを完全殺虫可能なくん蒸条件を確立することが今後の課題である。

高濃度炭酸ガス処理が果実品質に及ぼす影響を調査した結果、リンゴ‘つがる’、‘ジョナ・ゴールド’、‘王林’については、炭酸ガス60%および40%の高濃度炭酸ガス処理による炭酸ガス障害は発生しないことが明らかになり、本試験の方法による殺虫処理が可能であることが判明した。その他の果実品質に及ぼす影響としては、‘つがる’および‘王林’においては、二酸化炭素によるエチレン生成抑制に起因すると推測される果肉硬度の維持といったプラスの効果が認められた。‘ジョナ・ゴールド’では、炭酸ガス処理によって滴定酸含量の低下が認められたものの、その他の項目においては、大きな品質低下は認められなかった。1-MCP処理を組み合わせた場合、無処理区および同濃度の炭酸ガス処理区よりも、地色の抜け、油上がりが有意に抑制され、果肉硬度や滴定酸含量が高く維持された。これは1-MCPの果実品質保持効果(Blankenship and Dole, 2003)を追認するものであるが、‘ジョナ・ゴールド’では炭酸ガス処理による酸含量の低下を抑制することから、高濃度炭酸ガス処理による品質低下を緩和する一定の効果が認められた。しかし、糖度等の計測値では差は認められないものの、高濃度炭酸ガス処理

した果実は、1-MCPの有無に関わらず甘味が薄く感じられ食味の低下が認められた(中村ら, 未発表)。この原因についてはさらに検討が必要である。一方、リンゴ‘ふじ’においては、高濃度炭酸ガス処理による炭酸ガス障害が認められ、本試験の方法による殺虫処理は適していないことが明らかになった。これらの障害は、果実の熟度によって影響を受け、熟度がより進んだ蜜入り果で発生が多かった(中村ら, 未発表)。「ふじ」に認められた障害は、果心部および果肉部におけるす入り症状と内部褐変で、CA貯蔵により生じる既報の障害(村岡ら, 1985a,b)と同様であった。1-MCP処理を組み合わせた場合、これら炭酸ガス障害の発生は増大した(Table 6)。同様な現象が、1-MCP処理したリンゴ‘Empire’および‘McIntosh’をCA貯蔵した場合に報告されていることから(DeEll et al., 2003)、炭酸ガス耐性が弱いリンゴ品種において、高濃度炭酸ガス処理時の品質低下防止を目的とした1-MCPの利用は適切でないことが判明した。ニホンナシ‘幸水’‘豊水’においては、高濃度炭酸ガス処理による炭酸ガス障害の発生が顕著であり、有意な硬度の低下およびpHの上昇が認められた。また、ニホンナシ‘二十世紀’においても重篤な炭酸ガス障害が発生することが明らかになっていることから(池田ら, 私信)、ニホンナシはリンゴに比べ炭酸ガス耐性が低いと推察された。1-MCP処理を組み合わせた場合においても、‘幸水’では、高濃度炭酸ガスによる硬度の低下や老化による果肉水浸状症状は軽減されるが、炭酸ガス障害の発生は増大する傾向があった。‘豊水’では、硬度の低下抑制は認められるものの、果肉水浸状化症状の軽減効果や炭酸ガス障害の発生抑制効果は十分ではないことから、本試験の方法による殺虫処理は適していないと判断された。

Neven and Hansen(2010)は、コドリンガ *Cydia pomonella* (L.)を用いて濃度制御された空気が虫体に及ぼす作用の生理的メカニズムの解明を行い、低濃度の酸素はATP合成を、高濃度の二酸化炭素はATPの利用をそれぞれ阻害することを明らかにした。さらに、このような空気制御下での高温処理は短時間でコドリンガに致死的な作用をもたらすことを明らかにした。本研究では、高濃度の炭酸ガスと高温を組み合わせたくん蒸処理を行ったが、空気バランスを取った形になるため、炭酸ガス濃度40, 50, 60%における酸素濃度は、それぞれ約12, 約10, 約8%であったと推定される。殺虫効果に関してこれら3つの要素には相乗効果があると考えられるが(Neven and Hansen, 2010)、その組み合わせは多岐にわたり、また対象害虫(ステージ)によっ

ても各要素に対する感受性は異なる。さらに、果実品質に対する影響にも品種間差異があることから、くん蒸条件の検討は害虫別、樹種（品種）別に詳細に行う必要があることが示唆された。

その一方で、臭化メチルの完全使用禁止を見据え、炭酸ガスくん蒸の他にも様々な代替技術の開発、検討が進められている。化学物質を使用した技術としては、ヨウ化メチル、リン化アルミニウム（リン化水素）くん蒸などがある。しかし、ヨウ化メチルクん蒸は各種害虫に対する殺虫効果は高いが、多くの青果物に障害を発生させる（相馬ら、2007）。一方、リン化水素は青果物に対し障害は発生させないが、モモシクイガ等のシクイムシ類は完全殺虫できない（相馬ら、2000）。また、リンゴ果実がくあ部のナミハダニの除去法としては、揺動噴射式果実洗浄機が開発されている（宮崎ら、2006）。この方法では果実品質を損なうことはないが、果心部に侵入した個体は完全には除去できない場合がある。それに対し、炭酸ガスくん蒸では果心部に侵入したハダニも殺虫することができた。このように、いずれの技術も適用範囲にそれぞれ限界があることから、単一の方法で広範な適用は困難であると考えられる。したがって、それぞれの技術を使い分けることにより、お互いに補完し合う形で完全な植物検疫を目指す必要がある。

摘 要

高温条件下における高濃度炭酸ガスくん蒸処理のモモシクイガ、ナシヒメシクイおよびナミハダニ休眠雌成虫に対する殺虫効果、ニホンナシおよびリンゴの果実品質に及ぼす影響、ならびに1-MCP処理による障害の軽減効果を評価した。

1. ナシヒメシクイ幼虫はおよびナミハダニ休眠雌成虫はそれぞれ、炭酸ガス濃度60%および40%の35℃、24時間処理で100%の死虫率が得られた。モモシクイガ幼虫は完全殺虫できなかった。

2. リンゴでは炭酸ガス単独処理区は無処理区と比較してほぼ同等の果実品質が維持されたが、ナシでは硬度の低下およびpHの上昇が見られた。リンゴの炭酸ガス障害（果心部および果肉部の内部褐変と空洞化）には品種間差があり、リンゴ‘つがる’、‘ジョナ・ゴールド’および‘王林’では発生しなかったが、リンゴ‘ふじ’では高率で発生した。ナシでは両品種ともに水浸状障害およびす入りが高率で発生した。

3. 1-MCP処理により、リンゴ、ナシともに無処理区

よりも果実品質は有意に高く保たれた。‘豊水’では炭酸ガス障害が軽減される傾向が認められたが、‘幸水’および‘ふじ’では助長された。

以上の結果から、高温条件下における高濃度炭酸ガスくん蒸のニホンナシへの適用は困難と判断されたが、リンゴでは品種、害虫種を絞っての適用に可能性を残した。

引用文献

- 1) 青森県りんご生産指導要項編集委員会. 2006. りんご生産指導要項（平成18年改訂版）. P. 162. 財団法人青森県りんご協会, 青森.
- 2) Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropane: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 1-25.
- 3) Carpenter, A., S. Wright and P. Lash. 1996. Response of adult New Zealand flower thrips, *Thrips obscuratus* (Thysanoptera: Thripidae) to high carbon dioxide and low oxygen atmospheres at various temperatures. *Bull. Entomol. Res.* 86: 217-221.
- 4) DeEll, J. R., D. P. Murr, L. Wiley, M. D. Porteous. 2003. 1-Methylcyclopropane (1-MCP) increases CO₂ injury in apples. *Acta Hort.* 600: 277-280.
- 5) 川上房男・元島俊治・宮本憲治・相馬幸博・溝淵三必・中村三恵子・三角 隆・砂川邦男・李 雅雄・赤川敏幸・加藤利之・秋山博志・今村哲夫・田尾正博・金田昌士・杉本俊一郎・米田雅典・加土井仁・勝又 肇・永井宏志・佐々木幹了・一戸文彦・川嶋浩三・工藤亜義・長内敬明・斎藤 彰. 1994. 対米輸出りんご“ふじ”の植物検疫処理. *植防研報* 30: 81-140.
- 6) Landolt, P. J., D. L. Chambers and V. Chew. 1984. Alternative to the use of probit 9 mortality as a criterion for quarantine treatments of fruit fly (Diptera: Tephritidae) infested fruit. *J. Econ. Entomol.* 77: 285-287.
- 7) 宮崎昌宏・齋藤秀文・小林 恭・関 正裕・長坂善禎・建石邦夫・下田武志・小堀陽一・高辻豊二・中村ゆり. 2006. ナミハダニ休眠雌成虫を除去する揺動噴射式果実洗浄機. 平成18年度果樹研究成果情報. 35-36.
- 8) 村岡信雄・森 建・井坂 孝・田村太郎. 1985a. りんご果実の炭酸ガス障害（第1報）炭酸ガス障害の症状とその変化要因. *食総研報* 46: 35-39.

- 9) 村岡信雄・森 建・井坂 孝・田村太郎. 1985b. リンゴ果実のガス障害 (第3報) CA貯蔵中の炭酸ガス障害の症状と品種特性. 食総研報 46: 45-51.
- 10) 中北 宏. 1995. 二酸化炭素を用いた新しい殺虫技術. p.277-285. 中北 宏・長尾記明・中島 健編. 輸入農産物の防虫・くん蒸ハンドブック. サイエンスフォーラム, 東京.
- 11) Neven, L. G. and L. D. Hansen. 2010. Effects of temperature and controlled atmospheres on codling moth metabolism. Ann. Entomol. Soc. Am. 103: 418-423.
- 12) 日本園芸農業協同組合連合会. 2009. 平成21年度版果樹統計. 186 pp.
- 13) 日本くん蒸技術協会. 2002. 植物検疫くん蒸作業主任者テキスト (平成14年改訂版) くん蒸の理論と実際. 215 pp.
- 14) 佐久間文雄・梅谷 隆・多比良和生・片桐澄雄・檜山博也. 1995. ニホンナシ '豊水' のみつ症発生に及ぼす果実生長初期の高温とジベレリンの影響. 園学雑. 64: 243-249.
- 15) 真梶徳純・堤 隆文. 2005. ナシヒメシクイ. pp. 133-140. 原色果樹病虫害百科 第2版 ナシ・ビワ・イチジク・マンゴー. 農文協, 東京.
- 16) Sisler, E. C., and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. Physiol. Plant. 100: 577-582.
- 17) 相馬幸博・三角 隆・内藤浩光・川上房男. 2000. 臭化メチル及びリン化水素くん蒸に対する数種生果実の耐性とリン化水素くん蒸によるモモシクイガの殺虫効果. 植防研報 36: 1-4.
- 18) 相馬幸博・小川 昇・谷川展暁・川上房男. 2007. ヨウ化メチル及びリン化水素くん蒸に対する青果物の耐性. 植防研報 43: 1-7.
- 19) Takafuji, A., P. -M. So and N. Tsuno. 1991. Inter- and intra-population variations in diapause attribute of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, in Japan. Res. Popul. Ecol. 33: 331-344.
- 20) 山崎利彦・鈴木勝征. 1980. 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究 (第1報) カラーチャートの色特性. 果樹試報. A. 7: 19-44.
- 21) 吉澤 治. 1990. 輸出果実の病虫害対策. 植物防疫 44: 326-330.

原著論文

Seasonal Changes of Citrus *Flowering Locus T* Gene Expression in Kumquat^{† 1}

Fumie NISHIKAWA^{*,† 2}, Mitsunori IWASAKI^{*}, Hiroshi FUKAMACHI^{*}, Keisuke NONAKA^{*}, Atsushi IMAI^{*}
and Tomoko ENDO^{**}

*Kuchinotsu Citrus Research Station, National Institute of Fruit Tree Science, National Agricultural Research
Organization, 859-2501, Kuchinotsu Minami-shimabara, Nagasaki, Japan

**Okitsu Citrus Research Station, National Institute of Fruit Tree Science, National Agricultural Research
Organization, 424-0292, Okitsu Shimizu-ku, Shizuoka, Japan

Summary

To elucidate the relation between flowering related genes and floral development in kumquat (genus *Fortunella*), morphological observation by microscope and transcription analysis were conducted. Flower bud formation was observed under the microscope after 4 June and stamens were observed after 18 June. The gene expression of citrus Flowering Locus T (*CiFT*) was increased from May to July in the leaves and from middle June to late July in the stem. The levels in the stems were lower than those in the leaves. In citrus *LEAFY* homologue (*CsLFY*), the gene expression began to increase during middle June in the stem and late July in the leaves, and peaked in late July or middle August, respectively. Our results showed that the *CiFT* and *CsLFY* expression in leaves and stems increased during floral induction and flower bud development in kumquat. These results suggest that the *CiFT* and *CsLFY* may be related with floral induction and/or flower bud development in kumquat.

Key words: floral induction, flowering, *Fortunella*, *FT*, *LEAFY*.

Introduction

Flowering is one of the most important events in plant life cycle. During the last two decades, molecular information of flowering was accumulated (Mouradov et al., 2002, Kobayashi and Weigel 2007; Farrona et al., 2008). Recent research reported that protein of the *Flowering Locus T* (*FT*) gene, its rice homologue, *Hd3a*, and tomato homologue, *SFT*, act as mobile flowering signals (Abe et al. 2005; Wigge et al. 2005; Lifschitz et al. 2006; Corbesier et

al., 2007; Jaeger and Wigge, 2007; Lin et al. 2007; Mathieu et al., 2007; Tamaki et al., 2007; Notaguchi et al., 2008). Another flowering-related genes such as *APETALA* (*AP*) 1 and *LEAFY* (*LFY*) has been reported as flower meristem identity genes, which regulate flower organ identity genes such as *API*, *AP2*, *AP3*, *PISTILLATA*, *AGAMOUS*, *SEPALLATA* (*SEP*) 1, *SEP2* and *SEP3* (Jack 2004; Robles and Pelaz., 2005). On the other hand, it has been suggested that *TERMINAL FLOWER 1* (*TFL1*) is an important repressor of floral induction in *Arabidopsis* (Ohshima et al., 1997).

^{† 1} 果樹研究所業績番号 : 1591 (平成22年7月29日 受付 平成23年1月25日受理)

^{† 2} To whom correspondence should be addressed at E-mail: fumien@affrc.go.jp

In horticultural plants, the flowering connects with productivity and it is important to understand the flowering characteristics of the crops. Kumquat (genus *Fortunella*) is one of the economical fruits in *Rutaceae* and close relative to genus *Citrus* and *Poncirus*. Both *Fortunella* and *Citrus* are evergreen but *Poncirus* shows deciduousness. In spite of their relativeness, their seasonal flowering characteristics are largely different (Fig. 1). In satsuma mandarin (*C. unshiu*), floral induction occurred by low temperature during fall and winter but flower organ is not observed until January (Inoue, 1989, 1990; Iwasaki, 1959; Krajewski and Rabe, 1995). As the temperature rises in spring, flower organ development proceeds and blooms in May. In trifoliolate orange (*P. trifoliata* L. Raf), floral induction occurs in early summer and subsequently, flower organ develops during summer (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996). The flower organ developments stop during fall and winter. It starts again and blooms in spring. In kumquat, bud sprouting begins during April and May, one or two month later than those of satsuma mandarin and trifoliolate orange. The development of shoots ceases late May and the flower organ development is observed in early summer. Subsequently, it blooms during summer. The bloom of kumquat usually occurs two or three times a season at approximately ten day-intervals (Yoshida et al., 2003). Previously, we reported that seasonal expression of flowering genes in the stem of trifoliolate orange and satsuma mandarin (Nishikawa et al., 2007, 2009). Out of the flowering genes, seasonal gene expression of citrus *FT* (*CiFT*) and citrus *LFY* (*CsLFY*) was enhanced during floral induction and/or flower organ development in both species although their seasonal periodicity of flowering is different. These results suggest that *CiFT* and *CsLFY* were profoundly associated with floral induction and/or flower organ development. In this study, seasonal gene expression patterns of flowering genes were characterized in kumquat, in which flowering season was different with other citrus relative species.

Materials and Methods

1. Plant materials

Adult kumquat 'Puchimaru' (*Fortunella crassifolia* Swingle × *F. margarita* Swingle) trees was used for the material. The trees were grown in the field at Okitsu and Kuchinotsu citrus research stations of National Institute of

Fruit Tree Science (NIFTS). The axillary buds were collected from May to June for the morphological observation by microscope. To investigate seasonal changes in mRNA levels, stems without leaves, which included internodes and nodes from the base to the apex, and leaves were collected and immediately frozen in liquid nitrogen.

2. Tissue fixation, embedding and sectioning

The collected buds were immediately fixed in FAA (1.8% formaldehyde, 5% acetic acid, 50% ethanol) or PFA (5% paraformaldehyde, 1% glutaraldehyde, 10mM Naphosphate p H7.4, 100mM NaCl) over night. Fixed samples were dehydrated using ethanol: xylene series, and then embedded in Paraplast Plus (Sigma-Aldrich Co., St Louis, MO, USA). The embedded samples were stored at 4 °C until use. The embedded buds were sliced into 8-μm sections, and the sections were mounted on coated microscope slides (Matsunami Glass Ind., Kishiwada, Japan). Paraffin was removed by washing twice with xylene and mounted with Entellan new (Merk Chemical, Darmstadt, Germany). The sections were viewed through a phase contrast microscopy.

3. Total RNA extraction and real-time PCR

Extraction of total RNA and cDNA synthesis was carried out according to the methods of Nishikawa et al. (2007). For SYBR Green real-time PCR, primers for *CiFT*, *CsLFY*, *CsAPI* and citrus *TFL1* (*CsTFL*), were designed with the Primer Express software (Applied Biosystems) (Nishikawa et al., 2009). As an endogenous control, the EF1-α primers were used (Nishikawa et al., 2009). SYBR Green real-time PCR was performed with the Power SYBR Green Universal PCR Master Mix (Applied Biosystems) using an ABI PRISM 7000 Genetic Analyzer (Applied Biosystems) according to the manufacturer's instructions. Each reaction contained 900 nM primers and 2.5 μl of tem-

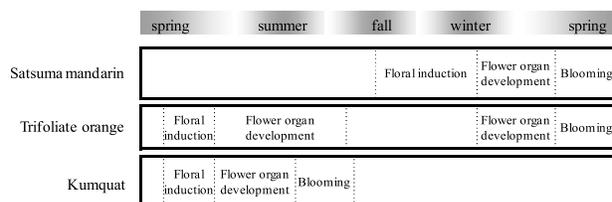


Fig. 1. Schematic diagram of seasonal flowering in Satsuma mandarin (*C. unshiu*), trifoliolate orange (*P. trifoliata*) and kumquat (*Fortunella*).

plate cDNA. The thermal cycling conditions were 95 °C for 10 min followed by 40 cycles of 95 °C for 15 s and 60 °C for 60 s. The levels of gene expression were analyzed with ABI PRISM 7000 Sequence Detection System software (Applied Biosystems). Real-time quantitative PCR was performed in three replicates for each sample and data are presented as means \pm SD ($n = 3$).

Results and Discussions

In kumquat, spring shoots were sprouted in the end of April and development of shoot length was stopped by June. In middle June, flower buds were observed with naked eyes and they bloomed in middle July. To investigate the beginning and progression of flower organ development, axillary buds were collected and observed under the microscopes from May to June. Microscopic examination showed that axillary buds had a narrow and smooth dome on 7 May and 22 May and the dome was broadened by 4 June (Fig. 2). At 11 June, the buds domed considerably and primordia of pistils and stamens were observed at 18 June.

The seasonal expression pattern of flowering genes was investigated to elucidate the association with the floral induction and flower development in kumquat. In kumquat leaves, the *CiFT* mRNA levels were increased rapidly from 22 May to 2 July, during initiation period of floral bud formation occurred (Fig. 3). The levels peaked in early July and then rapidly decreased by August. In the

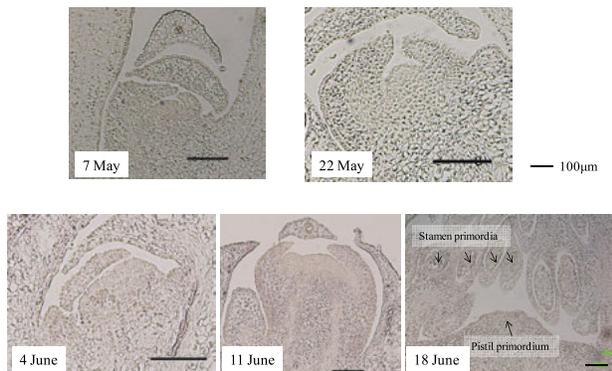


Fig. 2. Morphological changes of axillary buds of 'Puchimaru'. Axillary buds from spring shoots were fixed in FAA or PFA and embedded in Paraplast plus. Longitudinal sections (8- μ m thickness) of axillary buds were prepared. Arrow heads show the stamen or pistil primordia.

stem, transcripts of *CiFT* showed a peak in late July but the level at the peak was much lower than that in the leaves. After August, the *CiFT* gene expression remained at low levels in both tissues. In *CsLFY*, the gene expression increased after 11 June in the stems and after 23 July

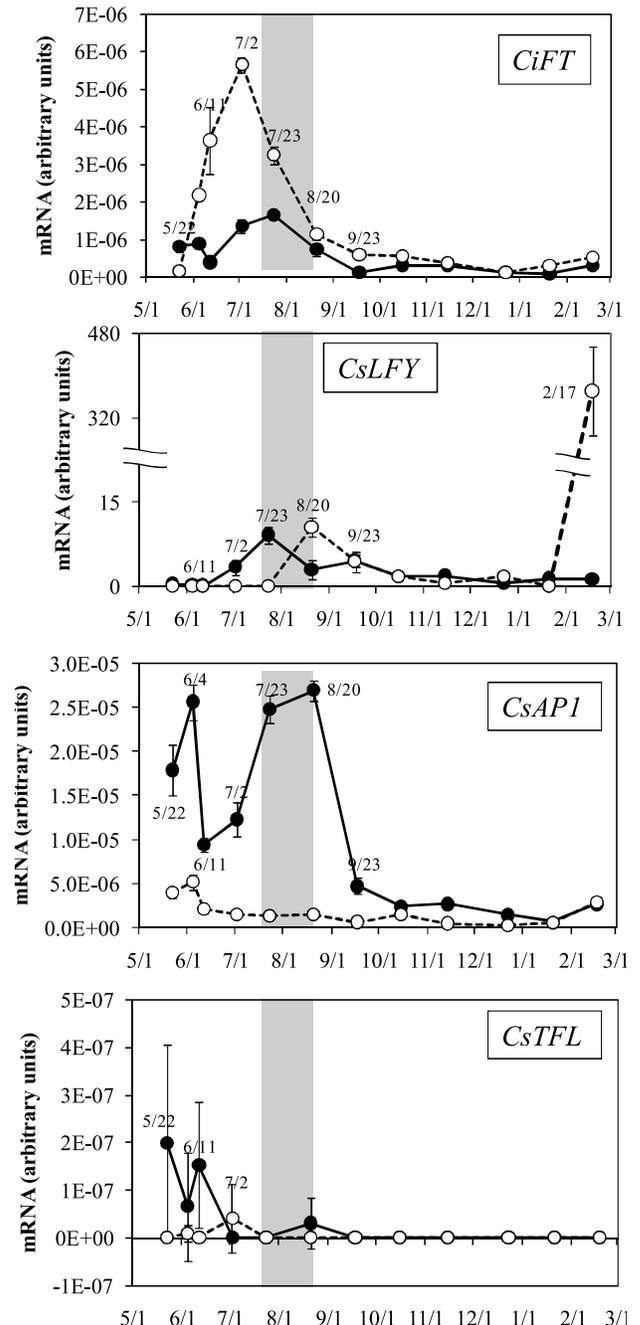


Fig. 3. Gene expression of *CiFT*, *CsLFY*, *CsAPI* and *CsTFL* of kumquat in stems (closed circle) and leaves (open circle) collected through the year. SYBR Green real-time PCR was performed with gene specific primers. Data are mean \pm SD ($n=3$). Gray zone shows the blooming period.

in the leaves, and peaked at 23 July or 20 August, respectively. After the peak, the gene expression decreased and remained at low levels until January in both tissues. In the leaves, a considerable increase was observed in the *CsLFY* mRNA levels in February. The transcript amounts of *CsAPI* showed relatively high from May to August in kumquat stems. In the leaves, *CsAPI* mRNAs were detected at low levels through the experimental period. The mRNA abundance for *CsTFL* was detected during early summer but undetected after September in the stem of kumquat. In the leaves, *CsTFL* mRNA was rarely detected through the experimental period.

In our data, initiation of floral formation and increase in *CiFT* expression in the leaves were observed simultaneously during early June in kumquat. These results suggest that the *CiFT* expressed in the leaves may influence the seasonal floral induction in kumquat. In *Arabidopsis* and rice, a photoperiod signal is received in their leaves, in which *FT* and *Hd3a* mRNA are expressed, respectively. In perennial woody species, poplar, it has been reported that photoperiod effects poplar *FT* gene expression in the leaves and that transcript amounts of poplar *FT* in the leaves peaked in July during the floral initiation period (Böhlenius et al., 2006; Hsu et al., 2006). Our results in kumquat seem to agree with those of *Arabidopsis*, rice and poplar. In the stem, the mRNA levels of *CiFT* also increased during summer although the initiation of the increase and the time at the peak were later than those in the leaves. In the previous paper, we reported that initiation of floral formation occurred along with the *CiFT* expression in the stem of trifoliolate orange (Nishikawa et al., 2009). These results suggest that *CiFT* expression both in the stem and leaves might correlate with floral induction in kumquat. In Satsuma mandarin, *CiFT* expression is induced by low temperature during fall and winter. Both the time of floral induction and of increase in the *CiFT* expression is largely different between Satsuma mandarin and kumquat. In kumquat, the *CiFT* expression seems to be regulated by factors other than low temperature since the expression increased under high temperature during summer. Therefore, these results suggest that floral induction and *CiFT* expression in kumquat may be regulated by the different factor from Satsuma mandarin.

In addition to *CiFT*, the *CsLFY* mRNA level increased during summer in the stem of kumquat. However, the tim-

ing of increase was later than that of the initiation of morphological changes in the axillary buds. In the microscopic observation, the first changes to flower organ development were observed at 4 June, during which the *CsLFY* expression in the stem remained at low level. The *CsLFY* expression in the stem was increased after 11 June, during which the stamen and pistil primordia was formed rapidly. In our previous paper, it has been suggested that *CsLFY* plays a role in flower bud development morphologically (Nishikawa et al., 2009). These results suggest that the *CsLFY* may correlate with morphological development of flower bud and less with the floral initiation in kumquat as those in other relative species.

The *CsAPI* mRNA level was high during spring and summer but low during fall and winter in the stem of kumquat. The pattern is similar to those in the stem of trifoliolate orange, which was reported previously (Nishikawa et al., 2009). This result suggests that *CsAPI* may correlate with flower bud development both in kumquat and trifoliolate orange during summer. Previously, we suggested the correspondence between the *CsAPI* expression and seasonal flowering differed between Satsuma mandarin and trifoliolate orange. In Satsuma mandarin, the *CsAPI* expression was low during floral induction and flower bud development. These results suggest that the relation between *CsAPI* and seasonal flowering in kumquat is also different from that in Satsuma mandarin.

Changes in the *CsTFL* mRNA in the stem of kumquat showed a similar pattern with those of trifoliolate orange and Satsuma mandarin (Figs.3; Nishikawa et al., 2009). The expression of *CsTFL* may be regulated by a same factor in those species. Low levels of *CsTFL* transcription is in good agreement with the role of *CsTFL* as a flowering repressor (Pillitteri et al., 2004).

In conclusion, our data showed that the *CiFT* mRNA levels in the leaves of kumquat increased from May to July and that morphological development of flower buds began to be observed in early June. The expression of *CsLFY* in the stems also increased from middle June to July, during which the pistil and stamen developed rapidly. These results suggest that *CiFT* and *CsLFY* may correlate with floral induction and/or flower bud development during early summer in kumquat. The flower blooming in kumquat occurs several times in a season. The molecular mechanism of this characteristic is still unclear from our

results. Further studies are required to understand flowering behaviors fully in kumquat.

References

- 1) Abe M., Y. Kobayashi, S. Yamamoto, Y. Daimon, A. Yamaguchi, Y. Ikeda, H. Ichinoki, M. Notaguchi, K. Goto and T. Araki. (2005) FD, a bZIP protein mediating signals from the floral pathway integrator FT at the shoot apex. *Science* 309: 1052-1056.
- 2) Böhlenius, H., T. Huang, L. Charbonnel-Campaa, AM. Brunner, S. Jansson, SH. Strauss and O. Nilsson. (2006) *CO/FT* regulatory module controls timing of flowering and seasonal growth cessation in trees. *Science* 312: 1040-1043.
- 3) Corbesier, L., C. Vincent, S. Jang, F. Fornara, Q. Fan, I. Searle, A. Giakountis, S. Farrona, L. Gissot, C. Turnbull and G. Coupland. (2007). FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of *Arabidopsis*. *Science* 316: 1030-1033.
- 4) Farrona S., G. Coupland and F. Turck. (2008) The impact of chromatin regulation on the floral transition. *Semin. Cell Dev. Biol.* 19: 560-573.
- 5) Hsu, CY., Y. Liu, DS. Luthe and C. Yuceer. (2006) Poplar FT2 shortens the juvenile phase and promotes seasonal flowering. *Plant Cell* 18: 1846-1861.
- 6) Inoue, H. (1989) Differentiation and development of flower buds in satsuma mandarins under different temperature conditions. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 58: 75-82. (in Japanese with an English summary).
- 7) Inoue, H. (1990) Effects of temperature on bud dormancy and flower bud differentiation in satsuma mandarin. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 58: 919-926. (in Japanese with an English summary).
- 8) Iwasaki, T. (1959) Studies on the differentiation and development of the flower bud in citrus. *Bulletin of Tokai-Kinki Agricultural Experiment Station of Horticulture* 5: 1-76. (in Japanese with an English summary).
- 9) Jack, T. (2004) Molecular and genetic mechanisms of floral control. *Plant Cell*. 16: S1-S17.
- 10) Jaeger, KE. and PA. Wigge (2007) FT protein acts as a long-range signal in *Arabidopsis*. *Curr. Biol.* 17: 1050-1054.
- 11) Krajewski, AJ. and E. Rabe. (1995) Bud age affects sprouting and flowering in Clementine mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *HortSci.* 30: 1366-1368.
- 12) Kobayashi Y. and D. Weigel. (2007) Move on up, it's time for change--mobile signals controlling photoperiod-dependent flowering. *Genes & Dev.* 21: 2371-2384.
- 13) Lifschitz, E, T. Eviatar, A. Rozman, A. Shalit, A. Goldshmidt, Z. Amsellem, JP. Alvarez and Y. Eshed. (2006) The tomato FT ortholog triggers systemic signals that regulate growth and flowering and substitute for diverse environmental stimuli. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103: 6398-6403.
- 14) Lin MK., H. Belanger, YJ. Lee, E. Varkonyi-Gasic, KI. Taoka, E. Miura, B. Xoconostle-Czares, K. Gendler, RA. Jorgensen, B. Phinney, TJ. Lough and WJ. Lucas. (2007) FLOWERING LOCUS T protein may act as the long-distance florigenic signal in the cucurbits. *Plant Cell* 19: 1488-1506.
- 15) Mathieu J., N. Warthmann, F. Küttner and M. Schmid. (2007). Export of FT protein from phloem companion cells is sufficient for floral induction in *Arabidopsis*. *Curr. Biol.* 17: 1055-1060.
- 16) Mouradov, A., F. Cremer and G. Coupland. (2002) Control of flowering time: interacting pathways as a basis for diversity. *Plant Cell*. 14: S111-130.
- 17) Nishikawa, F., T. Endo, T. Shimada, H. Fujii, T. Shimizu, M. Omura and Y. Ikoma. (2007) Increased *CiFT* abundance in the *stem correlates* with floral induction by low temperature in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *J. Exp. Bot.* 58: 3915-3927.
- 18) Nishikawa, F., T. Endo, T. Shimada, H. Fujii, T. Shimizu and M. Omura. (2009) Differences in seasonal expression of flowering genes between deciduous trifoliolate orange and evergreen Satsuma mandarin. *Tree Physiol.* 29: 921-926.
- 19) Notaguchi, M., Abe, M., Kimura, T., Daimon, Y., Kobayashi, T., Yamaguchi, A., Tomita, Y., Dohi, K., Mori, M. and T. Araki. (2008) Long-distance, graft-transmissible action of *Arabidopsis* FLOWERING LOCUS T protein to promote flowering. *Plant Cell Physiol* 49: 1645-1658.
- 20) Ohshima S, M. Murata, W. Sakamoto, Y. Ogura and F. Motoyoshi. (1997) Cloning and molecular analysis of the *Arabidopsis* gene *Terminal Flower 1*. *Mol. Gen. Genet.* 254: 186-194.
- 21) Pillitteri LJ., CJ. Lovatt and LL. Walling. (2004)

- Isolation and characterization of a *TERMINAL FLOWER* homolog and its correlation with juvenility in citrus. *Plant Physiol.* 135: 1540-1551.
- 22) Robles, P. and S. Pelaz. (2005) Flower and fruit development in *Arabidopsis thaliana*. *Int. J. Dev. Biol.* 49: 633-643.
- 23) Spiegel-Roy P. and EE. Goldschmidt. 1996. Biology of citrus. New York: Cambridge University Press.
- 24) Tamaki, S, S. Matsuo, HL. Wong, S. Yokoi and K. Shimamoto. (2007) Hd3a protein is a mobile flowering signal in rice. *Science* 316: 1033-1036.
- 25) Wigge PA., MC. Kim, KE. Jaeger, W. Busch, M. Schmid, JU. Lohmann and D. Weigel. (2005) Integration of spatial and temporal information during floral induction in *Arabidopsis*. *Science* 309: 1056-1059.
- 26) Yoshida, T., H. Nesumi, T. Yoshioka, H. Ieki, Y. Ito, M. Nakano, I. Ueno, Y. Yamada, S. Murase and F. Takishita. (2003) New kumquat cultivar 'Pushimaru'. *Bull. Natl. Inst. Fruit Tree Sci.* 2: 9-16.

キンカンにおける *CiFT* 遺伝子発現の季節変化

西川芙美恵*・岩崎光徳*・深町浩*・野中圭介*・今井篤*・遠藤朋子**

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

*果樹研究所カンキツ研究口之津拠点

859 - 2501 長崎県南島原市

**果樹研究所カンキツ研究興津拠点

424 - 0204 静岡県静岡市

摘 要

キンカンの花芽の発達と花成関連遺伝子との関連を明らかにするために、顕微鏡による形態観察と発現解析を行った。形態的な花芽形成は顕微鏡下で6月4日以降に観察され、雄ずいは6月18日以降に観察された。カンキツ *Flowering Locus T* ホモログ (*CiFT*) の発現は、葉で5月から7月に、茎組織では6月中旬から7月下旬に増大した。茎での発現量は葉のものより低かった。カンキツ *LEAFY* ホモログ (*CsLFY*) では、発現が茎で6月初旬に、葉では7月下旬に増大し始め、それぞれ7月下旬、8月中旬にピークに達した。我々の結果はキンカンの花成および花芽の発達の時期に茎および葉における *CiFT* と *CsLFY* の発現が増大することを示した。これらの結果は *CiFT* と *CsLFY* がキンカンの花成あるいは花芽の発達に関与していることを示唆している。

研究資料

ニホンナシ ‘あきづき’ ‘王秋’ における果肉障害発生調査報告

中村ゆり

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

果樹研究所 果実鮮度保持研究チーム

305-8605 茨城県つくば市

Flesh Disorder Investigation Report in Japanese Pear Fruit, ‘Akizuki’ and ‘Oushuu’

Yuri NAKAMURA

National Institute of Fruit Tree Science, NARO, 2-1 Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-8605

Summary

‘Akizuki’ and ‘Oushuu’ are cultivars of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai), released by National Institute of Fruit Tree Science, in 1998 and 2000, respectively. Their fruit quality is excellent, and those cultivation areas have been increased rapidly in the last few years. Recently, several symptoms of physiological flesh disorders have been reported in several areas in Japan. Therefore, a nationwide survey on the flesh disorders of those cultivars was executed. The investigation was conducted by a questionnaire method to the agricultural research organizations in administrative divisions. As a result, mainly two types of flesh disorder were seen in the past, in ‘Akizuki’ fruit. One is ‘water-soaked disorder’, characterized by a very small browning spot on the vascular bundle surrounded by water-soaked tissue. The other is ‘cork spot like disorder’, characterized by a dried cork spot on the vascular bundle and the fruit surface sinks like the dimple when the symptom occurs just below the pericarp. In ‘Oushuu’ fruit, the ‘cork spot like disorder’ was main symptom. The causes of these flesh disorders and their prevention methods were discussed.

Key words: flesh disorder, water-soaked disorder, cork spot like disorder, prevention methods

緒 言

‘あきづき’および‘王秋’は、(独)農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所が育成し、それぞれ2001年、2003年に品種登録されたニホンナシ品種である。‘あきづき’は、関東では9月下旬に成熟する中～晩生の赤ナシで、果実重は500 g前後となり、糖度は12～13%、肉質はち密で軟らかく、極めて品質良好な品種である(壽ら, 2002)。みつ症の発生も少ないとされ、‘豊水’と‘新高’の間に収穫される品種として、全国的に栽培が増加している。‘王秋’は、関東では10月下旬に熟する晩生の赤ナシで、円楕円形～紡錘形の特徴的な果形を持ち、平均果重は640 gと大きく、糖度は12%前後、肉質が柔らかく、食味良好な品種である(壽ら, 2004)。貯蔵性に富むことから、お歳暮用・贈答品向け等の特産化を目指した産地導入が進んでいる。しかし、近年、栽培が拡大するに伴い、両品種において、果肉の一部が褐変する障害の発生が報告されるようになり、早急な対策が求められている。

松田らは、石川県内で栽培されている‘あきづき’において、維管束上に米粒大より小さいコルク状の褐色えそ部を生じる果肉障害と、維管束が褐変しその周辺が水浸状となって褐色を呈する果肉障害の2つのタイプの果肉障害の発生を報告している(松田ら, 2006; 松田, 2009)。上村らは、熊本県内で栽培されている‘あきづき’において、松田らの報告と同様な2つのタイプの果肉障害に加えて、果実表面があばたのような暗緑色の凹みを生じ、その内側の果肉部がコルク状障害を併発している障害の発生について報告している(上村, 2009; 上村ら, 2009)。井戸は、鳥取県で栽培されている‘王秋’において、果肉内部に褐変・コルク化する障害の発生を報告している(井戸, 2009)。その他、茨城県においても、‘あきづき’において水浸状の果肉障害の発生が認められており、障害の発生は全国的なものと考えられる。

そのため、都府県の果樹関係の試験研究機関の協力を得て、両品種における過年度の果肉障害発生の実態について、アンケート調査を行うとともに、2009年度産の果実について障害発生の調査を行った。これらの結果について、今後の障害発生に対する対応策を開発するために、取りまとめて報告する。

謝 辞

本資料の調査を実施するにあたり、後述した試験研究機関の担当者の方々には甚大なるご協力を頂いた。また、本調査項目の策定ならびに取りまとめにあたり、当研究所の森永邦久研究管理監、ナシ・クリ・核果類研究チームの齋藤寿広チーム長をはじめとする研究員の皆様、ならびに果実鮮度保持研究チームの研究員の皆様にご協力を頂いた。記して、深謝の意を表する。

調査協力試験研究機関一覧

宮城県農業・園芸総合研究所、福島県農業総合センター果樹研究所、茨城県農業総合センター園芸研究所、栃木県農業試験場、群馬県農業技術センター、埼玉県農林総合研究センター園芸研究所、千葉県農業総合研究センター、東京都農林総合研究センター、神奈川県農業技術センター、長野県南信農業試験場、新潟県農業総合研究所園芸研究センター、富山県農林水産総合技術センター園芸研究所果樹研究センター、石川県農業総合研究センター、岐阜県農業技術センター、愛知県農業総合試験場、京都府丹後農業研究所、兵庫県立農林水産技術総合センター北部農業技術センター、鳥取県農林総合研究所園芸試験場、島根県農業技術センター、岡山県農業総合センター農業試験場北部支場、広島県総合技術研究所農業技術センター、山口県農林総合技術センター、徳島県立農林水産総合技術支援センター果樹研究所、福岡県農業総合試験場、佐賀県果樹試験場、長崎県農林技術開発センター、熊本県農業研究センター果樹研究所、大分県農林水産研究センター果樹研究所、鹿児島県農業開発総合センター果樹部北薩分場。

材料および方法

2009年7月～12月に、ニホンナシ‘あきづき’および‘王秋’の系統適応性試験に参加した都府県を中心とした34箇所の公立試験研究機関のニホンナシ担当者に対し、‘あきづき’および‘王秋’の果肉障害発生に関する調査を依頼した。調査は、両品種について、果肉障害発生の2008年以前の事例(過去事例調査)と2009年度産果実での発生状況(2009年産果実調査)について、予め設定した質問に対する回答形式によるアンケート方式とし、過去事例調査は9月に、2009年産果実調査は12月に回答を得た。過去事例調査における調査

項目は、現在の両品種の普及状況、過年度の各都府県内での果肉障害発生の有無、発生が認められた場合はその症状の特徴と発生部位、発生した年と発生頻度ならびにその年の気象の特徴、発生した園の特徴、発生樹の特徴、障害発生の特徴（障害果発生の多い枝の位置、障害果発生頻度と収穫期や果実熟度との関連、障害発生と果実形質との関連、障害発生が確認される時期）、および実施した対策技術とその効果についてとした（資料1）。2009年産果実調査においては、主に各研究機関内に栽植された‘あきづき’樹ならびに‘王秋’樹について、障害発生に対する統一した調査方法を示した上で（資料2, 3）、障害発生状況の調査を依頼した。調査項目は、発生の有無、発生が認められた場合はその症状と障害部位ならびに障害発生程度、発生樹の特徴、障害果発生の多い枝の位置、障害果発生頻度と収穫期や果実熟度との関連、障害発生と果実形質との関連、障害発生が確認される時期等についてとした（資料4）。

また、2009年10月13日には、各公立試験研究機関のニホンナシ担当者を集めて、「ナシ‘あきづき’および‘王秋’の果肉生理障害に関する検討会」を開催した。この検討会において、‘あきづき’については、9県（茨城県、栃木県、埼玉県、新潟県、石川県、岡山県、熊本県、大分県、鹿児島県）、‘王秋’については3県（鳥取県、徳島県、長崎県）の試験研究機関より、果肉障害発生の認められた果実の提供を受け、果肉障害の症状について実際に観察を行い、果肉障害に対する呼称について検討した。

結果および考察

1. ‘あきづき’における果肉障害発生状況

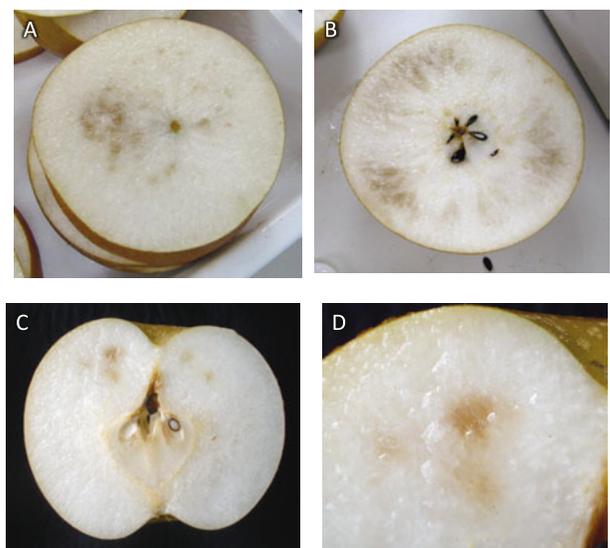
過年度（2008年以前）の‘あきづき’の果肉障害発生状況について、25の公立試験研究機関より回答が得られた（第1表）。2009年の各公立試験研究機関内に栽植されている‘あきづき’樹の果肉障害発生状況については、17都県の公立試験研究機関より回答が得られた（第2表）。その結果、‘あきづき’においては、主に水浸状の果肉障害とコルク状の果肉障害の発生が報告された。

1) 水浸状果肉障害

水浸状の果肉障害としては、維管束部分を中心とした水浸状の小斑点が発生する障害（水浸状果肉障害）が報告された（第1図）。これらの障害は、褐変を伴うものと褐変を伴わないものの両方が報告されているが、

維管束上に小褐変の発生が認められることが多い。水浸状となるニホンナシの果肉障害としては、他に‘豊水’のみつ症があるが、‘豊水’のみつ症は、ていあ部の果皮近傍の果肉内に発生が多く、境界不明瞭な水浸状症状が次第に明瞭となり、帯状に拡大するとされる（佐久間ら、1998）。一方、‘あきづき’の水浸状果肉障害は、こうあ部～赤道部での果肉内部での発生が多く（松田ら、2006）、維管束が褐変しその周囲の果肉が水浸状となる斑点状の障害である点で、みつ症とは症状が異なるものと考えられる。

過去発生事例のアンケート調査において、障害発生の多少に関わらず、過去にこのような水浸状果肉障害の発生がみられたとの回答があったのは、福島県、茨城県、栃木県、千葉県、長野県、新潟県、富山県、石川県、兵庫県、岡山県、福岡県、熊本県、大分県であった（第1表）。2009年産果実に対する調査においては、9都県の験研究機関（茨城県、埼玉県、千葉県、東京都、石川県、兵庫県、岡山県、大分県、熊本県）において、発生が報告された（第2表）。発生は全国的であり、特定の地域への偏りは認められなかった。多発事例が報告されたのは、2007年および2008年の茨城県、2008年の栃木県、2009年の石川県および兵庫県においてであった（第1表、第2表）。また、本アンケートに対する回答ではないが、石川県では2004年および2005年に、熊本県では2006年に多発事例が認められたとの報告がなされている（松田ら、2006、上村、2009）。データ数が少ないため、気象要因との関連については不



第1図 ‘あきづき’の水浸状果肉障害
A,B: 石川県農業総合研究センター（2009年）
C,D: 茨城県農業総合センター園芸研究所（2009年）

明である。これら水浸状果肉障害の発生に関して、土壌の種類や排水条件等の圃地の条件に一定の傾向は認められなかった。発生樹の樹勢については、茨城県、栃木県、兵庫県では樹勢弱、一方、埼玉県、千葉県では樹勢強としており、傾向は明らかでなかった。障害発生頻度と収穫期および熟度との関連では、水浸状果肉障害は収穫期に入ってから発生が認められ、熟度が進んだ果実に多い傾向との回答が多かった。

また、検討会において、鹿児島県から‘豊水’のみつ症のような、果皮直下から果肉内部にかけて広範囲に水浸状となり、す入りが発生した果実の提供があった。このような症状の発生は、他県からは報告されなかったが、同様の事例が果樹研究所（茨城県つくば市）内の高接ぎの‘あきづき’樹の2009年産果実において、極少数認められた（第2図）。この樹は、ヒポキシロン幹腐れ病罹病樹であり、発生がみられた果実の障害は本病害に起因する可能性もあるが、詳細は不明である。

2) コルク状果肉障害

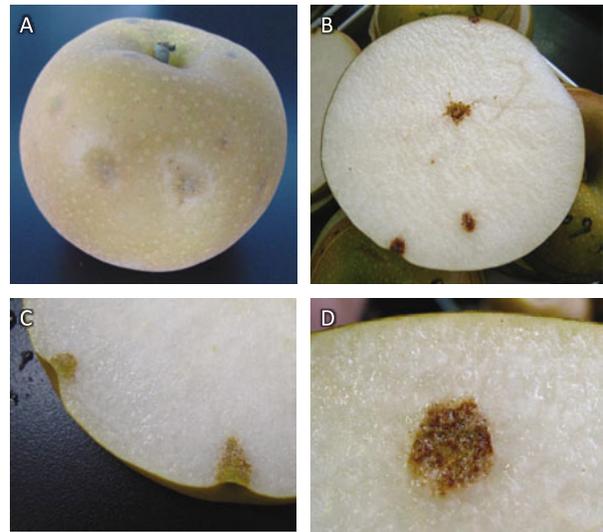
コルク状の果肉障害として、維管束部分に乾いた褐色えそ斑点を生じ、コルクが大きい場合は中空となる障害（コルク状果肉障害）の発生が報告された（第3図）。熊本県では、これらの果肉内部に発生するコルク状果肉障害に加えて、果皮があばたのような暗緑色の凹みを生じ、その内側の果肉部がコルク状となる障害（第3図）の発生も確認されている（上村，2009；上村ら，2009）。この果面の凹みを伴うコルク状の障害の発生と果肉内部に生じるコルク状果肉障害の発生には相関が認められ（上村，2009）、コルク状果肉障害が果皮直下に発生した場合にこのような果面の凹みを生じるものと推測された。これらコルク状果肉障害の発生位置は、石川県では、果実赤道部よりややいあ部側の果皮下と果実赤道部よりややこうあ部側の果肉組織で多くみられるとの報告であるが、熊本県では傾向はみ



第2図 ‘あきづき’ で認められたみつ症様症状
農研機構果樹研究所（2009年）

られないとしており、広範囲に発生するものと考えられる。

過去発生事例のアンケート調査において、多少に関わらず過去にコルク状果肉障害の発生がみられたとの回答があったのは、茨城県、埼玉県、千葉県、新潟県、富山県、石川県、愛知県、福岡県、熊本県、大分県であった（第1表）。2009年産果実に対する調査においては、14都県の試験研究機関（茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、石川県、愛知県、兵庫県、岡山県、徳島県、福岡県、佐賀県、熊本県、大分県）において発生が認められた（第2表）。多発事例が確認されたのは、2007年、2008年および2009年の熊本県であった。また、本アンケートによる回答ではないが、石川県では2005年に多発したとの報告がなされている（松田ら，2006）。データ数が限られているため、気象要因との関連については不明である。これらのコルク状果肉障害の発生に関して、土壌の種類や排水条件等の圃地の条件との関連、発生樹の樹勢や枝の種類については不明である。障害発生頻度と収穫期および熟度との関連では、収穫1ヶ月前からでも発生が認められるとの回答が石川県および熊本県からなされた。また、収穫後期になると発生果が多くなるとの指摘も複数の県であったが、これは果実肥大に伴って障害部位が拡大することによるものと考えられる。



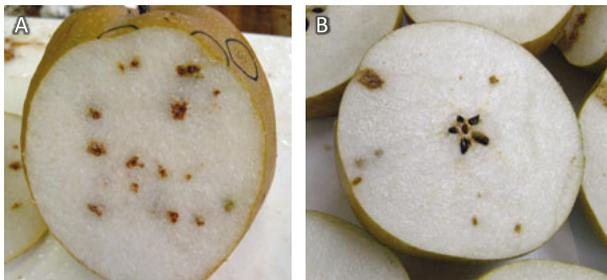
第3図 ‘あきづき’ のコルク状果肉障害

- A：果皮近傍での障害発生果実外観，農研機構果樹研究所（2010年）
- B：障害発生果実の横断面，熊本県農業研究センター果樹研究所（2008年）
- C：果皮近傍の障害部断面，農研機構果樹研究所（2010年）
- D：果肉内障害部断面拡大，熊本県農業研究センター果樹研究所（2008年）

2. ‘王秋’における果肉障害の発生状況

過年度（2008年以前）の‘王秋’の果肉障害発生状況について、21の公立試験研究機関より回答が得られた（第3表）。2009年の各公立試験研究機関内に栽植されている‘王秋’樹の果肉障害発生状況については、16都県の公立試験研究機関より回答が得られた（第4表）。その結果、‘王秋’においては、主としてコルク状の果肉障害の発生が報告された。

報告された‘王秋’のコルク状果肉障害は、維管束部分に乾いた褐色えそ斑点を生じ、コルクが大きい場合は中空となる症状で、果面近傍に生じた場合は、果皮の凹みを伴うことから（第4図）, ‘あきづき’で報告されたコルク状果肉障害の症状と同じものと推定された。発生位置について、鳥取県の報告では、赤道部よりもこうあ部に多い傾向があるものの、ていあ部でも発生するとしていることから、広範囲に発生するものと考えられる。過去発生事例のアンケート調査において、このようなコルク状果肉障害について、多少に関わらず障害の発生が過去に見られたとの回答があったのは、群馬県、埼玉県、千葉県、長野県、富山県、岐阜県、京都府、兵庫県、鳥取県、岡山県、山口県、福岡県、佐賀県、大分県であり、全国的に発生が認められた（第3表）。2009年産‘王秋’については、13府県の試験研究機関（茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県、石川県、愛知県、京都府、鳥取県、広島県、徳島県、福岡県、佐賀県、大分県）において発生が認められた（第4表）。多発事例が確認されたのは、2005年および2006年の鳥取県であり、中程度の発生事例は、2008年の富山県、2007年の京都府、2007年の鳥取県、2007年の山口県、2007年および2008年の大分県において認められ、西日本での発生が多い傾向である（第3表）。2009年産果実に対する調査では、その障害発生程度のほとんどが少であり、栽培上大きな問題となった地域



第4図 王秋のコルク状果肉障害

A：鳥取県農林総合研究所園芸試験場（2006年）
B：長崎県農林技術開発センター（2009年）

はなかった（第4表）。

データ数が限られているが、発生が多い県においては、少雨との関連が指摘されている。コルク状果肉障害の発生に関して、土壌の種類や排水条件等の園地の条件に関しては、鳥取県による調査で、黒ボク土、褐色森林土、灰色低地土のいずれの土壌においても発生は認められるが、黒ボク土での発生は少ないとしている（井戸，2009）。樹勢との関連では、中～多の発生が認められた県においては、樹勢が中～強の樹における発生が多い傾向が認められた。障害発生頻度と収穫期および熟度との関連では、鳥取県の調査では、8月下旬から目視で確認できるとの報告があり、また、京都府の回答では未熟な果実でも発生していたとの回答があった。今後、障害の発生時期については、より詳細な調査が必要と考えられた。また、収穫後期に発生が増加（佐賀県ならびに福岡県）、大玉果での発生多い（岡山県ならびに佐賀県）との指摘は、収穫期が遅くなると果実肥大に伴い障害部分が大きくなることによるものと思われる。

3. 両品種における果肉障害の特徴

‘あきづき’および‘王秋’で認められた水浸状果肉障害およびコルク状果肉障害は、‘菊水’で報告のある果肉崩壊症と類似することから、果肉崩壊症と報告される場合が多かった（松田ら，2006；上村ら，2009）。佐藤・藤原（1962）の報告によると‘菊水’の果肉崩壊症は果肉内に淡褐色の異常部位を生じ、その部分は非常に苦いとされている。また、古藤は、‘菊水’の果肉崩壊症は、外部からは障害発生がわからず、1果中に2個ないし数個の崩壊部ができるが、果実の赤道面より上部に多く、米粒から大豆粒大となり、‘菊水’では苦みを伴うとしている（古藤ら，1972；古藤，1983）。また、果肉崩壊症には、小さなえそ部の周辺が水浸状になるものとなえそ部が空洞化するものの二つのタイプがあるとし、前者を油浸崩壊症、後者を陥没崩壊症としている。‘あきづき’でみられた水浸状果肉障害は、古藤ら（1972）の提唱した油浸崩壊症、‘あきづき’ならびに‘王秋’で認められたコルク状果肉障害は陥没崩壊症と症状がほぼ一致する。‘あきづき’および‘王秋’のコルク状果肉障害の障害発生部位については苦みを伴う場合があるが（中村，未発表）、水浸状果肉障害部位については不明である。また、‘あきづき’、‘王秋’の水浸状果肉障害およびコルク状果肉障害の発生が、‘菊水’の果肉崩壊症の要因とされるハウ素欠乏によるものであるかどうかについては明らかではない。

今回のアンケート調査結果や上村(2009)の報告から、‘あきづき’で認められた水浸状果肉障害と‘あきづき’および‘王秋’で認められたコルク状果肉障害は、症状、発生部位および障害発生が確認される時期の違いから、発生要因が異なるものと推定される。古藤ら(1972)は、‘菊水’に多く認められる果肉崩壊症は陥没崩壊症であり、油浸崩壊症との関係は不明としていることから、水浸状果肉障害とコルク状果肉障害は、異なる障害である可能性が高い。

以上のことから、これら障害に対する果肉崩壊症の名称は、障害発生要因の解明や対策技術を開発する上で混乱を招きかねないことから、区別して標記することとし、‘あきづき’で観察された維管束部分を中心とした水浸状の小斑点が発生する果肉障害については「水浸状果肉障害」、‘あきづき’および‘王秋’で観察された水浸状障害を伴わない乾いたコルク状の果肉障害については「コルク状果肉障害」という呼称を提案し、2009年10月13日の検討会で了承された。また、英名については、水浸状果肉障害は、みつ症(water core)と区別するために「water-soaked disorder」、コルク状果肉障害は症状がリンゴのコルクスポットと極めて類似していることから(上村, 2009)、「cork spot like disorder」とすることを提案する。

4. 発生要因と対策技術

‘菊水’の果肉崩壊症は、ホウ素欠乏症とされ、果実のホウ素含量が16ppm以下で障害発生し、ホウ素施用によって改善するとの報告がある(古藤, 1983)。松田(2009)は、‘あきづき’の水浸状果肉障害およびコルク状果肉障害が発生した圃場から採取した果実について、ホウ素含量を分析したところ、未発生圃の果実は40ppmであったのに対し、発生圃の果実は14ppmと欠乏域にあったと報告しているが、ホウ砂施用による障害発生軽減は認められていない。上村ら(2009)は、コルク状果肉障害の発生樹の土壌、葉、果実中ホウ素含量を分析したところ、土壌はホウ素欠乏域であったが、葉では傾向が認められず、また、果実中のホウ素含量とコルク状果肉障害または水浸状果肉障害との間に有意な相関は認められないと報告している。また、上村らは、‘あきづき’のコルク状果肉障害が、リンゴの生理障害である斑点性コルクスポットに症状が類似することから、果実中のカルシウム濃度についても分析した結果、コルク状果肉障害発生と果実中のカルシウム濃度との間には有意な相関が認められたと報告している。しかし、‘王秋’のコルク状果肉障害では、ホ

ウ素およびカルシウム濃度との関連は確認されておらず(井戸ら, 私信)、障害発生とこれら元素濃度との関連については、更なる検討が必要である。

また、このような果肉障害の発生要因を考えるにあたって、要素欠乏等の土壌要因とともに、樹体の状態、特に根の状態についての検討が不可欠である。これまでに、鳥取県において土壌改良による‘王秋’のコルク状果肉障害の軽減(井戸, 2009)、石川県において生育後半の施肥によって、あきづきの水浸状果肉障害およびコルク状果肉障害の発生が軽減されることが報告されており(松田・山内, 2008; 松田, 2009)、細根量の増加による養水分吸収能の改善が障害発生防止につながるものと思われる。また、‘あきづき’の水浸状果肉障害については、環状剥皮によって増えること(松田・山内, 2008; 松田, 2009)、また、2009年10月13日の検討会において、新潟県農業総合研究所園芸研究センターから供試されたGA処理果では障害発生の増大が観察されたことなどから、障害発生を軽減するために有効な結実管理法についての検討が必要である。

今後は、関係者が情報を共有して、これらの果肉障害の発生要因を解明し、対策技術を開発することが重要である。

摘 要

1. ‘あきづき’および‘王秋’における果肉障害発生についての全国調査を実施した。調査はアンケート方式とし、公立試験研究機関を対象に行った。
2. ‘あきづき’における2009年までの果肉障害発生状況について、述べ26の公立試験研究機関より回答が得られ、主に水浸状果肉障害とコルク状果肉障害の発生が報告された。水浸状果肉障害は、維管束部分を中心とした水浸状の小斑点が発生する障害で、維管束上に小さな褐変が認められることが多かった。障害の発生が認められるのは収穫期であり、熟度が進んだ果実に発生が多い傾向があった。コルク状果肉障害は、維管束部分に乾いた褐色えそ斑点を生じ、コルクが大きい場合は中空となる症状で、果面近傍に生じた場合は、果皮の凹みを伴うものもあった。障害の発生は、収穫1ヶ月前から確認された。
3. ‘王秋’の2009年までの果肉障害発生状況については、述べ23の公立試験研究機関より回答

が得られ、主としてコルク状の果肉障害の発生が報告された。この障害は、「あきづき」のコルク状果肉障害と同じものと推定された。

4. これら2つの障害を合わせて、これまで果肉褐変障害や果肉崩壊症等の名称が用いられていたが、水浸状果肉障害とコルク状果肉障害は、発生要因が異なるものと推定されたため、区別して標記することとし、「水浸状果肉障害 (water-soaked disorder)」および「コルク状果肉障害 (cork spot like disorder)」という呼称への統一を提案した。

引用文献

- 1) 井戸亮史．2009．ニホンナシ「王秋」の果肉褐変障害．平成20年度落葉果樹研究会資料．P49-50．
- 2) 古藤実．1983．農業技術体系．果樹編．3．ナシ．生理障害と栽培技術上の重要病害虫．要素欠乏症．ホウ素欠乏．311-313．農山漁村文化協会．東京．
- 3) 古藤実・竹下純則・高橋栄治．1972．日本ナシ菊水の「果肉崩壊症」(仮称)に関する研究(第1報)．果肉崩壊症とその発生におよぼす2, 3の要因．その1．神奈川園研報．20：28-33
- 4) 壽和夫・齋藤寿広・町田裕・佐藤義彦・阿部和幸・栗原昭夫・緒方達志・寺井理治・西端豊英・小園照雄・福田博之・木原武士・鈴木勝征．2002．ニホンナシ新品種「あきづき」．果樹研報．1：11-21．
- 5) 壽和夫・齋藤寿広・町田裕・梶浦一郎・佐藤義彦・増田亮一・阿部和幸・栗原昭夫・緒方達志・寺井理治・西端豊英・正田守幸・櫻村芳記・小園照雄・福田博之・木原武士・鈴木勝征．2004．ニホンナシ新品種「王秋」．果樹研報．3：41-51．
- 6) 松田賢一．2009．ニホンナシ「あきづき」の果肉褐変障害．平成20年度落葉果樹研究会資料．P41-44．
- 7) 松田賢一・井須博史・木下一男．2006．ニホンナシ「あきづき」における果肉褐変障害の発生生態．園学雑75(別1)：55．
- 8) 松田賢一・山内大輔．2008．ニホンナシ「あきづき」の果肉褐変障害の発生に關与する栽培環境．園学研7(別2)：165．
- 9) 佐久間文雄．1988．農業技術体系．果樹編．3．ナシ．生理障害と栽培技術上の重要病害虫．要素欠乏症．豊水のみつ症．追録13号328の6-11．農山漁村文化協会．東京．
- 10) 佐藤和郎・藤原康幸．1962．梨菊水の硼素欠乏とその対策．農業及園芸37(8)：1343-1344．
- 11) 上村浩憲．2009．熊本県におけるニホンナシ「あきづき」の果肉崩壊症(仮称)の発生実態．平成20年度落葉果樹研究会資料．P45-48．
- 12) 上村浩憲・加久るみ子・岡田眞治・中満一晴・岩谷章生・榊英雄．2009．熊本県におけるニホンナシ「あきづき」の果肉崩壊症(仮称)の発生実態．園学研8(別1)：50．

あきづき	発生した圃の特徴	発生圃の特徴	障害発生の特徴				実施した対策技術とその効果
			障害発生が多い秋の種類・位置	障害果発生頻度と収穫期や果実熟度との関連	障害発生と果実形状との関連	障害発生が確認される時期	
宮城県	(所内) 施肥量: N 10kg/10a (ノルテツ) 堆肥 (現地) 土壌種類: 堆積土 圃場状態: 雑草発生 排水条件: 良好 年間施肥量(10a当り): N 20kg, P 16kg, K 10kg, Mg 0.3kg, B 0.1kg (サンシャインいわき有機)	(所内) 7年生第6回系統適応性試験品種に高接ぎ(第6回系統適応試験圃) 仕立て方: 二本主枝 (現地) 台木: 不明 中間台: 蜜甘水にマルゲリット・マリヲを接いだ樹に高接ぎ		(所内)あきづきは発芽期は平年よりも6日、開花期は平年より2~3日早まった。収穫期は平年に比べ始期が5日、盛期が9日、終期が1日遅く、やや過熟気味だったと考えられた。		(所内・現地)収穫期	
茨城県	黒ボク土壌(N:20kg/10a/年) 砂質土壌	・樹勢弱い(17年生) ・白紋羽根腐病(8年生) ・現地においては高接ぎ樹に多いといわれているが、普及センターの圃場で若木と高接ぎ樹との比較を行ったところ、果肉障害の発生に差はなかった。(H2O)		現地(普及センター圃場)においては、果肉障害の発生は収穫開始期、最盛期、終期と進むほど増加し、その障害程度は重症化となる傾向である。		収穫始期から終期まで	現地(普及センター)で機械管理改善として、敷きワラマルチ設置と慣行(敷きワラ無し)との比較を行ったが、果肉障害の発生は同程度で差はなかった。
栃木県	・やや粘土がかった黒ボク土 ・土壌硬度が高く排水がやや悪い。このため、根が地下深くまで強らず、樹勢がやや弱い。	・樹勢による差はわからない ・台木不明 ・樹勢がやや弱い樹で発生が多い?		・障害果は、着色が早く収穫が早い果実が多い。 ・収穫が遅れた(色がまわった)果実で障害程度が大きい。		・収穫が早い果実。袋付玉でも見られる。 ・収穫前半に多い。 ・色が回った果実や収穫が遅れた果実	・現在、発生要因について検討中(樹体・果実等の温度条件等)
群馬県	・所内は沖積土壌で暗黒敷設しており排水は良好、年間施肥量は窒素で27kg程度 ・現地では、沖積土壌で暗黒敷設有りで年間窒素量は若木圃なので、20kg程度	・所内の樹齢は8年生の若木と13年生の成木があるが、発生量に差はない。 ・現地での発生例は、4年生の若木(着果2年目)で樹勢は強勢		・所内コルク果は196未満 ・現地苦み果は全果解体していないので不明		収穫時	
千葉県	土壌: 黒ボク土 排水: 良好 年間施肥量: N、P205、K20各20kg	樹齢: 16年 台木: マメナン 樹勢: やや強		収穫が遅くなるほど、また果皮の着色が進むほど発生が多くなる傾向がある。	健全果と障害果とで、同一の果色では果重、比重、硬度、糖度に有意な差は認められない。	9月中下旬頃	
東京都							
神奈川県							
長野県							
新潟県	圃場研究センターほ場は、砂質土、排水良好、N:18kg,P:12kg,K:16kg	・圃場研究センターの「あきづき」は17年生、マメナン台木、樹勢はやや強い ・交雑系統(あきづきの後代)では、中間台が準水、量水、あきあかり(高接ぎ4年目)の樹(圃)で発生が多く、中間台が新高、新興の樹(圃)では発生が少ない傾向がみられる。交雑系統の収穫時期が9月下旬であり、準水、量水、あきあかり中間台の場合は中間台品種収穫後に交雑系統の果実比が急激に高まることに関係しているのではないかと?				収穫盛期	
富山県	【土壌の種類】 中粗粒灰色低地土 【排水条件】 良好 【年間施肥量(10a当たり)】 N: 16.8kg, P: 13.7kg, K: 15.2kg	【樹 齢】 15~17年生樹 【台 木】 マンシュウマメナン 【樹 勢】 中		障害の発生は収穫初期に多い傾向にあり、収穫盛期以降の発生は少ない。 ・糖度との関係は未確認。			

あきづき	発生した圃の特徴	発生樹の特徴	障害発生の特徴				実施した対策技術とその効果
			障害発生が多い秋の種類・位置	障害発生頻度と収穫期や果実熟度との関連	障害発生と果実形状との関連	障害発生が確認される時期	
石川県	金沢市現地ほ場 黒ボク土壌 農研センター 黄色土壌、排水やや不良、年間施肥量30kg N/10a程度	金沢市現地ほ場 新水中間台 高接ぎ4年生樹 農研センター マンシュウマメナシ台13年生樹		満開後152日目に収穫した果実を調査した結果、水浸状障害は地色値が大きくなると発生割合が高くなった。地色値4.0の発生率は地色値3.0の1.7倍の71%となった。		【コルク状障害】 ・収穫約1ヶ月前から確認できた(内部硬質調査) 【水浸状障害】 ・収穫前の調査では確認できなかった。	【ハウス資材の施用】 ・ハウス砂の2kg/10a土壌施用(3/31に1回)、ハウス砂0.2%液の葉面散布(4/28、5/28、6/27の3回)をしたが、効果は見られなかった。 【生育後半の施肥】 ・黒ボク土壌地で収穫まで養液(N:50ppm)を供給する区と、満開後71日から灌水のみとする区で比較した結果、果肉障害の発生割合は収穫まで養液を供給する区が灌水区より低かった。 【環状はく皮の影響】 ・満開47日後に環状はく皮を行うと果肉障害の発生割合が増加した。
岐阜県							
愛知県				関連なし		収穫期	
京都府							
兵庫県	砂壌土 やや排水不良(造成地であるため、地下30~60cmあたりにちり層が一部にある) 成木施肥量(10a) N:15kg、P:10kg、K:8kg	樹齢:7年生 台木:満洲マメナシ 樹勢:やや弱い		収穫時期が遅くなると障害が多い			
鳥取県							
岡山県	不明(同一条件なし)			発生頻度は微 収穫期と熟度については不明		成熟期	
山口県							
徳島県							
福岡県	(所内圃場) 砂壌土、排水良好、年間施肥量N-P-K 22.2kg:15.0kg:20.5kg(10aあたり) (環地) 壌壌土、排水は良好、	(所内圃場) 16年生、マンシュウマメナシ台、樹勢はやや落ち着いている。 (環地) 3年生15本、マンシュウマメナシ台、樹勢は中庸。	特に傾向は無し	(所内圃場) 収穫後期に発生増加。 (環地) 収穫後期に増加	特に傾向無し。	収穫後期	(所内圃場) 特になし。 (環地) 収穫をやや早めた。
佐賀県							
熊本県	(所内圃場) 軽壌土 環地ほ場(多発圃の傾向) 1) 日当たりがよい(西日がある) 2) 排水が良く、乾燥しやすい圃地	(所内) 平成20年度において8年生、17年生、どちらの樹にも発生あり。コルク状障害は8年生樹の方が発生頻度が高い。8年生樹の方が17年生樹より樹勢が強い。	コルク状障害、水浸状障害ともに果実後、収果後による発生頻度の違いは認められなかった。	収穫時期が遅くなると症状は進行する傾向にあった。		8月下旬には果実表面に凹みを確認(2008年)。	
大分県	(所内) 土壌 褐色森林土重壌土 排水条件 やや不良 年間施肥量 N=24kg、P=17kg、K=18kg 土壌管理法 雑草草生	(所内) 樹齢 14年生 台木 マンシュウマメナシ 樹勢 中~強		・ミツ硬は、果実熟度の進んだ果実に発生が多い。 ・空洞果での関連は不明		・空洞果は、収穫時点になり判明	

第2表. 'あきづき' 果肉障害発生調査 (2009年)

あきづき	調査地	満開日	収穫期			袋掛けの有無	発生有無	症状	障害部位		発生頻度	障害程度割合			本年の気象の特徴
			始	盛	終				垂直方向	水平方向		水浸状障害	コルク状障害	両方	
宮城県	所内	4/22	9/16	9/24	9/29	無袋	無								
茨城県	所内	4/18	9/11	9/18	9/25	無袋	有	・水浸状、コルク状、同一果実には水浸状とコルク状が混在する。 ・水浸状の小斑点、水浸状を呈した褐色小斑点、水浸状でない褐色小斑点が1~2個から無数まで混在する。 ・障害程度が低いものは、赤道部より上部のこの部分に多くみられる。 ・障害程度が高いものは、この部分から赤道部や果肉全体に及ぶ。 ・コルク状障害は果肉内から果皮に近い部分にみられる。1つの果実では1~2個程度(たまご大~小豆大)でも障害程度は低かった。	この部分付近	果肉	33%	少(12)% 中(6)% 多(8)% 障害部分の混在	少(21)% 中(0.2)% 多(0)% 障害部分の混在	両方: 1.2% 程度 障害部分の混在	5月の平均気温が高かった。 上旬17.5℃(平年15.2)、中旬18.0℃(15.9)、下旬18.0℃(17.5) 7月中旬、8月中旬、9月の降水量が非常に少なかった。 7月中旬1mm(平年53)、8月中旬0mm(40)、9月12mm(194)
群馬県	所内	4/14	9/14	9/24	9/28	無袋	有	・コルク障害の極微細な症状が、60果調査中1果(1.6%)で発生した程度で問題にならない。	赤道部		1.6%	少(100)% 中(0)% 多(0)%		生育初期4月~6月 平均気温: 平年より0.4~1.8℃高かった。 降水量: 4月は平年の139%と多めで、5月6月は56~77%少なめ。 生育中期7月~8月 平均気温: 平年に比べ-0.1~-0.7とやや低め。 降水量: 7月111%とやや多、8月83%とやや少なめ。 生育後期9月~10月 平均気温: 9月-0.3℃、10月0.4とほぼ平年並み。 降水量: 8月平年の14.2%と非常に少なく、10月は139%と多かった。	
埼玉県	所内、現場(生産は所内、調査は所内及び蓮沼町)	4/12	9/7	9/11	9/18	無袋	有	・同一果実には水浸状とコルク状が混在。 ・所内では、採り始めの摘み玉に僅かにコルク症状が見られ(2/30果)また、収穫後に僅かに見られた(5/108)。 ・現場産木5年生産では、4回に分け収穫し、それぞれ2/51、4/80、5/56、11/83のコルク状発生があったが、症状は軽微であった(収穫後半に発生頻度は高まる傾向)。	この部分付近	果肉	54%	少(17)% 中(10)% 多(17)% 程度。 障害部分の混在	少(24)% 中(7)% 多(7)% 程度。 障害部分の混在	少(0)% 中(0)% 多(10)% 程度。 障害部分の混在	3月~4月上旬中旬の開花期の気温は高く推測し、開花期は5日程度早かった。開花後5月上旬中旬の気温が高く、初期肥効は良かった。7月上旬及び月下旬から8月上旬にかけて、気温はやや高いが日射量が極端に少ない時期が続いた。降水量は、8月はやや少なく、9月は極端に少なかった。
千葉県	所内	4/11	9/4	9/11	9/24	無袋	有	水浸状	この部分付近	果肉	11%	少(90)% 中(10)% 多(0)% 障害部分の混在	少(100)% 中(0)% 多(0)% 障害部分の混在	・気温: 日平均気温は平年(1971~2000年)に比較し5月は1~2℃高く、6月下旬から7月中旬は1~2.5℃高く、8月上旬から9月中旬は平年並みから2℃低かった。 ・降水量: 旬ごとに見ると、6月下旬と8月上旬は100mmを越え暑く多く、6月中旬、7月中旬、8月中旬、9月上旬は20~4.5mmと暑く少なく、極端であった。5月から9月の間の累積量は765mmで平年に比較し約86mm多かったが、8月中旬から9月下旬の間は146mm少なかった。 ・日照時間: 7月下旬は平年に比較し明らかに多かったが、5~9月の累積は120時間程度少なく、特に8月上旬は暑く少なかった。	
	所内(青箱)	4/13	9/7	9/11	9/18	無袋	有	・水浸状 ・この部分あるいはこの部分にみつけば1程度のうっすらとした放射状のみつて発生した果実が53%認められた	この部分付近	果肉	13%	現地 少(89)% 中(0)% 多(14)% 程度。 障害部分の混在			
東京都	所内		8/28	9/11	9/14	有袋	有	水浸状、コルク状	傾向なし	傾向なし	8%	少(20)% 中(0)% 多(20)% 程度。 障害部分の混在	少(40)% 中(0)% 多(0)% 程度。 障害部分の混在	平均気温 6~9月平年並み 最高気温 8月(平年比-1.7℃)、7月(同-2.3℃)、8月(同-2.3℃)、9月(同-2.7℃) 最低気温 8月(平年比+3.4℃)、7月(同+3.3℃)、8月(同+2.4℃)、9月(同+1.4℃) 降水量 6月平年並み、7月(平年比52%)、8月(同78%)、9月(同8%)	
石川県	所内	4/18	9/17	9/24	10/1	無袋	有	水浸状、コルク状、混在する場合もあり	赤道部	果肉	66%	少(21)% 中(12)% 多(27)%	少(0)% 中(-1)% 多(-1)%	少(1.6)% 中(-1)% 多(-1)%	3月下旬、4月下旬に気温が低い日が続いたが、その後は3月から7月まで概ね平年より気温は高かった。8月に入り一気に気温が低くなり、10月上旬まで平年より低い傾向であった。降水量は、7月から8月上旬にかけて肥効的な大雨が降った。日照時間は7月下旬から8月まで平年に比べかなり少なかった。
岐阜県	所内	4/9		9/18		無袋	無								
愛知県	現場(愛知県豊田市の建設地)	4/12	9/2		9/20	無袋	有	コルク状 今年度は、果皮の凹み、果皮直下のコルク化がほとんどである。	傾向なし	傾向なし	2%	少(17)% 中(8)% 多(38)% 障害部分の混在		平均気温は、やや高めで推移した。特に4月の平均気温が高かった。 5月~8月の降水量は、平年値の145%であった。ただし、4月、9月の降水量は平年より少なかった。 5月~6月の日照時間は、平年値の120%であったが、7月~8月の日照時間は82%と少なかった。	
兵庫県	所内	4/17	9/16		9/24	有袋	有	水浸状	傾向なし	傾向なし	6%	少(67)% 中(33)% 多(0)% 障害部分の混在		月 平均気温(平年上の差) 降水量(平年対比%) 5月 0.10℃ 59% 6月 0.53℃ 91% 7月 -0.17℃ 181% 8月 -1.41℃ 182% 9月 -0.64℃ 53% 5、6月は平均気温がやや高く、降水量が少なく推移した。 7、8月は平均気温が低く、多雨であった。	

あきづき	土壌条件	発生樹の特徴					発生状況					発生時期	その他	
		樹齢	樹勢	台木種類	高接ぎかどうか	中間台種類	発生の多い枝の種類	発生の多い位置	発生の多い収穫時期	発生の多い果実の熟度	発生の多い果実の大きさ			発生の多い果実の糖度
宮城県														
茨城県	黒ボク土壌、排水良好、施肥はN:20kg/10a/年	18	中	マメナシ	いいえ		短果枝	先端部	盛期	過熟	傾向なし	高		水浸状障害は収穫始期から終期までみられ収穫時期による発生の差はみられないが、コルク状障害は収穫時期に多くみられる傾向であった。 *環状は皮処理は果肉障害の発生をやや助長した。 *透光処理を行った樹と無処理での果肉障害発生程度に差はみられなかった。 *断根処理は果肉障害の発生をやや助長した。 *夏期に新梢せん除した樹は水浸状障害果実が多く発生し、障害程度が高かった。 *収穫時期が遅く、熟度が進んでいるほど果肉障害果数の割合が高かった。特にコルク状障害についてはこの傾向が強かった。 *果そう葉数と果肉障害発生との関係は明らかではなかった。 *枝幹と果肉障害発生との関係は、短果枝に比べて長果枝の障害発生割合は低かった。
群馬県	土壌：淡色黒ボク土、土壌は深く、排水良好、施肥：年間施肥量 N-P-K 約12-10-12kg/10a	8	強	ヤマナシ	いいえ			傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし			
発生の見られた現地高接ぎ園														
埼玉県	沖積土壌地帯で暗渠は敷設済み。施肥は果実標準と同等には異なるない(年間葉面施肥量25~30kg/年、堆肥含む)。	長十郎36年生→豊水31年生→あきづき9年生	中	不明	はい	豊水	両方	先端部	終	過熟	傾向なし	傾向なし	収穫期後半	*外観の凹みの有無とコルク症状の発生には相関関係があると思われる。 *凹み症状は、本年、豊水、新撰でも報告があったが、果皮直下のコルク症状は見られなかった。 *水浸状障害の発生は、石川県との報告とおり、若木より高接ぎ樹で見られ、収穫期後半の過熟気味の果実に発生していると思われる。 *本県では、収穫期後半の軟化果の発生に注意するために、前半は赤くしてから収穫し、中後半は若干色かぬけた果実まで収穫するよう指導している。そのため、水浸状障害によるクレームは今のところ報告されていない。
千葉県	土壌：黒ボク土 排水：良 施肥条件：10a当たり年間施肥量(kg)N、P、K各20 現地土壌種類：黒ボク土 排水条件：良好 施肥条件：10a当たり年間施肥量(kg) N 22.0 P 20.4 K 12.4	10	弱	マンシュウマメナシ	高接ぎ	「鉄水」に高接ぎ後5年	不明	不明	終	傾向なし	傾向なし	傾向なし		
東京都	土壌種類：黒ボク土 排水条件：良 施肥条件：N 19.0kg P20.5 18.0kg K20 18.0kg (10aあたり)	5	中	マンシュウマメナシ	高接ぎ	幸菊			盛、終	過熟	傾向なし	高		
石川県	黄色土壌、排水やや不良、年間施肥量30kgN/10a程度	17	中・弱	マンシュウマメナシ	いいえ		不明	不明	盛・終	過熟	傾向なし	傾向なし		
岐阜県														
愛知県	粘土質土壌、乾燥ぎみ	8	中	不明	高接ぎ	長十郎	短果枝栽培であり、長果枝の果実サンプル無し	不明	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし	8月下旬(曇天が気づいた時期であり、真の発生とは限らない)	
兵庫県	砂壌土 やや排水不良(造成地であるため、地下30~80cmあたりに密層が一部にある) 成本施肥量(10a) N:15kg,P:10kg,K:8kg	8	中	マンシュウマメナシ	いいえ			終	傾向なし	傾向なし	傾向なし		収穫の後半に障害果がみられるが、果皮色に傾向は見られない	

あきづき	調査地	満開日	収穫期			袋掛けの有無	発生有無	症状	障害部位		発生頻度	障害程度割合			本年の気象の特徴
			始	盛	終				垂直方向	水平方向		水浸状障害	コルク状障害	両方	
岡山県	所内	4/13	9/24	10/9	10/15	有袋	有	・水浸状、コルク状 ・コルク状障害については果肉内部亀裂から端を 発したものが多く発生した。 ・水浸状障害は維管束周辺部の細胞から広がっ て見えた。	傾向なし	傾向なし	水浸状 1.7%と コルク状 1.7%	少(1.7)% 中(0)% 多(0)% 障害部分 の補定無	少(1.7)% 中()% 多()% 多()% 障害部分 の補定無		夏季の雨量が多かった。
広島県	所内	4/8	9/14	9/18	9/28	無袋	無								
徳島県	現地(徳島県海部郡上笠町神宅字東山145)	4/7	8/31		9/11	無袋	有	コルク状 水浸状の障害は確認できなかった。コルク状につ いても前年者への聞き取りにおいて、発生は確認 されていなかった。 今回の調査により、調査果実が少ないため判断と しづらいが、発生頻度は低い。また、山地での導入 がほとんどないため、山地でも問題視はされてい ない。	傾向なし	果肉	5% (2果/ 40果)		少(2.5)%、 中(2.5)%、 多(0)%程度 障害部分 の補定無	少(2.5)%、 中(2.5)%、 多(0)%程度 障害部分 の補定無	
福岡県	所内	4/3	8/2	8/7	9/14	無袋	無	・果肉障害はコルク状障害のみ認められた。コルク 状障害の大きさは、最大のもので直径大(長さ 5mm未満)であり、1果あたりの障害箇所数も5個以 下であった。 ・果実に認められたコルク状障害のうち50%がこ うあぶと赤道部の中間付近に認められた。 ・果実は収穫始期から終期にかけて果実重が大 きくなり、硬度は高く、硬度は低くなった。また、地 色の着色が進み、コド反応が低下する傾向が 見られた。コルク状障害は、収穫終期にかけて発 生割合が高くなる傾向にあり、コルク状障害が認 められた1果実あたりの障害箇所数も増加する傾 向が見られたものの、有意な差はなく、商品性に 影響するものはほとんどみられなかった。	こうあぶ 付近・赤 道部	傾向なし	13.3%		少(100)% 障害部分 の補定有		本年は開花前の気温が高く、開花が10日程度早く なった。その後も気温は平年より高めで推移したが、 梅雨明けが遅く、7月下旬には豪雨に見舞われ気温 も平年より低下した。8月から収穫期にかけては、気 温は平年より高く、降水量も少なく土壌はやや乾燥気 味であった。
佐賀県	現地(佐賀県伊万里市)	4/4	8/31	9/4		無袋	有	・コルク状障害。かなり軽微な症状で、1mm以下の 薄く茶色い点が1~2ヶ所ほどとある程度。 ・商品性には全く問題ないものと思われた。	赤道部	果肉	5%		少(100)% 障害部分 の補定有		本年は梅雨明けが遅く(7/28)、7月下旬の降水量が 例年になく多かった。8月下旬から収穫直前にかけて は降雨が軽微に少なかった。 7月中下旬の気温は平年よりも低く推移した。8月以 降は上下があったものの概ね平年並みであった。
熊本県	所内	3/29	9/10	9/16	9/23	有袋	有	・水浸状、コルク状、同一果実に水浸状とコルク状 が混在する。 ・コルク状障害の発生した果実の割合が一番高 かった。 ・大きな大きいコルク状障害が昨年より少な かった。	こうあぶ 付近・赤 道部	果皮直下 ・果肉	87.8%	軽(11.0)%、 中()%、 重()% 軽(4.9)%、 重(3.7)% 程度 重(78.8)%、 障害部分 の補定有	軽(35.4)%、 中(28.7)%、 重(22.2)% 程度 重(15.7)%、 障害部分 の補定有	軽(8.0)%、 中(8.2)%、 重()% 重(4.0)%程度 障害部分 の補定有	生育前半(開花~幼果期:4~5月)は降雨少なく多日 晴、気温は4月~6月とも中旬が高く、気温の上下動が 大きかった。 生育中期(幼果~果実肥大期:6~7月)は6月下旬と 7月下旬に集中豪雨があったが、降水量、日照量は 平年並であった。梅雨明けが8月4日で平年より17日 遅かった。気温は6月中旬が高く、7月下旬が低く推 移した。 生育後半(果実肥大期~成熟期:8~9月)は少雨多 日照で気温は高めに推移した。
大分県	所内	4/1	9/15	9/15	9/25	無袋	有	水浸状、コルク状	ていあぶ 付近	果皮直下	35%程 度(収穫 後期) 少(9)%、 中(3)%、 多(1)%程 度 (収穫通 期)	(収穫後期) 少(9)%、 中(1)%、 多(0.1)%程 度	(収穫後期) 少(8)%、 中(1)%、 多(0.1)%程 度		2月の暖冬により開花期の前進化が進んだが、3月下 旬から4月上旬に低温、降雨など開花期の天候は不 順であった。 5、6月にかけて降水量が少なかったが、7月から8月 中旬まで降水量が多くなった。収穫期の9月は、下旬 まで晴天が多く、降水量がきわめて少なかった。

あきづき	土壌条件	発生樹の特徴					発生状況						その他	
		樹齢	樹勢	台木種類	高接ぎかどろか	中間台種類	発生の多い枝の種類	発生の多い位置	発生の多い収穫時期	発生の多い果実の熟度	発生の多い果実の大きさ	発生の多い果実の糖度		発生時期
岡山県	第三紀層粘質土、やや不良、窒素成分16kg/10a/年	17	中	不明	高接ぎ	ラ・フランス	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	
広島県	土壌条件：褐色森林土 排水条件：列間に暗渠排水を埋設し、強制排水を行っている 施肥条件：窒素成分で年間30kg/10a、時期は12月下旬、3月上旬、6月上旬、9月上旬	17	中	不明	いいえ		未調査	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし	不明		
福岡県	砂壤土、排水良好 年間施肥量N-P-K 22.2kg:15.0kg:20.5kg(10aあたり)	9	強	マンシュウマメナシ	いいえ			終	過熟・過熟	傾向なし	傾向なし			
佐賀県	第三紀層砂壤土、排水良好	7	強	不明	いいえ			傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし			
熊本県	経堆土ほ場に砂壤土を50cm程度の厚みに客土。排水良好。堆肥を連年施用	9(調査は9年生樹で行ったが、18年生樹でもコルク状障害発生あり)	強	不明	いいえ		どちらにも発生が多く、現時点では傾向不明	収穫始期は少なく、盛～終期は多くなる傾向にあった。特に「善」は収穫終期になるにつれ発生割合が高くなる傾向にあった。	傾向なし	程度差(多)のものは大きな果実に多い傾向があった。	傾向なし	8月中～下旬	「王秋」にもコルク状障害の発生が見られた。 過去のデータでは、コルク状障害は「豊月」にも多発していた。	
大分県	重粘土状であり、排水は不良。 経年草生栽培。 施肥条件は、N:P:K=10:7:8	15	強・中	マンシュウマメナシ	いいえ		短果枝	盛・終	過熟	傾向なし				

王秋	普及状況	昨年度までの発生の有無		症状の特徴	発生部位	類似障害がみられる品種	発生した年と発生頻度、その年の気象の特徴(降水量・気温)					
		a 所内	b 現地				2008	2007	2006	2005	2001	
							発生頻度 気温 降水量	発生頻度 気温 降水量	発生頻度 気温 降水量	発生頻度 気温 降水量	発生頻度 気温 降水量	
岡山県	1		有	・10m以下の不整形のコルク状の病変となる(亀裂が入った障害も発生)。	・1果実中の不特定箇所点状に発生する。 ・果肉部分に発生し、障害は果皮に到達していない。	晩三吉、シルバークラウン	微 気温:8月高温 降水量:8~9月少雨					
山口県	50		有	・果肉にコルク状で2~3mmの障害が2~3個あるものが多い年で1割程度は発生した。 ・多発した年では、果面がややくぼみ果皮直下にコルク化した障害のものが一部(2,000果中30果程度)発生した。	・果芯と果皮の中間部位で、赤道部よりやや果梗に近い部位で発生した。	遅地の、発生の多かった庄場では、前作の晩三吉でも障害果の発生が多かった。	微 気温:7月~9月の気温高 降水量:7月~8月中旬までの降水量少	中 気温:生育初期および8・9月の気温高 降水量:生育初期および9~10月の降水少	微 気温:平年並み 降水量:梅雨期の降水量多	微 気温:平年並み 降水量:生育初期に少なく、梅雨時期多く、梅雨明け後少雨		
徳島県	0	無										
福岡県	10	有(複数発生)	有	(所内園場) ・米粒大のコルク状障害が1果当たり最大で3個発生。 ・みづ症も見られるが同時発生のは少ない。 (現地) ・コルク状の障害。外観での判別不可能。	・所内園場、現地とも発生部位に傾向はない。	「晩三吉」の障害に似ているが、それよりひどい(A担当者の意見)	所内 微 現地 中	所内 微 現地 多				
佐賀県	200	有	有	・果肉内部に2mm程度のコルク状の障害が多数散在	・果肉全体に散在 方向は関係なし	・曇月(毎年発生。被害程度も甚大)						
大分県	0	有		・コルク状の病変症状		灌水	中 気温:5~6月低温、梅雨明け早く 夏季高温 降水量:6~6月降水量多、以降降雨少なく乾燥気味	中 気温:6月以降高温 降水量:7月上旬に集中的な降雨、水量多、以降降雨少なく乾燥気味				

王秋	発生した園の特徴	発生樹の特徴	障害発生の特徴					実施した対策技術とその効果
			障害発生の多い枝の種類・位置	障害果発生頻度と収穫期や果実熟度との関連	障害発生と果実形状との関連	障害発生が確認される時期	その他	
岡山県	年間窒素施肥量:16kg/10a 程度	5年生 マメナシ台 + 二十世紀中間台 # + 夏宕中間台 # + 新高中間台 で発生した(他の組合せは不明)。 樹勢は強勢		2008年は収穫果の半分が発生した生産者がある。 収穫期・熟度の違いについては不明。	「果実頻度と発生の有無については無関係のようである」 「大きい果実が多い」と生産者は述べている。	成熟期		
山口県	・粘質土 ・排水はやや不良 ・年間窒素施肥量は約20Kg	・平成14、15年植栽 ・台木は、北支豆ナシ ・樹勢は、中からやや強い	・徒長枝の立つような部位に多いと感じる。	ほぼ一斉収穫のため明らかなでない。	特に認められない。	8月いっぱいには認められない。	・植栽後、灌漑ロータリーにより、3年に1回樹の片側を深耕している。 ・果実は、700~800g程度の果実となる。	・2006年は多く発生したため、短果枝中心の着果を促した。2007年は発生認められなかった。
鹿児島県								
福岡県	(所内圃場) 砂壤土、排水良好、年間施肥量N-P-K 22.0kg:18.0kg:20.0kg(10aあたり) (現地) 水田転換圃(60~80cmが客土層)、堆肥土。‘豊水’との混植であるため施肥は‘豊水’と同じ。	(所内圃場) 16年生、マンシュウマメナシ台、樹勢はやや落ち着いている。 (現地) ‘豊水’との混植。 苗木から育成樹(マンシュウマメナシ台)、高接ぎ樹(中間台‘豊水’)どちらも発生。	所内圃場、現地とも枝の種類に傾向はない。	(所内圃場) 収穫後期に障害果が多い傾向。 (現地) 収穫前期から発生が見られるが、収穫後期の方が程度がひどい。	(所内圃場) みづ症の発生とコルク状障害の間に関連性は見られず、発生要因は同一ではないと思われる。発生果実数が少なく着実な差はないが、果実の大きいものでコルク状障害が多く見られた。	(所内圃場) 収穫全期間で発生が見られるが、程度は収穫終盤に多くなる傾向がある。		(所内圃場) 特になし。 (現地) 2008年11月頃、断根処理を行い細根の発生を促した。えき花芽、1年目の短果枝に着果した果実は摘果し、2年生以上の短果枝に着果させた。効果は今年度の果実品質で確認。
佐賀県	・耕土の強い乾燥しがちな圃場で発生傾向	・若木で発生が多い傾向 ・高接圃よりも苗木圃で多い傾向	・腋花芽で発生多	・収穫が遅れるほど発生が多い傾向	・大玉果で発生多		・果実にジベレリン処理を行った樹で発生がみられる(無処理樹では発生なし)	・新梢管理 ・かん水で土壌乾燥防止 ・短果枝中心に着果
大分県	所内 土壌 褐色森林土重粘土 排水条件 やや不良 年間施肥量 N・P・K=24・17・19kg 土壌管理法 雑草草生	樹齢 14年生 台木 マンシュウマメナシ 樹勢 中~強						

王秋	調査地	満開日	収穫期			袋掛けの有無	発生有無	症状	障害部位		発生頻度	障害程度割合			本年の気象の特徴
			始	盛	終				垂直方向	水平方向		水浸状障害	コルク状障害	両方	
鳥取県	所内	4/12	10/25	11/10	11/20	無袋	有	・果心部にコルク状、アンコ状の障害が入る果実が若干みられた。	こうあ部付近	果肉、果心	8.25% (5/80果)	少(100)% 障害部分の補完無		・気温:4月中旬~8月中旬、7月上旬は平年並み、7月下旬からは平年から低く推移。・降水量:4月~6月上旬は少。6月下旬~7月は平年より多かったが、8月中旬~少になった。	
	浜地(大山区)	4/12	10/28	11/10	11/20	有袋	有	・果心部にコルク状、アンコ状の障害が入る果実がみられた。	こうあ部付近	果肉、果心	28.3%(17/60果)	少(100)% 障害部分の補完無			
岡山県	所内	4/15	11/16	11/16	11/16	有袋	無				無				
広島県	所内	4/8	10/20	10/22	11/5	有袋	有	コルク状	こうあ部付近	傾向なし	不明	少(80)% 中(60)% 多()% 程度 障害部分の補完無		・気温は、1月前半は、平年に比べて低く、その後、3月中旬までの期間は、平年に比べて高かった。 ・開花前の4月上旬を除き、発生・展葉期および開花期は、低かった。その後は、寒暖を繰り返して、新梢停止期以降は、最低気温を除き、全般的に低めに推移した。 ・降水量は、開花期の4月下旬を除き8月下旬まで少なく、7月が多雨で、収穫始期は、降水量が多かったが、その後は、平年並みから漸減状態であった。 ・日照時間は、全般的に平年並み以上で推移し、7月下旬から1か月間は少なく、収穫始期から多かった。	
徳島県	所内、浜地(徳島県板野郡上板町神宅字東山145)	4/9				9/28、シンクイ被害のため、収穫適期より早めに収穫	無袋	有	・水浸状の障害は確認できなかった。 ・コルク状についても、前年者への聞き取りにおいて、発生は確認されなかった。 ・今回の調査により、調査果実が少ないため偶然としないが、発生頻度は低い。また、産地への導入が殆どないため、産地でも問題視はされていない。	傾向なし	果肉	17.5%	少(10)% 中(5%) 多(0)% 程度 障害部分の補完有		
福岡県	所内	3/31	10/22	10/29	11/6	有袋	有	・果肉障害はコルク状障害、みつ症が認められた。コルク状障害の大きさは、最大のもので小豆大(長さ5mm以上10mm未満)であったが、半数以上は鈴豆大(長さ1mm未満)であった。1果あたりの障害箇所数は最大4箇所であった。一部の果実ではみつ症も認められた。 ・コルク状障害はこうあ部からいあ部にかけてどの部位でも認められたが、赤道のやや上部付近に発生が多い傾向があった。 ・「王秋」果実は、収穫始期から成熟にかけて地色の着色が進み、硬度、ヨード反応も低下し、熟度が進んだ。コルク状障害は、収穫終期にかけて発生割合が高くなる傾向があったが有意な差はなく、1果実あたりの障害箇所数に差は認められなかった。 ・また、みつ症発生程度も果実の収穫期による差は認められなかった。 ・コルク状障害とみつ症が併発していた果実は全調査果実のうち2果でありごく僅かしか認められなかったことから発生要因は異なるものと思われる。	こうあ部付近、赤道部	傾向なし	36.7%	少(72.7)% 中(27.3)% 多()% 程度 障害部分の補完有		本年は開花前の気温が高く、開花が10日程度早くなった。その後も気温は平年より高めで推移したが、梅雨明けが遅く、7月下旬には豪雨に見舞われ気温も平年より低かった。8月から収穫期にかけては、気温は平年より高く、降水量も少なく土壌はやや乾燥気味であった。	
佐賀県	所内	4/3		10/19			有袋	有	コルク状障害。米粒ほどの大きさもなく、軽微な症状。	こうあ部付近	果肉	5%	少(100)% 障害部分の補完無		・7月下旬まで平年より降水量が多かったものの、8月中旬~9月中旬にかけて極端な干ばつとなり、9月下旬から収穫期までは定期的な降雨がみられた。 ・7月後半の気温は梅雨が長引いたため平年よりも低く推移したが、それ以降は平年とほぼ同じか、やや高いくらいであった。
大分県	所内	4/1			10/28		有袋	有	水浸状、コルク状が混在。	傾向なし		60%	少(5)% 中(4)% 多(4)% 程度 障害部分の補完無	少(8)% 中(3)% 多(8)% 程度 障害部分の補完有	・2月の暖冬により開花期の前進化が進んだが、3月下旬から4月上旬に低温、降雨など開花期の天候は不順であった。 ・5、6月にかけて降水量が少なかったが、く、7月から8月中旬まで降水量が多くなった。9月下旬まで晴天が多く、降水量がきわめて少なかった。10月に入るとまとまった雨が降るが、収穫期頃は晴天が多かった。

王秋	土壌条件	発生樹の特徴					発生状況						その他	
		樹齢	樹勢	台木種類	高接ぎかどうか	中間台種類	発生の多い枝の種類	発生の多い位置	発生の多い収穫時期	発生の多い果実の熟度	発生の多い果実の大きさ	発生の多い果実の糖度		発生時期
鳥取県	黒ボク、排水良、施肥少なめ(N5kg)	10	中	マンシュウマメナシ	いいえ		長果枝(やや傾向がある程度)	先端部(やや傾向がある程度)	終・傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし	8月中旬	
	褐色森林土、排水良、施肥少なめ	10	強～中	マンシュウマメナシ	いいえ		長果枝(やや傾向がある程度)	先端部(やや傾向がある程度)	終・傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし	8月中旬	
岡山県														
広島県	流紋岩、排水良好、施肥15kg/10a・N	8	中	ヤマナシ	いいえ				傾向なし	傾向なし	傾向なし			
	土壌条件:褐色森林土 排水条件:列間に噴霧排水を埋設し、強制排水を行っている 施肥条件:窒素成分で年間30kg/10a、時期は12月下旬、3月上旬、6月上旬、9月上旬	17	中	不明	いいえ		未調査	未調査	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし	不明	
福岡県	砂壌土、排水良好 年間施肥量N-P-K:22.0kg、18.0kg、20.0kg(10aあたり)	7	中	マンシュウマメナシ	いいえ			終	過熟、過熟	傾向なし	傾向なし			
佐賀県	花崗岩土壌、排水はやや不良		中	不明	高接ぎ				傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし		
大分県	重粘土状であり、排水は不良。 雑草草生盛増。 施肥条件は、NPK=10:7:8	15	中	マンシュウマメナシ	いいえ			終	過熟	傾向なし	傾向なし			

「あきづき」および「王秋」果肉障害発生過去事例調査

研究機関名：

担当者名：

以下の問 1~8 について，可能な範囲でご回答下さい。

問 1. 県内での「あきづき」または「王秋」の普及状況について

1. 有 普及面積 計 _____ a
2. 無

問 2. 昨年度までの果肉障害の発生事例の有無について

1. 所内圃場で発生有
2. 現地で発生有
3. 発生無

問 3. 問 2 で「発生有」とした場合，発生した果肉障害はどのような症状でしたか．その特徴を具体的に記載して下さい。

症状（水浸状，コルク状，障害の大きさ，障害個数，障害部の褐変有無等）

発生部位（果実における発生の多い位置（縦径方向，横径方向），維管束との位置関係等）

その他，類似の障害の発生がみられる品種等

問 4. 発生した年と発生頻度，その年の気象の特徴（降水量・気温）について記載して下さい（発生頻度については，具体的に何%以上というものではなく，印象としての記述で結構です）

_____年（発生頻度；多・中・少・微）

気温：

降水量：

_____年（発生頻度；多・中・少・微）

気温：

降水量：

_____年（発生頻度；多・中・少・微）

気温：

降水量：

_____年（発生頻度；多・中・少・微）

気温：

降水量：

問 5. 発生した園の特徴について記載して下さい（土壌種類，排水条件，年間施肥量等）

問 6. 発生樹の特徴について記載して下さい（樹齢，台木種類，樹勢等）

問 7. 障害発生の特徴について記載して下さい

障害発生の多い枝の種類・位置

障害果発生頻度と収穫期や果実熟度との関連

障害発生と果実形質との関連

害発生が確認される時期

その他

問 8. 実施した対策技術とその効果について記載して下さい（効果が見られなかった事例も含む）

「あきづき」果肉障害調査法

慣行の収穫時期に収穫始・収穫盛期・収穫終の3回、1回につき20果以上の果実を調査

1. 果実重 (g)
2. 地色 (ニホンナシ地色用カラーチャート)
3. 硬度 (赤道面で2つに分けて、ていあ部を有する側の果実の果肉中央部で2カ所測定して平均値をとる。障害発生部分は避ける)
4. 糖度 (赤道部付近の果肉を2カ所以上用いて果汁を絞って測定)

5. 果肉障害の観察

赤道面と平行に、上部・基部をさらに4分割(1果を8分割、約1cm厚)して、果肉障害の症状と発生程度を観察する。

障害の症状から、水浸状・コルク状・その他に分類し、発生位置・褐変の有無、果実全体としての障害程度を記録する。

果実全体としての障害数で評価するため、切断面にはない果実表面の障害、透けて見える障害についてはさらに切って確かめる等して、可能な限りの障害数を拾う

同一果実内に水浸状とコルク状障害が同一果実に混在している場合は、各々障害程度を評価した上で、両方合わせた評価として両方の症状がともに少なからず、一方が少で一方が中なら中、それ以上なら多とする。

障害程度の指標 (石川、熊本、茨城、鳥取の指標ならびに豊水みつ症指数等を参考に作成)

A. 水浸状障害

大きさ 程度	1cm ² 未満 (箇所)	1cm ² 以上 (箇所)
無	0	0
少	1~2	
中	3~5	
多	6以上	1以上~

例) 多: 1cm²未満の水浸状障害が6カ所以上、または1cm²以上の水浸状障害が1個以上

B. コルク状障害 (果面に生じたものも含む)

大きさ 程度	米粒大 (個)	小豆大 (個)	小豆より大 (個)
無	0	0	0
少	1~4		
中	5~9	1	
多	10以上	2以上	1以上

米粒大 (長径5mm未満)、小豆大 (長径5mm以上10mm未満)

例) 中：米粒大のコルク障害が5～9個，または小豆大の障害が1個

C. その他の障害

その他の障害については，障害症状を具体的に記載する

「王秋」果肉障害調査法

慣行の収穫時期に収穫始・収穫盛期・収穫終の3回、1回につき20果以上の果実を調査

1. 果実重 (g)
2. 地色 (ニホンナシ地色用カラーチャート)
3. 硬度 (赤道面で2つに分けて、ていあ部を有する側の果実の果肉中央部で2カ所測定して平均値をとる。障害発生部分は避ける)
4. 糖度 (赤道部付近の果肉を2カ所以上用いて果汁を絞って測定)

5. 果肉障害の観察

赤道面と平行に、上部・基部をさらに5分割(1果を10分割)して、果肉障害の症状と発生程度を観察

障害の症状から、水浸状・コルク状・その他に分類し、発生位置・褐変の有無、果実全体としての障害程度を記録する。

果実全体としての障害数で評価するため、切断面にはないが透けて見える障害や果実表面の障害についても可能な限りの障害数を拾う

同一果実内に水浸状とコルク状障害が混在している場合は、各々障害程度を評価して、両方の症状がともに少なからず、一方が少で一方が中なら中、それ以上なら多とする。

障害程度の指標 (石川、熊本、茨城、鳥取の指標ならびに豊水みつ症指数等を参考に作成)

A. 水浸状障害

大きさ 程度	1cm ² 未満 (箇所)	1cm ² 以上 (箇所)
無	0	0
少	1~2	
中	3~5	
多	6以上	1以上

例) 多: 1cm²未満の水浸状障害が6カ所以上、または1cm²以上の水浸状障害が1個以上

B. コルク状障害 (果面に生じたものも含む)

大きさ 程度	鉛筆芯太 (個)	米粒大 (個)	小豆大 (個)	小豆より大 (個)
無	0	0	0	0
少	1~9	1~4		
中	10以上	5~9	1	
多		10以上	2以上	1以上

鉛筆芯太 (長径1mm未満)、米粒大 (長径1mm以上5mm未満)、小豆大 (長径5mm以上10mm未満)

例) 中：鉛筆芯太 10 以上，または米粒大のコルク障害が 5～9 個，または小豆大の障害が 1 個

C. その他の障害

その他の障害については，障害症状を具体的に記載する

「あきづき」または「王秋」2009年産果肉障害調査票

必要に応じて該当部分に記入またはあてはまる項目に○を付けて下さい。

研究機関名：

担当者名：

調査地（所内・現地），現地の場合地域名（ ）

1. 満開日（ / ）頃
2. 収穫期 始（ / ）盛（ / ）終（ / ）
3. 有袋栽培か無袋栽培か（有袋・無袋）
4. 果肉障害の発生の有無（有・無）

発生が認められた場合，以下の質問に可能な範囲でお答え下さい

5. 障害の症状は（水浸状，コルク状，同一果実に水浸状とコルク状が混在，その他）である
6. 類似の参考写真番号（ ）
7. 障害が多くみられた果実内部の位置は，
垂直方向では（こうあ部付近・赤道部・ていあ部付近・傾向なし），
水平方向では（果皮・果皮直下・果肉・果心・傾向なし） である
8. 障害の症状について，自由記載
9. 発生頻度は，健全果も含めて調査果実の（ ）%程度である
10. 障害発生果のうちの障害程度別割合は
水浸状障害；少（ ）%，中（ ）%，多（ ）%程度
障害部分の褐変の有無（有・無・混在）
コルク状障害；少（ ）%，中（ ）%，多（ ）%程度
障害部分の褐変の有無（有・無・混在）
両方；少（ ）%，中（ ）%，多（ ）%程度
障害部分の褐変の有無（有・無・混在）
11. 本年の気象の特徴（気温・降水量について平年と比べて）
12. 発生地における土壌条件（土壌種類，排水条件，施肥条件等）
13. 発生樹の樹齢（ ）年生
14. 発生樹の樹勢（強・中・弱）
15. 発生樹の台木種類（ヤマナシ・マンシュウマメナシ・不明）
16. 発生樹が高接ぎかどうか（はい・いいえ）
17. 高接ぎ樹の場合は中間台の種類（ ）

18. 発生の多い枝の種類（短果枝・長果枝）
19. 発生の多い位置（先端部・懐部）
20. 障害の発生が多い収穫時期は、（収穫始・盛・終・傾向なし）である。
21. 障害の発生が多い果実の熟度は、（過熟・適熟・未熟・傾向なし）である。
22. 障害の発生が多い果実の大きさは（大果・小果・傾向なし）である。
23. 障害の発生が多い果実の糖度は（高・低・傾向なし）である。
24. 障害発生時期は（ ）頃である（情報があれば）。
25. その他お気づきの点があれば記載して下さい（類似の症状が出た品種等）。

研究資料

果樹園における施肥改善等に関するアンケート調査報告

草場新之助・井上博道

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

果樹研究所 果実鮮度保持研究チーム

305-8605 茨城県つくば市

Report of questionnaire survey on fertilizer application improvement in Japanese orchard

Shinnosuke KUSABA and Hiromichi INOUE

National Institute of Fruit Tree Science, Research Team for High Quality Fruit Production

National Agriculture and Food Research Organization

Tsukuba, Ibaraki 305-8605, Japan

Summary

In 2009, the questionnaire survey on fertilizer application improvement in Japanese orchard was executed to persons in charge of soil management of orchard in 47 prefectures. The frequency of soil diagnosis was not enough except for some prefectures, or some tree species. The formulation of the reduction standard for fertilizer application has not progressed in many prefectures, so joint studies or test data sharing thought to be important to accelerate the formulation of the reduction standard. Compost utilization was well done in gently sloping orchard, but fertilizer application taking into account the amount of nutrient in the compost were not practical enough. The controlled release fertilizers, drip irrigation and liquid fertilization were expected to reduce the amount of fertilizer, and these extension is underway. Using of fertilizers containing low amount of phosphorus and potassium, and Bulk-Blending fertilizer were also progressing. Using of less frequently used low-cost materials, such as potassium chloride or chicken manure, were also promoted partly now. In the future, these fertilizer application improvement in Japanese orchard could be enhanced by sharing more test data and information in participants.

Key words: fertilizer application improvement, questionnaire survey, orchard, soil diagnosis

緒 言

平成20年度の肥料価格は、19年度と比較して5.2%高騰した（農林水産省，2010）。最近やや下落傾向にあるものの、国際的な需要の増加や原料となる資源に限られていること等により、中長期的には高値傾向が続くと推測されている。果樹経営に占める肥料費の割合は平均で7.9%（平成20年）であるが、近年、果実価格は低迷していることから、省資源型の果樹生産体系への構造転換を図り、肥料価格の高騰に耐えうる果樹経営を確立することが重要となっている。

このような背景のもと、平成21年度、農林水産省において4回にわたり開催された「肥料高騰に対応した施肥改善等に関する検討会」では、今後の具体的施策の展開方向として、中間とりまとめ報告書の中で、土壤診断に基づく施肥設計の見直し、減肥基準の策定、地域有機質資源の活用、施肥量低減技術の導入等の推進、適正施肥や施肥量低減技術の導入に必要な指導体制の構築、が挙げられている（農林水産省，2009）。

現在、果樹園における施肥量は、近年の高品質果実生産あるいは環境負荷低減等に対する機運の高まりを受け、窒素、リン酸、カリともに減少傾向にある。しかし、果樹園土壤中における肥料成分の蓄積量を見ると、有効態リン酸は地力増進基本指針の改善目標を大きく上回り、増加傾向で推移している。また、交換性カリも適正域を超えて蓄積している（農林水産省，2009）。このため、今後、これら土壤蓄積肥料成分量を把握して有効利用を進めるとともに、地域内有機質資源の活用や、施肥量低減技術の積極的導入等により、化学肥料の施用量を削減する必要があると考えられる。

ところが、果樹生産地域では、土壤肥料関連研究者・指導者の減少や、これに伴う試験データの不足等から、新たな施肥量・コスト削減技術の開発、さらに、開発した技術の生産現場への普及、定着が容易ではない状況にある。

そこで、果樹産地における施肥量・コスト削減に関する情報の収集、提供を目的として、全国47都道府県の土壤肥料担当者にアンケート調査を行った。この結果明らかになった果樹生産現場における施肥管理の現状と課題について、果樹生産関係者に提供し、共通認識として今後の対応策を考える上での一助とするため報告する。

謝 辞

本調査を実施するにあたり、各都道府県土壤肥料担当者の方々には快く協力して頂いた。また、調査項目の策定にあたり、日本園芸農業協同組合連合会高辻豊二技術主幹には貴重なご助言を頂いた。さらに、本資料をとりまとめるにあたり、果実鮮度保持研究チーム契約職員石川紀子氏には多大なる御協力を頂いた。記して、甚大なる感謝の意を表する。

材料および方法

平成21年11月から12月にかけて、47都道府県の果樹土壤肥料担当者に対し、アンケート調査を行った。アンケート調査は、本稿末尾に掲載したアンケート用紙を担当者に郵送し、1ヶ月程度の回答期間の後、郵送あるいは電子メールにより回収した。アンケートの項目は、施肥量低減のための土壤診断の実施および減肥基準の策定等について、堆肥の利用促進について、効率的施肥技術の導入について、低成分肥料の利用について、低価格資材活用の取り組み状況について、その他、とした（参考1）。回答項目のうち、面積割合、普及割合等の数値を正確に把握できていない場合は、およその数値として記載をお願いした。

結果および考察

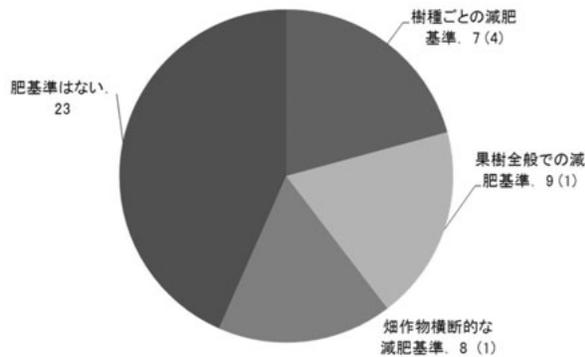
全てのアンケート結果を紙媒体にした場合膨大な量になるため、別途、果樹研究所ホームページ（<http://fruit.naro.affrc.go.jp/>）に掲載することとし、本稿には、アンケート結果の概要について記載した。

1. 施肥量低減のための土壤診断の実施および減肥基準の策定等について

土壤中に過剰に蓄積した肥料成分量を把握するためには、土壤診断が必須である。全国の果樹園を対象とした土壤診断点数は43,406点（平成18年度）であり、これらから算出される土壤診断密度（5.9haに1点）を果樹作経営農家の平均作付面積0.88ha（平成18年）で除すると、7戸に1戸の割合で土壤診断が実施されていると推察される（農林水産省，2009）。これを支持するように本アンケート結果においても、1～数年に1度の割合で数～30%の園地の土壤診断が行われている例が多い。ただし、中には、広島県（ナシ：100%、毎年）、栃木県（ナシ：85%、毎年）のように高い頻度で土壤

診断を行っている産地もある。一方、樹体の栄養診断については、現場で実施可能な葉色や新梢長等から判断する診断方法はある程度実施されている。しかし、葉分析を行っている割合は非常に低く（データはWebに記載）、行われている場合でも数%の園地で数年に1回の頻度である。これら土壤診断・栄養診断は、都道府県の普及指導センターや農協関連機関等で実施されていることが多い。このため今後も、これらの機関を核とする広域支援体制を充実させることが、土壤診断頻度の向上に有効な方策であると考えられる。

土壤診断の結果、特定の肥料成分が過剰に蓄積している園地では、その成分の施用量を削減できると考えられる。減肥基準とは、その肥料成分がどの程度過剰であれば、どれだけ施用量を削減できるかを示したものである。減肥基準を用いることにより、生産現場では減肥を指導するとき生産者の理解がより得られやすくなると考えられる。しかし、農林水産省が平成21年に調査した各都道府県における減肥基準の策定状況を見ると、22県が策定済み、7県が一部の作物について策定済み（農林水産省、2009）となっているものの、それらの多くは作物横断的な減肥基準でしかない。本アンケート調査の回答でも、樹種ごとに減肥基準が策定されている県は7県と少ない（第1図）。このうち、長野県では、支援ソフト「Dr.大地」により樹種別に土壤診断値に基づく減肥率および有機質資材に含まれる肥料成分を助案した施用量を提示できるようにしている。また、各地域の主要樹種、北海道（リンゴ）、群馬県（リンゴ、ナシ、ウメ、ブドウ）、岐阜県（カキ、ナシ、リンゴ、モモ、クリ）、福井県（ウメ、ナシ）、広島県（ブドウ）、大分県（ウンシュウミカン、中晩柑、ナシ）



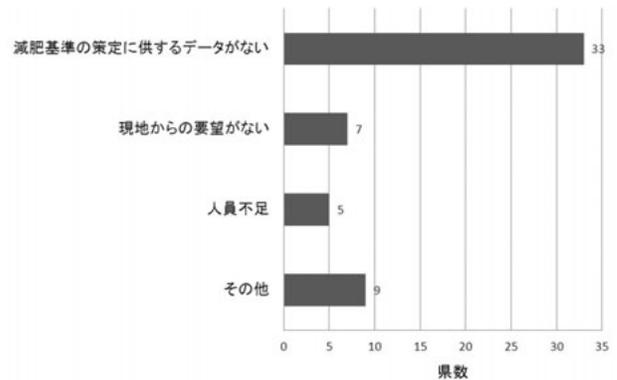
第1図 減肥基準の策定状況
数字は回答県数。()内は策定中の県数で外数。樹種ごとの基準が一部策定されており、その他の樹種は横断的な基準がある等の回答があった県は複数回答とした。

について減肥基準が策定されている。その他、静岡県（ウンシュウミカン）、鳥取県（ナシ）、栃木県、佐賀県（露地ウンシュウミカン、露地中晩柑、ナシ、ブドウ、モモ）では、土壤中の可給態リン酸含量に基づくリン酸の減肥可能量等を暫定的に示す等、減肥基準を策定中である。

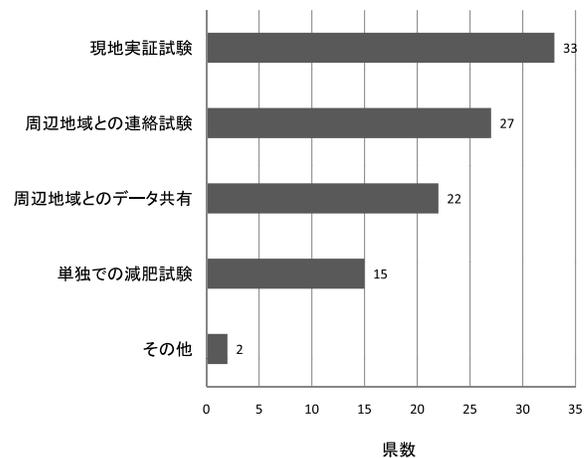
樹種ごとに減肥基準を策定することが望まれるが、減肥基準の策定に供するデータが不足しているため策定できていない県が33県と多い（第2図）。このため、試験研究機関が取り組むべき事項として、県単独（15県）、あるいは周辺地域との連絡試験（27県）、データの共有（22県）等が望まれている。加えて現地実証試験（33県）を行うことが樹種ごとに減肥基準を作成するには重要であるとの回答が多い（第3図）。

2. 堆肥の利用促進について

堆肥は、リンゴ、ナシ、モモ園等比較的傾斜の緩や



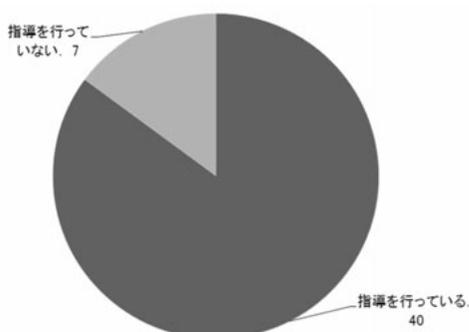
第2図 樹種別に減肥基準を策定していない理由（複数回答）



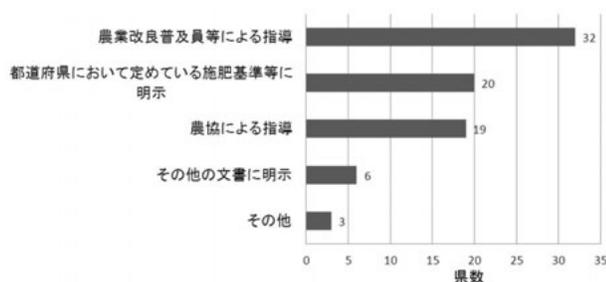
第3図 減肥基準の策定および更新に関して試験研究機関として取り組むべき事項（複数回答）

かな緩傾斜地園で積極的に施用されている。一方、急傾斜地園の多いカンキツ園では施用割合が低い（データはWebに記載）。これは、堆肥施用に係る労力の大小に依存するものと考えられる。

これまでの果樹生産における堆肥施用は、土壌の物理性改良に主眼を置いたものであり、堆肥中に含まれる肥料成分の施用効果については考慮されていない場合が多かった。このため、施用堆肥由来肥料成分を一因として、果樹園にはリン酸、カリが過剰に蓄積している場合が多い。このため、堆肥中の肥料成分を勘案して施肥量を決定する必要がある。各堆肥における各肥料成分の減肥量については、都道府県で定めている施肥基準等に明記され（20県）、それに基づいて普及指導員（32県）、農協担当者（19県）等による指導が行われている県が40県と多い（第4、5図）。実際に減肥している農家の割合は、一部の県で50%を超えているが、低水準あるいは把握できていない県も多いため、現地における指導者や生産者の理解を深める必要があると考えられる。堆肥中の肥料分量を勘案した減肥指導を行っていない理由として、堆肥ごとの減肥基準が明確でない場合が7県と多い。また、堆肥の成分量が不安定であることが問題であるとの意見もある（第6図）。



第4図 堆肥中の肥料成分を勘案した施肥指導の有無
数字は回答県数。

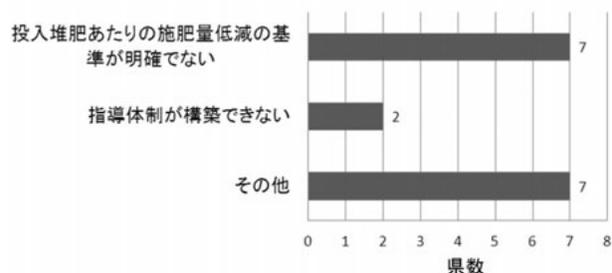


第5図 堆肥中の肥料成分を勘案した減肥指導の指導体制（複数回答）

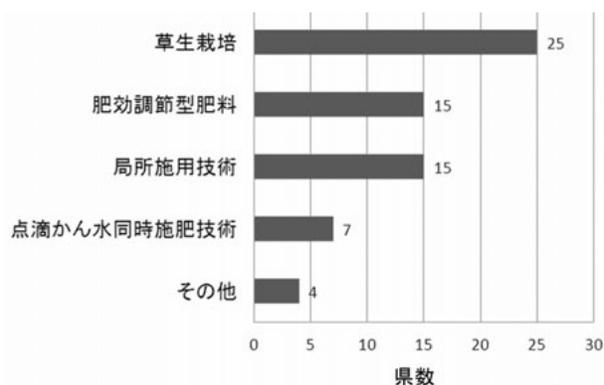
その他の堆肥の利用に関する取り組みとしては、河川敷や道路脇等地域内の刈草・落ち葉等の有機質資材としての利用（鳥取県、岡山県、徳島県）、ユズ・スタチ等の搾汁残渣の利用（徳島県、高知県）、取扱が便利なビニール袋入り堆肥の利用（福島県、埼玉県）等がある。ハンドリング向上を目的とした堆肥のペレット化・成形堆肥化については、複数の県で試験・実用化への取り組みが見られるが、コストが高いこと、ハンドリング向上効果および土壌物理性改善効果が低いこと、カリ成分が高いため施肥量が制限されること等の理由により広くは普及していない。せん定枝の効率的堆肥化技術も開発され普及しつつあるが（古屋ら、2006；森、2003；坂本、2005；種川・山下、2005）、チップ等機械の導入が制限要因となっている場合がある。せん定枝の廃棄問題対策として機械の共同利用等を図ることが今後強く望まれる。

3. 効率的施肥技術の導入について

投入した肥料成分に対する樹体の利用効率を上げること、施肥量低減には重要である。果樹において利用可能とされる主な効率的施肥技術の導入状況について第7図に示した。



第6図 堆肥中の肥料成分を勘案した減肥指導を行っていない理由（複数回答）



第7図 効率的施肥技術の導入状況（複数回答）

1) 肥効調節型肥料の活用

肥効調節型肥料は、カンキツ、ナシ等施肥回数が多い樹種に対して、施肥労力の軽減および年間施肥量の低減効果が試験研究機関で実証され、15県で導入が進められている（石川ら，2002；橋田ら，2004；柿内ら，2008；土田ら，2003；上村ら，2003）。現在、福島県（モモ，ナシ），埼玉県（ナシ，ユズ，イチジク），静岡県（カンキツ，イチジク），愛知県（カンキツ，イチジク），和歌山県（ウメ），山口県（甘夏，香酸カンキツ），香川県（ウンシュウミカン），愛媛県（イヨカン等中晩柑），佐賀県（カンキツ，ナシ），熊本県（中晩柑，ナシ），大分県（カンキツ），鹿児島県（中晩柑）等の導入事例がある。ほとんどの県で、窒素施肥量の1～3割削減，施肥回数の削減効果が認められている。また、佐賀県では、窒素含量に比べてリン酸・カリ含量が低い肥効調節型肥料を使用することで、リン酸，カリの施肥量低減効果も得られている。全体的に普及率はまだ低いのが、愛知（イチジク），愛媛（イヨカン）のように3割以上普及している事例もある（データはWebに記載）。今後、実証試験等を進めることで、さらに普及していくものと考えられる。

2) 点滴かん水同時施肥法

ウンシュウミカンの周年マルチ点滴かん水同時施肥法（マルドリ方式）では、窒素施肥量の4割削減効果が実証され、その普及が進められている（森永ら，2010）。しかし、多くの園地で点滴チューブはかん水のみで使用されており、液肥の同時施肥を行っている例はまだ少ない（草場ら，2007）。点滴かん水同時施肥法が導入されているのは、静岡県（ウンシュウミカン），三重県（ウンシュウミカン）和歌山県（ウンシュウミカン），広島県（カンキツ），島根県（ブドウ），香川県（ウンシュウミカン，中晩柑），愛媛県（ウンシュウミカン），高知県（ハウス・露地ウンシュウミカン）等である。これらの多くで窒素施肥量が2～5割削減されている（データはWebに記載）。点滴かん水同時施肥法の普及率が低い理由として、導入コストがかかること、マルドリ方式ではマルチ下での液肥施用に抵抗があること等の理由が考えられる（草場ら，2007）。その一方、マルドリ方式では根群集中効果（草場ら，2004）や、乾燥時のかん水効果が高いことが期待されるため、技術内容の習熟と現地実証等の推進により更なる普及が期待される。

点滴かん水と肥効調節型肥料を組み合わせたナシの盛土式根圏制御栽培法（栃木県）では、施肥窒素量

（肥効調節型肥料を使用）は慣行と同等であっても、密植栽培により約2倍の単収が見込めるため、単位収量当たりの窒素施肥量が半減できることが確かめられている（大谷・林，2008）。このため、点滴かん水同時施肥法と他の技術を組み合わせた新たな技術開発も必要かもしれない。

3) 局所施用

関東の多くのナシ産地では、主幹の周囲にホールディガー等で掘削した縦穴への局所施用（たこつぼ施肥）が行われている。また、果樹園局所施肥機も埼玉県の一部で導入されている。群馬県では、たこつぼに施肥することで窒素を1～2割削減できる効果が認められている。しかし、堆肥の局所施用による土壌改良が目的の場合は、減肥効果は期待していない（データはWebに記載）。また、多くの樹種において樹冠下のみ施肥が取り入れられているが、これによる施肥量の低減はすでに施肥基準に取り入れられているものと推察される。

4) 草生栽培

多くの樹種で草生栽培が一般的に導入されているが、傾斜地園が多いカンキツ園での導入率は低い（データはWebに記載）。アンケート調査結果からみた草生栽培の効果は、土壌物理性の改善，除草作業の軽減等が主であり、傾斜地園では土壌の流亡防止，および表面土壌とともに流出するリン酸の流亡防止効果である。このため、草生栽培による減肥効果は、生産現場においてはほとんど期待されていない。

5) その他

その他の取り組みとして、ナシの養分吸収特性に合わせた施肥体系，すなわち、基肥中心から春・夏肥を重視した施肥体系へ移行することにより、窒素施肥量を削減している事例がある（茨城県，鳥取県）。

4. 低成分肥料の利用について

リン酸，カリが多く蓄積している土壌では、その蓄積量に応じてリン酸，カリ成分を低減させた肥料（L字型肥料）を活用することも施肥量削減に有効である。このような低成分肥料の利用は、25道県ですでに実施されている（第8図）。その普及率は数～30％程度である県が多いものの、山梨県のように、30％～40％（採用した農協では100％）の県もある。低成分肥料を利用していない県では、どの成分をどのくらい減らして良

いのかデータがないとの意見が11県と多いため（第9図）、減肥基準を策定することによりその利用が加速することが考えられる。低成分肥料の導入は、現行の肥料を低成分肥料に変更するだけで施肥方法は変わらないため、生産者に対して追加の労働負担がない。また、山梨県で開発された低成分肥料のように、構成成分として低価格な有機質資材を用いることにより肥料価格を抑えると、その普及がより進むことも考えられる。

5. 低価格資材活用の取り組み状況について

肥料価格低減のために、低価格資材の活用が15県で実施、14県で期待されている（第10図）。

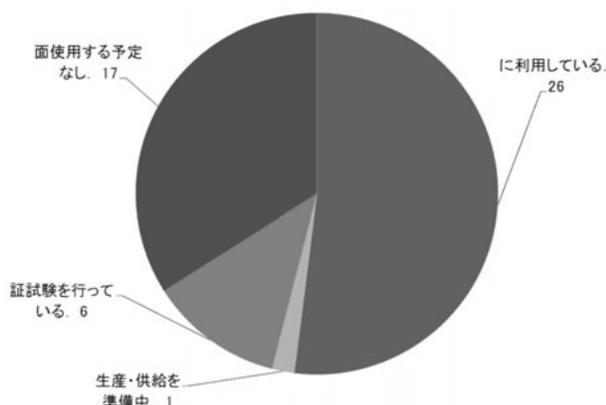
例えば塩化カリは、塩素による濃度障害や塩基の流亡等の理由から果樹園における利用は敬遠されてきた（目黒，2007）。しかし、塩化カリは硫酸カリに比べカリ含量が20%多い上に、価格は30%程度安い。また、塩化カリと硫酸カリの施肥効果に大差がないことは試験的に分かっている（全購連肥料部編，1966）。このた

め、配合肥料に塩化カリを使用している産地として、佐賀県（4500ha）、鹿児島県（従来から配合肥料に塩化カリを使用）、三重県（500ha）、愛媛県（23ha）等がある他、秋田県、静岡県、愛知県、和歌山県、熊本県でも普及に向けた取り組みが行われている（データはWebに記載）。

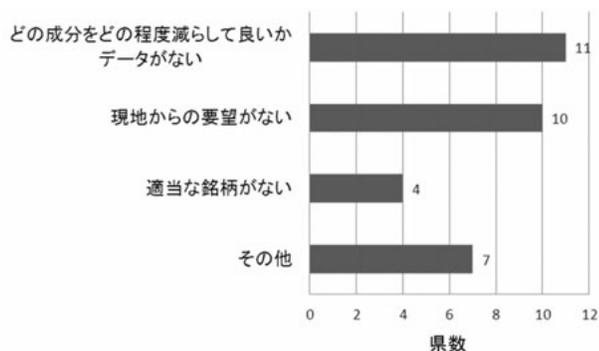
鶏ふんは肥料成分が多く、土壌改良資材よりもむしろ肥料的な特性が強い。しかし、飼養形態・調整時期により成分含量が異なること、窒素過多により果実品質を損なう恐れがある等の理由で敬遠されてきた（藤原，2007）。この中で、少数の事例として、群馬県ではウメで使用している他（530ha）、鹿児島県でも全面的に使用する取り組みがある（データはWebに記載）。また、ウンシュウミカンでは、使用方法に留意（秋肥重点で5～6kg/樹）すれば問題ないとの試験結果がある（平方ら，1965）。

低価格資材を配合肥料の成分として活用している事例として、鶏ふん（三重県）、鶏ふん焼却灰（茨城県、静岡県）、菜種かす（山梨県、愛知県）、リン酸アンモニウムを主成分とする使用期限切れ消化器粉末（佐賀県）等がある。三重県（南紀）では、塩化カリの他、食品灰、乾燥鶏ふん等を配合したL字型肥料に変更することで、窒素1kgあたり490～970円の肥料費削減が実現している（データはWebに記載）。

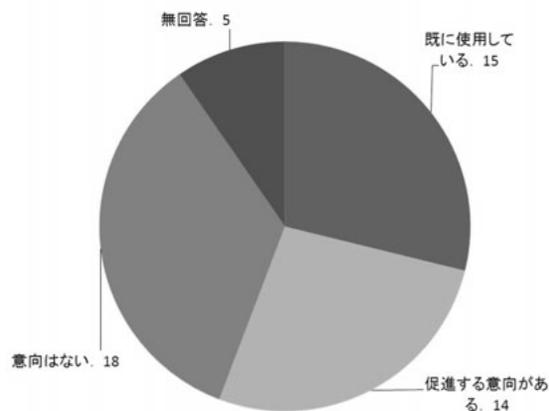
一方、このような低価格資材を使用していない県では、塩化カリや鶏ふんの樹体への影響が不明、あるいは悪影響があると考えており、現地実証試験、肥料メーカーとの連携、生産者の理解の醸成が必要であると



第8図 低成分肥料の利用状況
数字は回答県数。一部の樹種で利用しており、他樹種で試験中等の回答があった県は複数回答とした。



第9図 低成分肥料を利用する予定がない理由（複数回答）



第10図 配合肥料への低価格資材の使用状況
数字は回答県数。一部の樹種で利用しており、他樹種では促進する意向がある等の回答があった県は複数回答とした。

考えられている（第11，12図）。

粒状の低価格資材を2種類以上物理的に混合したBulk Blending（BB）肥料は、配合肥料と比較して製造コストが安く、施肥コストの低減を図ることが可能である。さらに、各資材の混合割合を変えることにより各肥料成分の配合割合を変更することが容易で、園地土壤の養分蓄積状態に応じた肥料の製造が容易である。このため、15程度の県で利用されている。特に、岩手県、長野県、愛知県、新潟県、鹿児島県等では広く普及している（データはWebに記載）。普及が遅れている県では、供給体制が未確立との回答があるため、今後、地域内における供給体制の確立が望まれる。

6．果樹園の施肥改善に向けて

果樹は永年性作物であり、施肥管理においても生産現場では長年の経験等に基づき管理されている場合が多い。このため、施肥量の削減や使用経験のない新たな肥料資材の使用に対して生産者の抵抗感が強くなりやすいと考えられる。特にリン酸は、土壤中に過剰に蓄積していても樹体に過剰障害がほとんど認められない上、土づくり等に熱心で高品質果実を生産している

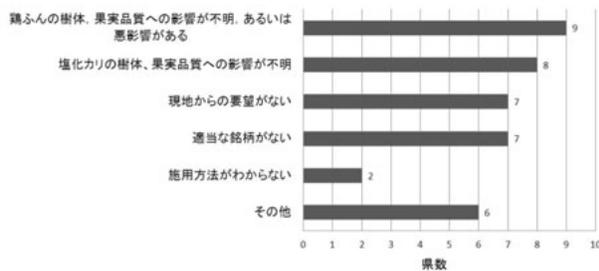
篤農家ほど園地土壤中にリン酸が多く蓄積している場合も多いため、土壤診断結果から「リン酸が多いと高品質果実が生産できる」と誤解されている場合もあると思われる。カリについても、土壤中のカリの過剰蓄積により、マグネシウム欠乏が樹体に発生しているとの回答が複数寄せられており、カリの土壤蓄積量に応じた減肥の必要性は高まっていると考えられる。

施肥量削減に関する取り組みのうち、試験研究機関が支援すべき研究課題として、土壤診断に基づく施肥設計の改善や減肥基準の策定、減肥試験および新たな肥料・資材を用いた施肥試験、新たな効率の施肥技術の開発、等が挙げられている。しかし、近年、果樹の土壤肥料研究者・専門家は減少しており、各都道府県単位でそれぞれの課題に対応することは困難な状態となっている。アンケート調査結果からも、減肥基準の策定、施肥試験等について試験データの共有、連絡試験の実施を望む県が多くなっている。このため、樹種、地域特性、生産環境等を考慮しながら、都道府県の垣根を越えた果樹生産における施肥量削減に向けた取り組みが必要である。

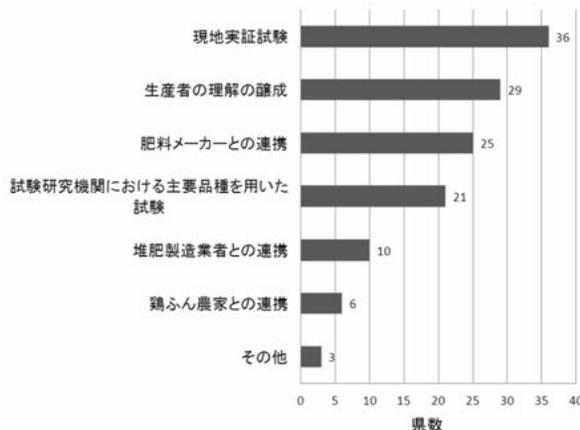
土壤分析体制の整備、施肥技術指導體制の構築、現地実証試験に基づく減肥の考え方の普及・啓発等生産現場において取り組むべき課題は多く残されているが、果樹園における施肥量削減に関する多くの事例を積み重ねつつ、本アンケート調査で得られたような情報を関係者で共有しながら果樹園の施肥改善に向けた取り組みを進めていく必要がある。

摘 要

平成21年に47都道府県の果樹土壤肥料担当者を対象にして、果樹園における施肥改善に関する取り組み等についてアンケート調査を行った。その結果、土壤診断の頻度は、一部の県・樹種を除いて不十分で、果樹の減肥基準の策定も遅れており、連絡試験や試験データの共有等を通じた減肥基準の充実が今後の課題であることがわかった。堆肥の利用は、比較的傾斜が緩やかな園地では積極的に行われているが、堆肥中に含まれる肥料成分を勘案した施肥量の削減は、十分には実践されていない。効率的施肥技術として、肥効調節型肥料や点滴かん水同時施肥に施肥量削減効果の期待が高く、導入が進められている。また、リン酸・カリ含量の低い低成分肥料や低価格のBulk Blending（BB）肥料の導入も進んでいる。鶏ふんや塩化カリ等これまで利用頻度の少なかった低価格資材の利用については、



第11図 低価格資材を使用しない理由（複数回答）



第12図 低価格資材の配合肥料への利用を推進していく場合に必要事項（複数回答）

使用樹種や利用地域は限定されるものの、利用を促進する取り組みが認められる。今後、施肥改善に関連する試験研究調査データや情報を関係者間で共有することにより、果樹園における化学肥料の施肥量を削減する施肥改善の取り組みが進むことが期待される。

引用文献

- 藤原俊六郎．2007．肥料・土づくり資材大辞典．p．419-420．農山漁村文化協会．東京．
- 古屋栄・手塚誉裕・丹沢隆．2006．鶏ふんを利用したブドウ、モモせん定枝の堆肥化技術．平成17年度関東東海北陸農業研究成果情報．p222 - 223．中央農業総合研究センター．
- 橋田泰昌・徳永和代・内野浩二・川島俊次・橋元祥一．2004．屋根掛け栽培‘吉田ボンカン’における肥効調節型肥料を用いた省力施肥法．鹿児島果樹試報．4：9-17．
- 平方康夫・岩本数人・大津量男．1965．温州ミカンに対する「けいふん」の施用試験．p.292-294．果樹に関する土壤肥料研究集録．全国購買農業協同組合連合会．東京．
- 石川啓・野中稔・藤井栄一．2002．肥効調節型肥料による‘宮内イヨ’の施肥効率向上に関する研究．愛媛果樹試報．15：21-34．
- 柿内俊輔・三角正俊・中島吉直．2008．露地中晩柑‘不知火’における肥効調節型肥料を利用した減肥栽培が収量と品質および硝酸態窒素溶脱量に及ぼす影響．熊本農研セ報．15：34-41．
- 草場新之助・森永邦久・島崎昌彦・星典宏．2004．周年マルチ点滴灌水同時施肥法で栽培されたウンシュウミカンにおける細根の割合と呼吸活性．根の研究．13（3）：111-115．
- 草場新之助・森永邦久・星典宏・島崎昌彦．2007．カンキツ等におけるマルチおよび点滴かん水施肥法の導入の現状と課題 - カンキツ生産地における高品質果実生産に関する調査報告 - ．近中四農研資．4：1-20．
- 目黒孝司．2007．肥料・土づくり資材大辞典．p．57-58．農山漁村文化協会．東京．
- 森聡．2003．カンキツせん定枝葉の堆肥舎内短期間堆肥化法．平成14年度近畿中国四国農業研究成果情報．p413 - 414．近畿中国四国農業研究センター．
- 森永邦久・吉川弘恭・草場新之助・島崎昌彦・中尾誠司・星典宏・長谷川美典．2010．カンキツのマルチ・点滴かん水同時施肥システムの開発と普及．園学研．9（2）：129-135．
- 農林水産省生産局農業環境対策課編．2009．肥料高等に対応した施肥改善等に関する検討会 中間とりまとめ報告書．
- 農林水産省大臣官房総計部．2010．農業経営統計調査平成20年個別経営の営農類型別経営総計（経営収支）- 野菜作・果樹作・花き作経営 - 大谷義夫・林雅子．2008．ニホンナシ盛土式根圏制御栽培の‘二年成り育成法’による早期多収技術．園学研（別2）．77：69．
- 坂本清．2005．リンゴせん定枝の堆肥化方法．平成16年度東北農業研究成果情報．p94 - 95．東北農業研究センター．
- 種川淳子・山下義昭．2005．透湿性シートの廃材を利用したミカンせん定枝チップの早期堆肥化技術．平成16年度九州沖縄農業研究成果情報．p225 - 226．九州沖縄農業研究センター．
- 土田通彦・相川博志・岡島量男．2003．肥効調節型肥料による露地ウンシュウミカンの年1回施肥法．熊本農研セ報．12：122-130．
- 上村浩憲・土田通彦・相川博志．2003．ニホンナシ‘豊水’における肥効調節型肥料の効果．九州農研．65：70．
- 全購連肥料部編．1966．ウンシュウミカンに対する硫酸加里および塩化加里肥効比較試験．p48．全国購買農業協同組合連合会．東京

(参考1)

果樹園における肥料高騰に対応した施肥改善等に関するアンケート調査

都道府県名 ()

1. 施肥量低減のための土壌診断の実施および減肥基準の策定等について

我が国の果樹園土壌では、有効態リン酸および交換性カリの土壌蓄積が進んでいることから、土壌診断に基づき、減肥基準を加味した施肥設計への見直しを図ることが重要です。

この項では、果樹園の土壌診断および果樹生産における減肥基準の策定状況等についてお聞かせ下さい。

(1) 貴都道府県内の主要樹種における土壌診断および栄養診断の実施状況についてお聞かせ下さい。

①土壌診断の実施状況について

樹種	園地割合	実施頻度 (〇年に1回等)
()	(%)	()
()	(%)	()
()	(%)	()
()	(%)	()
()	(%)	()

②栄養診断の実施状況について

樹種	園地割合	実施頻度 (〇年に1回等)
()	(%)	()
()	(%)	()
()	(%)	()
()	(%)	()
()	(%)	()

③実施機関はどこでしょうか。

(実施機関が複数ある場合は、おおよその寄与割合を記入してください)

土壌診断()

栄養診断()

- (2) 土壌診断、および栄養診断に基づく施肥改善指導についてお聞かせ下さい。
- ・どこが指導を行っていますか
()
 - ・どのようにして指導を行っていますか
()
- (3) 減肥基準の策定状況についてお聞かせ下さい。
(策定済み、あるいはない場合は○、策定中の場合は△を記入してください)
- () 果樹の樹種毎の減肥基準
 - ・策定済みの樹種()
 - () 果樹全般での減肥基準
 - () 畑作物横断的な減肥基準
 - () 減肥基準はない
- (4) 樹種毎に減肥基準を策定していない場合、その理由をお聞かせ下さい。
- () 減肥基準の策定に供するデータがない
 - () 現地からの要望がない
 - () 人員不足
 - () その他 ()
- (5) 減肥基準の策定および更新に関して、試験研究機関として取り組むべき事項についてお聞かせ下さい (複数回答可)。
- () 単独での減肥試験
 - () 周辺地域との連絡試験
 - () 周辺地域とのデータ共有
 - ・データ共有が望ましい地域 ()
 - () 現地実証試験
 - その他 ()

(2) 堆肥中の肥料成分を勘案した施肥についてお聞かせ下さい。

①堆肥中の肥料成分を勘案した減肥指導について

- () 指導を行っている
 () 指導を行っていない

②堆肥中の肥料成分を勘案した減肥指導を行っている場合、その指導体制をお聞かせ下さい。(複数回答可)

- () 都道府県において定めている施肥基準等に明示
 () その他の文書に明示(文書名:)
 () 農業改良普及員等による指導
 () JAIによる指導
 () その他()

③指導の際、堆肥1tあたりの減肥量が設定されている場合は、下表にご記入下さい。

堆肥名\成分	窒素 (連用・非連用の区別があれば記載)	リン酸	カリ

④堆肥中の肥料成分を勘案した減肥指導を行っている場合、生産者の実施割合をお聞かせ下さい。

(おおよその値: %)

⑤堆肥中の肥料成分を勘案した減肥指導を行っていない場合、その理由をお聞かせ下さい。(複数回答可)

- () 投入堆肥当たりの施肥量低減の基準が明確でない
 () 指導体制が構築できない
 () その他()

(3) その他の堆肥利用促進のための取組とその進捗状況がありましたらお聞かせ下さい。

(例) ペレット堆肥の利用、軽量成形堆肥の開発、効率的堆肥化技術 など
〇〇については、現在管内で〇〇(樹種)において〇〇ha普及している。
〇〇を開発したが、〇〇等の理由により普及は進んでいない。

3. 効率的施肥技術の導入について

施肥量低減のためには、施肥した肥料成分を効率的に樹体に吸収させる効率的施肥技術も有効であると考えられます。

この項では、効率的施肥技術の導入実態についてお聞かせ下さい。

(1) 貴都道府県において、導入を進めている効率的施肥技術についてお聞かせ下さい（複数回答可）

- () ①肥効調節型肥料の利用
 () ②点滴かん水同時施肥技術
 () ③局所施用技術
 () ④草生栽培
 () ⑤その他

(2) 上記①～⑤を選択した場合、下記の回答可能な点についてお聞かせ下さい。

①肥効調節型肥料

利用している樹種			
利用している肥料の種類			
施肥量低減効果 (例) 窒素〇割削減			
その他の効果 (例) 施肥回数3回→1回			
普及面積割合 (%)			

②点滴かん水同時施肥技術

利用している樹種			
施肥量低減効果 (例) 窒素〇割削減			
その他の効果 (例) かん水、施肥に係る 労働時間短縮 (〇時間/年/10a)			
普及面積割合 (%)			

③局所施用技術

利用している樹種			
技術内容 (例) 果樹用局所施用機、 樹冠下施肥 等			
施肥量低減効果 (例) 窒素〇割削減			
その他の効果			
普及状況 (例) 管内保有台数、実 施面積割合 等			

④草生栽培による肥料成分の溶脱・流亡の軽減

利用している樹種			
主な草種			
施肥量低減効果 (例) 窒素〇割削減			
その他の効果 (例) 除草作業の軽減 (〇時間/年/10a)			
普及状況 (例) 実施面積割合 等			

⑤その他（技術内容、適用樹種、施肥量低減効果、普及状況等についてご記入下さい）

4. 低成分肥料の利用について

多くの果樹園土壌には、特にリン酸・カリが蓄積しているため、土壌蓄積養分を活用していくことが望まれます。その方策として、土壌蓄積養分を勘案したリン酸・カリ等の成分が少ない配合肥料(L字型肥料)の活用が挙げられます。

この項では、貴都道府県の果樹産地における低成分肥料の利用につきましてお聞かせ下さい。

(1) 貴都道府県における低成分肥料の利用状況についてお聞かせ下さい。

() 既に利用している

対象樹種			
肥料名			
成分割合 (N-P-K)			
使用面積割合 (%)			

() 生産・供給を準備中である

対象樹種			
成分割合 (N-P-K)			

() 実証試験を行っている

対象樹種			
成分割合 (N-P-K)			

() 当面使用する予定はない(その理由:複数回答可)

() 適当な銘柄の肥料がない

() どの成分をどの程度減らして良いのかデータがない

() 現地からの要望がない

() その他 ()

(2) 低成分肥料の活用に向けた活動について

低成分肥料の活用に向けた貴都道府県における活動等があればお聞かせ下さい。

5. 低価格資材活用の取組状況について

肥料高騰に対応していくためには、肥料原料として塩化カリ、鶏ふん等の低価格資材を用いていくことも重要と考えられます。

この項では、貴都道府県における低価格資材の利用状況についてお聞かせ下さい。

(1) 配合肥料の見直し

①貴都道府県において、配合肥料への低価格資材の使用を促進していく意向についてお聞かせ下さい。

- () すでに使用している (樹種：)
 () 促進する意向がある (樹種：)
 () 意向はない

②すでに低価格資材を配合肥料に使用している場合、その実績につきまして、下表にご記入下さい。

樹種			
使用資材			
肥料名			
低価格資材の使用割合 (例) カリのうちの塩化カリ (%) 鶏ふんの割合 (%)			
使用面積 (ha)			
価格低減効果 (例) 窒素 1kg あたり〇円低減 肥料費〇円/10a/年 低減			

③現在、低価格資材を配合肥料に使用していない、あるいは使用する意向がない場合はその理由をお聞かせ下さい。(複数回答可)

- () 適当な銘柄がない
 () 塩化カリの樹体、果実品質への影響が不明
 () 鶏ふんの樹体、果実品質への影響が不明、あるいは悪影響がある
 () 現地からの要望がない
 () 施用方法が分からない
 () その他 ()

④低価格資材の配合肥料への利用を促進していく場合に必要な事項についてお聞かせ下さい。(複数回答可)

- () 試験研究機関における現在の主要品種を用いた施肥試験
- () 現地実証試験
- () 肥料メーカーとの連携
- () 生産者の理解の醸成
- () 養鶏農家との連携
- () 堆肥製造業者との連携
- () その他 ()

(2) 単肥 (BB (Bulk Blending) 肥料) の利用につきまして、実績 (樹種、成分、使用面積、肥料価格低減効果 等) がありましたらお聞かせ下さい。

(3) 低価格肥料資材の施用 (鶏ふん等) について、実績 (樹種、資材、使用面積 等) がありましたらお聞かせください。

(配合肥料への使用については5 (1) でご回答下さい)

6. その他

- (1) 貴都道府県の主要樹種における石灰、苦土石灰等の施用の現状についてお聞かせ下さい。

樹種			
使用資材			
平均施用量 (kg / 10a) (販売量 / 園地面積 等で 結構です。)			

- (2) 樹園地におけるリン酸、カリ過剰により引き起こされている可能性がある生理障害等がございましたらお聞かせ下さい。

--

原 著 論 文 一 覧

(1563-1591)

業績番号	著 者 名	掲載誌名	巻・号 ページ 発行年	論 文 表 題 名
1563	Akihiko Sato, Keiichi Tanaka, Norio Takada, Yutaka Sawamura and Toshio Hirabayashi	Journal of Japanese Society for Horticultural Science	79巻3号 258-262 2010 4月	Comparison of phenolic content of easily removed pellicle of Japanese 'Porotan' with other Japanese and Chinese chestnut
1564	Takao Ito, Satoshi Ohta	Journal of Journal of general plant pathology		First report of Citrus viroid V in Japan
1565	伴 雄介, 河野 淳, 三谷宣仁, 佐藤明彦	Scientia Horticulturae		Estimation of the proportion of offspring having soft fruit and juicy as evaluated by sensory tests in Japanese persimmon
1566	岸本英成・足立礎	Applied Entomology and Zoology	45巻4号 621-626 2010.11	Effects of sucrose on survival and oviposition of the predacious insects <i>Stethorus Japonicus</i> (Coleoptera: Coccinellidae), <i>Oligota kashmirica benefica</i> (Coleoptera: Staphylinidae), and <i>Scolothrips takahashii</i> (Thysanoptera: Thripidae)
1567	阪本大輔, 中村ゆり, 杉浦裕義, 朝倉利員, 横山峰幸, 森口卓哉	Hortscience	45巻10号 1474-1474 2010.10	Effect of 9-Hydroxy-10-Oxo-12(Z), 15(Z)-Octadecaadienoic Acid (KODA) on Endodormancy Breaking in Flower Buds of Japanese Pear
1568	榎村芳記・羽山裕子・阪本大輔	園芸学研究	9巻 361-366 2010	収穫から処理までの日数及び保温温度がリンゴ'ふじ'における1-メチルシクロプロペンの品質保持効果に及ぼす影響
1569	榎村芳記・羽山裕子・阪本大輔	日本食品保存科学会誌	36巻 117-124	MA包装における1-メチルシクロプロペン処理がリンゴ果実の貯蔵性に及ぼす影響
1570	榎村芳記・羽山裕子・阪本大輔	Postharvest Biology and Technology	57巻 14-18 2010	Infiltration of 1-methylcyclopropene under low pressure can reduce the treatment time required to maintain apple and Japanese pear quality during storage
1571	榎村芳記・羽山裕子・阪本大輔・中村ゆり	日本食品保蔵科学会誌	36巻 165-171 2010.7.31	MA包装用段ボール箱を利用したニホンナシおよびリンゴの1-メチルシクロプロペン処理
1572	杉浦俊彦・阪本大輔・朝倉利員・杉浦裕義	農業気象	66巻3号 173-179 2010.9.5	モモ'白鳳'の花芽における温度と自発休眠覚醒効果との関係

業績番号	著者名	掲載誌名	巻・号 ページ 発行年	論文表題名
1573	太田智・國賀武・西川 芙美恵・山崎安津・遠 藤朋子・岩波徹・吉岡 照高	園芸学会		Evaluation of Novel Antiviral Agents in the Elimination of <i>Satsuma dwarf virus</i> (SDV)by Semimicrografting in <i>Citrus</i>
1574	K. Abe, N. Kotoda, H. Kato, and J.Soejima	Tree Genetics & Genomes	2010.12	Genetic studies on resistance to Valsa caker in apple: genetic variance and breeding values esti- mated from intra- and inter-specific hybrid prog- eny opulations
1575	太田智・村上覚（静岡 農技研）・勝木俊男 （森林総研）・石井ちか 子（静岡農技研）・稲 葉善太郎（静岡農技 研）・山本俊哉	園芸学会	2010	核および葉緑体DNA多型に基づく静岡県伊豆 地域のサクラの解析
1576	S. Komazaki, T. Shigehara, and S. Toda	Annals of Entomological Society of America	103巻6号 916-924 2010.12	Diversity of Japanese Aphis gossypii and Comparison With Other Aphis Species Based on the Mitochondrial Cytochrome Oxidase I Sequence
1577	S. Moriya, H. Iwanami, K. Okada, T. Yamamoto, K. Abe	Euphytica	2011	A Practical Method for Apple Cultivar Identification and Parent-Offspring Analysis Using Simple Sequence Repeat Markers
1578	八重樫元・澤島拓夫・ 伊藤伝・兼松聡子	Virology	409巻2号 280-289 2011.1	A novel colony-print immunoassay reveals dif- ferential patterns of distribution and horizontal transmission of four unrelated mycoviruses in <i>Rosellinia necatrix</i> .
1579	M. Tatsuki	J.Japan. Soc. Hort. Sci.	79巻4号 315-326 2010. 12.20	Ethylene biosynthesis and perception in fruit
1580	中村ゆり・三好孝典 （愛媛県農林水産研究所 果樹研究センター）・ 大嶋悟士（阪本薬品工 業株式会社研究所）・ 羽山裕子・立木美保・ 吉岡博人	園芸学研究（園芸 学会）	9巻 4号 489-493 2010. 10.15	カワラヨモギ抽出物の収穫後処理によるモモ 灰星病（ <i>Monilinia fructicola</i> (Winter) Honey） 抑制効果

業績番号	著者名	掲載誌名	巻・号 ページ 発行年	論文表題名
1581	高橋正大(広島大学)・谷脇満(広島大学)・櫻井直樹(広島大学)・上野俊人(山梨県果樹試験場)・薬師寺博	Journal of the Japanese Society for Horticultural Science	79巻 4号 377-383 2010. 4.15	Changes in berry firmness of various grape cultivars on vines measured by nondestructive method before and after veraison
1582	佐藤義彦・寺井理治(退職)・斎藤寿広・阿部和幸・西端豊英(松谷化学工業)・壽和夫(農林水産技術情報協会)	園芸学研究(園芸学会)	9巻4号 409-413 2010. 10.15	交雑試験によるニホンナシ‘豊水’、‘筑水’、‘新世紀’および‘清玉’の自家不和合性遺伝子型の検証
1583	新井明德・柳沼勝彦・豊島真吾・伊藤伝・高梨祐明	北日本病害虫研究会報	61号	マイマイガおよびカシワマイマイの多発年におけるリンゴに対する加害
1584	新井明德・高梨祐明・井原史雄・柳沼勝彦・望月文昭(信越化学工業株式会社合成技術研究所)	北日本病害虫研究会報	61号	岩手県のリンゴ園におけるトビハマキのフェロモントラップ誘殺消長と果実加害時期
1585	吉田俊雄・根角博久・上野勇・伊藤祐司・吉岡照高	果樹研究所報告	12号 2011.3	鉢物と庭木に向く観賞用カンキツ新品種‘ミニマートル’1号
1586	猪俣雄司・別所英男・工藤和典・増田哲雄	果樹研究所報告	12号 2011.3	JM台木を用いたカラムナータイプリンゴの樹体育成と果実生産
1587	土田聡・中村ゆり・羽山裕子・村井保・中田健・望月雅俊	果樹研究所報告	12号 2011.3	高温・高濃度炭酸ガスくん蒸の殺虫効果とリンゴ・ナシ果実品質への影響
1588	H. Yoshioka, H. Hayama, M. Tatsuki and Y. Nakamura	Postharvest Biology and Technology	2010	Cell Wall modification during softening in melting type peach “Akatsuki” and non-melting type “Mochizuki”
1589	Xiao-Peng Wen(JSPS外国人特別研究員)・伴雄介・Xia-Ming Pang(JSPS外国人特別研究員)・森口卓哉	The Journal of Horticultural Science & Biotechnology	2011	Identification of differentially-expressed genes potentially related to stress tolerance in a transgenic line of European pear over-expressing an apple spermidine synthase gene(MdSPDS1)

業績番号	著者名	掲載誌名	巻・号 ページ 発行年	論文表題名
1590	東暁史・薬師寺博・児下佳子	園芸学研究	10巻1号 2011.1.15	袋状ネットの利用による短梢せんだい栽培ブドウの鳥獣害対策の省力化
1591	西川英美恵・岩崎光徳・深町浩・野中圭介・今井篤・遠藤朋子	果樹研究所報告	12号 2011.3	Seasonal increases of Citrus Flowering Locus T Expression in Kumquat

果樹研究所の所在地

本 所 〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1
カンキツ研究興津拠点 〒424-0292 静岡県静岡市清水区興津中町485-6
カンキツ研究口之津拠点 〒859-2501 長崎県南島原市口之津町乙954
リンゴ研究拠点 〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷92-24
ブドウ・カキ研究拠点 〒729-2494 広島県東広島市安芸津町三津301-2

ORGANIZATION OF THE NATIONAL INSTITUTE OF FRUIT TREE SCIENCE NATIONAL AGRICULTURE AND FOOD RESEARCH ORGANIZATION

Headquarters Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-8605, Japan
Okitsu Citrus Research Station Okitsu, Shimizu, Shizuoka 424-0292, Japan
Kuchinotsu Citrus Research Station Kuchinotsu, Minamishimabara, Nagasaki 859-2501, Japan
Apple Research Station Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0123, Japan
Grape and Persimmon Research Station Akitsu, Higashihiroshima, Hiroshima 729-2494, Japan

果樹研究所研究報告 第12号

平成23年3月28日 印刷

平成23年3月28日 発行

発行所 独立行政法人

農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所

〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1

電話 029-838-6454 (事務局)

FAX 029-838-6437 (所共用)

印刷所 朝日印刷株式会社つくば支社

本誌から転載・複写する場合は、当研究所の許可を得てください。

Reproduction of articles in this publication is not permitted without written consent from the National Institute of Fruit Tree Science.