

隔月刊

No. 6

最新の研究成果をわかりやすく楽しく解説

Fruit & Tea Times

農研機構 果樹茶業研究部門ニュース

6

特集記事 地球温暖化から果樹を守る！

- 地球温暖化で変わる、日本の果樹生産
園地環境ユニット長 杉浦 俊彦
- 温暖化によって果樹の「凍害」が発生するってどう
いうこと？ —その謎に迫る—
主任研究員 阪本 大輔
- 温暖化への挑戦！ 果樹の自発休眠分子機構の解明へ
カンキツ研究領域長 森口 卓哉

小笠原諸島の母島はパッションフルーツの主産地のひとつ。
(温暖化で亜熱帯性果樹の栽培拡大の可能性も！)

2018.2

特集記事 地球温暖化から果樹を守る！

地球温暖化で変わる、日本の果樹生産

杉浦俊彦

果樹生産は温暖化の影響が最も深刻に現れている産業のひとつとされています。温暖化によりどんな影響を受け、どのように変わるのでしょいか。

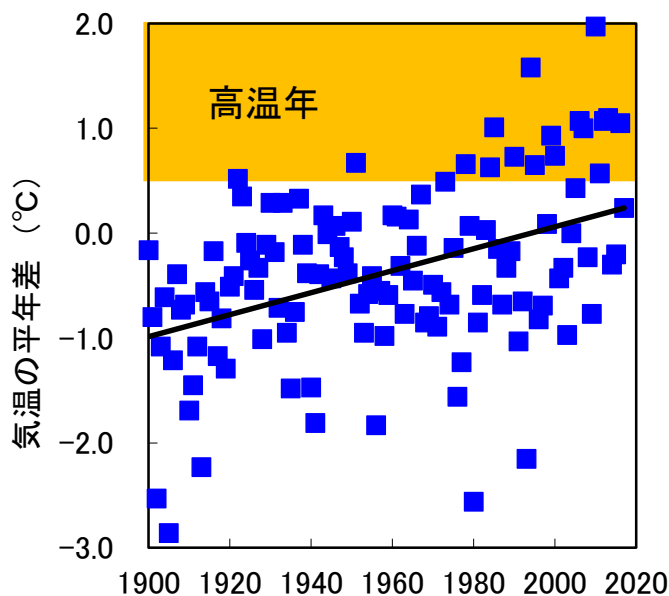


図1 日本の8月の平均気温。かつては数十年に1度だった高温年が、数年に1度のペースになっている。気象庁HPのデータより作成。

すでに気温上昇は起きている

気象庁によると、日本の気温はこの100年間に1°C強上昇しています。ただし毎年暑いわけではありませんし、農業の現場では多少の暑さは織り込み済みですが、10年に1度あるかな

いかという厳しいものになると、どうしても被害が出てしまいま

す。近年はこうした高温年が頻発し、その被害が増えてきました(図1)。温暖化の影響は毎年起こるものではなく、発生頻度の急上昇が問題なのです。

温暖化で変わる果物の味と色

温暖化は果実の食味に影響を



写真1 気温を変えた人工気象室内で栽培したリンゴ「さんさ」。リンゴを赤くするアントシアニン合成は20°C以下の気温が適温になる。

をオレンジ色にするカロチノイドの生成は、高温で阻害されるからです(写真1)。味はおいしいのに外観がよくないため、商品価値が低下しているのは、とても残念ですね。

与えています。多くの果樹で起きているのが、酸味の減少です。一般に収穫期が近づくにつれて、果実内には糖分が集積され、一方、酸は分解され減っていきます。温度が高いと糖の集積には影響はありませんが、酸の分解速度は速くなります。糖の含有量が同じでも、糖の含有量が同じでも、トシアニンや、ミカンやカキをオレンジ色にするカロチノイドの生成は、高温で阻害されるからです(写真1)。味はおいしいのに外観がよくないため、商品価値が低下しているのは、とても残念ですね。

温暖化で変わる栽培技術と品種

温暖化の悪影響を克服するため、農研機構を始め、全国

の果樹関係の研究機関では技術開発に全力を挙げています。樹皮の一部を一周するように除去する環状剥皮を行うことで、高温により発生するブド



写真2 ブドウの着色を劇的に改善する環状剥皮。皮を剥く幅と剥皮時期が技術のポイント。

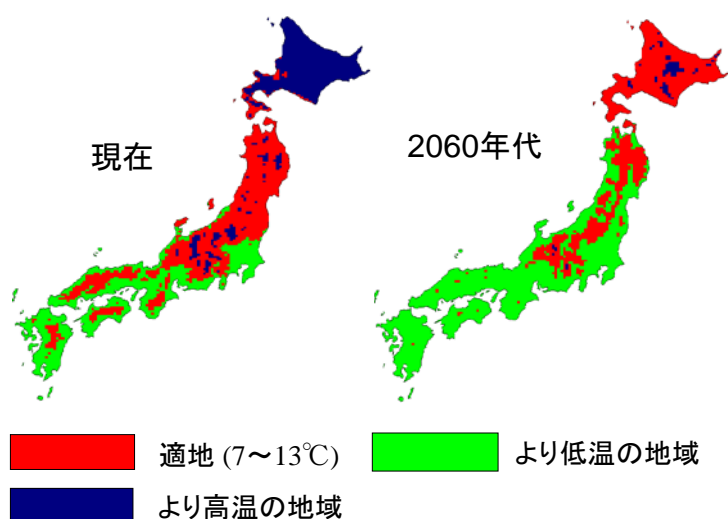


図2 リンゴの栽培適地の変化。本州の適地は減少し、北海道は大幅に増加する。



杉浦俊彦

生産・流通研究領域園地環境ユニット長

高校のころは地球寒冷化による食糧危機が危惧された時代で、そのため農学部に進学、農業気象を学びました。ところが、真逆の温暖化対策を担当することになり、もう20年近くになります。地域や季節によって様々な表情を見せる果樹と鉄道にはまり、仕事でもプライベートでも遠出の際は一眼レフを鞆に忍ばせています。

ウの着色不良を改善する技術（前ページ、写真2）や、高温多雨で発生するミカンの浮皮と呼ばれる果肉と皮が離れてしまい貯蔵性などが低下する障害を防ぐ生育調節剤、暖冬年に発生するナシの発芽不良を軽減する施肥法など、生産現場で取り入れられつつある技術も多くあり

また、温化対応品種の開発も進められています。北海道から沖縄まで生産可能なコメとは異なり、果樹の栽培適地は比較的狭いことから、今

温暖化で変わる栽培適地

後、温暖化がさらに進行すれば、栽培適地は北上あるいは、標高の高い内陸部へと移動することが想定されます（図2）。この図は何も対策をとらないことを前提としています。実際には、今後開発するものも含めた温暖化対策技術や温暖化に対応した品種の導入により栽培を維持できることも想定されますが、長野のリンゴ、愛媛のミカン、鳥が期待されています。

取のナシなど地域のブランドを守るためには、このような技術開発動向に目を配り、活用していく努力が必要です。一方で、温暖化は、これまで日本では島嶼を中心に限定的に生産されている亜熱帯性果樹の生産には追い風になります。アボカド、パッションフルーツ（表紙写

特集記事 地球温暖化から果樹を守る！

温暖化によって「凍害」が発生するって
どういうこと？ —その謎に迫る—

阪本 大輔



凍害というと冬の寒さが厳しい地域で異常な低温が来たときに起こるというイメージが強い
と思います。しかし、実際には暖冬年に九州地方を中心にした温暖な地域でも発生しています。
暖かい地域でなぜ凍害が？ その謎に迫ってみました。

植物の冬支度は寒くなら
ないと始まらない

が、例えば秋も深まり始めた 低くなるにつれて、徐々に冬の
季節に外出する際、「そろそ 寒さに耐えられるような体作り
ろ寒くなってきたから、し をしていきます。しかしながら、
まっていたコートを出そうか 人間がコートをまとうように服
な」など、ご自身の体験に基 を着ることで寒さから身を護る
づき季節毎の装いになってい ことは出来ないのです、体の中の
水分を減らしたり、糖をたくさ

ニホンナシでは温暖な地
域で凍害が起きている

日本は四季折々の季節が楽 な づき季節毎の装いになってい
しめる風土です。このため季 づき季節毎の装いになってい
節に応じて衣替えを行う習慣 くこともあるかと思えます。 水分を減らしたり、糖をたくさ
があります。この習慣は暦を 果樹などの冬を越す植物も同 ん溜め込むなどして、氷点下の
見ながら行うこともあります 様で、秋から冬にかけ気温が 温度に見舞われても樹全体が凍
た場合におこるものとされ、



写真1 凍害が主因と考えられる発芽不良の発生状況
 手前側：発生樹、奥側：正常樹
 (提供：鹿児島県農業開発総合センター)

症状としては芽枯れや枝枯れが見られ、ひどい場合は樹全体が枯れることもあります(写真1, 写真2)。凍害というと読者の皆様はどのような印象を持たれるでしょうか? 一般的には、冬の寒さ

が厳しい地域で異常な低温が来たときに起こるイメージが強いのではないかと思います。しかしながら、九州地方を中心とする温暖な地域で、しかも暖冬年にナシの花芽が枯れる現象は、主に凍害で発生す

凍害の発生パターンは3つある

暖かい地域でなぜ凍害が? 凍害の発生の仕方には3パターンあり、1番目は植物が元々持っている寒さに耐える能力の限界を超える厳しい低温に遭遇した場合、2番目は秋や冬にかけて気温が暖か

ることが明らかになりました。凍害の発生の仕方には3パターンあり、1番目は植物が元々持っている寒さに耐える能力の限界を超える厳しい低温に遭遇した場合、2番目は秋や冬にかけて気温が暖か

いまま推移することにより、



写真2 凍害による花芽の枯死の様子
 左側：枯死芽、右側：健全芽

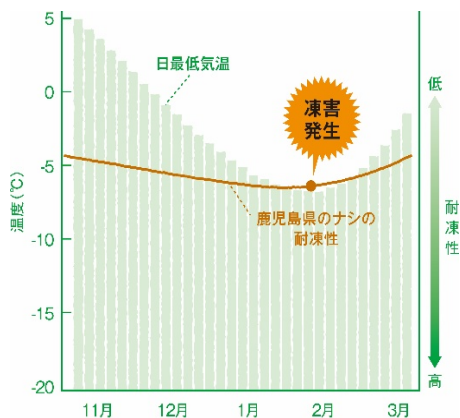


図1 温暖地における日最低気温と耐凍性との関係

況が生ま
やすい状
を発生し
時に凍害
気温低下
で購入す
ることが
起きない
とも限り
ません。これ
まで旬を感
じられて
いた果物が
温暖化によ
って身近な
ものでなくな
るのは寂しい

も分かりました。窒素成分の
た、与える時期を変えても、
肥料の効果には問題ないこと
芽の枯死が減ることが分かり
ました(次ページ図2)。ま
凍性が向上し、凍害による花
分を散布した場合と比べて耐
きでも、従来の時期に窒素成
たところ、秋の気温が高いと
で、窒素成分を散布する時期
ることが分かりました。そこ
耐えきれず凍害が発生してい

高い年に凍害の発生が多いこ
特に、温暖地では秋の気温が
ターンが多いと考えられます。

やはり温暖地で凍害が
起こっていた

このまま気温の上昇が続くと、
凍害によりこれまでニホンナシ
を生産してきた地域では栽培が
難しくなっていくことが予想さ
れます。そうなると、近い将来
ニホンナシがスーパーの棚に陳
列されることも減り、各ご家庭
で購入する機会が失われるなん

ナシが高級品になる時代が
来る!?

すよね。そこで、凍害が発生
している地域における栽培技
術の中に対策のヒントはない
かと探ってみました。ニホン
ナシでは秋から冬にかけて窒
素成分を含む肥料などを散布
することが一般的ですが、こ
の行為が耐凍性の上昇を阻む
こと、結果として冬の寒さに

冬支度が進んでいない状態で
低温に遭遇した場合、3番目
は厳しい冬は無事にやり過ご
したけれど、春に向けて開花
の準備をしている矢先に急な
低温に遭遇した場合です。こ
のうち、温暖な地域で発生す
る凍害は2ないし3番目のパ
ターンが多いと考えられます。
特に、温暖地では秋の気温が
ターンが多いと考えられます。
高い年に凍害の発生が多いこ

ことから、2番目の凍害発生パ
ターンについて、実際に凍害が
原因と考えられる発芽不良の発
生が多い鹿児島県のニホンナシ
栽培園で、秋から冬にかけての
気温変化と凍結温度に耐える能
力(耐凍性)の関係を検証しま
した。

暖化が進むことにより凍害の発
生が本州のニホンナシ栽培地域
まで広がる可能性があることを
示唆しています。



施肥時期の変更を中心としたニホンナシ発芽不良対策マニュアル

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/pamphlet/tech-pamph/077258.html

(詳しい内容を知りたい方はこちらをご覧ください。)

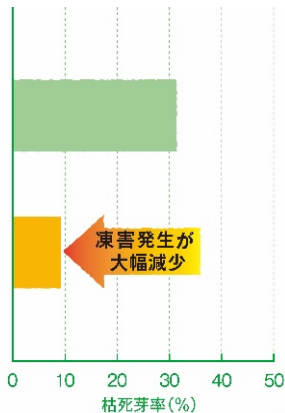
【散布時期のパターン】

現在の一般的な施肥法

秋施肥+冬堆肥
9月～11月に肥料
12月に家畜ふん堆肥散布

↓ (変更すると)

春肥料+春堆肥
3月に肥料、
3月に家畜ふん堆肥散布。



耐凍性UP

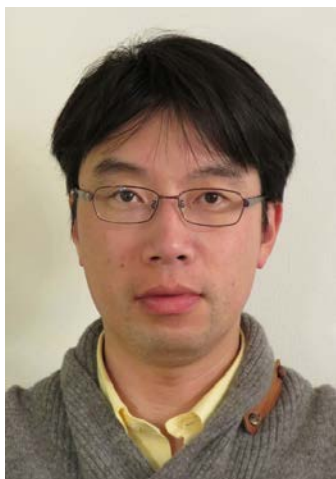
図2 窒素成分の散布時期の変更が枯死芽率に及ぼす影響

散布時期を変えるだけで、温暖化対策が出来るなんてシンプルな方法ですよ。これか
らみずみずしいニホンナシを皆様の食卓に届けてもらえ
るように、この技術をなすべ
く多くの生産者にお伝えする
機会を設けたいと思っています。

阪本 大輔

栽培・流通研究領域栽培生理ユニット主任研究員

これまでナシ、モモ、クリ等の落葉果樹について、栽培労力の軽減や安定的な生産の実現に主眼を置き、受粉作業の省力・軽労化や近年増加傾向にある凍害の対策技術について研究を進めてきました。担い手の減少や地球温暖化など果樹農業に迫り来る危機を乗り越えるべく、今後とも各方面の関係者と協力しながら、課題解決に邁進していく所存です。



特集記事 地球温暖化から果樹を守る！

温暖化への挑戦！ 果樹の自発休眠の分子機構解明へ

森口 卓哉

休眠に入った植物では、ほとんどの機能が停止してしまうため、休眠に関する研究は取っ掛かりをつかむことも難しく、長い間ブラックボックスのような存在でした。分子生物学の研究手法が、やっとその扉を開けようとしています。

休眠中のニホンナシの冬芽



森口卓哉

カンキツ研究領域長

カンキツ研究領域で行っています
興津桜会主催の文化祭で短歌を披露し、恥ずかしながらデビューを飾りました。生活習慣病のリスクを低めるためβクリプトキサンチンを沢山含む温州みかんを食べています。

冬芽は休眠している

リンゴやナシ、モモなどの温帯果樹は、秋から冬にかけて気温が低下すると、葉を落として裸になった枝を寒空にさらしています。しかし、この枝をよく観察すると、いくつもの冬芽が付いていることに気づきます。この冬芽は休眠といって、ほとんどの活動を停止していて寒さに耐えられる状態にあります。休眠は気温が徐々に低下する

ることによってもたらされません。冬芽は一定期間冬の寒さにさらされると、今度は眠りから覚めるメカニズムが働いて覚醒し、春の気温上昇に伴い萌芽します。ウメやサクラの花も同じ仕組みで春に開花します。

地球温暖化は休眠を 混乱させる

ところが、秋季に温暖な気候がつづく、休眠が不十分

候がつづく、休眠が不十分

な状態で冬の寒さに遭遇する部にありました。500年前のことになるため、芽は凍害を受けやすくなります。また、冬が暖かいと、なかなか休眠から目覚めないため、実際に温暖化に伴う暖冬が原因と考えられる発芽不良が報告されています。昨年、桜の開花が遅れたためといわれています。遅れたためにも暖冬で休眠覚醒が遅れたためといわれています。今後さらに温暖化が進行すると、もっと深刻な状況になる可能性があります。休眠のメカニズムは不明のため、対策技術の開発は、非常に難しい問題になっています。

手がかりはメキシコにあった

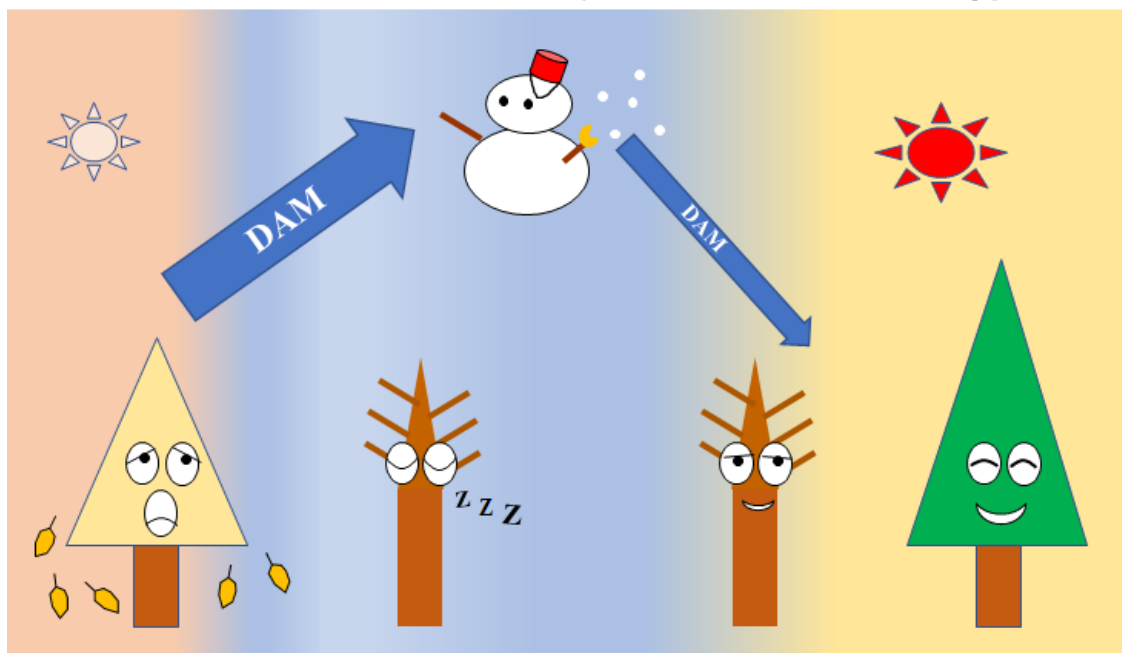
その手がかりはメキシコ南

DAMと名付けられました。ウメでも同じ遺伝子が休眠に関与していることが報告されました。図で示すように、DAM遺伝子の発現量が増加す

秋

冬

春



DAM遺伝子発現量の増加
低温による休眠の誘導

DAM遺伝子発現量の減少
一定時間の低温による休眠の覚醒

DAM遺伝子の働きにより休眠が制御されていることが明らかになってきました

ると休眠が誘導されます。その後、冬を迎え、一定期間の低温にさらされるとDAM遺伝子の発現量が低下するため休眠から覚醒し成長を再開します。厳冬季を上手く回避する優れた仕組みである事が分かります。

ニホンナシで研究を開始

そこで、私たちもこの遺伝子に注目してニホンナシで研究を始めました。DAM遺伝子の発現量が低温で増大する原因を探るため、低温を感じる事が知られているC-repeat binding factor (*欄外に解説)と呼ばれるタンパク質とDAM遺伝子の関係を調べたところ、DAM遺伝子はこのタンパク質が結合するこ

とによって制御されることを突き止めました。また、DAM遺伝子は植物ホルモンの1種で休眠にも関与していると考えられているアブシジン酸(ABA、*欄外に解説)を合成する9-cis-エポキシカロテノイドジオキシゲナーゼ(NCED)遺伝子を活性化している可能性のあることも見出しました。このように、DAM遺伝子を含めて様々なタンパク質や遺伝子が関与して休眠現象を精緻に制御している様相が徐々に明らかになってきました。ただし、試験管内での結果であるものも含まれるので、実際に生体内でも同様のことが生じているかを検証する必要があります。

休眠した植物ではほとんど機能が停止してしまうため、休眠に関する研究の取っ掛かりをつかむことも難しく、長い間ブラックボックスのような存在でした。分子生物学の研究手法が、やっとその扉を開けようとしています。これまでの休眠制御技術は、温度管理に拠るものなどに限られていましたが、現在は、休眠の分子機構に関する新たな知見を温暖化に強い品種や休眠をうまく制御することで温暖化の影響を最小限に食い止める技術の開発に繋げる努力が進められています。

サクラの花の開花が早まったり逆に遅れたりする現象は、地球温暖化が生態系に影響を及ぼしていることを如実に示しています。これ以上の温暖化を食い止めることが根本的

温暖化の直撃から果樹を守る

な課題であることはいうまでもありません。

* C-Repeat binding factor : 植物が低温を感じた際に作られるタンパク質で、様々な遺伝子に結合することで、その遺伝子の発現を制御します。

** アブシジン酸(ABA) : 植物ホルモンの1種で、休眠時に増大することが知られており、様々な作用を通じて休眠に関与していると考えられています。



カチャカチャ TIPS



(果物とお茶の質問コーナー)

【質問】果物はどこを食べているのですか ?

【回答】、企画管理部企画連携室果樹連携調整役 和田 雅人

【回答】

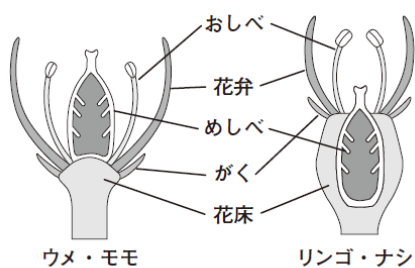


図1

イチゴ



図2

イチジク

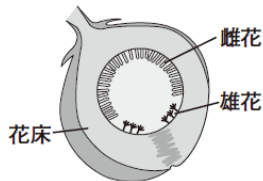


図3

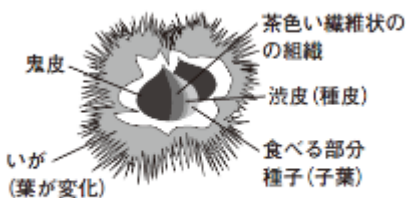


図4

「果実是一般にはめしべが肥大したものでウメやモモが該当しますが、その一方で、とてもユニークな部分が肥大して果実になる果物もあります。リンゴとナシはウメやモモと同じバラ科で花も見た目は似ていますが、その構造をよく見ると、ウメとモモのめしべは花床という組織の上に載っています。リンゴとナシのめしべは花床に覆われています(図1)。リンゴとナシでは、めしべを覆っている花床の肥大したものが食べる部分、

果実を作るのがイチジクです

つまり果実になります。リンゴやナシを縦に切った時に種の周りを囲んだ線が見えますが、そこがめしべの皮の部分です。また、おしりの部分(軸の反対側)にがくの痕跡が残っています。ウメやモモにはありません。これも図からわかる様に、花の構造の違いが原因です。同じバラ科に属するイチゴの果実も花床が肥大して大きくなったもので(図2)、めしべ由来の組織は果実表面の沢山の粒々になります。また、花床がイチゴとは逆向きに大きく膨らんで、中空の壺上の

部分(図3)。一方クリの食べる部分は種子で、詳しくいえば子葉に当たります。洗皮は果皮で、外の鬼皮はモモの果実で、例えば果皮、鬼皮と洗皮の間にある茶色いモヤモヤは果肉にあたり、イガは葉が発達したものです(図4)。めしべが果実になる果物でも面白い例があります。ミカンでは房の中に黄色い粒々があります、これはめしべの内側の皮に生えた毛に果汁が貯まり肥大したものです。ここで紹介した例は本当に一部です。この他にも身近な果物を観察してみてください。

出典/和田雅人、一般社団法人京都府教職員互助組合発行「互助組合報2017年4月号」より



ヨッシ
ー

京都の姉の家を訪ねたついでに、清水寺から高台寺方面を歩いてきました。洗練された古都の町並みには着物姿の女性がよく映えます。和服の男性もいます。気がつくといまのほとんどが韓国や中国、東南アジアからの観光客でした。もちろんレンタルの着物です。二寧坂・産寧坂のお土産物店は、そのような外国人観光客でごった返していました。ものすごいパワーに少し戸惑う程です。トニユースを見ていたら、日本のフルーツ狩りが外国人観光客に大入りという記事がありました。自国では高級輸入品である日本の果物を食べ放題で食べられることや、日本の田園風景や地元の人々の秘宝をのぞくことが人気の秘密なのだそうです。果樹農家にとっては、インバウンドのパワーを活かすチャンス到来も。

編集後記

お知らせ

「かいよう病Psa3に対して、安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術」に関する研究成果伝達会の開催について

近年問題となっているキウイフルーツかいよう病Psa3系統の防除対策に関する最新の研究成果について分かりやすく紹介します。

1. 日時：平成30年2月28日（水） 13：00-16：00
2. 場所：サンポートホール高松54会議室（高松シンボルタワー内ホール棟5階）
（香川県高松市サンポート2-1、TEL：087-825-5000、JR高松駅から徒歩3分、
ことでん高松築港駅から徒歩5分）
3. 主催
農食事業27008Cコンソーシアム
4. 日程
 - 12:30-13:00 受付
 - 13:00-13:05 開会挨拶
須崎 浩一（農研機構果樹茶業研究部門）
 - 13:05-13:35 かいよう病の病徴紹介と類似症状見分け方チャートの利用方法
菊原 賢次（福岡県農林業総合試験場）
 - 13:35-14:05 かいよう病に対する迅速・簡易な診断技術
須崎 浩一（農研機構果樹茶業研究部門）
 - 14:05-14:35 銅水和剤を基幹としたかいよう病に対する新たな防除体系
篠崎 毅（愛媛県農林水産研究所果樹研究センター）
 - 14:35-15:05 かいよう病の被害を受けた枝の切除基準と被害枝処分技術
野口 真弓（佐賀県果樹試験場）
 - 15:05-15:35 国内で経済栽培可能な抵抗性品種の探索
福田 哲生（香川県農業試験場府中果樹研究所）
 - 15:35-16:00 意見交換
 - 16:00 閉会
5. 参集範囲
キウイフルーツ生産者、農業団体、行政・普及関係者、研究者等
6. 参加申込み
平成30年2月14日（水）までに、参加申込書に必要事項（所属機関、職名、参加者名等）を記載し、事務局あてにE-mailまたはFAXでお申し込みください。
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nifts/079341.htmlより
申込みフォームがダウンロードできます。
7. 参加費 無料
8. 定員 80名程度（先着順）
9. 事務局（問い合わせ先）
農研機構果樹茶業研究部門 須崎 浩一（農食事業27008Cコンソーシアム代表）
TEL：0846-45-4756 FAX：0846-45-5370 E-mail：psa3@ml.affrc.go.jp

Fruit & Tea Times No.6 果樹茶業研究部門ニュース第6号（平成30年2月 発行）

編集・発行：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門

事務局：企画管理部 企画連携室 TEL 029-838-6447

住所：〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1 <http://www.naro.affrc.go.jp/nifts/index.html>

