

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月3日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22380026

研究課題名（和文）

モモ果肉における障害発生の要因と機構の解明及び防止策の確立

研究課題名（英文）

Possible causes and mechanisms of physiological disorders developed in mature peach fruit, and the methods for reducing disorders

研究代表者

久保田 尚浩 (KUBOTA NAOHIRO)

岡山理科大学・生物地球学部・教授

研究者番号：70033272

研究成果の概要（和文）：

モモの果肉障害のうち果肉が赤くなる赤肉症(RP)と水浸状に褐変する水浸状果肉褐変症(WSBP)の発生が多かった。最近では、両者を併発した合併症(CP)の発生が増えているが、その特徴はWSBPのそれと酷似した。RPとWSBPの発生率や程度は品種、栽培の年次や条件によって変動した。RPは少窒素、WSBPは環状剥皮処理によって発生が増え、後者では果実への糖の転流が促され、障害発生との関係が示唆された。満開前に開いた花の除去はWSBPの発生率を低下させた。

研究成果の概要（英文）：

Of physiological disorders developed in mature peach fruit, reddish-pulp (RP) which flesh undergoes a pink to red discoloration and water-soaked brown pulp (WSBP) which flesh exhibits a water-like, were the most serious. The rate of development of complication (CP) concurred these disorders increased with the years, but its symptom was similar to those of WSBP. Both the rate and degree of RP and WSBP developments varied largely among cultivars, years and growing conditions. The rate of RP and WSBP developments was increased by small application of nitrogen fertilizer and girdling treatment to twigs, respectively. In the latter ^{13}C -photosynthates were translocated into fruits larger in girdled twigs than those in un-girdled ones. Thinning of flowers opened before full bloom decreased in the rate of WSBP development. The possible cause(s) and mechanism(s) of the development of these disorders in peach fruit are discussed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2011年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2012年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総計	9,200,000	2,760,000	11,960,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：モモ、果肉障害、赤肉症、水浸状果肉褐変症、障害の特徴、発生要因、発生機構、発生防止策

1. 研究開始当初の背景

近年、モモの栽培では成熟果実の果肉に種々の障害が発生し、大きな問題になっている。すなわち、果肉が桃赤色を呈する赤肉症、果肉が水浸状になって褐変する水浸状果肉褐変症、この両者を併発した合併症（第1図）などが知られている。なお、果肉に蜜が入ったようになるみつ症については水浸状果肉褐変症との関係が示唆されているが、未だ明確な結論は得られていない。これら障害の発生要因や発生機構については不明な点が多く、その原因究明と防止策の確立が喫緊の課題となっている。



第1図 モモの果肉障害

左から水浸状果肉褐変症、赤肉症、合併症

果肉障害として最もよく知られているリンゴのみつ症は、果肉や果心の細胞間隙中の気体が液体に置き換えられて水浸状になるもので、これまでも発生の要因や機構について多くの研究が行われてきた。その結果、これまではソルビトールによって引き起こされるとした考えが有力であったが、近年、温度条件によって発生機構が異なることが明らかにされた。最近では、二ホンナシでも果肉の一部が水浸状になるみつ症の発生が報告されている。これは、「豊水」や「秋榮」に発生しやすく、夏季の低温・多雨によって多発するとの報告がある一方、夏秋季が高温条件で発生しやすいともいわれ、統一した見解は得られていない。発生機構についても検討されているが、いまだ不明な点が多い。これに対し、モモの水浸状果肉褐変症は、成熟果の果肉が水浸状になるもので、あん入り症、みつ入り症、果肉褐変症など産地によって異なる呼び方がなされていたものに申請者が水浸状果肉褐変症という統一した呼称を与えたものである。障害果は糖含量が多くリンゴのみつ症と類似する点が多いこと、「川中島白桃」に発生しやすいことなどが明らかにされているが、なお不明な点が多い。このため、有効な防止策が確立できず、生産者によっては果肉障害の多発樹を伐採している現状である。

2. 研究の目的

本研究は、モモ栽培で問題になっている果肉障害に関し、特に赤肉症や水浸状果肉褐変症などの主要な障害について、各々の障害の類似点や相違点を総合的かつ多面的に解析

し、果肉障害全般の発生防止に有効な防止策を確立しようとするものである。そのためには、個々の果肉障害についてその特徴や発生要因を明らかにするとともに、発生機構を解明する必要がある。

そこで、1年目は各障害の発生実態や特徴を調査した後個々の障害で明らかとなった成果を総合的かつ多面的に解析し、類似性と相違性について検討した。2年目は1年目の結果をもとに障害発生機構の解明を中心に研究を進め、防止策の確立に向けた研究も行った。最終年度の3年目は、2年間の補足的な調査を行うとともに、これまでの成果も踏まえて果肉障害の防止策の確立を目指した。また、これまでの研究の経緯を踏まえ、障害発生の有無を非破壊で判別可能な方法の有用性についても検討した。

3. 研究の方法

(1) モモ果実における個々の果肉障害について、研究期間を通して発生の実態と障害の特徴を調査するとともに、1年目は発生要因、2年目は発生機構の解明を中心に研究を進め、そして最終年度の3年目は発生防止策の確立に向けた研究を行った。

(2) すなわち、1年目は主要な果肉障害である赤肉症、水浸状果肉褐変症、みつ症（研究の過程で水浸状果肉褐変症の軽度のものとして判断し、その後は水浸状果肉褐変症に含めた）、及び赤肉症とみつ症を併発した合併症についてその特徴と発生の実態及び発生要因の解明に向けた研究を行った。さらに、赤肉果の果肉の脆弱さに関し、果肉の組織化学的特性やペクチンの含量と組成を正常果と比較した。また、水浸状果肉褐変症の発生には成熟期の高温が関係している可能性が考えられたので、この点についての解析も行った。さらに、水浸状果肉褐変症の発生は樹冠の陽光部が多いことから、樹冠各部位の果実について発生の実態を調査し、発生要因解明の手がかりとした。

(3) 2年目は、発生要因の解明に関する調査を継続するとともに、収穫前落果や果梗離脱果を含め発生機構の解明に向けた研究を行った。すなわち、赤肉症については成熟段階に達した果実に障害が発生することが明らかにされているので、成熟期を中心に果実の成熟現象も含め様々な角度から解析した。また、障害果の果肉は脆弱であることが知られているので、障害果と正常果の果肉組織の化学的解析を行った。さらに、水浸状果肉褐変症の発生機構を明らかにするため、栽培現場において発生樹の特性、特に果実の温度、呼吸、エチレン生成及び果肉の細胞壁成分やカルシウム含量を健全樹と比較した。これまでの研究において、水浸状果肉褐変症の発生

と糖含量との間に密接な関係が認められていることから、‘白鳳’の成木を用いて結果枝に環状剥皮処理を行って障害発生への影響を調査するとともに、成熟開始期に¹³C₂を取り込ませた後その転流と器官別の¹³C含量を測定し、そして果実への分配量を比較した。また、水浸状果肉褐変症の発生と温度との関係をみるとともに、障害発生の防止に向けた予備的な実験を行うため、果実温度を安定させる果実袋、蒸散を抑制する夏季の枝管理、土壌水分管理、並びにこれらを組み合わせた場合の有効性などについて検討した。

(4) 最終年度の3年目は、これまで果肉障害の発生が報告されていない品種について発生の実態を調査した。また、個々の障害の発生機構に関する調査を継続するとともに、発生の要因と機構に関する2年間の成果を踏まえ、有効な防止策について検討した。すなわち、防止策の確立に向けて土壌水分の制御や遮光処理などによるストレス軽減効果を調査した。さらに、これら果肉障害の特徴と発生の要因や機構を総合的かつ多面的に解析し、モモで果肉障害が発生しやすい点を究明した。

4. 研究成果

(1) 障害発生の実態と特徴

①水浸状果肉褐変症果の発生率は‘華清水’が最も高く、次いで‘白鳳’、‘紅清水’の順であったが、発生の程度には品種間に差がなかった。‘川中島白桃’では水浸状果肉褐変症だけの発生は認められず、赤肉症と本障害との合併症果が多発した(第1表)。果実重には障害果と正常果との間に一定の傾向がみられなかったが、エチレン発生量は障害果で高かった。果肉硬度は、‘華清水’を除き障害果で低い傾向であった。糖度は、有意な差ではないものの、3品種とも正常果よりも障害果で高く、しかも程度が激しいほど高かったが(第2表)、糖組成との関係は明確でなかった。果肉のエタノール含量は、障害程度1の果実では正常果と大差ないが、程度2ではどの品種も正常果よりも著しく多かった。‘華清水’では障害の程度が激しいほどペクチンが多く、特にヘキサメタリン酸ナトリウム可溶性ペクチンが多かった(第3表)。水浸状果肉褐変症の発生時期は収穫開始期よりも数日早かった。合併症果は、果実が大きく、エチレン発生量が多く、果肉硬度が低く、糖度が高いなど、その症状は赤肉症よりも水浸状果肉褐変症の特徴と酷似した(第2図)。赤肉症だけが発生した果実のエチレン発生量は正常果と大差なかった。以上のように、水浸状果肉褐変症果は果肉硬度が低い傾向である一方、エチレン発生量と糖度が高かった。その程度が激しいほどエタノール含量

が多いことから、これが本障害果のアルコール臭に関係していると推察された。‘華清水’では水浸状果肉褐変症果のペクチン含量が多く、肉質や果肉硬度との関係が示唆されたが、この点については品種を増やしてさらに調査する必要がある。

第1表 モモ4品種における果肉障害果の発生率(%)

調査年	品種	水浸状果肉褐変果	赤肉果	合併症果
2010年	白鳳	20.4	33.3	16.7
	紅清水	3.4	67.8	18.6
	川中島白桃	0.9	74.5	18.9
2011年	華清水	85.4	0.0	0.0
	白鳳	14.9	11.7	64.9
	紅清水	1.3	32.5	56.3
	川中島白桃	7.9	69.7	11.8

第2表 モモ‘白鳳’における果肉障害果の諸形質

調査年	果実区分	果実重 (g)	エチレン発生量 (nl・g ⁻¹ FW・h ⁻¹)	硬度 (N)	糖度 (%)
2010年	正常果	264.7	5.5	5.9	13.8
	水浸状果肉褐変果	280.6	6.5	4.9	15.6 *
	赤肉果	275.6	2.8	5.8	13.6
	合併症果	291.4	5.7	2.9	14.7
	正常果	273.3	5.2	5.2	13.1
2011年	水浸状果肉褐変果	305.3	14.8	2.3 * ²	14.2
	赤肉果	272.4	10.0	4.4	12.3
	合併症果	307.1	9.9	4.2	15.3 *

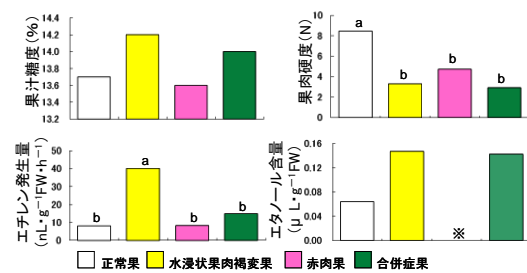
* t-検定により正常果と比べ5%水準で有意差あり

第3表 モモ‘華清水’における水浸状果肉褐変果の程度別ペクチン含量

程度	ペクチン含量 ² (mg・g ⁻¹ FW)			
	WS	PS	HS	総ペクチン
0	1.54	0.89 b ³	0.72	3.15
1	2.08	1.37 a	0.97	4.41
2	2.18	1.44 a	1.06	4.68

² WS:水溶性ペクチン, PS:ヘキサメタリン酸ナトリウム可溶性ペクチン, HS:塩酸可溶性ペクチン

³ 異なる文字間にはTukey多重検定により5%水準で有意差あり



第2図 モモ‘白鳳’における各障害果の諸形質 異なる文字間に5%レベルで有意差あり

②2年目(2011年)の障害果発生率(第1表)は、水浸状果肉褐変症ではほぼ同程度であったが、赤肉症では低く、両者を併発した合併症では‘川中島白桃’を除いて高かった。水浸状果肉褐変症は、いずれの品種でも果肉硬度が低い一方、糖含量が多い傾向であり、特にスクロースとソルビトール含量が多かつ

た。また、香気成分、特にγ-ドデカノラクトンの含量が多かった。これらのことから、水浸状果肉褐変症の発生には糖蓄積が関係していると推察された。正常果と障害果では、ペクチンと香気成分の含量に差がみられたことから肉質や風味との関連が推察されたが、この点についてはさらに詳細な検討が必要である。

③3年目には既報の品種に加えて新たに3品種の障害発生率を調査したところ、これまでの報告と同様品種によって発生する障害が異なった。すなわち、‘なつごころ’では赤肉症、水浸状果肉褐変症ともに多発したのに対し、‘恋みらい’では後者の発生率が高い一方、赤肉症は全く発生しなかった。水浸状果肉褐変症の特徴として、果肉硬度が低いことや糖含量が多いことはこれまでの報告と同様であったが、発生部位と糖含量や糖組成との関係については明確な結果が得られなかった。これが栽培年次の違いに起因するの可否かは明らかでない。

(2) 障害の発生要因

果実成熟および果肉障害発生と温度及びエテホン処理との関係をみたところ、果実袋内の温度が35℃以上ではエチレン生成が抑制される一方、20～25℃の温度条件では成熟が早まると考えられた。エテホン処理により果実品質が低下することなくエチレン生成が誘導されて成熟が早まった。しかし、障害発生との関係は明確でなかった。障害発生の要因と機構に関し、‘清水白桃’の窒素施用量を3段階に変えたところ、赤肉症の発生率は施用量が少ないほど高いが、水浸状果肉褐変症の発生率は逆に施用量が多い場合に高い傾向であった(第4表)。

第4表 モモ‘清水白桃’の果肉障害発生率とその程度に及ぼす窒素施用量の影響

N施用量 (コンテナ当たり)	調査 果数	赤肉症		水浸状果肉褐変症		合併症 ¹ 発生率(%)
		発生率(%)	程度 ²	発生率(%)	程度	
0g	27	48.1	0.9 a ³	14.8	0.5	29.6
8g	38	23.7	0.3 b	28.9	0.5	10.5
16g	39	10.3	0.2 b	33.3	0.5	10.3

²発生程度は0～3の4段階で評価

³異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

¹水浸状果肉褐変症と赤肉症を併発した果実

(3) 障害の発生機構

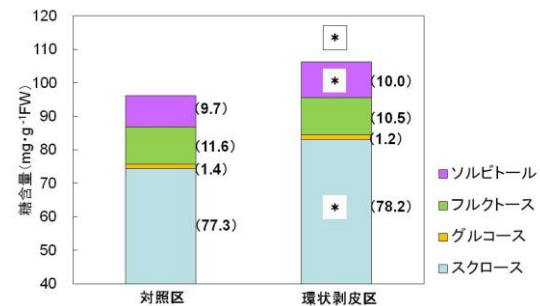
上述したように、水浸状果肉褐変症の発生と果実の糖蓄積との間に密接な関係があることが示唆されたので、‘白鳳’の果実発育第3期初めに側枝に環状剥皮処理を行って、障害発生率を調査するとともに¹³C₂O₂を取り込ませて¹³C光合成産物の転流・分配を比較した。その結果、環状剥皮区では水浸状果肉褐変症の

発生が多く(第5表)、しかもその果実は果肉硬度が低い一方、糖度が高く、特にスクロース、ソルビトール及び全糖含量が有意に多かった(第3図)。果肉の¹³C濃度は、環状剥皮区、対照区ともに処理24時間以降増加し、特に前者での増加が大きく、処理120時間後の果肉への分配率は環状剥皮区が対照区よりも高かった(第4図)。また、収穫前落果や果梗離脱果では、果梗内に樹脂やポリフェノールが蓄積することで果梗内にエチレンの前駆体である1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸(ACC)が増加して収穫前落果や果梗離脱が生ずるとともに、果肉のACC合成が促されるために果肉が軟化することを明らかにした。

第5表 モモ‘白鳳’の果肉障害発生率に及ぼす環状剥皮処理の影響

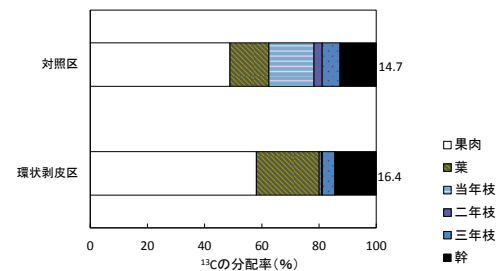
処理区	果肉障害果発生率(%)		
	水浸状果肉褐変果	赤肉果	合併症果
対照	7.7	15.4	53.3
環状剥皮	80.0 * ²	6.7	13.3 *

*: t-検定により5%レベルで有意差あり



第3図 環状剥皮処理がモモ‘白鳳’収穫果の組成別糖含量に及ぼす影響

*: t-検定により5%レベルで有意差あり

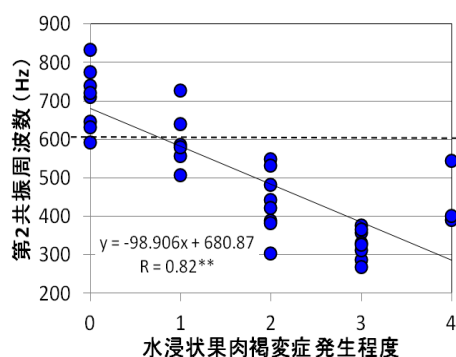


第4図 環状剥皮処理がモモ‘白鳳’の¹³C光合成産物の分配に及ぼす影響

(4) 障害の発生防止

防止策の確立に関し、開花期の早晚によって果肉障害の発生率が異なることから、‘紅清水’と‘清水白桃’について満開日より早く咲いた花を取り除いたところ、障害果とくに水浸状果肉褐変症の発生率が低下し、この

方法が本障害の発生抑制に有効であることが示唆された。‘白鳳’の収穫果を用いて、非破壊で水浸状果肉褐変症発生の有無を判別する共振法の有用性を検討したところ、障害果の共振周波数は健全果よりも大きく低下したことから、障害果の出荷防止に活用できる可能性が考えられた(第5図)。このように、早期に開花した花を摘除することで水浸状果肉褐変症の発生率抑制が可能なことや共振法の適用により水浸状果肉褐変症の出荷を防止できる可能性が示唆され、防止策確立の手がかりが得られた。また、赤外線カット機能の高い酸化チタンを塗布した機能性果実袋の利用により赤肉症が、マルチングにより水浸状果肉褐変症の発生が抑制されることを明らかにした。



第5図 モモ‘白鳳’における水浸状果肉褐変症の発生程度と第2共振周波数との関係
**：1%水準で有意

(5) 今後の展望

近年、水浸状果肉褐変症と類似の症状であるみつ症はモモだけでなくナシでも多発し、栽培上大きな問題になっている。モモとナシは、みつ症が発生しやすいリンゴと同じバラ科の果樹であることから、これら果実の障害発生の要因や機構には共通点があると推察され、これらの障害を多面的かつ詳細に比較することで発生防止策の確立に関する研究が飛躍的に進展すると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

- ① 福田文夫, 山崎朋子, 津谷健太, 久保田尚浩, モモ‘紅清水’における着果位置と開花時期, 発育日数が果実重と糖度に及ぼす影響, 園芸学研究, 査読有, 11巻, 2012, 497-503
- ② 久保田尚浩, 岡山の果樹栽培の特徴とジベレリン処理によるブドウの無核果生産, 日本農薬学会誌, 査読有, 37巻, 2012, 291-296

- ③ 福田文夫, 近藤毅典, 山本 昭, 岩堂治美, 甲本久美子, 久保田尚浩, モモ‘紅清水’における果実肥大と糖度との関係, 岡山大学農学部センター報告, 査読無, 34巻, 2012, 7-10
- ④ 福田文夫, 技術相談室「モモの果肉障害の発生原因と対策について」, 果樹(岡山), 査読無, 66巻(1号), 2012, 71-72
- ⑤ 福田文夫, 今任公象, 久保田尚浩, モモ‘清水白桃’の生理的落果に及ぼすジベレリン処理の影響, 園芸学研究, 査読有, 10巻, 2011, 209-215
- ⑥ 久保田尚浩, 岡山のくだもの栽培, 畑地灌漑の研究, 査読有, 43巻, 2010, 24-35

〔学会発表〕(計11件)

- ① 福田文夫, 中野龍平, 川口悦史, 平野 健, 森永邦久, 共振法によるモモ‘白鳳’における水浸状果肉褐変症果の判別方法の検討, 園芸学研究, 査読無, 12巻(別1), 283, 2013年3月23日, 東京農工大学
- ② 川口悦史, 福田文夫, 平野 健, 森永邦久, モモ3品種における収穫前落果と果梗離脱果の特徴とそれらの発生機構の解析, 園芸学研究, 査読無, 12巻(別1), 281, 2013年3月23日, 東京農工大学
- ③ 久保田尚浩, 金谷善泰, 福田文夫, 平野健, モモの果肉障害の特徴と“水浸状果肉褐変症”の発生に及ぼす環状剥皮処理の影響, 園芸学研究, 査読無, 11巻(別2), 355, 2012年9月22日, 福井県立大学
- ④ 藤井雄一郎, 福田文夫, 大浦明子, 久保田尚浩, 北小路明久, 池田征弥, モモ‘清水白桃’の果肉障害発生に及ぼす機能性果実袋被袋と樹冠下防水マルチ敷設処理の影響, 園芸学研究, 査読無, 11巻(別2), 138, 2012年9月22日, 福井県立大学
- ⑤ 小野恭平, 福田文夫, 平野 健, 森永邦久, 久保田尚浩, モモ‘清水白桃’の果肉障害発生と果実のポリフェノール含量に及ぼす窒素施肥量の影響, 園学中四国支部要旨, 査読無, 51号, 22, 2012年7月21日, 岡山大学
- ⑥ 福田文夫, 大筋はるか, 藤井雄一郎, 平野 健, 森永邦久, 久保田尚浩, モモ‘清水白桃’果実の収穫時期に及ぼす果実袋内温度とエテホン処理時期の影響, 園学中四国支部要旨, 査読無, 51号, 21, 2012年7月21日, 岡山大学
- ⑦ 大浦明子, 福田文夫, 藤井雄一郎, 久保田尚浩, 果実発育第3期の高温がモモ‘清水白桃’の収穫期の遅延および果肉障害の発生に及ぼす影響, 園芸学研究, 査読無, 10巻(別2), 387, 2011年9月

- 24日, 岡山大学
- ⑧ 藤井雄一郎, 福田文夫, 大浦明子, 久保田尚浩, モモ‘清水白桃’の収穫期と果肉障害発生に及ぼす成熟期における異常高温時のエテホン処理の影響, 園芸学研究, 査読無, 10(別2), 385, 2011年9月24日, 岡山大学
 - ⑨ 福田文夫, 山田正隼, 久保田尚浩, モモ‘白鳳’の収穫前落果と果梗離脱果の特徴および果梗部の形態的異常, 園芸学研究, 査読無, 10巻(別2), 100, 2011年9月24日, 岡山大学
 - ⑩ 金谷善泰, 福田文夫, 久保田尚浩, モモの果肉障害“水浸状果肉褐変症”の特徴と発生時期, 園芸学研究, 査読無, 9(別2), 391, 2010年9月19日, 大分大学
 - ⑪ 福田文夫, 横山 愛, 久保田尚浩, モモ‘清水白桃’の収穫時期, 果実品質および花梗離脱果発生に及ぼす果実袋とエテホン処理の影響, 園芸学研究, 査読無, 9(別2), 390, 2010年9月19日, 大分大学

[その他]

報道関連情報

- ① 久保田尚浩, モモ果肉障害－原因ほぼ特定, 山陽新聞, 日刊 27面, 2013年1月21日
- ② 久保田尚浩, おかやま朝まるステーション－技術の森－, RSK放送, 2012年11月14日

アウトリーチ活動情報

- ① 久保田尚浩, モモの果肉障害の種類, 特徴及び発生要因, 岡山理科大学 OUS フォーラム 2012, 2012年11月21日(岡山プラザホテル)
- ② 久保田尚浩, 岡山におけるモモの栽培と研究の歩み, 岡山県うまいくだもの推進大会(もも推進大会), 2012年11月7日(岡山理科大学)
- ③ 久保田尚浩, 岡山における果物の生産(1)モモ栽培の歴史と特徴, 吉備創生カレッジ, 2012年10月2日(山陽新聞社さん太キャンパス)
- ④ 久保田尚浩, モモの果肉障害の特徴及びその発生要因と機構, アスエコカフェ, 2012年6月16日(岡山県環境学習センター「アスエコ」)
- ⑤ 久保田尚浩, 岡山の果樹栽培の特徴とジベレリン処理によるブドウの無核果生産, 日本農薬学会第37回大会, 2012年3月14日(岡山ロイヤルホテル)
- ⑥ 久保田尚浩, 栽培事例の比較から展望する岡山の果樹農業, 平成23年度岡山県果樹研究会総会, 2012年2月17日(岡山テクノサポート)

- ⑦ 久保田尚浩, モモ果実における果肉障害の発生要因と対策, 香川県果樹研究同志会果樹講習会, 2010年11月17日(香川三豊農業共済組合)
- ⑧ 久保田尚浩, 果樹栽培の新技术, 学際セミナーII, 2010年9月27日(岡山大学自然科学研究科棟)
- ⑨ 久保田尚浩, 岡山のくだもの栽培, 第48回畑地灌漑研究集会, 2010年8月26日(岡山大学五十周年記念館)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保田 尚浩 (KUBOTA NAOHIRO)
岡山理科大学・生物地球学部・教授
研究者番号: 70033272

(2) 研究分担者

福田 文夫 (FUKUDA FUMIO)
岡山大学・大学院環境生命科学研究所・准教授
研究者番号: 60294443

(3) 連携研究者

()

研究者番号: