

ミニ特集：クリシギゾウムシに対する臭化メチル代替技術の現状

温湯処理技術の現状と問題点

兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術センター 病害虫部

元兵庫県立農林水産技術総合センター

兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術センター 病害虫部

タイガーカワシマ株式会社

ふた 二 ひろ にし 西 かわ 川	い 井 瀬 ぐち しま 島	きよ 清 とし 敏 しん せい 真 誠	とも 友 はる 晴 じ 嗣 ぞう 蔵
-------------------------------------	------------------------------	--	---

は じ め に

兵庫県におけるクリの栽培面積は 663 ha (2012 農水省統計局) で、県下全域で栽培が行われているが、なかでも県東部の丹波と北摂地域がクリ産地の中心となっている。特に兵庫県と京都府にまたがる丹波地方は、日本栗の発祥の地とされており、全国各地の在来品種の多くは同地方由来である。丹波地方特有の気候風土に培われた丹波栗は丹波地方とその周辺地域から産出された大栗の総称で、1200 年の歴史を有している。

これらのクリ産地で大きな問題となっている収穫後の果実害虫は、クリシギゾウムシ (図-1) とクリミガである。兵庫県の宝塚市における 1992～94 年にかけてのクリシギゾウムシの発生状況は表-1 の通りで、年によって被害果率の変動は大きい (廣瀬, 2005 ; 二井, 2007)。

クリ果実食入害虫の収穫後の防除法としては、これまで臭化メチルによる収穫果のくん蒸が一般的に行われていた。しかし、オゾン層破壊物質として 2005 年 1 月以降全廃され、その後は不可欠用途として使用されてきたが、2013 年末をもって使用はできない状況にある。

筆者らは臭化メチル代替技術として温湯処理に着目し、1998 年以降、クリ病虫害防除に関する研究を実施してきた (近中四農研研究成果情報, 2001)。本稿ではその内容について概説する。

I 温湯浸漬処理によるクリシギゾウムシおよびクリミガに対する防除効果

1 食入害虫に対する有効温度と処理時間

2003 年 10 月に宝塚市で収穫したクリ果実を供試して、クリシギゾウムシ防除に有効な温度および処理時間を明らかにするために、ウォーターバスを用いて試験を行った。湯温は 41～50℃ まで 1℃ ごとに設定し、果実内部

に温度センサーを入れ、果実温度維持時間を果実温度が湯温に到達した時刻から 0 分間 (湯温に達するとすぐに引き上げる)、20 分間、40 分間、60 分間、100 分間の 5 段階とした。1 処理当たり 50 果ずつを初消毒用ネット (24 × 31 cm) に入れて処理した後、流水で 15 分間冷却し、全自動洗濯機を用いて脱水し、その後風乾した。対照区として当日の水温である 18.1℃ の水に 100 分間浸漬し、処理区と同様に冷却・脱水処理を行った区と無浸漬区を設けた。処理 25 日後、および 52 日後に果実より脱出した幼虫数を種類別に調査した。

処理 51 日後の 50 果当たりのクリシギゾウムシ脱出幼虫数は無処理区が 166 個体であったのに対して 41℃ で 100 分間処理、42～44℃ で 60 分間以上、45～47℃ で 20 分間以上および 48～50℃ に達した直後に引き上げた果実からは幼虫の脱出が全く認められなかった。加温しない 18.1℃ の水に 100 分間浸漬した区では 158 個体と、無処理とほぼ同じ程度の脱出が認められた (表-2)。同

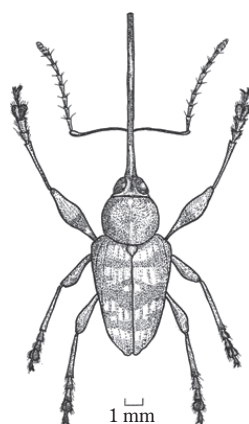


図-1 クリシギゾウムシ雌成虫

表-1 クリシギゾウムシ年度別発生状況 (宝塚市)

調査年	1992	1993	1994
被害果率 (%)	68.9	77.5	22.5
約 500 果調査。			

Current Status and Issues of Hot Water Treatment to Control for Chestnut Weevil. By Kiyotomo FUTAI, Toshiharu HIROSE, Shinji NISHIGUCHI and Seizo KAWASHIMA

(キーワード：温湯処理, クリシギゾウムシ, 臭化メチル代替法)

表-2 クリシギゾウムシに対する防除効果 (2003 年)

果実温度 (℃)	果実温度維持時間 (分)				
	0	20	40	60	100
50	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0
47	1	0	0	0	0
46	9	0	0	0	0
45	13	0	0	0	0
44	32	3	1	0	0
43	83	17	5	0	0
42	116	74	12	0	0
41	135	109	63	6	0
18	—	—	—	—	158
無浸漬			166		

表-3 クリミガに対する防除効果 (2003 年)

果実温度 (℃)	果実温度維持時間 (分)				
	0	20	40	60	100
50	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0
47	1	0	0	0	0
46	3	0	0	0	0
45	4	2	1	0	0
44	7	4	2	1	1
43	6	4	2	1	1
42	13	10	3	1	2
41	15	6	5	2	3
18	—	—	—	—	8
無浸漬			11		

表-4 温湯処理装置による果実内食入幼虫に対する防除効果

区	調査果実数	クリシギゾウムシ		クリミガ	
		脱出幼虫数	平均虫数/果	脱出幼虫数	平均虫数/果
50℃処理区	4,301	0	0	0	0
51℃処理区	4,357	0	0	0	0
無処理区	426	1,279	3.04	21	0.05

様に、クリミガ脱出幼虫数は、無処理区が 11 個体であったのに対して、45℃で 60 分間以上、46～47℃で 20 分間以上および 48～50℃に達した直後に引き上げた果実からは幼虫の脱出が全く認められなかった。18.1℃の水に 100 分間浸漬した区では 8 個体と無処理とほぼ同程度であった (表-3)。

果実を浸漬してから引き上げるまでの処理時間は、果実が湯温と同じになるまでにかかる時間と果実温度維持時間の合計値となる。実験の結果、おおむね 30 分で果実は湯温と同じになったので、処理時間を短縮するためには果実温度維持時間を短縮すればよく、表-2、表-3 の結果から両害虫に対しては果実温度が 48～50℃になった時点で引き上げる、すなわち 48～50℃の温湯に 30 分間浸漬すると最も効率的であることが明らかになった。

2 食入害虫に対する温湯処理機の防除効果

2003 年の試験結果を基に、2004 年 10 月に宝塚市で収穫したクリ果実を、温湯殺菌装置付催芽機 YS-500HC 改良型 (タイガーカワシマ社製) を用いて 50℃ 30 分間、51℃ 30 分間温湯浸漬処理し、食入害虫に対する防除効果を調査した。100 kg のクリ果実を 10 kg ずつ初消毒用ネット (36 cm × 60 cm) に入れ、湯温が所定温度に達してからクリ果実を浸漬処理し、30 分経過後に取り出し、流水で冷却し、全自動洗濯機で脱水後、風乾した。

無処理区については果実 10 kg を供試した。

処理後は室温におき、果実からのクリシギゾウムシとクリミガの脱出状況を調査した。50℃の温湯で処理した 4,301 個のクリからはクリシギゾウムシ、クリミガとも幼虫の脱出が全く見られなかった。一方、無処理区の 426 果からは 1,279 頭のクリシギゾウムシ幼虫と 21 頭のクリミガ幼虫の脱出が認められ、それぞれの 1 果実当たりの幼虫数は 3.04 と 0.05 個体であった。無処理区では供試クリの約 7 割からクリシギゾウムシ幼虫の脱出が認められた (表-4)。このように、温湯処理機を用いた処理区では 50℃、51℃の両区とも果実食入害虫に対して高い防除効果が認められた。

3 処理温度と発芽との関係

2003 年 9 月に加西市で収穫したクリ果実 (品種‘筑波’、‘銀寄’) を 2℃で保存後、同年 10 月 28 日に上記の温湯処理機を用いて、1℃間隔で 50～55℃の温湯に 30 分間浸漬処理した。処理後は流水で 15 分間冷却後、脱水、風乾し、播種前日まで 2℃で保存し、同年 11 月 17 日にポリポット (直径 10.5 cm、高さ 8.5 cm) に播種した。播種後は無加温ガラスハウス内に置き、翌年 5 月に発芽の有無を調査した。無処理の果実は収穫後、播種前日まで 2℃で保存し同様の条件で播種し、発芽状況を調査した。

50℃、51℃で処理したクリは、播種後、翌年にすべて

が発芽し、果実の生死には悪影響がなかった。しかし、52～54℃では発芽率が低下し、55℃では発芽率が5%となり、ほとんど発芽しなかった（表-5）。以上のことから、50℃の温湯に30分浸漬処理することによる発芽への悪影響はないものと考えられる。

4 温湯処理の病害に対する防除効果

収穫後のクリ果実は虫害のみならず病害についても問題になることが多い。この地域で貯蔵中および出荷後に問題になる病害は、炭そ病（図-2）および黒色実腐病である。

炭そ病は早生～中生の品種に多い多犯性の病害である。クリでは枝や芽等で越冬し、翌春枯死部に分生子を形成し第一次伝染源となる。分生子は降雨時に樹冠部を流れる雨水とともに分散、伝播する。当年伸長した枝葉にも感染するが、開花期以降は球果にも感染し、果実へ侵入する。病原菌が果実内まで侵入すると果肉は褐色～黒褐色に変色し、果皮は黒変する。このように、収穫時に外観から見分けのつく果実は選別が可能であるが、感染初期で判別のつかないものが出荷されると、貯蔵・流通過程で病勢が進行し、商品価値は全くなってしまう。

表-5 処理温度とクリ果実の発芽率

処理温度 (℃)	供試数	発芽数		合計	
		筑波	銀寄	発芽数	発芽率 (%)
50	40	20	20	40	100
51	40	20	20	40	100
52	40	19	18	37	92.5
53	40	12	13	25	62.5
54	40	11	12	23	57.5
55	40	1	1	2	5
無処理	20	10	10	20	100

注：各処理区の調査果実は各品種とも20個ずつ、無処理区は10個ずつ。

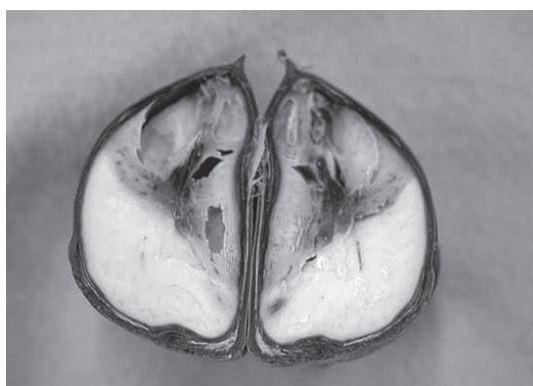


図-2 炭そ病発病果

う。黒色実腐病は品質により発生の多少がある病害である。枝幹部に形成される小黒粒点から胞子が飛散し、伝染源となる。果実に感染すると果皮は黒変し、果肉は黒変乾腐するが細菌との混合感染により軟腐状態になることもある。病勢が進展すると悪臭を放つが、炭そ病の場合は悪臭を放つことはない。このように、収穫時に外観から見分けのつく果実は選別が可能であるが、判別のつかないことが往々にしてあるため、気づかずに出荷されると果実腐敗が進行し、産地の信用低下につながる。

炭そ病および黒色実腐病に対する温湯浸漬処理による防除効果を検討した（西口・廣瀬，2006；西口，2009）。品種は2004年10月に収穫した‘筑波’を用い、2℃で保存した外観上健全果を供試した。処理は前出のタイガーカワシマ製温湯処理機改良型を用いて行った。湯温45～50℃まで1℃間隔で浸漬処理区を設定し、処理時間は30分および60分間とした。各区22～23果ずつを初消毒用ネット（24×31cm）に入れて処理した後、流水中で15分間冷却し、5分間脱水した後2℃で保存した。52日後に果実を切断し、発病の有無を調査し、発病果率から防除価を算出した。

炭そ病に関しては無処理区での発病果率が30%程度の多発条件下であったが、45℃および46℃では防除価が40～86と、効果は認められるものの不十分であった。47℃および48℃の30分処理では若干の発生が認められたが、60分処理では認められなかった。49℃および50℃では30分および60分処理ともに発病をほぼ完全に抑制した（表-6）。

黒色実腐病に関しては発病が少なかったため効果は判然としなかったが、47℃以上では発病を抑制する傾向にあると考えられる（表-7）。

以上の1～4節の各試験の結果より、各種病害虫に対する防除効果や果実の発芽率（生死）を考慮すると、50℃の温湯で30分以上の処理を行うことで高い実用性が得られると考えられる。

II 処理機の実用化「栗工房」

タイガーカワシマ製「栗工房」は同社の水稻用温湯殺菌装置付催芽機を発展させた機械である（図-3）。水稻用は1回に種籾16kgの消毒が可能であるが、この量はクリの場合の処理量としては少なすぎるため、100kgの処理が可能な機械として開発された。主要諸元は表-8の通りである。

また、処理手順に関しては図-4の通りである。

表-6 炭そ病に対する防除効果

処理温度 (℃)	浸漬時間 (分)	調査果数	発病果数	発病果率 (%)	防除価
50	30	23	0	0	100
49	30	23	0	0	100
	60	23	0	0	100
48	30	23	2	8.7	71
	60	22	0	0	100
47	30	22	2	9.1	70
	60	22	0	0	100
46	30	22	3	13.6	55
	60	22	3	13.6	55
45	30	22	4	18.2	40
	60	23	1	4.3	86
無処理	—	53	16	30.2	—

表-7 黒色実腐病に対する防除効果

処理温度 (℃)	浸漬時間 (分)	調査果数	発病果数	発病果率 (%)
50	30	23	0	0
49	30	23	0	0
	60	23	0	0
48	30	23	0	0
	60	22	0	0
47	30	22	0	0
	60	22	0	0
46	30	22	1	4.5
	60	22	1	4.5
45	30	22	1	4.5
	60	23	1	4.3
無処理	—	53	2	3.8

表-8 「栗工房」主要諸元

型式	YS-200K	YS-500KP
処理能力	40 kg/回	100 kg/回
使用水温範囲	清水 5～65℃	
周囲温度範囲	5～40℃	
電源電圧	AC 200 V 三相	
定格電流	9.2 A	18.5 A
ヒーター容量	3 kW (116 V 1 kW × 3)	6 kW (116 V 1 kW × 6)
モーターポンプ出力	単相 200 V 40 W	単相 200 V 50 W × 2
温度設定範囲	1～35℃ 1℃単位/36～65℃ 0.1℃単位	
寸法 (mm)	880 × 860 × 960	1,340 × 1,100 × 1,200



図-3 クリ温湯処理機「栗工房」

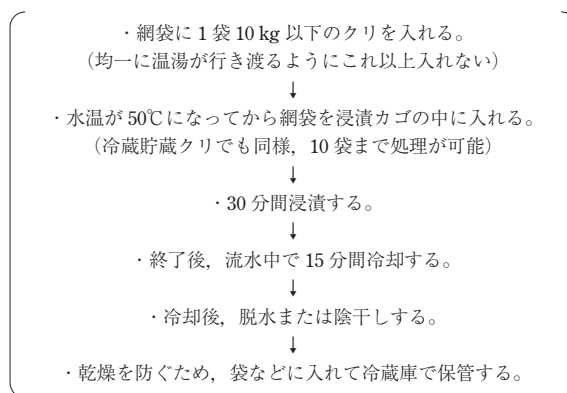


図-4 温湯消毒装置を用いたクリ浸漬処理手順

表-9 温湯処理後の品質評価

《処理後調理前》

処理区	皮のつや	果肉の色	果肉の香り	総合評価
温湯処理+冷却・脱水・風乾	4.2	3.7	3.4	3.8
温湯処理+冷却・風乾	3.5	3.8	3.3	3.5
臭化メチル	3.1	3.5	3.1	3.1

《調理後》

処理区	果肉の色	果肉の香り	食味	総合評価
温湯処理+冷却・脱水・風乾	3.7	3.6	3.6	3.6
温湯処理+冷却・風乾	3.7	3.5	3.7	3.6
臭化メチル	3.6	3.4	3.6	3.5

注1：総合評価は3項目の平均。

注2：5点評価（5：よい～1：悪い）。

Ⅲ 品質評価

おわりに

温湯浸漬処理による外観や食味等の品質調査を篠山市黒岡にある「特産館 ささやま」で行った。2005年9月30日に篠山市で収穫したクリ果実（品種は各種混合）をタイガーカワシマ製の「栗工房 YS-500K(100 kg用)」を用いて、①温湯処理+脱水（水道水で冷却後、洗濯機で脱水）・風乾、②温湯処理+自然乾燥（水道水で冷却後、木製すのこ上で自然乾燥）および対照の③臭化メチルくん蒸の3通りの処理を行った。その後、5℃で3日間貯蔵し、10月3日に圧力鍋で12分間加温加圧調理したものを試食品として供試した。品質調査は特産館に来館する一般客を無作為に選び、試食・アンケート調査を依頼した。調理前は皮のつや・果肉の色・果肉の香り、調理後は果肉の色・果肉の香り・食味の各3項目について、5点評価（5：良い～1：悪い）により行った（二井ら、2006）。

来場者のうちアンケートに協力してくださった一般消費者は107人で、内訳は男性35名、女性47名、無記入25名で、年齢層は20歳以下2名、21～40歳13名、41～60歳47名、60歳以上25名、無記入は20名であった。

調理前のクリの外観調査をまとめると、鬼皮のつやでは①区（温湯+脱水）が良好、果肉の色は①区と②区（温湯+自然乾燥）は③区（臭化メチル区）よりも良好、香りは①②区が良好との評価を得た。

総合評価では①区（温湯+脱水）、②区（温湯+自然乾燥）の順に評価が良好であった。

調理後は果肉の色、果肉の香り、食味のいずれについてもほぼ同等の評価であった。

以上の結果より、温湯浸漬処理は従来の臭化メチル処理と同等の品質が維持でき、外観や食味等の品質に悪影響を及ぼさないことが明らかになった（表-9）。

クリを50℃の温湯で30分浸漬する処理技術は、温湯を使用するため安全であり、確実に果実内部のクリシギゾウムシおよびクリミガを防除し、臭化メチルと同等の高い効果が得られる。また炭そ病や黒色実腐病等の病害に対しても高い防除効果があるという大きな利点を持っている。

しかし、一度の処理量が100 kgまでであること、また温湯処理後の乾燥行程に時間を要すること、など作業工程に労力や場所を要する等問題点も多い。兵庫県産地ではベルトコンベアーと送風機を利用した乾燥工程を組み込み、クリシギゾウムシ対策を講じているが、それでもなお労力的には大きな負担となっている。今後は乾燥行程の省力化が図れる機械化などについても検討していく必要がある。

また、クリの表皮がやや黒ずんだりつやがなくなるなど、外観上の問題点が生じる場合もある。十分な乾燥ができていない場合は処理後の貯蔵中に果実にカビを生じる場合もあるなど、品質管理の点でも今後改善していかねばならない点も多い。

収穫後のクリシギゾウムシ防除技術としてくん蒸処理以外で実用化されているのは氷蔵処理（小林、2003）と温湯処理だけであるが、今後はそれぞれの処理技術の長所を活かし、互いの短所を補えるような防除技術を検討していく必要がある。

引用文献

- 1) 二井清友ら（2006）：関西病虫害研報 48：89～90。
- 2) ———（2007）：果実日本 37：68～70。
- 3) 廣瀬敏晴（2005）：技術と普及 41（1）：74～77。
- 4) 小林正秀ら（2003）：森林防疫 52：155～162。
- 5) 西口真嗣・廣瀬敏晴（2006）：今月の農業 50（12）：25～29。
- 6) ———（2009）：農耕と園芸 64（7）：128～132。