

高圧炭酸ガス処理によるクリシギゾウムシの収穫後の防除

High-pressure Carbon Dioxide Treatment to Postharvest Control of Chestnut Weevil, *Curculio sikkimensis*

戸田世嗣・池長裕史*・高橋敬一**

Seishi toda, Hiroshi Ikenaga and Keiichi Takahashi

要 約

本研究では、高圧炭酸ガスを利用したクリシギゾウムシに対する防除法の研究を行った。炭酸ガスを1Mpa加圧で60分以上処理すると、果実内で生育し、果実外に脱出した幼虫が減少し、360分以上では脱出した幼虫は認められなかった。また2Mpa加圧では、10分以上で脱出幼虫数が減少し、40分以上では認められなかった。炭酸ガスを2Mpa加圧で40分以上処理するとクリシギゾウムシを防除できると考えられた。

キーワード: 高圧炭酸ガス、クリシギゾウムシ、クリ

I 緒言

熊本県は、クリの収穫量が全国の約16% (生産量: 約3,735t 栽培面積: 3,609ha) を占める日本第2位のクリ生産県である。その主要な栽培地域は中山間地にあり、そこでは、クリの果実内を食害する重要な害虫であるクリシギゾウムシの被害を受ける。本種の雌成虫は、クリ果実に口で穴を開け鬼皮付近に産卵し、ふ化した幼虫は、はじめ鬼皮と果実の間を食害するが、齢が進むと果実内を潜行する。その後、終齢幼虫は、クリの外皮に穴を開け脱出し、土壌中で土繭を作り、その中で蛹化する²⁾。以上のように、本種はクリ果実を直接加害する害虫にも関わらず、脱出するまで外皮を見ただけでは、加害されているかどうか外見からは見分けることは困難である。また、出荷の際に産卵痕を見分け選別する作業も行っているが、完全に被害果を取り除くことはできない。そこで、本県では選果後、出荷用に箱詰めされた状態で、臭化メチルによる薫蒸処理をおこない、クリ果実内のクリシギゾウムシ幼虫の防除を行っている。しかし、臭化メチルは1992年の第4回モントリオール議定書締約国会議において、オゾン層破壊物質として指定され、検疫用途を除き2005年に全廃されることとなった。そのため、本研究では臭化メチルを利用したクリシギゾウムシの防除法の代替え技術として、高圧炭酸ガスによる防除法を検討した。

II 材料及び方法

1 供試果実

1999年および2000年の試験に供試したクリ果実は、各試験年の9月に熊本県阿蘇郡蘇陽町のJA南阿蘇栗選果場集荷されたクリ果実の中から、外観からクリシギゾウムシが産卵して

いると思われるクリ果実を選別し試験に供試した。

2 高圧炭酸ガス処理

クリ果実に対する高圧の炭酸ガスによる処理は、すべて農林水産省食品総合研究所(現在: 独立行政法人食品総合研究所)に設置してある高圧二酸化炭素処理装置(日東高圧K.K製)を用いて行った³⁾(以下、高圧炭酸ガス処理)。

1999年9月には、処理圧力1Mpa, 2Mpa, 2.5Mpa, 3Mpaの4区を設け、加圧した処理時間は各区1秒, 5分, 10分, 30分, 60分とした。処理後、瞬時に減圧すれば、クリ果実が破裂する場合もあったため、緩やかに減圧した。各区60分処理は2反復、その他は3反復とした。

2000年9月には、1999年の結果を考慮して、1Mpaは処理時間を60分, 120分, 240分, 360分, 480分, 720分間とし、2Mpaは40分, 50分, 60分間とした。各区3反復行った。高圧炭酸ガス処理を行わない無処理区も設けた。

3 処理後脱出調査

クリシギゾウムシの幼虫は、クリの果実内を潜行しているため、外観からは処理前の果実内の幼虫数および処理後の生死も観察できない。そこで、果実内から脱出した終齢幼虫を調査した。

調査は、熊本県松橋町果樹研究所内で行った。網袋の中にクリ果実を入れ、袋ごとプラスチック容器に入れた。果実から脱出し、網をくぐり抜け容器の底にいた幼虫や網の中にいる幼虫を数え、幼虫を取り除いた。調査は1日毎に行った。

*農林水産省 食品総合研究所(現 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 中央農業総合研究センター)

**農林水産省 食品総合研究所(現 退官)

4 果実品質

高圧炭酸ガス処理されたクリ果実の品質について、果樹研究所内の職員(男性17名、女性12名)29名による食味調査を行った。2Mpa加圧で60分間処理したクリと無処理のクリを、水から60分茹でた。それぞれのクリを試食後、処理した果実が美味しい、無処理果実が美味しい、どちらも美味しいの3つの内から1つを選択させた。

III 結果及び考察

昆虫に対する炭酸ガスの作用は、低濃度では麻酔性を示し、高濃度では致死作用を示す。常圧の炭酸ガスを利用した害虫の防除法は、貯穀害虫で試験が行われた⁵⁾。しかし、炭酸ガス濃度を60~90%に保ち、7~10日間処理しなければ、充分な殺虫効果は得られなかった¹⁾。そこで、この処理時間を短くする方法として高圧の炭酸ガスを利用した防除法の研究が進められた³⁷⁾。炭酸ガスを高圧にした条件下では、昆虫体内に溶け込む二酸化炭素の量が、常圧に比べ多くなり、殺虫効果が高

くなった。また、高圧から瞬時に減圧することで、昆虫体内に溶け込んだ二酸化炭素が沸騰・膨張し、昆虫を爆死させる効果も認められた⁹⁾。

本研究では、高圧炭酸ガス処理した後、緩やかに減圧する方法で行ったため、爆裂による致死効果ではなく、幼虫の体内に炭酸ガスを溶け込ませて致死させる効果による、クリ果実内のクリシギゾウムシ幼虫の殺虫を試みた。

1999年の試験では、1Mpa圧力で、1秒、5分、10分、30分、60分間処理を行った。結果は、全ての処理区でクリシギゾウムシ幼虫の脱出が認められた。特に1秒、5分、10分、30分間の各処理区では、1果当たりの脱出幼虫数が無処理区と比較して、同等かそれ以上であり、殺虫効果は認められなかった。しかし、60分間処理区では1果当たりの脱出幼虫数は、無処理区の1/3に減少した。処理後の脱出経過は、全ての区において11日後から30日後までに幼虫の90%前後が脱出し、処理区による差は認められなかった(第1表)。

第1表 炭酸ガス1Mpaの各処理時間におけるクリシギゾウムシ幼虫の脱出経過(1999)

処理時間	供試果実数	脱出幼虫数	1果当たり幼虫数	処理後の脱出幼虫数と割合(%)*			
				処理日~10日後	11~20日後	21~30日後	31~40日後
1秒	13.0	42.3	3.3	0.0(0.0)	25.0(59.1)	17.0(40.1)	0.3(0.8)
5分	16.3	47.3	2.9	0.3(0.7)	31.0(65.5)	15.0(31.7)	1.0(2.1)
10分	15.0	38.0	2.5	0.0(0.0)	20.7(54.3)	16.7(43.9)	0.7(1.8)
30分	13.3	15.7	1.2	0.0(0.0)	2.0(12.8)	13.7(87.2)	0.0(0.0)
60分	21.0	11.0	0.5	0.0(0.0)	5.0(45.5)	5.0(45.5)	1.0(9.0)
cont	31.6	47.0	1.5	0.3(0.7)	39.7(84.4)	6.3(13.5)	0.7(1.4)

※:脱出幼虫数/全脱出幼虫数×100

1999年の試験結果から、1Mpaの圧力では、60分未満の処理時間では、高い殺虫効果が認められなかったため、2000年の試験では60分、120分、240分、360分、480分、720分と処理時間を延ばし試験を行った。その結果、60分、120分、240分間処理区では、幼虫の脱出が認められたが、360分、480分、720分間処理区では認められなかった。60分、120分、240分間処理区にお

ける1果当たりの脱出幼虫数は、無処理区と比較すると少なかった(第2表)。以上のことから、炭素ガスの1Mpa加圧では、処理時間が60分以上から、無処理の殺虫効果が認められ、360分間以上で処理した果実からは、脱出したクリシギゾウムシ幼虫は認められず、高い殺虫効果が示された。

第2表 炭酸ガス1Mpaの各処理時間におけるクリシギゾウムシ幼虫の脱出経過(2000)

処理時間	供試果実数	脱出幼虫数	1果当たり幼虫数	処理後の脱出幼虫数と割合(%)*			
				処理日～10日後	11～20日後	21～30日後	31～40日後
60分	26.5	2.5	0.1	0.0(0.0)	2.0(80.0)	0.5(20.0)	0.0(0.0)
120分	23.5	3.5	0.2	0.0(0.0)	0.5(14.3)	3.0(85.7)	0.0(0.0)
240分	25.0	2.0	0.1	0.0(0.0)	1.5(75.0)	0.5(25.0)	0.0(0.0)
360分	24.0	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
480分	24.5	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
720分	24.0	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
cont	56.5	11.5	0.2	1.0(8.7)	9.5(82.6)	1.0(8.7)	0.0(0.0)

※:脱出幼虫数/全脱出幼虫数×100

1999年の試験においては、2Mpa圧力でも試験を行った。その結果、1秒及び5分間処理では、1Mapと同様、1果当たりの脱出幼虫数は無処理区と同等かそれ以上であった。しかし、10分、30分間処理では、対照区と比較すると脱出した幼虫は少なく、60分間処理では、脱出した幼虫は認められなかった。また、処理後の脱出割合においては、1秒、5分間処理区が無処理区と同様に、11日から20日後に50%以上の幼虫が脱出して

いたが、10分、30分間処理区では、21日から30日後までに脱出した幼虫が75%以上認められ、処理から脱出までの期間においても差が認めれた(第3表)。

1999年の試験結果から2Mpa圧力では60分処理すれば高い殺虫効果が得られたため、2000年の試験では、40分、50分、60分間処理した。その結果、全ての処理区において幼虫の脱出は認められなかった(第4表)。

第3表 炭酸ガス2Mpaの各処理時間におけるクリシギゾウムシ幼虫の脱出経過(1999)

処理時間	供試果実数	脱出幼虫数	1果当たり幼虫数	処理後の脱出幼虫数と割合(%)*			
				処理日～10日後	11～20日後	21～30日後	31～40日後
1秒	12.7	36.7	2.9	0.0(0.0)	21.0(57.3)	14.7(40.0)	1.0(2.7)
5分	20.0	20.3	1.0	0.0(0.0)	10.0(49.2)	9.3(45.9)	1.0(4.9)
10分	16.7	9.0	0.5	0.0(0.0)	1.0(11.1)	7.0(77.8)	1.0(11.1)
30分	16.0	1.3	0.1	0.0(0.0)	0.0(0.0)	1.0(75.0)	0.3(25.0)
60分	18.0	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
cont	31.6	47.0	1.5	0.3(0.7)	39.7(84.4)	6.3(13.5)	0.7(1.4)

※:脱出幼虫数/全脱出幼虫数×100

第4表 炭酸ガス2Mpaの各処理時間におけるクリシギゾウムシ幼虫の脱出経過(2000)

処理時間	供試果実数	脱出幼虫数	1果当たり幼虫数	処理後の脱出幼虫数と割合(%)*			
				処理日～10日後	11～20日後	21～30日後	31～40日後
40分	24.0	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
50分	20.5	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
60分	20.5	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
cont	56.5	11.5	0.2	1.0(8.7)	9.5(82.6)	1.0(8.7)	0.0(0.0)

※:脱出幼虫数/全脱出幼虫数×100

以上のことから、炭素ガスの2Mpa加圧では、処理時間が5分 3Mpa圧力で、各時間処理した結果、1秒間処理では1果当
間までは殺虫効果が認められなかったが、10分,30分間処理で 1果当たりの脱出幼虫数は無処理区とほぼ同等であったが、5分間処
理区では、対照区と比較すると脱出した幼虫は少なく、10分、
30分,60分間処理区では、脱出した幼虫は認められなかった。

次に、炭酸ガスの圧力を2Mpa以上にした場合の殺虫効果 処理後の脱出割合は、1秒間処理区が無処理区と同様に、1
を調べた。2.5Mpaの圧力で、各時間処理した結果、1秒間処理 1日から20日後に50%以上の幼虫が脱出していたが、5分,10分
では1果当たりの脱出幼虫数は無処理区とほぼ同等であった 分間処理区では、21日から30日後までに脱出した幼虫が50
が、5分,10分間処理では、対照区と比較すると脱出した幼虫は %以上認められ、2.5Mpaと同様の傾向であった(第6表)。
少なく、30分,60分間処理区では、脱出した幼虫は認められな 以上のことから、炭素ガスの2.5Mpaおよび3Mpa圧力では、1
かった。処理後の脱出割合においては、1秒間処理区が無処理 秒間処理では1果当たりの脱出幼虫数は無処理区と同等であ
区と同様に、11日から20日後に50%以上の幼虫が脱出して ったが、10分間処理では減少し、30分,60分間処理では幼虫の
いたが、5分,10分間処理区では、21日から30日後までに脱 脱出は認められず、高い殺虫効果が示された。

第5表 炭酸ガス2.5Mpaの各処理時間におけるクリシギゾウムシ幼虫の脱出経過(1999)

処理時間	供試果実数	脱出幼虫数	1果当たり幼虫数	処理後の脱出幼虫数と割合(%)*			
				処理日～10日後	11～20日後	21～30日後	31～40日後
1秒	18.0	28.0	1.6	1.0(3.6)	14.3(51.2)	12.7(45.2)	0.0(0.0)
5分	17.7	4.0	0.2	0.0(0.0)	1.3(33.3)	2.3(58.3)	0.3(8.4)
10分	19.0	1.3	0.1	0.0(0.0)	0.0(0.0)	1.0(75.0)	0.3(25.0)
30分	17.7	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
60分	17.5	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
cont	31.6	47.0	1.5	0.3(0.7)	39.7(84.4)	6.3(13.5)	0.7(1.4)

※:脱出幼虫数/全脱出幼虫数×100

第6表 炭酸ガス3Mpaの各処理時間におけるクリシギゾウムシ幼虫の脱出経過(1999)

処理時間	供試果実数	脱出幼虫数	1果当たり幼虫数	処理後の脱出幼虫数と割合(%)*			
				処理日～10日後	11～20日後	21～30日後	31～40日後
1秒	18.0	20.7	1.1	0.0(0.0)	11.0(53.2)	9.7(46.8)	0.0(0.0)
5分	19.3	1.0	0.1	0.0(0.0)	0.0(0.0)	1.0(100.0)	0.0(0.0)
10分	18.0	0.3	0.02	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.3(100.0)	0.0(0.0)
30分	18.3	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
60分	19.0	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
cont	31.6	47.0	1.5	0.3(0.7)	39.7(84.4)	6.3(13.5)	0.7(1.4)

※:脱出幼虫数/全脱出幼虫数×100

第7表 クリシギゾウムシ幼虫の脱出が認められなかった処理圧力と処理時間

処理気圧	処理時間		
1 Mpa	360分	480分	720分
2 Mpa	40分	50分	60分
2.5Mpa	30分	60分	
3 Mpa	30分	60分	

高圧炭酸ガス処理を利用したクリシギゾウムシ幼虫の防除は、圧力が1Mpaであれば、360分以上の処理時間で、2Mpaの場合は40分以上の処理、2.5Mpa及び3Mpaでは30分以上処理すれば可能であると考えられた(第7表)。

最後に果実品質への影響を調べるために行った食味調査では、処理果実が美味しいと回答したのが11名(男性6名、女性5名)、無処理果実が美味しいと回答したのが13名(男性8名、女性5名)、どちらも美味しいと回答したのが5名(男性3名、女性2名)であった。今回の食味調査では、高圧炭酸ガス処理したクリと無処理のクリの間に顕著な差は認められなかった。

果実品質については、今回の食味調査とともに、果実の糖度や有機酸組成等の分析が必要と考えられる。

現在、クリシギゾウムシに対する防除に使用する臭化メチルは、臭化メチルの不可欠用途の申請を行っている。また代替技術は、薬剤および本研究で行った防除技術の開発の両面から行われている⁴⁾。

本研究で行った高圧炭酸処理によるクリシギゾウムシの防除技術は、実際の現場で使用するためには、大量のクリを高圧炭酸ガス処理する装置や設備の開発から行わなくてはならず、今後、技術の普及に関してはさらなる研究や技術開発が必要で

あると考えられる。

IV 摘要

- 1) クリの重要害虫であるクリシギゾウムシに対する、高圧炭酸ガスを利用した防除法の研究を行った。
- 2) 1Mpaの高圧炭酸ガスで60分以上処理した場合、クリ果実から脱出した幼虫は減少した。処理時間が360分以上では脱出した幼虫は認められなかった。
2Mpaの高圧炭酸ガスで10分と30分間処理した場合、脱出した幼虫は減少した。また40分と50分と60分処理した場合は、幼虫の脱出は認められなかった。
2.5Mpaと3Mpaの高圧炭酸ガスで10分間処理した場合、脱出した幼虫は減少した。30分と60分間処理では幼虫の脱出は認められなかった。
- 3) 2Mpaで60分処理したクリの食味は変化しなかった。

V 引用文献

- 1) 川上房男:植物防疫,49:16-20, 1995
- 2) 黒木功令:植物防疫,39:103-107, 1985
- 3) 平野耕治・中北 宏:植物防疫,40:24-28, 1995
- 4) 宮ノ下明大・今村太郎: 食品研究成果情報,15:20-21, 2003
- 5) NAKAKITA, H. and K. KAWASHIMA: Proceeding of 6th International Working Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia, 1:126-129, 1994
- 6) 中北 宏: 輸入農産物の防虫・くん蒸ハンドブック, pp277-285, サイエンスフォーラム, 東京, 1995
- 7) 中北宏・池長裕史・川嶋浩二: 食品機械装置, 3:65-71, 1999
- 8) 高橋敬一・宋田奈保子・内藤成弘・池長裕史・中北宏・岡留博司・豊島英親・大坪研一: 食品研究報告, 65:33-37, 2001

Summary

High-pressure Carbon Dioxide Treatment to Postharvest Control of Chestnut Weevil, *Curculio sikkimensis*
Seishi toda, Hiroshi Ikenaga and Keiichi Takahashi

- 1) This study was the pest control using high-pressure carbon dioxide for the chestnut weevil which was important pest insect of the chestnut.
- 2) The larva which escaped from the chestnut was decreased, when it processed with over 60 minutes in 1Mpa high-pressure carbon dioxide. Escaped larva could not be recognized the processing time over 360 minutes. Escaped larva was decreased, when it processed with 10 minutes and 30 minutes in 2Mpa high-pressure carbon dioxide. And, the escape of the larva could not be accepted, when it processed with 40 minutes and 50 minutes and 60 minutes. Escaped larva was decreased, when it processed with it in 2.5 Mpa and 3Mpa high-pressure carbon dioxide for 10 minutes. In 30 minutes and 60 minutes, the escape of the larva could not be accepted. The eating quality of the chestnut which processed with 60 minutes at 2Mpa did not change.