

ナシ園の多目的防災網被覆による温度上昇効果と防霜効果

多比良和生・大川啓一*・大塚毅**・檜山博也***・片桐澄雄

キーワード：ニホンナシ，バンソウ，ソウガイ，タモクテキボウサイモウ，キシヨウサイガイ

Effect of Net Covering on Rising Temperatures and Preventing Late Frost Damage in Japanese Pear Orchards

Kazuo TAHIRA, Keiiti OKAWA, Tuyosi OTUKA, Hironari HIYAMA and Sumio KATAGIRI

Summary

The effect of net covering on rising temperatures and preventing late frost damage in Japanese pear orchards were examined.

1. The minimum temperature in a pear orchard on May 4, 1991 was -2°C . The rate of damage to the pears was negligible where net covering was used, and was 48.5~55.8% in the control group. Most of the damage was in the upward spurs of the control group.
2. The minimum temperature in a pear orchard on March 6, 1993 was -2.4°C . The increase in the air temperature at 1.8m above the ground surface ranged between 0.2 and 0.7°C . The increase in fruit temperature at 1.8m above the ground surface ranged between 0.2 and 0.5°C . The rate of damage to the pears was 49.7% where net covering were used, and was 78.1% in the control group.
3. The minimum temperature in a pear orchard on April 7, 1993 was -1.7°C . The rate of damage to the pears was 3.4% where net covering were used, and was 44.9% in the control group.
4. These results suggest that cheesecloth(1.25mm) covering was very effective for preventing late frost damage at -2°C .

I. 緒言

近年暖冬化傾向の中でナシの生育が進み、晩霜害を受ける頻度が多くなった。特に、昭和62年、平成元年は過去に例を見ない晩霜害が発生し、大打撃を受けた。

従来古タイヤなどの燃焼により防止対策がとられてきた(1)が、ばい煙公害や連夜に及ぶ作業による肉体的・精神的疲労などから防霜ファンが設置されるようになった。防霜ファンは茶葉の霜害回避を目的に導入が進んだものであるが、最近では、茶の他にナシなど多く

の果樹で利用されている。茨城県では、下妻市、千代田町などのナシ産地で導入され、約 2°C の昇温効果と -3°C 程度の低温まで高い防霜効果が認められた(7)。しかし、防霜ファンは高い設備投資にもかかわらず、利用されるのは4~5月にかけての極く短い期間だけで、防霜対策以外には利用価値がない。一方、野鳥の果実食害防止を目的とした防鳥網は、その後頻発するひょう害、カメムシ類などの被害を防ぐため網目を小さくした多目的防災網へと変わってきた。また、ひょう害を

* 現 茨城県農業総合センター常陸太田地域農業改良普及センター

** 現 茨城県農業総合センター江戸崎地域農業改良普及センター

*** 現 退職

防ぐために生育初期から網を被覆するようになった。このような状況下でナシ園の半分を多目的防災網(寒冷紗F-3000, 1.25mm)で被覆し, 残り半分为無被覆の対照区としたところ, 平成3年5月4日に晩霜が発生し, 被害が軽減された。しかし, 多目的防災網被覆によるナシ園での晩霜害防止の事例は少なく, 防止効果についても不明な点が多い。そこで, 低温時におけるナシ園の多目的防災網被覆による温度上昇効果と防霜効果を検討した。

II. 材料及び方法

試験1 多目的防災網(寒冷紗F-3000, 1.25mm)被覆が晩霜害発生に及ぼす影響

現地(石岡市鹿の子)のナシ園を供試し, 園の半分为多目的防災網(寒冷紗F-3000, 1.25mm)で被覆し, 残り半分为無被覆の対照区とした。平成3年5月4日午前1時頃より氷点下になり日の出直前には -2°C まで低下し, 降霜がみられた。5月20日(低温遭遇後16日)に‘幸水’及び‘豊水’の短果枝, 長果枝別に上向き, 横向きの果そうを各10果そうずつ抽出し, 全果実を次の被害程度に分類して調査した。‘幸水’及び‘豊水’は満開後約2週間であった。被害程度の分類基準は, ①健全果, ②果実が黄変またはアントシアンが形成され赤味を帯びたもの, ③果実がひぶくれ, 浮き皮状となりケロイドのできたもの, ④果頂部を中心に果面に裂傷を受けたもの, ⑤裂傷が果肉深くにおよぶ重症なもの, 以上5段階とした。なお, ④~⑤の被害果は実害があり, この合計の率を重症果率とした。

試験2 多目的防災網(ラッセル網, 9mm)被覆が被覆内気温並びに‘幸水’の晩霜害発生に及ぼす影響

所内のナシ園に多目的防災網(ラッセル網9mm)を被覆して, 網被覆区とした。また, 網の被覆されていない地点(露地)を対照区とした。なお, 平成5年3月5~6日にかけて岩間町所内ナシ園では最低気温が -2.4°C になった。

供試樹は60リットルポット植え‘幸水’3年生各3樹で, ハウス内で開花結実させたものを3月5日に試験場へ移動した。供試樹は満開後11日(3月6日現在)であった。各処理区で気温(高さ1.8m)及び果実温(高さ1.8m)を測定した。果実温は1mmの針型センサーで測定した。

3月6日午後供試樹をハウス内へ戻し, 3月8日及び3月31日に被害程度を調査した。被害程度(指数)は

試験1に準じて分類して調査した。

試験3 多目的防災網(ラッセル網, 9mm)被覆が被覆内気温並びに‘豊水’の晩霜害発生に及ぼす影響

所内のナシ園に多目的防災網(ラッセル網9mm)を被覆して, 網被覆区とした。また, 網の被覆されていない地点(露地)を対照区とした。なお, 平成5年4月6~7日にかけて岩間町所内ナシ園では最低気温が -1.7°C になった。

供試樹は60リットルポット植え‘豊水’3年生各3樹で, ハウス内で開花結実させたものを4月6日に試験場へ移動した。供試樹は満開後26日(4月7日現在)であった。各処理区で気温(高さ1.8m)及び果実温(高さ1.8m)を測定した。果実温は1mmの針型センサーで測定した。

4月7日午後供試樹をハウス内へ戻し, 4月13日に被害程度を調査した。被害程度(指数)は試験1に準じて分類して調査した。

III. 結果

試験1 多目的防災網(寒冷紗F-3000, 1.25mm)被覆が晩霜害発生に及ぼす影響

対照区(露地)の重症果率(被害程度④と⑤の発生率)は, ‘幸水’48.5%, ‘豊水’55.8%であった(Table 1)。被害の状況は短果枝上向き果そうの果頂部を中心に裂傷がみられ, その被害果率は‘幸水’で90%に達した(Table 1)。網被覆区の重症果率は, ‘幸水’1.5%, ‘豊水’0%に軽減された(Table 1)。

試験2 多目的防災網(ラッセル網, 9mm)被覆が被覆内気温並びに‘幸水’の晩霜害発生に及ぼす影響

平成5年3月5~6日にかけて岩間町所内ナシ園では対照区の最低気温が -2.4°C , 網被覆区の最低気温が -1.7°C になった(Table 2)。網被覆区の棚面気温は対照区の棚面気温より $0.2\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 高く推移し, 網被覆区のナシ幼果の果実温は対照区の果実温より $0.2\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 高く推移した(Table 2)。網被覆区の果実温は, 6日の3:57頃に -1.5°C から -0.8°C へ急激に上昇した。また, 対照区の果実温は, 6日の3:27頃に -1.2°C から -0.2°C へ急激に上昇した(Table 2)。さらに, 網の被覆により日の出後の気温及び果実温の上昇が緩やかになった(Table 2)。

3月8日の調査では, 被害指数④(果頂部を中心に果面に裂傷を受けたもの)の発生率は, 対照区では78.1%の被害果率であったのに対して, 網被覆区では49.7%

に軽減された (Table 3)。3月31日の調査では、被害指数⑤ (裂傷が果肉深くにおよぶ重症なもの)の発生率は、対照区では70.0%の被害果率であったのに対して、

網被覆区では40.0%に軽減された (Table 4)。網被覆区は、裂傷した果実の発生率が少なく、防霜効果が認められた。

Table 1. Effect of net covering on preventing late frost damages in 4 May 1991

Treatment	flower cultivar	bud	direction	Z ①	Y ②	X ③	W ④	V ⑤	injured fruit (④+⑤) (%)
net covering (1.25mm)	kosui	spur	upper	88	6		6		6
			side	90	10				0
		axillary bud	upper	90	10				0
			side	88	12				0
	hosui	spur	upper	86	14				0
			side	100					0
		axillary bud	upper	79	21				0
			side	100					0
Control	kosui	spur	upper			10	45	45	90
			side	22	26	4	17	30	47
		axillary bud	upper	26	9	13	22	30	52
			side	65	20	10	5		5
	hosui	spur	upper	7	7		21	64	85
			side	26	35		13	26	39
		axillary bud	upper	6		18	24	53	77
			side	48	30		13	9	22

Z)healthy fruit
Y)reddish fruit
X)peel puffing
W)lacerated wound
V)severe lacerated wound

Table 2. Effect of net covering on raising temperatures in 6 March 1993

Treatment	position (height)	Temperatures(°C)											
		3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	9:00
net covering	air tem.1.8m	-0.8	-1.5	-1.2	-0.9	-1.3	-1.4	-1.7	-0.8	-0.2	2.1	4.3	10.4
	fruit tem.1.8m	-0.7	-0.8 ^Y	-0.8	-0.8	-0.7	-1.0	-1.3	-0.7	-0.1	3.2	5.2	10.7
Control	air tem.1.8m	-1.4	-1.8	-1.5	-1.2	-1.5	-1.8	-2.4	-1.0	0.0	3.3	5.2	11.8
	fruit tem.1.8m	-1.1 ^X	-1.3	-1.3	-1.0	-1.2	-1.2	-1.5	-0.9	-0.2	4.0	6.1	12.0

Z)The sun rose in the east at 6:02
Y)3:57 -1.5°C → -0.8°C
X)3:27 -1.2°C → -0.2°C

Table 3. Effect of net covering on preventing late frost damages in 8 March 1993

Treatment	Z ①	Y ②	X ③	W ④	V ⑤	injured fruit (④+⑤) (%)
net covering	1.5%	0.3%	48.5%	49.7%	0.0%	49.7%
Control	0.0	0.0	21.9	78.1	0.0	78.1
	NS	NS	*	*	NS	*

Z)healthy fruit
Y)reddish fruit
X)peel puffing
W)lacerated wound
V)severe lacerated wound

U)NS and * are nonsignificant and significant at P=0.05, respectively, by t-test.

Table4. Effect of net covering on preventing late frost damages in 31 March 1993

Treatment	Z ①	Y ②	X ③	W ④	V ⑤	injured fruit (④ + ⑤) (%)
net covering	41.7 %	0.0%	8.6%	9.7%	40.0%	49.7 %
Control	17.5	0.0	4.4	8.1	70.0	78.1
	*	NS	NS	NS	*	*

Z)healthy fruit

Y)reddish fruit

X)peel puffing

W)lacerated wound

V)severe lacerated wound

U)NS and * are nonsignificant and significant at P=0.05, respectively, by t-test.

試験3 多目的防災網(ラッセル網, 9mm)被覆が被覆内気温並びに‘豊水’の晩霜害発生に及ぼす影響

平成5年4月6~7日にかけて岩間町所内ナシ園では対照区の最低気温が-1.7℃, 網被覆区の最低気温が-1.4℃になった(Table 5)。網被覆区の棚面気温は対照区の棚面気温より0.0~0.4℃高く推移した。網被覆区のナシ幼果の果実温は対照区の果実温より0.6~1.2℃高く推

移した(Table 5)。また, 網の被覆により日の出後の気温及び果実温の上昇が緩やかになった(Table 5)。

4月13日の果実調査では, 被害指数③(果実がひぶくれ, 浮き皮状となりケロイドのできたもの)の発生率は, 対照区の被害果率44.9%に対して, 網被覆区では3.4%に軽減された(Table 6)。なお, いずれの処理区でも裂傷した果実の発生はなく, 実害は少なかった。

Table5. Effect of net covering on raising temperatures in 6~7 April 1993

Treatment	position (height)	Temperatures(℃)										
		23:00	24:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00
net covering	air tem.1.8m	4.1	2.5	0.8	0.1	-0.4	-1.1	-1.4	-1.0	3.3	9.6	11.2
	fruit tem.1.8m	4.1	2.8	1.1	0.5	-0.2	-0.9	-1.2	-0.9	4.3	11.3	11.0
Control	air tem.1.8m	3.8	2.1	0.7	-0.1	-0.6	-1.1	-1.7	-0.7	4.4	11.1	12.6
	fruit tem.1.8m	3.1	1.6	0.4	-0.6	-1.2	-1.8	-1.8	-0.2	7.6	14.8	13.9

Z)The sun rose in the east at 5:16

Table6. Effect of net covering on preventing late frost damages in 13 April 1993

Treatment	Z ①	Y ②	X ③	W ④	V ⑤	injured fruit (④ + ⑤) (%)
net covering	96.6 %	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%
Control	55.1	0.0	44.9	0.0	0.0	0.0
	*	NS	*	NS	NS	NS

Z)healthy fruit

Y)reddish fruit

X)peel puffing

W)lacerated wound

V)severe lacerated wound

U)NS and * are nonsignificant and significant at P=0.05, respectively, by t-test.

IV. 考察

1. 多目的防災網被覆による温度上昇効果

試験1では(寒冷紗F-3000 1.25mm), 試験2~3ではラッセル網9mmを被覆して, 網被覆内外の棚面気温を

測定した。試験1の寒冷紗タイプについては別の試験から0.5~1.0℃(未発表), ラッセル網9mmでは最大0.4~0.7℃, 網被覆により気温が上昇した。

チャ園(3)やカンキツ園(5, 6)でもタフバルやラブリット, 寒冷紗, モヘアマット, コモなどの各種被覆

資材の昇温効果が確認されている。

チャ栽培では古くから被覆資材を晩霜や冬季寒害など気象災害防止に利用してきた(3)。資材の被覆は、植物体や地表面からの放射熱を被覆資材が吸収し、再び植物体へ逆放射するため、植物体の体温を高める(3)。

寒冷紗などの被覆資材は夜間の放射冷却防止効果が大きく、気温の低い時ほど被覆資材の保温効果が大きい。特に、霜夜には放射冷却で失われる熱量が大きいため、放射冷却を阻止する被覆資材の効果がやすい(4, 5, 6)。試験1~3で昇温効果に差がみられたのは、試験1では多目的防災網の種類が異なること、試験2と試験3では最低気温の違いが影響していたのではないかと考えられる。このことから、目合いの細かい寒冷紗タイプの昇温効果が9mm目合いのラッセル網より高いと考えられる。

多目的防災網(ラッセル網9mm)被覆によって、果実温は対照区より最大0.7~1.2℃高く推移した。また、試験2~3では、網の被覆により日の出後の気温及び果実温の上昇が緩やかになった。山本ら(8)は、防霜ファンによる晩霜防止で3つの効果(①気温の上昇, ②植物体温の低下防止, ③解凍の緩徐作用)があると報告している。多目的防災網を被覆することにより、防霜ファンと同様な効果が期待できると思われる。

2. 多目的防災網被覆による防霜効果

試験1では(寒冷紗F-3000 1.25mm)、試験2~3ではラッセル網9mmを被覆して、防霜効果を検討した。試験1では、対照区(露地)の重症果率(被害程度④と⑤の発生率)は、'幸水'48.5%、'豊水'55.8%であった。網被覆区の重症果率は'幸水'1.5%、'豊水'0%に軽減された。試験2では、対照区(露地)の重症果率78.1%に対して、網被覆区では49.7%に軽減された。試験3では、重症果率はともに0%であったが、被害指数③(果実がひぶくれ、浮き皮状となりケロイドのできたもの)の発生率は、対照区の44.9%に対して、網被覆区は3.4%に軽減された。

試験1~3の結果から、いずれの場合も網被覆区の被害果率が低く、多目的防災網被覆による晩霜害防止効果が認められた。第1に気温の上昇効果が認められた。第2に植物体温の低下防止効果が認められた。このことは、チャ園(3)やカンキツ園(5, 6)でも確認されている。第3に日の出後の気温及び果実温の上昇が緩やかになったことから、解凍の緩徐作用もあるのではないかと考えられる。

試験2では3:27頃対照区の果実温が-1.2℃から-0.2℃へ急激に上昇し、その後-1.5℃まで低下した。網被覆区の果実温は3:57頃-1.5℃から-0.8℃へ急激に上昇し、その後-1.3℃まで低下した。この気温の一時的な急激な上昇時にナシ果実に凍結(霜害)が発生したものと考えられる。試験3ではこのような果実温の急激な上昇はみられなかった。試験3では果実が凍結しなかったために被害が軽く、重症果(被害程度④と⑤)の発生はみられなかった。

防霜ファン利用による試験結果(7)から、ナシ'幸水'の幼果期における霜害を受ける危険限界温度は、-1.2~-1.7℃程度であると示唆された。このことは、橋本(1)の'長十郎'の場合満開期以降-1.7℃という危険限界温度とほぼ一致した。本試験では、試験1では'幸水'及び'豊水'を供試し、試験2では'幸水'、試験3では'豊水'を供試した。網被覆区と対照(露地)区との間に晩霜害の発生に違いがあるかどうかを比較検討することを第1目標にした結果であり、品種と耐凍性の関係については今後さらに検討したい。試験3では対照区でも裂傷した果実は全くなく、被害は軽かった。最低気温が-1.7℃、果実温が-1.8℃まで低下したにもかかわらず裂傷果の発生がなかったことは供試樹が満開後26日で、生育ステージが進んでいたことや果実の周囲に果そう葉が繁茂していたことなど原因として考えられる。

本試験では、多目的防災網被覆による晩霜害防止効果は、-2.4℃の低温に対しては効果が認められ、-2℃及び-1.7℃の低温に対しては十分効果が認められた。多目的防災網被覆(ラッセル網9mm)による温度上昇効果を約0.5℃、危険限界温度を-1.7℃と考えれば-2.2℃以下に気温が低下すると網被覆区でも被害は発生すると考えられる。一方、防霜ファンは、約2℃の昇温効果と-3℃程度の低温まで高い防霜効果が認められており(7)、多目的防災網(ラッセル網9mm)被覆は昇温効果が防霜ファンより低く、晩霜害防止効果が明らかに劣るので-2℃以下に気温が低下する場合には燃焼法と併用する必要があると考えられる。網の種類及び低温の程度、生育ステージと防霜効果との関係などについてはさらに検討したい。

試験2~3では、ハウス内で開花結実させたポット植え樹を供試した。ハウス栽培樹と露地栽培樹では耐凍性に差があるか検討が必要である。しかし、ハウス栽培樹より露地栽培樹が耐凍性が弱いとは考えにくいので、本試験で得られた結果は、露地栽培樹でも同様な傾向が得られると考える。

今回の試験ではいずれも網被覆は網被覆棚(高さ3.5m)に被覆した。また、網はナシ樹の上部にのみ被覆して、サイドの網は地表面まで下ろさず、棚面(1.8m)までとした。五十嵐ら(2)は冬どりキャベツの凍害防止試験で寒冷紗の直がけと浮きがけとを比較検討し、常時通風の良い浮きがけが凍害防止に有効であると報告している。サイドは開けておき、できるだけ空気の流れを良くした方が冷気の停滞がなく、効果が高いと考えられるので再度検討したい。

現在、茨城県では、鳥害やひょう害、カメムシ類の侵入防止等を目的に多目的防災網を普及奨励している。防霜ファンは防霜効果が高いことから今後も導入されると思われる。しかし、防霜ファンの導入園では多目的な災害防止のために多目的防災網の併設も必要である。多目的防災網で防霜効果が認められたことにより、施設の有効利用ができる。なお、近年は降雪の心配がなくなる4月中旬頃より、多目的防災網を被覆する事例がみられるが、長期間にわたる多目的防災網被覆によるナシの生育や結実などに及ぼす影響については今後検討したい。

V. 摘要

ナシ園の多目的防災網被覆による温度上昇効果と防霜効果を検討した。

1. 平成3年5月4日(‘幸水’、‘豊水’満開後2週間)の最低気温が -2°C まで低下した時、対照区の重症果率は‘幸水’48.5%、‘豊水’55.8%であった。特に、対照区の上向きの短果枝は重症果率90%に達したが、多目的防災網(寒冷紗F-3000, 1.25mm)被覆区は、被害果の発生はほとんどみられなかった。
2. 平成5年3月6日(ポット植え‘幸水’満開後11日)の最低気温が -2.4°C まで低下した時、多目的防災網(ラッセル網9mm)被覆区は、棚面気温が $0.2\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 、果実温が $0.2\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 高かった。重症果率は対照区の78.1%に対して、網被覆区の重症果率は49.7%に軽減された。多目的防災網被覆の晩霜害防止効果は、 -2.4°C の低温に対して認められた。
3. 平成5年4月7日(ポット植え‘豊水’満開後26日)

の最低気温が -1.7°C まで低下した時、多目的防災網(ラッセル網9mm)被覆区は、棚面気温が $0.0\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 、果実温が $0.6\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ 高かった。被害指数③の発生率は対照区の44.9%に対して、網被覆区では、3.4%に軽減された。

4. 以上の結果から、多目的防災網被覆による晩霜害防止効果は寒冷紗(1.25mm)では -2°C 、ラッセル網9mmでは -1.7°C の低温に対して十分効果が認められた。

謝辞 本研究の遂行にあたり、数々の協力を頂いた県農業総合センター施設課高野俊雄技師、野口昭治技師、武田光雄副技師、高橋富雄副技師、栗原龍也技術員に深謝の意を表す。

引用文献

1. 橋本登. 霜害対策. 農業技術体系系果樹編3基本技術編:15-18
2. 五十嵐大造・岡田益己. 1989. キャベツの凍害防止を目的としたべたがけ下の気温および葉温と屋外風速の関係. 神奈川園試研報 38:15-19
3. 中川清裕・今西実・米谷力. 1983. チャ栽培における被覆資材と防霜防寒効果について. 奈良農試研報 14:11-17
4. 中川行夫・坪井八十二. 1962. 寒冷しゃの夜間放射防止効果について. 農業気象. 17(3):107-109
5. 小中原実. 1971. カンキツの寒害防除に関する研究(第3報)たな張り被ふく法の実用性と被ふく資材の探索. 静岡柑橘試研報 9:39-52
6. 小中原実. 1975. カンキツの寒害発生機構と防除法に関する実験的研究. 静岡柑橘試特報 3:110-123
7. 多比良和生・佐久間文雄・檜山博也・片桐澄雄. 1996. ナシ園の防霜ファンによる温度上昇効果と防霜効果. 茨城農総セ園研報 4:1-6
8. 山本良三・黒柳茂. 1975. 防霜ファンの理論と実際. p.1-83. 地球社. 東京.