りんご園における防霜実験について*

長野 測 候 所

On experiment of Prevention against frost damage by
heavy-oil-burning in apple-garden.

Nagano Weather Station

I. 緒 言

棚作りの果樹園の防霜実験については既に各地で行われているが⁽¹⁾、りんご園などのように棚を作らない果樹園における重油燃焼法の実験報告は余り見られない。本報告は長野測候所、長野県農業試験場須坂園芸分場が長野県農政部の協力を得て、1954年4月及び5月に長野県須坂市郊外のりんご園にて行った重油燃焼法の実験結果である。実験当夜はかなり気温が低下したが結霜には至らなかった。しかし園内外の微気象が観測出来たのでこれをもとに園内の気温の水平・垂直分布及び燃焼による昇温量の分布などについて若干の解析を行ったので報告する。

II. 実験の方法と環境

1. 実験の場所及び日時

長野県須坂市県農試験場園芸分場に隣接したりんご園（斎藤再来治氏所有の約1反歩）で昭和30年4月20日から21日にかけてと5月13日から14日にかけての2回にわたって実験した。第1回は夜半から曇り出し実験は不成功、第2回は移動性高気圧におおわれ実験中は殆ど静穏快晴で降霜に適当な条件となり、県内では霜のおりた所がかなりあつたが実験園では結霜に至らなかった。

2. 気象観測

温度の測定点は園内に対称的に13ヶ所設け更に実験園の中央から50m離れた桃園に標準点を設けた。中央点と標準点は地上から高さ3m迄50cmおきに更に3mから5m迄は1mおきに測点を設け、他の点は地上から高さ3m迄50cmおきに測点を設けた。使用したガラス製温度計は総計102本で別にアスマン通風乾湿計、ロビンソン風速計、ピラム微風計、自記温度計を第1図のように設けた。かくして22時から毎時観測を始めて午前3時2分に燃焼を開始してから15分おきの観測を行った。なお温度計は植物生理を考慮して火熱の直接輻射をも感ずるようにあえて露出のままとした⁽²⁾。

3. 火 点

火点は樹間の中央に地上に配置し第1図のように対称的に設けた。このように樹間に設置すると四間おき植の

第1図 温度計、火点配置図

Fig 1. Distribution of the thermometers and the fires

場合、1反歩当り19乃至20ヶの火点が得られる。燃焼器は生石灰の空カン（1斗罐）を利用し空カンの側面に直径約一寸位の孔をあけ、これにB重油を入れ燃焼させた。本実験では2時間連続燃焼させ1火点当り約3升の重油を消費した。

4. りんご園の状態

附近一帯は大体平坦なりんご園で、西方は約1.3mの高さの長野電鉄線の土堤に隣接している。使用したりんご園は裸地でりんごは大体4間おきに植えられ品種は国光、スターキング（各15年生）で実験時の生育程度は開葉3枚の状態であつた。

5. 一般気象状況

北海道附近の低気圧から南にのびる寒冷前線が5月12日午後、本県を通過し、そのあとから中華大陸方面から移動性小高気圧が東進してきて13日夜から14日朝にかけて中部地方をおおうようになった。13日の日中は北よりの風が可なりつよく薄雲もあつたが夕刻頃から次第に晴り夜間は殆ど無風快晴で条件としてはかなり適していた。当日朝の現地地の接地気層の最低温度では結霜には至らなかったが、中信や東信ではややつよい霜に襲われた所もあつた。標準点における当夜の気象観測

* 昭和30年11月11日臨時全国大会において発表。

第1表 標準点における気象観測表

時刻	要素	風向	風速	気温	(mb) 蒸気圧	湿度	雲量雲形
2200		E	0.9	8.8	10.8	94	0 —
2300		SE	0.7	6.5	9.5	100	0 —
2400		—	0.0	5.9	8.9	93	0 —
0100		SE	0.9	5.4	8.7	100	0 —
0200		S	0.7	5.6	8.6	93	0 —
0300		S	1.5	5.4	8.3	93	0 —
0315		S	1.1	5.1	8.4	93	0 —
0330		—	0.0	4.6	8.4	96	0 —
0345		—	0.0	4.4	8.1	96	0 —
0400		—	0.0	4.2	8.9	92	0 —
0415		—	0.2	4.8	8.1	94	0 —
0430		—	0.0	4.5	7.7	94	0 —
0445		—	0.0	4.0	7.8	95	0 —
0500		—	0.0	4.1	7.8	94	0 —
0515		—	0.2	4.5	7.8	94	0 —

が2m, 後者が約1.5mの高さに現われており標準点のほうが一般に低くなっている。これはりんご園と標準点のある桃園との樹冠の高さによるもので桃園の樹冠の高さが低いためにおきる現象であり、つまり一般に樹間の垂直温度分布を観測した場合、樹冠が第二次的の放熱面になるので樹冠の高さに逆転層が現われ、この附近が特に気温が下る。葡萄園では棚があることによつて棚面と地面が受熱、放熱面となることが確められているが⁽³⁾, りんご園でも樹冠の繁茂状態によつて樹冠が葡萄園の棚と同じ作用をするものと思われる。当地方のりんご栽培者が俗に“目どおり”といつて、りんご園で人の目の高さ附近が霜害がひどいというのはこのような気温の低下のためらしい。

午前3時2分に点火してからは標準点の逆転層の高さ

は変わらないが中央点では逆転層が0.5m高くなり2.5mの高さに現われている、そして逆転層から下ではいちじるしく熱せられ1.5mの高さでは点火後、1時間を経過して標準点に比較して3.9℃高くなっている。又逆転層附近は点火後、1時間半経過して標準点に比べ1.5度高くなった。これは火熱が葉に遮られたためと樹冠附近の葉の繁茂が大なるためと附近の熱容量が大きいと思われる。更に逆転層から上では点火後1時間45分を経過して3m附近で2.4℃高くなっている。これは逆転層附近が第二次的の受熱面となるために起っていると思われる。(第2表)

午前5時に消火してから再び園内では逆転層が下つて旧

に復し、地表面附近と逆転層附近では再び気温が下つている。なお午前6時の観測値で3m附近が著しく昇温しているがこれは日光直射による影響である。

2. 昇温量の水平分布

水平面内の昇温量の分布をみるに単に各測点と標準点との差をみただけでは充分ではない。標準点は桃園の中にとつてあり各測点はりんご園の中にあるので実際燃焼したための純昇温量を出すには次の操作をする。すなわ

第2図 垂直気温分布
Fig 2. Vertical distribution of temperature. Dotted lines show inversion levels

の結果を第1表に示す。

III. 結果の概要と考察

1. 園内外における温度の垂直分布

園内の中央点(No. 7)と園外の標準点(No. 14)の高さ5m迄の各点の温度の時間的経過を示すと第2図のようになる。いま各時刻における逆転層を結ぶと逆転層の高さの時間的経過がみられる。

重油点火以前の中央点と標準点の逆転層をみると前者

第2表 中央点と標竿点の温度の相異
 ΔT (No. 7~No. 14)

時刻	0300	0315	0330	0345	0400	0415	0430	0445	0500
高さ									
5.0 m	±0.0	+0.5	+1.0	+1.0	+1.1	+1.1	+0.8	+1.1	+0.9
4.0	+0.2	+1.2	+1.2	+1.5	+1.4	+1.5	+1.6	+1.3	+1.0
3.0	+0.5	+1.5	+1.8	+2.2	+1.9	+1.9	+2.2	+2.4	+1.5
2.0	-0.1	+0.6	+1.1	+1.2	+1.0	+1.3	+1.5	+1.1	+1.8
2.0	+0.1	+1.9	+1.9	+2.7	+2.5	+1.9	+1.9	+1.6	+1.3
差									
1.5	+0.5	+1.5	+2.5	+3.1	+3.9	+2.5	+2.4	+1.8	+2.1
1.0	+1.2	+2.1	+2.9	+2.6	+3.7	+3.1	+2.4	+2.2	+2.4
0.5	+0.7	+1.8	+2.2	+2.8	+2.7	+2.6	+1.7	+1.9	+2.2
0.0	+0.9	+1.4	+2.2	+2.6	+2.3	+2.6	+1.7	+2.0	+1.9

第3図 昇温量の水平分布 ($H=1.5m$)Fig 3. Horizontal distribution of temperature rise by fires ($H=1.5m$)

ち、標準点とりんご園の各測点の差異を予め平均的に求めておき（ここでは資料の都合上、22時から3時迄の平均をとった）これを補正值として各測点と標準点との差に補正する。この操作を行えば或る点で燃焼したときと燃焼しないときの差が大体求まる。これを昇温量として各高度別、各時刻別の分布図をつくつてみた。一例として高さ1.5mの分布図を第3図に示す。第3図をみると高温域が時間と共に南西ないし西方から中央部に移動して行き、点火後1時間を経過して中央部で3.5°C昇温した(1.5°Cの等温線を見よ)、そして4時以降は中央部の昇温域は再び西方に拡つて行つた。当時園内は殆ど無風であつたので地上風による冷気の侵入、昇温域などの移動などは考えられないので西方にある高さ1.3mの土堤や納屋の影響によってこのような分布になつたので

はないかと思われる。したがつて園の外周に土堤や建物などの冷気流の侵入を阻止するものがあれば、相当の昇温効果があることが期待される。

高さ3mの水平分布でも同じような傾向があるが中央部附近が特に集中的に暖まる傾向はなく、むしろ昇温域が2つ以上のグループをなして存在し点火後、1時間半を経過して最高2.9°Cの昇温量がみられた。

3. 輻射の影響

本実験は温度計の球部を露出して観測したものでこれで測定したものは実際の気温と違うはずである。すなわち温度計は輻射熱の影響を受ける。中央部の高さ1mにおいて球部を露出して測つた示度と同じ高さでアスман通風乾湿計で測つたものとを比較すると第三表のとおりになり、点火後は低くなる。これは明らかに天空輻射、熱輻射によるものと思われる。これからも判るように防霜実験の場合、園内の気温を一樣に上昇させるには大きな熱量を要するが、小火点を沢山設けてその輻射熱をも併せて利用すれば仮令火力が弱くてもかなりの効果が期待されると思われる。

4. 結論

1. 本実験は昭和30年5月13日夜から14日朝にかけて行われ、当夜は晴天無風で県下各地ではかなりの降霜があつたが実験園附近では結霜しなかつた。

2. 実験園は国光とスターキングの混植園1反歩で重油の燃焼は午前3時2分に開始し5時迄、連続燃焼した。

第3表 輻射の影響 ($H=1.0m$)

時刻	2200	2300	2400	0100	0200	0300	0315	0330
温度差	-0.7	-0.6	-9.5	-0.2	-0.6	±0	+0.8	+1.9

時刻	0345	0400	0415	0430	0445	0500	0515
温度差	+1.3	+2.3	+0.4	+0.3	+0.4	+0.6	-0.1

註 +はアスман通風乾湿計の方が温度計よりも低いことを示す

3. 点火前の園内の温度は2m附近が一般に低い。これは樹冠の高さが、第2次的の放熱面となるためにおこる。点火後は逆転層の高さが高くなり、下層から順次

熱せられ逆転層から下では1時間を経過して3.9°C、逆転層附近では1時間半を経過して1.5°C、更に逆転層の上では1時間45分を経過して2.4°Cといずれも標準点に比べて高くなつた。これらは樹冠の高さが第2次的の受熱面となつたためにおきたものである。

4. 昇温量の水平分布は高さ1.5mで点火後1時間を経過して中央部で3.5°Cの昇温をみた、高温域は時刻と共に西方から中央部に移動し更に中央部から逆に西方に拡つて行つた。これらの高温域の移動は園の特殊な環境が影響しているらしい。

5. 今回の防霜実験を通じて仮令、火力が弱くても小

火を多く設けた方が効果はよく、又園の外周に冷気流を阻止するものがあれば一層の効果が期待される。(文責 宮沢清治)

参考文献

- 1) 福島測候所：果樹園における防霜実験について、産気調報 16 (2) 1953.
坪井八十二他：葡萄園における重油燃焼法による防霜試験について (1), 農気 10 (3, 4) 1955
- 2) 福島測候所：果樹園における防霜実験について、前掲
- 3) 坪井, 中川：葡萄園の微細気象特性 (1), 農業気象 8 (3, 4) 1953

Résumé

The experiments of prevention against frost damage by "heavy-oil-burning" in apple orchard were carried out at Suzaka in Nagano Prefecture at the nights of 20~21 April, 13~14 May, 1955. The area of experimental field was about 36×33sq. meters and oil-burning was continued from 3:02 a. m. to 5:00 a. m. on 14 May, 1955.

The results obtained are as follows:

- 1) Before burning the inversion level was formed at the height of 2 m.
- 2) During burning the inversion level rose to the height of 2.5 m. approximately, and the temperature rise was 3.9°C in the layer below the inversion level in 1 hour after firing, 1.5°C at the inversion level in 1.5 hour after firing and 2.4°C in the layer above inversion level in 1³/₄ hour after firing.
- 3) The maximum value on the horizontal distribution curve of temperature was 3.5°C at the height of 1.5 m. at the center of the field, in 1 hour after firing. The warm air region was transferred from the west part to the center of the field and then returned westward conversely.

本 会 記 事

1. 北海道支部第8回例会は、昭和31年7月20日午前10時より、北海道農業試験場会議室において開催された。この会では研究発表と風害に関するシンポジウムが行われたが、そのプログラムは次の通りである。(出席者 35名)

I 研究発表会

- (1) 十勝火山性土に於ける土壌凍結と流亡防止に関する研究 第1報 凍結相に関する調査

北農試 西潟高一, 久米勉

- (2) 岩内地方砂丘地の風害とその対策

道農試岩宇園芸試験地 山崎俊次

- (3) 土壌侵蝕に関する研究

第4報 雪及び凍土の融解水による土壌侵蝕

八鍬利助, (道土地改良課) 石井衛,

(足寄営農指導員) 工藤勇夫

- (4) 北海道における気温と稲反収との関係

札幌統計調査事務所作況研究室 小松昭三

II シンポジウム

- 1 講演

- (1) 北海道に於ける風の特性について

札幌気象台 坂岸昇吉

- (2) 風の農作物に及ぼす影響

帯広畜産大学 村越信夫

- (3) 病害の伝播と風

北農試 田中一郎

- (4) 十勝火山性土の風蝕

北農試 西潟高一

2 討論会

2. 昭和31年4月以降の入会退会者

(入会者) 五十嵐正次・京都農試本場・岡山大学農学部図書室・下田長雄・佐々木信介・森郁朗・香山秀子・はせばてつや・東北大学農学研究所・琉球大学図書館・永高信雄・長田昇・久米勉・石丸治澄・吉村彰治・日吉太郎・吉岡寿満・瀬古秀生・横山靖夫

(退会者) 弘前大学作物保護学教室・札幌管区予報課・北海道学芸大学旭川分校・沼田真・成田武四・樋口正雄・渡辺堅士

なお、31年度分会費の未納が相当な数にのぼりますので、未納の方は至急納入される様をお願いします。