

# ナシ園における防霜用ファンの 昇温効果について

佐藤幸雄・薮原 悟\*・城倉友幸\*・正木昭彦\*

信州大学農学部 附属高冷地実験実習施設

## 緒 言

長野県の伊那谷は、わが国でも有数の晩霜害常襲地帯であり、農作物の被害額は、年によって数十億円に達することがある<sup>1)</sup>。とりわけ果樹栽培においては、開花期が晩霜期に相当するため、とくに被害が大きく、晩霜害の防止対策は必須条件となっている。

従来、伊那谷の防霜対策としてとられてきた方法は、主として燃焼法（重油、古タイヤなど）であるが、この方法は、おびただしい煤煙をともなうため、公害防止の見地から実施が困難になりつつある。また一方、伊那谷に中央自動車道が開通されて以来、交通安全の見地からもこのような方法は実施できない現状にある。

そこで、伊那谷北部に位置する信州大学農学部附属農場では、煤煙を生じない防霜対策として、とくに晩霜害の発生しやすいナシ園に防霜用ファンを設置した。しかしその効果についてはまだ十分に検討されていない。本調査は、とりあえず降霜時における防霜用ファンの昇温効果を知るため、1984年10月末から11月の初霜時に実施した。

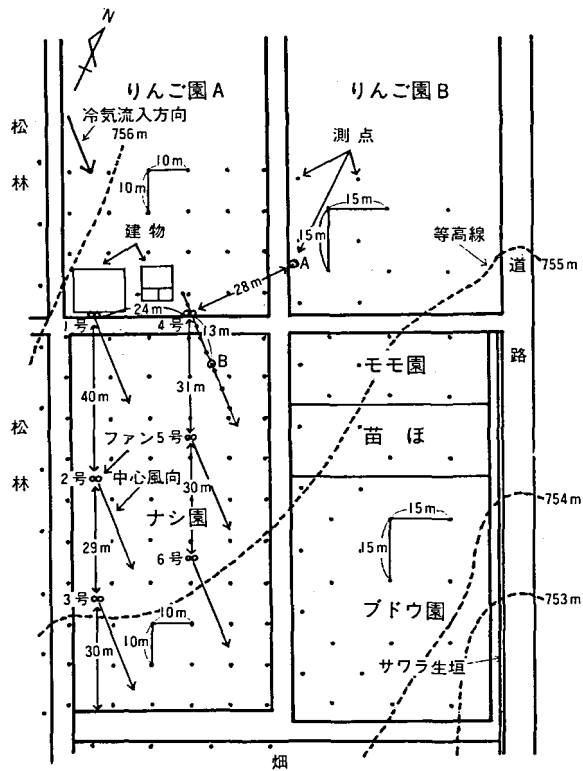
本調査の遂行にあたり、多大の協力をいただいた果樹園芸学研究室の熊代教授ならびに専攻生一同に深く謝意を表する。

## 材料及び方法

### 1 調査ナシ園及びその周辺の概況

調査ナシ園は、第1図に示すように、果樹園のほぼ南西に位置し、面積約50aの園内には、棚仕立ての二十世紀、菊水、幸水、新水、パートレットなどの品種（大部分は成木）が栽植されている。栽植距離は7.2×7.2mで、棚の高さは約1.8mである。園地は比較的平坦で、西から東に向かってなだらかに傾斜している。園地の南西側にはマツの大木が点在し、南東側は普通畑で、ナシ園の南東の端から約70mのところ、高さ約5mの中央自動車道が南西から北東に向かって走り、その北西側に冷気の滞留がみられる<sup>2)</sup>。またナシ園の周辺は、リンゴ園、モモ園、ブドウ園及び苗ほによってとりまかれている。リンゴ園Aはわい化栽培の成木園で、南西から北東方向の垣根仕立てとなっている。リンゴ園Bは、Aと同じわい化栽培であるが、新植して間もないため、ほぼ裸地に近い状態にある。モモ及びブドウ園は、それぞれ普通の立木及び棚仕立てで、その南東側には高さ3～4mのサワラの生垣がある。

\* 附属農場



第1図 調査園地の概況及び測点の位置

## 2 防霜用ファンの性能と設置状況

ナシ園に設置されているファンは、三菱防霜用80cmパワーファン（PG-80HTB-1）で、その性能は第1表に示すとおりである。

ファンの設置場所は、第1図に示すように、約50aのナシ園内に6か所で、それぞれ中心風向が冷気の流れとほぼ平行になるように設置されている。ファンの高さは地上6mで、1号機から3号機及び4号機から6号機が、それぞれ同時または別々に作動するようになっている。

第1表 調査園の防霜用ファンの性能

電 源	公称出力 (kW)	回転数 (r. p. m)	風 速* (m/sec)	風 量* (m <sup>3</sup> /sec)	羽根形式	首振角度	ふ 角
三 相 200 V	1.98	1120	6.0	32.3	80 cm 4 枚	90°	45°

\* ファン前方6m地点で測定

## 3 風速及び気温測点の設定

風速及び気温の水平分布を調査するため、第1図に示すように、合計141か所に測点を設定した。すなわち、ナシ園及び冷気の流れに当たるりんご園Aは、すべて10m間隔の正方形に、またその他周辺の果樹園は15m間隔の正方形とし、ナシ園に近い場合はその交点に

も設定した。さらに、ナン園及びリンゴ園Aに接するマツ林と普通畑にも15m間隔で測点を設定した。

つぎに気温の垂直分布を調査するため、リンゴ園Bに標準として測点Aを、またナン園に測点Bを設けた。その他、ファンからの距離別の風速及び気温を調査するため、4号ファンより中心風向に沿って前方0, 3, 6, 10, 15, 20及び25mの位置と後方3及び6mの位置にも測点を設定した(第1図)。

#### 4 風速及び気温の測定方法

調査地全体の風速分布の測定は、すべてのファンを作動させた後に、またファンからの距離別の風速測定は、4, 5及び6号ファンを作動させた後に行なった。測定には熱線風速計を用い、地上1.5mの高さで20~30秒間測定し、その間の瞬間最大風速で示した。

気温の水平分布の測定は、各測点の地上1.5m(ナン園では棚下約30cm)の高さに棒状水銀温度計をつり下げて行なった。気温の垂直分布の測定には、サーミスター自記温度計を用い、測点A及びBの地上0.03, 0.5, 1.5, 3.0, 5.0及び7.5mの高さに受感部を取付けて行なった。

### 調査結果及び考察

#### 1 送風後の風速分布

風速の測定は、できるだけ無風に近い状態の日の夕方を選んで行なったが、測定時の自然風速は0.1~0.7m/secであった。

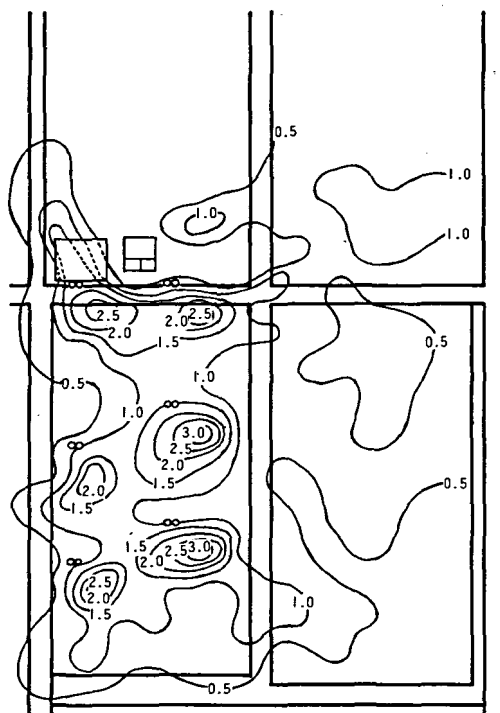
送風中の風速分布は、第2図に示すとおりで、ナン園の瞬間最大風速の分布はきわめて不均一であった。すなわち、風速2.4~3.8 m/secの中心をもつ強風域が、各ファンの中心風向6~10mの距離に認められたが、その他およそ半分の区域は風速が1.0m/sec以下で、周辺の園とあまり変らなかった。なお、1号ファンの送風方向と反対方向に強風域が特異的に伸びているのが認められたが、その理由は明らかでない。

#### 2 送風前後における気温水平分布の変化と昇温効果

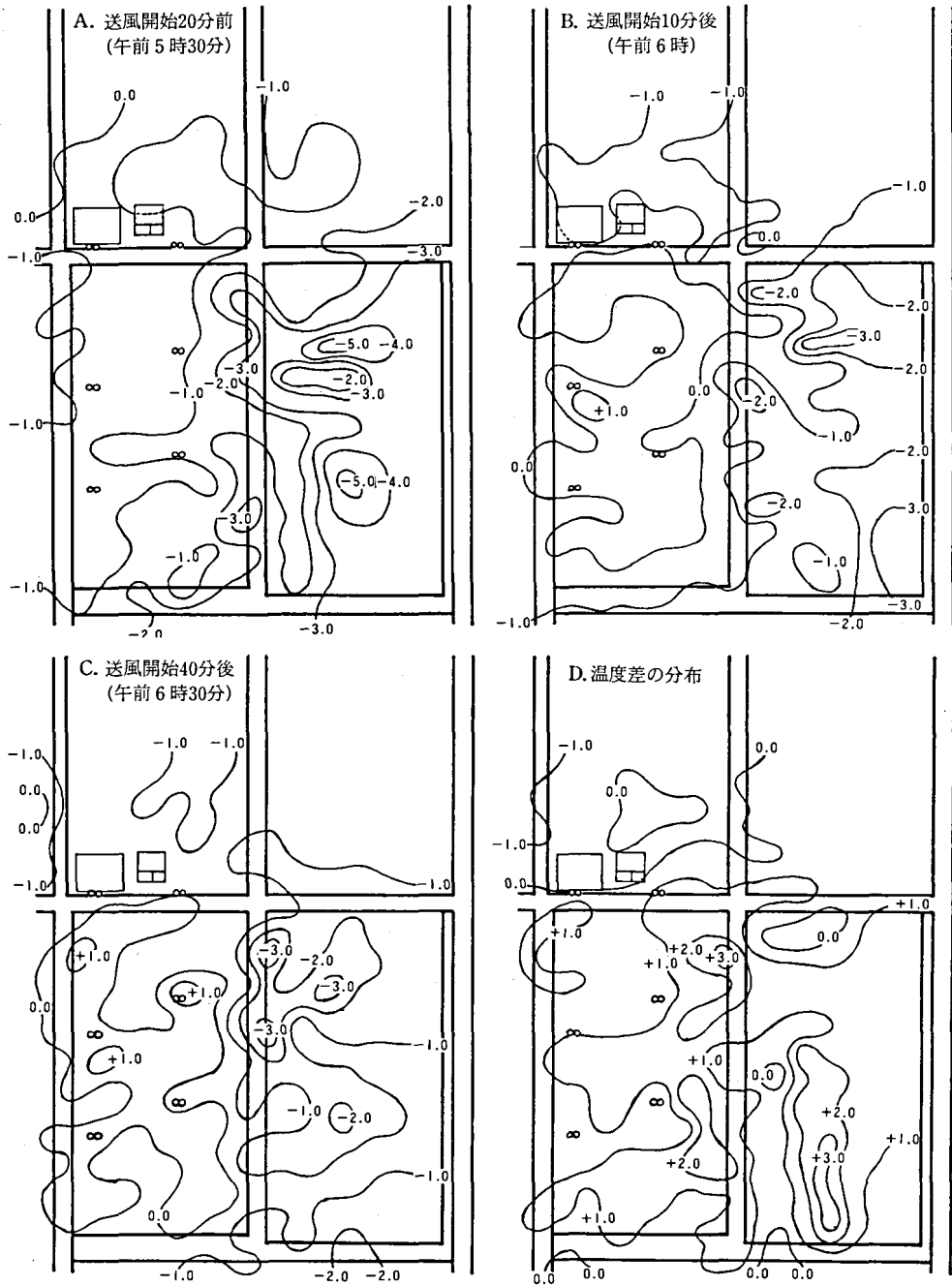
気温の水平分布及び昇温効果は、2回にわたって調査し、第1回は11月6日に、第2回は11月23日に行なった。

##### (1) 第1回の調査結果

送風開始20分前(午前5時30分)の気温水平分布は、第3図Aに示すとおりである。すなわち、気温分布はほぼ等高線に沿って変化



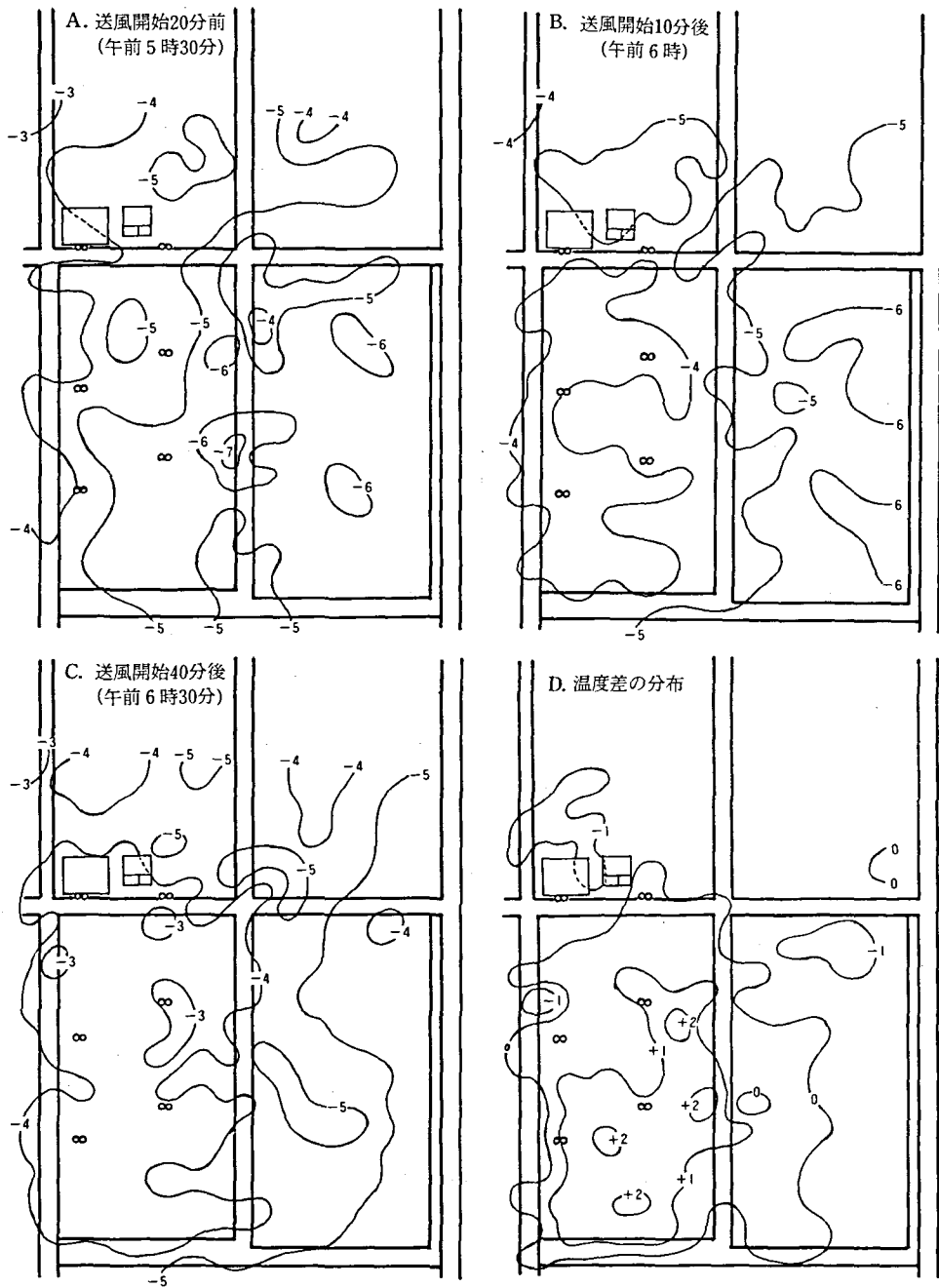
第2図 送風後の風速分布 (m/sec)



第3図 第1回(11月6日)の調査結果

A, B, C: 送風前後における気温の水平分布 (°C).

D: 各測点の温度差の分布 (°C).



第4図 第2回(11月23日)の調査結果

A, B, C: 送風前後における気温の水平分布 (°C).

D: 各測点の温度差の分布 (°C).

し、高いところから低いところに向かって気温の低下がみられた。とくに標高の低いブドウ園では、 $-5.4^{\circ}\text{C}$ の中心をもつ冷気の停滞が認められ、調査園地全体の温度差は $6.2^{\circ}\text{C}$ であった。送風開始10分後（午前6時）の水平分布は、第3図Bに示すとおりである。送風を行なったナン園では、 $0^{\circ}\text{C}$ 以上の温度域がかなりみられたが、その周辺のコモ及びブドウ園では、依然として $-1\sim-3^{\circ}\text{C}$ の冷気が停滞した。さらに送風開始40分後（午前6時30分）の気温分布は、第3図Cに示すとおりで、ナン園の気温分布は、送風10分後とは多少異なったが、やはり1つの暖気の形成がみられ、気温が若干上昇した。しかしコモ及びブドウ園には、なおも $-3^{\circ}\text{C}$ 以下の冷気の停滞がみられた。

第3図Dは、各測点の昇温効果を、送風開始20分前と10分後の温度差で示したものである。ナン園では、送風により全域にわたって $0.1\sim 3.2^{\circ}\text{C}$ の気温上昇がみられ、各測点の平均で $+1.2^{\circ}\text{C}$ の昇温効果が認められた。しかし冷気の流入口に当たるリンゴ園Aでは、一部に昇温域も認められたが、大部分の区域で気温が低下し、各測点の平均値は $-0.2^{\circ}\text{C}$ であった。またコモ及びブドウ園では、一部に気温の低下もみられたが、大部分の区域で昇温効果が認められ、とくに冷気の停滞がみられたブドウ園では、最高 $+3.0^{\circ}\text{C}$ の昇温効果が認められた。これはナン園で昇温した大気が流入したためと思われる。

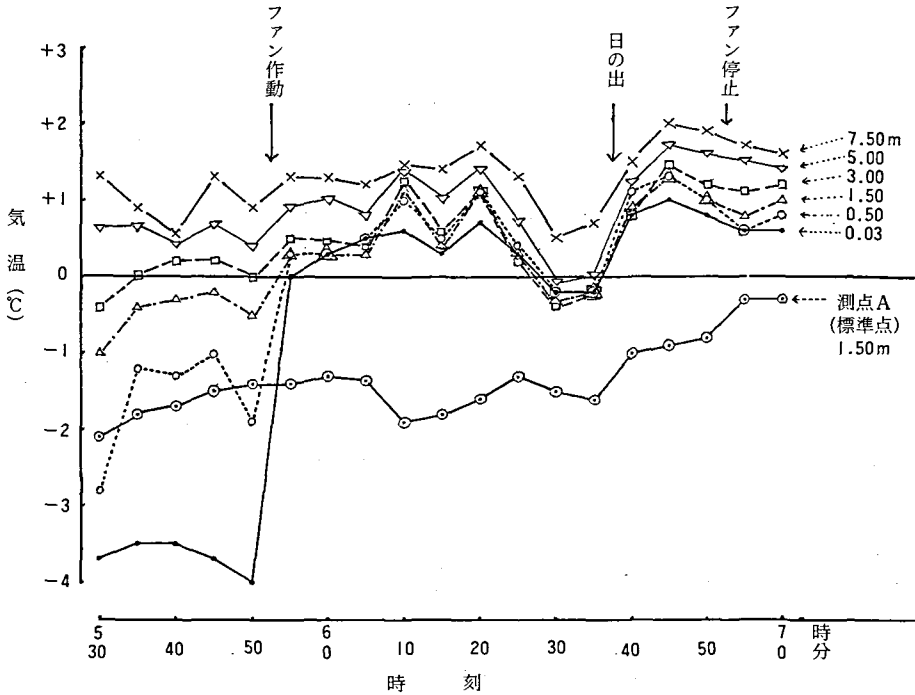
## (2) 第2回の調査結果

送風開始20分前（午前5時30分）の気温水平分布は、第4図Aのとおりで、標高の高いリンゴ園に暖気が、反対に低いブドウ園、コモ園及びそれと接する側のナン園に冷気が存在し、全体で $4.3^{\circ}\text{C}$ の温度差がみられた。送風開始10分後（午前6時）の気温分布は、前回調査と同様にナン園に暖気がみられたが、その分布状態は前回とは異なった。また、コモ及びブドウ園の気流は前回に比べて安定していた（第4図B）。さらに送風開始40分後（午前6時30分）の気温分布では、ナン園全域に暖気が拡大し、その周辺に冷気が散在するのが認められた（第4図C）。

送風による昇温効果を前回調査と同様に、送風開始20分前と10分後の温度差で示したのが第4図Dである。昇温効果は、ナン園全域とブドウ園のナン園側に認められ、とくにナン園では、各測点の平均値で $+0.9^{\circ}\text{C}$ の気温上昇が認められた。ただし、理由は明らかでないが、1号ファンから約15mの範囲には昇温効果が認められなかった。また、冷気の流入方向に当たるリンゴ園Aでは、各測点の平均値が $-0.5^{\circ}\text{C}$ となり、前回と同様に気温の低下が認められた。ナン園の昇温効果が前回調査に比べて低かったのは、気温の逆転強度が低かったためと思われる。送風法による昇温効果が、気温逆転の強度に左右されることは、すでに一般に認められている<sup>4)</sup>。

## 3 送風前後における気温垂直分布の変化と昇温効果

送風開始前後の気温垂直分布は、第5図に示すとおりである。すなわち、気温は地面に近いほど低く、送風開始前の午前5時30分には明らかな接地逆転現象が認められ、最高及び最低測点の温度差は $5.0^{\circ}\text{C}$ であった。その後送風を開始するまではほぼこの温度差で持続したが、送風開始と同時に気温が急速に上昇した。送風開始5分後には、地上0.03mで $4.0^{\circ}\text{C}$ 、0.5mで $2.4^{\circ}\text{C}$ 、1.5mで $0.8^{\circ}\text{C}$ 、3及び5mで $0.5^{\circ}\text{C}$ 、7.5mで $0.4^{\circ}\text{C}$ の気温上昇が認められた。しかし、送風開始5分後の標準点（高さ1.5m）における気温上昇は認められなかった。送



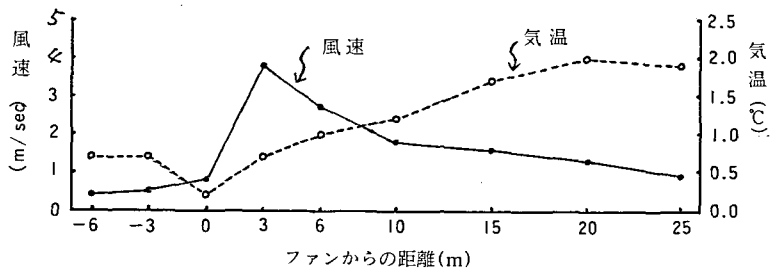
第5図 送風前後における気温垂直分布の変化

風後は、地上3.0m以下の温度差がほとんどなくなり、大気の混合による等温化が認められたが、地上5.0及び7.5mの気温は、1.5m以下の接地気層に比べて常に高かった。本調査では、最高測点が7.5mまでしかなく、気温逆転の境界層の高さは明らかでないが、同地域での熊代ら<sup>2)</sup>の調査によると、地上9~10mで気温差がほとんどなくなるといわれる。

#### 4 ファンからの距離別の風速及び気温分布

ファン前方の距離別瞬間最大風速は、第6図に示すように、ファンから最も近い3mの測点が最高(3.8m/sec)で、距離が遠ざかるにつれてしだいに低下した。この結果は、強風域が第2図で示したそれよりもファンに近いところに現われている。これは第2図の風速分布が、6台のファンの同時作動により、相互に干渉し合ったためではないかと思われる。なお、ファンの後方3及び6mの距離では、送風の影響がほとんど認められなかった。

また、距離別の各測点における気温分布は、ファンの直下が+0.2°Cで最も低く、ファン



第6図 ファンからの距離別瞬間最大風速及び気温の分布

の前方20mまでは距離が遠ざかるにつれて上昇し、最高は+2.0°Cであった(第6図)。牧田ら<sup>3)</sup>のナン園における調査でも、ファン直下の気温が低く、5m前方から昇温し、20~25mまで昇温効果が及んでいる。しかし、此本ら<sup>1)</sup>の茶園における調査では、ファンからの距離が遠ざかるにつれて株面の気温が低下している。この相違が調査地の立地条件によるものか、それとも調査方法の違いによるものかについては明らかでない。

## 摘 要

信州大学農学部附属農場のナン園(約50a)に設置した防霜用ファン(6台)の昇温効果を知るため、1984年の初霜時にファンを作動させ、その前後における風速及び気温の変化を調査した。

1 送風により、各ファンの前方およそ6~10mの距離に、中心風速2.4~3.8m/sec(瞬間最大風速)の強風域が認められたが、ナン園内の約半分に相当する区域では、風速1.0m/sec以下であった。

2 送風により、ナン園のほぼ全域に1つの暖気の形成が認められ、昇温効果(地上1.5m)は、第1回の調査で+0.1~3.2°C、第2回の調査で-0.6~+2.2°Cであった。これをナン園の全測点の平均で示すと、第1回は+1.2°C、第2回は+0.9°Cの上昇であった。

3 送風開始5分後に、地上0.03mで4.0°C、0.5mで2.4°C、1.5mで0.8°C、3.0及び5.0mで0.5°C、7.5mで0.4°Cそれぞれ上昇した。また地上3.0mまでの接地気層では、気温の等温化が認められたが、5.0及び7.5mの気温はこれに比べて常に高かった。

4 1台のファンからの距離別瞬間最大風速は、ファンの前方3mが最大で、距離が遠ざかるにつれて、低下した。しかしファンの後方に対する送風の影響はほとんど認められなかった。また同じく距離別の気温は、ファンの前方20mまでは距離が遠ざかるにつれて上昇した。

## 引用文献

- 1) 此本晴夫・岩崎正男. 1975. 茶園における小型送風機の防霜効果. 農及園. 50. 1152-1156.
- 2) 熊代克巳・有馬博. 1984. 中央自動車道の開通前後における夜間気温の垂直分布の相違. 信大農場報告. 3:19-20.
- 3) 牧田弘・今川博司・宮下忠博. 1980. 日本ナンの凍霜害に対する防霜ファンの効果. 長野県園芸研究会第11回研究発表会講演要旨. 11-12.
- 4) 小沢行雄. 1974. 霜害の防ぎ方. 新編農業気象ハンドブック(新編農業気象ハンドブック編集委員会編). pp. 520-528. 養賢堂.
- 5) 佐藤幸雄. 1984. 長野県の伊那谷における果樹の晩霜害危険温度の再現期間について. 信大農場報告. 3:21-27.