

キウイフルーツにおける散水氷結法の効果

宮田信輝・矢野隆*・井門健太**・仲寛太郎***

Efficacy of the sprinkler freezing method for kiwifruit.

Nobuki Miyata, Takashi Yano, Kenta Imon and Kakutarou Naka

Summary

The sprinkler freezing method is believed to be an effective countermeasure for late frost damage to kiwifruit. In this study, water was sprinkled to pre-emergent kiwifruit when temperatures dropped below freezing due to the radiative cooling phenomenon. Changes in tree temperatures were surveyed and the results were examined.

1. When the continuous irrigation method was applied, in which water is sprinkled continuously from the start to the end of irrigation, tree temperature in the irrigation group was stable at 0 °C, even when, in the control group, it was as low as -5.6 °C. The volume of sprinkled water for this trial was 2,167 L per hour. We estimated that 6,748 L of water per hour would be required if 28 sprinklers per 10 a were installed.

2. When the intermittent irrigation method was applied, in which water sprinkling and interruption of water sprinkling were repeated, tree temperature was stable at 0 °C in the irrigation group, even when it, decreased to -1.8 °C in the control group. In comparison with the continuous irrigation method, using this method we were able to decrease the volume of water sprinkled by as much as 48.7%.

3. The sprinkler freezing method is effective as a countermeasure for late frost damage to kiwifruit, and it is considered that volume of sprinkled water can be drastically reduced using the intermittent irrigation method.

Key Words : sprinkler freezing method、late frost damage、frost protection

I 緒言

最近の地球温暖化による気候変動は、果樹生育に様々な影響を及ぼしている（杉浦ら、2007）。長谷川ら（2007）は、2月から3月の気温上昇とカキの萌芽期の前進化との関連が

*現東予地方局産業振興課、**現愛媛県農産園芸課、***（株）日本計器鹿児島製作所

深いことを報告しており、温暖化により萌芽期が前進化するとその後に晩霜害に遭遇する危険性が高まると考えられている。実際に愛媛県では平成22年3月末に、暖冬の影響で萌芽期が大幅に前進化したキウイフルーツやカキを中心に晩霜害が発生し、被害額は約6.5億円に上った（愛媛県、2010）。温暖化による気候変動は、このような被害を頻発させる懸

念があり、生産現場からは対策技術の開発が望まれている。

これまで果樹園における晩霜害対策としては、送風法、燃焼法、散水氷結法、被覆法などが行われている。このうち散水氷結法は晩霜害の発生が懸念される際にスプリンクラー等で散水を行い、その水が凍結する際に発する潜熱を利用して、植物体を低温から保護する方法である(鈴木、1991)。この方法は、茶では先進的に研究が進められ多くの知見が集積されており、その効果は科学的にも立証されている。実際に灌漑施設の整った鹿児島県茶園では散水氷結法が広く普及しており、その実用性が実証されている。

散水氷結法は愛媛県の果樹園においてもキウイフルーツ、カキの一部で導入されているが、失敗事例も見られ、その効果についての検証が不十分で解明すべき点も多い。また、散水氷結法の導入には多量の水が必要となるが、水源の乏しい本県の果樹産地においては、その確保が課題となることから、最小限の水量で最大限の効果を得ることが求められる。

そこで、本試験ではキウイフルーツにおける散水氷結法の基礎的なデータを収集するとともに間断散水法による節水型の散水方法についても検討した。

II 材料及び方法

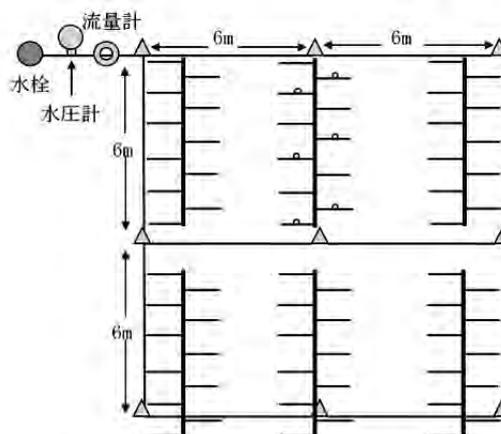
試験1 連続散水による散水氷結法が樹体温度に及ぼす影響

試験は2012年2月13日18:00から14日7:00にかけて果樹研究センター内の圃場に植栽されている‘ヘイワード’8年生樹を供試して実施した。試験区はスプリンクラーで連続的に散水する連続散水区と散水しない対照区とし1区1樹とした。スプリンクラー(R10T、サンホープ(株)、第1表)は、棚面より1m上方に設置し、供試樹の周囲に6m間

隔で9本配置した(第1図)。散水は落差による水圧でスプリンクラーを作動させた。このとき水栓付近に設置した水圧計の圧力は0.29MPaであった。散水量は流量計を設置して1時間あたりの散水量を計測した。樹体温度の計測はT型熱電対対応のデータロガー(GL220、グラフテック(株))を用いて、熱電対の先端部分を結果母枝の休眠芽に挿入し(第2図)、1樹あたり6カ所について1分間隔で記録した。温度データは、6カ所の芽の温度を10分間隔で平均して試験区の温度とした。外気温は対照区の棚面(地上1.8m)の温度を6カ所で計測し、その平均値を求めた。

第1表 R10Tの散水性能

散水圧力 (Mpa)	1分間の散水量 (L)	散水半径 (m)
0.3	4.43	7.9



第1図 スプリンクラーと熱電対の設置位置



第2図 熱電対の設置方法

試験2 間断散水による散水氷結法が樹体温度に及ぼす影響

試験は2012年3月13日18:00から14日7:00にかけて行い、試験条件は試験1と同様とした。試験区は散水と止水を交互に繰り返す間断散水区と散水を行わない対照区とした。間断散水は、自動散水止水制御装置(NKTYA-2511、日本計器鹿児島製作所(株)、第3図)により、100秒間の散水と100秒間の止水を繰り返す間断散水とした。



第3図 自動散水止水制御装置

Ⅲ 試験結果

試験1 連続散水による散水氷結法が樹体温度に及ぼす影響

試験中の平均風速は0.1m/sで、14日の0時から7時の間はほぼ無風となり放射冷却現象の起こりやすい気象条件であった(第2表)。第4図に試験中の試験樹および外気温の変化を示す。外気温は日没後から徐々に下がり始め、夜明け前の6時30分に最低の-4.4℃となった。この時の対照区の樹体温度は-5.6℃であり、放射冷却によって樹体温度は外気温に比べ1.2℃も低かった。このような条件の中で、連続散水区の樹体温度が14日1:00に-4.1℃まで低下したのを確認し、散水を開始

したところ、散水開始直後から樹体温度は急上昇し、散水開始から40分後には-1.2℃になり晩霜害発生の危険温度を脱し、1時間後には0℃付近まで上昇した。その後も散水を継続している間の樹体温度は0℃で一定であった。14日の8時に散水を停止すると樹体温度は外気温近くまで急激に低下した。この時の供試樹は散水により樹体が完全に氷結した状態となった(第5図)。

散水量は1時間あたり2,167Lとなり、仮に10aあたり28本のスプリンクラーを設置した場合に換算すると、1時間あたり6,748Lの水が必要であった(第3表)。

試験2 間断散水による散水氷結法が樹体温度に及ぼす影響

試験中の平均風速は0.2m/sで、ほぼ無風状態であった(第4表)。第6図に試験中の試験樹および外気温の変化を示す。試験中の最低気温は14日6時10分に-0.6℃となったが、対照区の樹体温度は放射冷却によって-1.8℃まで低下した。試験1の条件よりも気温が高かったものの、間断散水区の樹体温度が-1℃まで低下した14日2時に散水を開始したところ、散水から僅か10分後には0℃付近まで樹体温度が上昇し、その後も間断散水中の樹体温度は0℃付近を維持した。散水と止水(第7図)を繰り返しても樹体温度の変化は観察されおらず、0℃付近で一定であった(データ省略)。

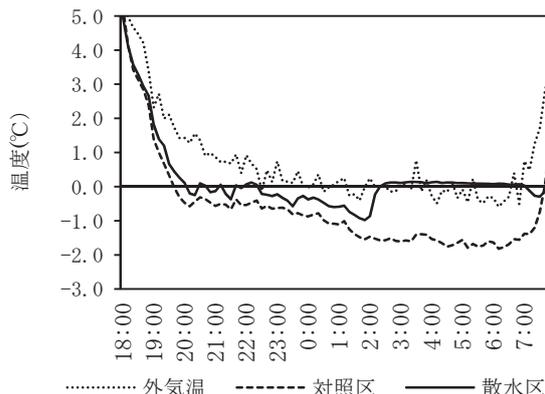
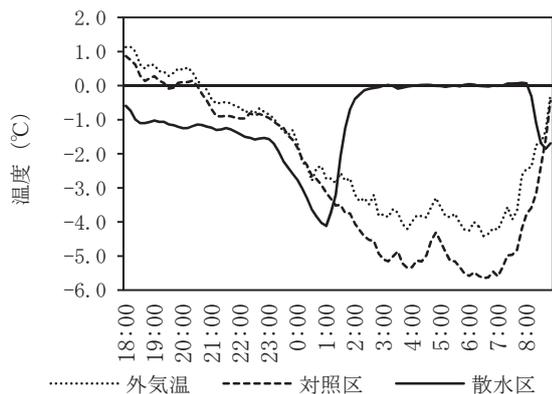
散水量は1時間あたり1,055Lとなり、仮に10aあたり28本のスプリンクラーを設置した場合に換算すると3,276Lの水が必要であった(第5表)。連続散水に比べて間断散水では48.7%まで散水量を節減できた。

第2表 2月13～14日の風速(m/S)

時刻	平均風速	最大風速
18:00	0.0	1.1
19:00	0.0	2.3
20:00	0.1	3.2
21:00	0.0	1.6
22:00	0.0	0.0
23:00	1.7	4.9
24:00	0.0	4.2
1:00	0.0	0.0
2:00	0.0	0.0
3:00	0.0	0.0
4:00	0.0	0.0
5:00	0.0	0.0
6:00	0.0	0.4
7:00	0.2	1.3

第4表 3月13～14日の風速(m/S)

時刻	平均風速	最大風速
18:00	0.3	3.5
19:00	0.0	2.0
20:00	0.4	2.0
21:00	0.2	1.5
22:00	0.2	2.0
23:00	0.0	1.8
24:00	0.0	0.6
1:00	0.4	1.8
2:00	0.0	2.0
3:00	0.0	1.5
4:00	0.1	2.0
5:00	0.4	1.5
6:00	0.1	1.8
7:00	0.4	2.0



第4図 散水氷結法（連続散水）が樹体温度に及ぼす影響（2012年2月13日～14日）

注1）散水開始14日1時00分、散水停止14日8時00分

注2）水温7.5℃



第5図 散水後の供試樹の様子

第6図 散水氷結法（間断散水）が樹体温度に及ぼす影響（2012年3月13日～14日）

注1）散水開始14日2時00分、散水停止14日7時00分

注2）水温9℃



第7図 間断散水（左：散水、右：止水）

第3表 連続散水における1時間あたり散水量と10aあたり散水量の試算

散水方法	1時間あたり散水量 (L/h)	10aあたり散水量の試算値 ² (L)
連続散水	2,167	6,748

注) ² スプリンクラーを10aあたり28本設置すると仮定した試算

第5表 間断散水における1時間あたり散水量と10aあたり散水量の試算

散水方法	1時間あたり散水量 (L/h)	10aあたり散水量の試算値 ² (L)
間断散水	1,055	3,276

注) ² スプリンクラーを10aあたり28本設置すると仮定した試算

IV 考 察

農作物の晩霜害は、発芽期や開花期における低温による気象災害であるが、一晩でその年の収穫が皆無になる場合もあり、これまでも深刻な被害が発生している。晩霜害対策のうち散水氷結法は、低温によって農作物の樹体被害が予想される際にスプリンクラーからの散水により植物体に水を付着させ、水が氷結する際に発する潜熱を利用して、植物体を低温から保護する方法である(鈴木,1991)。農作物の晩霜害対策としては、確実性の高い方法と考えられるが、これまで本県の主要品目であるキウイフルーツへ導入は一部を除いて進められてこなかった。そこで、本研究ではキウイフルーツの晩霜害対策として、散水氷結法の有効性を検証するとともに、散水氷結法を実施する上で障害となる散水量の節減技術について検討を行った。

試験1で実施した連続散水による散水氷結法では、放射冷却現象によって対照区の樹体温度が -5.6°C まで低下した条件でも、連続散水区の樹体温度は 0°C 付近で安定することを確認できた。本試験は発芽前の供試樹を使った模擬試験ではあるものの、二宮ら(1985)

の報告から、キウイフルーツの新梢発芽期の晩霜害危険温度は概ね -2°C と推察されるため、キウイフルーツにおいても散水氷結法は晩霜害対策として有効であると考えられた。

この時の樹体温度の推移をみると放射冷却現象により樹体温度は外気温よりも 1.2°C も低くなっている。このことから放射冷却が強まる気象条件においては、樹体温度は外気温よりも低温になることを想定すれば、少なくとも外気温が 1°C 以下になった時点では、散水を開始する必要があると考えられた。なお、試験前には熱電対の温度補正をしているものの、試験開始直後の散水区の樹体温度が対照区に比べて 1.5°C 程度低くなっているが、この原因は不明であった。

散水氷結法の最大の欠点は水を大量に使用することである。茶園における散水氷結法では、降水量換算で毎時 2.6mm から 4mm の水が必要とされている(此本,1978)。本試験の条件では連続散水では10aあたり $6,748\text{L}$ の水を消費すると試算され、8時間連続で散水すると $53,984\text{L}$ の水が必要となる。愛媛県の果樹園は水資源に乏しい地域が多く、多量の水を確保できる園地は限られるため、散水氷結法の導入には節水型の散水技術の開発が必要不

可欠である。茶園における節水技術として、田中ら(2008)は、凍霜害が発生しない下限温度で新芽を保護するという発想で、止水時間と散水時間をコントロールする温度対応間断散水法を提案している。試験2では間断散水による散水氷結法を検討したところ、散水量を連続散水に比べて48.7%まで節減することができた。間断散水時の樹体温度は連続散水時と同様に0℃で安定しており、今回の散水と止水のタイミングでも晩霜害を回避できると考えられた。

以上より、散水氷結法はキウイフルーツにおいても晩霜害対策として有効な技術となることが示唆され、その散水量を節減するためには間断散水が有効と考えられる。しかしながら、本試験の間断散水法でも1時間・10aあたり3,276Lの水量を確保する必要がある。今後は止水時間を延長し、より少ない散水量で、安全にその効果が持続できる間断方法について検討する必要がある。また、萌芽期のキウイフルーツは棚面の空隙が多く、常緑の茶樹に比べて水滴の捕捉率が著しく少なくほとんどの水滴は地面に落下しているため、樹体に効率よく水滴を付着させる散水方法(ノズルの間隔、散水ノズルの種類)についても検討し、より低水量で効率の良い散水技術を開発する必要がある。

V 摘要

キウイフルーツの晩霜害対策として、散水氷結法が有効と考えられる。本試験では発芽前のキウイフルーツを供試して、放射冷却現象によって気温が氷点下になった時にスプリンクラーで散水を行い、樹体温度の変化を調査することで、その効果を検証した。

1. 散水開始から散水終了までの間、連続して散水する連続散水法では、対照区の樹体温度が-5.6℃まで低下する条件においても散

水区の樹体温度は0℃で安定した。この時の散水量は1時間あたり2,167Lとなり、仮に10aあたり28本のスプリンクラーを設置すると、1時間あたり6,748Lの水が必要と試算された。

2. 散水と散水の中断を交互に繰り返す間断散水法では、対照区の樹体温度が-1.8℃まで低下する条件においても散水区の樹体温度は0℃で安定した。この時の散水量は連続散水法に比べて48.7%まで低減できた。

3. キウイフルーツの晩霜害対策として散水氷結法は有効であり、間断散水法により散水量を大幅に低減できると考えられた。

VI 謝辞

散水氷結法に関する試験方法等について助言いただいた鹿児島県農業開発総合センターの藤川和博主任研究員、(独)果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点の杉浦裕義主任研究員に深く感謝します。

VII 引用文献

- 愛媛県地方農業気象協議会編. 2010. 平成22年度愛媛県地方農業気象協議会幹事会資料. pp22.
- 長谷川耕二郎・尾形凡生. 2007. 植物環境工学. 19(4): 175-181.
- 此本晴夫・鈴木幸隆・木村政美・竹中 肇. 1978. 茶研報. 47: 17-23.
- 鈴木義則. 1991. 農業気象災害と対策. 霜害. pp. 62-81. 養賢堂, 東京.
- 二宮敬和・篠川侗雄・石川啓. 1985. 愛媛果試業務報. 47-48.
- 杉浦俊彦・黒田治之・杉浦裕義. 2007. 園学研. 6(2): 257-263.
- 田中敏弘・折田高晃・上岡 浩・菅野正道・加藤正明. 2008. 茶研報, 106(別): 1-14