

# イチゴ夏秋どり栽培におけるウォーターカーテンの利用が 施設内環境と果実収量に及ぼす影響

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| 誌名    | 園芸学研究                            |
| ISSN  | 13472658                         |
| 著者名   | 岩崎,泰永<br>吉田,千恵<br>松嶋,卯月<br>伊吹,竜太 |
| 発行元   | 園芸学会                             |
| 巻/号   | 10巻2号                            |
| 巻号補足  |                                  |
| 掲載ページ | p. 241-247                       |
| 発行年月  | 2011年4月                          |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## イチゴ夏秋どり栽培におけるウォーターカーテンの利用が 施設内環境と果実収量に及ぼす影響

岩崎泰永<sup>1a\*</sup>・吉田千恵<sup>1</sup>・松嶋卯月<sup>2</sup>・伊吹竜太<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 宮城県農業園芸総合研究所 981-1243 宮城県名取市高館

<sup>2</sup> 岩手大学農学部 020-8550 岩手県盛岡市上田

<sup>3</sup> 宮城大学食産業学部 982-0215 宮城県仙台市太白区旗立

### Effects of Applying a Water Curtain System on the Environmental Factors and Fruit Yield of Strawberry in Summer and Autumn Culture

Yasunaga Iwasaki<sup>1a</sup>, Chie Yoshida<sup>1</sup>, Uzuki Matsushima<sup>2</sup> and Ryuta Ibuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Miyagi Prefectural Institute of Agriculture and Horticulture, Takadate, Natori, Miyagi 981-1243

<sup>2</sup> Iwate University, Faculty of Agriculture, Ueda, Morioka, Iwate 020-8550

<sup>3</sup> Miyagi University, Department of Environmental Sciences, Hatatate, Taihaku-ku, Sendai Miyagi 982-0215

#### Abstract

We investigated the effects of applying a water curtain system on the environmental factors and fruit yield of strawberry during the summer season of 2008 and 2009. Two (in 2008) or three (in 2009) tunnel-shaped neighboring greenhouses of equal size were used in these experiments. The water curtain system was installed in one of the greenhouses (WC greenhouse). During the tests in 2009 only, shading film (30% shade) was installed in another greenhouse (shaded greenhouse). The last of the greenhouses was used as the control greenhouse. In the WC greenhouse, the leaf and growing media temperatures were lower than those in the control greenhouse. The decrease in solar radiation caused by the water curtain system was within several percentage points of that in the control greenhouse. As a result, the strawberry yield was higher than that in the control greenhouse (by 13–14%). Solar radiation of the shaded greenhouse was 64% of that in the control greenhouse, but the leaf and growing media temperature was almost the same as that in the control greenhouse, and the yield was lower than that in the control greenhouse. These findings indicate that the application of the water curtain system was effective for decreasing the leaf and growing media temperature without reducing solar radiation, and for increasing the strawberry yield during the summer season.

**Key Words :** leaf temperature, media temperature, shade, solar radiation

**キーワード :** 培地温, 日射量, 遮光, 葉温

#### 緒 言

国内のイチゴは、年間約 20 万 t が生産されているが、その大部分が促成栽培で 11 ～ 5 月に収穫されている。夏秋期（7 ～ 10 月）のイチゴ生産量はきわめて少ないが、ケーキなどを中心とした業務用需要に対応するため、アメリカを中心に海外から年間 5,000 t 程度のイチゴが輸入されている。しかし、輸入イチゴは果実品質が劣ることや安全性に對す

る不安があるなどの理由によって、夏秋期における国内産イチゴの供給に対する要望が高まっている（今田, 2006）。

夏秋期のイチゴ生産、とくに 7 ～ 9 月の生産においては、高温による果実肥大の抑制や奇形果の発生によって商品果収量が低下する問題があり（熊倉・宍戸, 1994）、夏秋期のイチゴ生産は現在、九州や四国、東北、北海道地域の高冷地など限られた地域で行われているにすぎない。しかし、夏秋期のイチゴ生産は果実の販売単価が促成栽培のそれよりも高いこと、暖房設備が不要であるためより簡易な施設で栽培可能であること、必要な投資額が小さいこと、暖房用の燃料費が不要なためランニングコストが低いこと、などのメリットがあるので注目されている。東北地方以北では、夏期の高温期間が比較的短く、また最高気温もそれほど高くないので、夏秋どり栽培を行いやすいと考えられるが、現在のところ高冷地で栽培が行われているのみで

2010 年 2 月 2 日 受付. 2010 年 9 月 30 日 受理.

本研究は平成 19 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「冷水資源を活用した野菜の高品質栽培技術の確立（課題番号 1925）」の一環として行われた。

\* Corresponding author. E-mail: iwasakiy@affrc.go.jp

<sup>a</sup> 現在：農研機構 野菜茶業研究所 470-2351 愛知県知多郡武豊町南中根

あり、平野部で安定した生産を行うには高温対策が必要となっている（岩崎，2007；Iwasaki, 2008）。高温対策としては、施設の屋根の外側または内側に遮光率 40～60%の遮光資材を展張する方法が最も一般的である（岩瀬ら，1994）。遮光は施設内気温や作物体の昇温抑制に効果がある反面、光合成に必要な光も制限してしまうため、収量にマイナスの影響を及ぼす結果が得られる場合も報告されている（岩崎ら，2005；Sharma ら，2006）。

ウォーターカーテンは、主としてイチゴやシュンギクの低温期の保温技術として開発され（小倉・向井，1988），国内では 2007 年の時点で 506.1 ha で利用されている（農林水産省生産局生産流通振興課，2009）。最も普及している方式は、パイプハウスの外張フィルムの内側にもう一層フィルム（内張フィルム）をとりつけ、そのフィルムの中央部分から地下水をかけ流す構造となっている（小倉・向井，1988）。

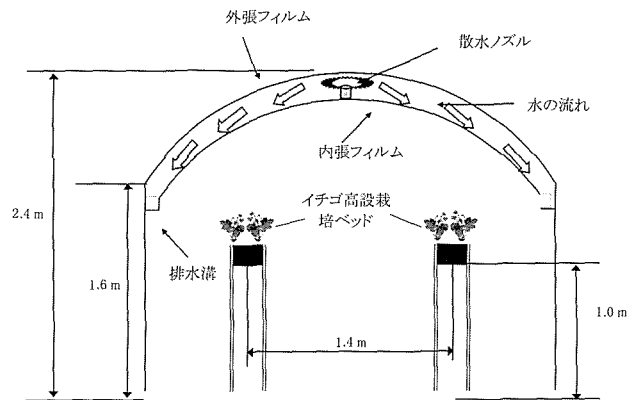
水は太陽光に含まれる光合成に有効な波長を透過させるが、赤外成分を吸収する性質がある。太陽光の波長域ごとのエネルギー比率は、光合成有効放射の波長域（0.4～0.7  $\mu\text{m}$ ）が約 30%，赤外域（0.8～10.0  $\mu\text{m}$ ）が約 35%で、紫外域と遠赤外域の合計で 35%である（日本機会学会，2005）。著者らが、文献（Edward, 1997；円山，2004）に従ってウォーターカーテンの水膜によるエネルギー吸収率を波長域ごとに計算した（水膜の厚さを 1 mm と仮定した）ところ、光合成有効波長域では吸収率はほぼゼロであるが、赤外域では吸収率は 45%となった。また、水源として利用される地下水は、一般には 15～20°C 程度と年間を通して変化が少ないため、地下水を内張フィルム上に膜状に流すことによってフィルム温度が低下し、施設内空気が内張フィルムとの伝達放熱によって冷却される（三原，1972）。小林ら（1997）は、夜間の冷房としてウォーターカーテンをイチゴの夜冷育苗処理に応用している。

本実験では、小型のパイプハウスにウォーターカーテンを設置してイチゴの夏秋どり栽培を行い、ウォーターカーテンを日中に利用した場合の施設内の日射、気温、培地温、葉温および果実収量に及ぼす影響を調査し、ウォーターカーテンを利用してイチゴ夏秋どり栽培の収量を増加させる技術を確認するための基礎的な知見を得ることを目的とした。

## 材料および方法

### 1. 施設の構造

実験は、2008 および 2009 年に宮城県農業・園芸総合研究所（宮城県名取市）内にある、隣接する 2 棟（2008 年）または 3 棟（2009 年）のパイプハウス（間口 3.0 m、長さ 10.0 m、軒高 1.6 m、棟高 2.4 m）を用いて行った。外張り（屋根面、妻面）フィルムには、厚さ 0.1 mm の農業用ポリオレフィン系フィルム（商品名「クリンテート」、サンテラ）を展張した。ハウス側面の肩部分より下は、フィルム



第1図 実験に用いたハウス（WC区）の模式図

SHADE区は内張フィルムに遮光性フィルムを展張

SHADE区は2009年のみ設置、SHADE区とCNT区は散水なし CNT区は2008年は内張フィルムなし、2009年はWC区と同じフィルムを展張

を取り付けずに開放状態とした。屋根面フィルムの下側 20 cm の位置に、アーチ状のパイプを 90 cm 間隔で取り付け（第1図）。2008 年は、1 棟にアーチ状パイプの上に透明プラスチックフィルム（厚さ 0.1 mm、商品名「積水農サクビ」、光合成有効放射波長域のエネルギー透過率は 90%（メーカー測定値）、積水フィルム）を内張カーテンとして展張し、フィルム中央部分に散水ノズル（00726 型、矢野散水）を 90 cm 間隔で取り付け（以下、WC 区）。もう 1 棟は対照として、アーチ状パイプに何も取り付けなかった（以下、CNT 区）。WC 区では、7～17 時の時間帯で、施設内気温が 30°C 以上となった場合に、各ノズル当たり 2 L・min<sup>-1</sup> で地下水をフィルム上に散布して流下させた。本実験で使用した地下水は、一度水槽に貯留された後に取水口まで配管されているため、水温は 22～23°C で一般的な地下水よりも高かった。2009 年は 3 棟のパイプハウスを供試し、うち 1 棟には 2008 年と同様にウォーターカーテンを設置した（以下、WC 区）。1 棟は、遮光性プラスチックフィルム（厚さ 0.1 mm、試作品、光合成有効放射波長域のエネルギー透過率は 70%，紫外域のエネルギー透過率は 3%（ともにメーカー測定値）、積水フィルム）を下層のアーチ状パイプに取り付けた（以下、SHADE 区）。残り 1 棟は、アーチ状パイプに WC 区と同じ透明プラスチックフィルムを取り付けて対照（以下、CNT 区）とした。これは、WC 区に展張した透明プラスチックフィルムによる遮光の影響を除いて、ウォーターカーテンの水膜による昇温抑制効果を明らかにするためである。外張りフィルム（屋根面と妻面）は、2008 年と 2009 年ともにイチゴを定植する前に張り替えた。ウォーターカーテンの稼働期間は 2008、2009 年ともに 7 月 15 日～9 月 15 日までとした。内張フィルムと遮光フィルムは、ウォーターカーテンの運転を開始する前日に取り付け、運転停止と同時に取り外した。

## 2. 作物の栽培

イチゴ品種‘ベチカ’を供試した。冷蔵苗を2008年5月11日および2009年5月15日に購入し、2008年6月5日および2009年6月11日に、各施設内に設置したやし殻繊維を培地とする高設養液栽培ベッド（エアリッチシステム、MKV ドリーム）に株間20 cm、2条植え、ベッド間隔（栽培ベッドの中央～中央まで）140 cmとして定植した（栽植密度714株・a<sup>-1</sup>）。兩年とも、6月末までに発生した花房はすべて取り除いた。各ハウスには、長さ4 mの栽培ベッドを1列当たり2ベッド、各ハウス当たり2列配置（合計2ベッド×2列＝4ベッド）し、それぞれ40株ずつ定植した。各ベッド中央部分の連続した10株を収穫調査の対象としたので、1ハウス当たりの調査株数は40株（1区10株の4反復）とした。

培養液は大塚A処方を用い、濃度をEC（電気伝導度）で0.6 dS・m<sup>-1</sup>に調節し、株当たり100～300 mL・day<sup>-1</sup>を1日3～5回に分けて給液した。

## 3. 調査測定項目

赤熟果実を週3回収穫し、個数と重量を調査した。宮城県内の生産現場の出荷状況に準じて、5 g以上の正形果および7 g以上の奇形果を商品果とした。収穫調査の期間は2008年は8月11日～9月30日、2009年は8月10日～10月15日とした。ハウス中央部の栽培ベッド上で、イチゴの最大葉と同じ高さに日射計（MS-601、英弘精機）を設置した。葉温はT型熱電対を完全展開第3葉の裏側にクリップで固

定して、栽培ベッドごとに2点ずつ、1試験区当たり合計8点ずつ測定した。内張フィルムの温度は、T型熱電対をそれぞれ2点ずつ貼り付けて測定した。培地温はイチゴの株と株の中間部分に、深さ5 cmに1試験区当たり2点ずつT型熱電対を埋設して測定した。気温はハウス中央部分でかつイチゴの最大葉と同じ高さにおいて、通風しながらT型熱電対で測定した。日射、気温、培地温、フィルム温度および葉温の測定期間は、2008年は7月15日～9月30日、2009年は8月7日～9月30日とした。日射、気温、培地温、フィルム温度および葉温は、10分間隔で測定記録した。外気温は実験を行ったパイプハウスの外で、地上高150 cmで測定した。

## 結 果

第1表に、2008年の果実収量調査の結果を示した。商品果収量はWC区では164 g/株、CNT区では145 g/株で、WC区が13%増加した。くず果を含めた総収量の収穫果実個数は、35と36個/株と試験区間に差はなく、WC区では1果平均重が大きくなった結果、商品果収量が多くなった。第2表に、2009年の果実収量調査の結果を示した。商品果収量はWC区（214 g/株）、CNT区（188 g/株）、SHADE区（157.8 g/株）の順に高くなり、総収量も同じ順であった。商品果収量はウォーターカーテンによって対照区より14%増加し、遮光によって16%減少した。くず果を含めた総収量の収穫果実個数は、32～33個/株で3試験区間で

第1表 ウォーターカーテンの設置がイチゴの果実収量に及ぼす影響（2008年）

| 試験区  | 商品果収量 <sup>1)</sup> |             |                | 総収量         |             |                |
|------|---------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------|
|      | 個数<br>(個/株)         | 重さ<br>(g/株) | 1果平均重<br>(g/個) | 個数<br>(個/株) | 重さ<br>(g/株) | 1果平均重<br>(g/個) |
| WC区  | 23.2                | 164.3       | 7.1            | 35.1        | 188.8       | 5.4            |
| CNT区 | 24.8                | 144.8       | 5.8            | 36.0        | 170.3       | 4.7            |
| t検定  | ns <sup>2)</sup>    | *           | *              | ns          | *           | *              |

<sup>2)</sup> \*\*は1%で、\*は5%水準で有意差があることを示し、nsは有意差なしを示す

<sup>1)</sup> 商品果収量：5 g以上の正形果と7 g以上の奇形果、総収量：くず果を含めた全収量

収穫調査の期間は2008年8月11日～9月10日

WC区：ウォーターカーテンを設置、CNT区：対照

第2表 ウォーターカーテンの設置および遮光処理がイチゴの果実収量に及ぼす影響（2009年）

| 試験区    | 商品果収量 <sup>1)</sup>  |             |                | 総収量         |             |                |
|--------|----------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------|
|        | 個数<br>(個/株)          | 重さ<br>(g/株) | 1果平均重<br>(g/個) | 個数<br>(個/株) | 重さ<br>(g/株) | 1果平均重<br>(g/個) |
| WC区    | 28.4 a <sup>2)</sup> | 214.1 a     | 7.5 a          | 33.1 a      | 230.2 a     | 6.9 a          |
| SHADE区 | 24.6 b               | 157.8 c     | 6.4 c          | 32.1 a      | 177.6 c     | 5.5 c          |
| CNT区   | 27.2 a               | 188.3 b     | 6.9 b          | 33.4 a      | 206.7 b     | 6.2 b          |

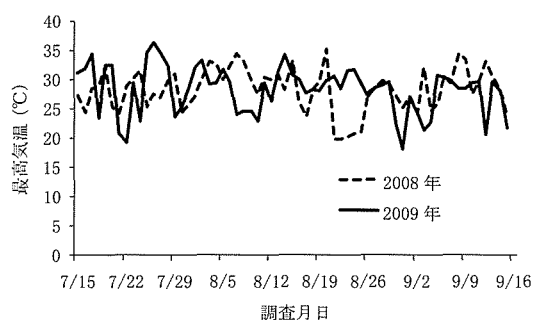
<sup>2)</sup> 同一列の異なるアルファベットはTukeyの多重検定で5%水準の有意差があることを示す

nsは有意差なし

<sup>1)</sup> 商品果収量：5 g以上の正形果と7 g以上の奇形果、総収量：くず果を含めた全収量

収穫調査期間は2009年8月10日～10月15日

WC区：ウォーターカーテンを設置、SHADE区：遮光性フィルムを設置、CNT区：対照



第2図 2008, 2009年の7月15日～9月15日における屋外最高気温の推移  
ハウス付近の地上高1.5mで測定

大きな差はなく、商品果収量の重さの差は2008年と同様に、1果平均重の差によるものであった。

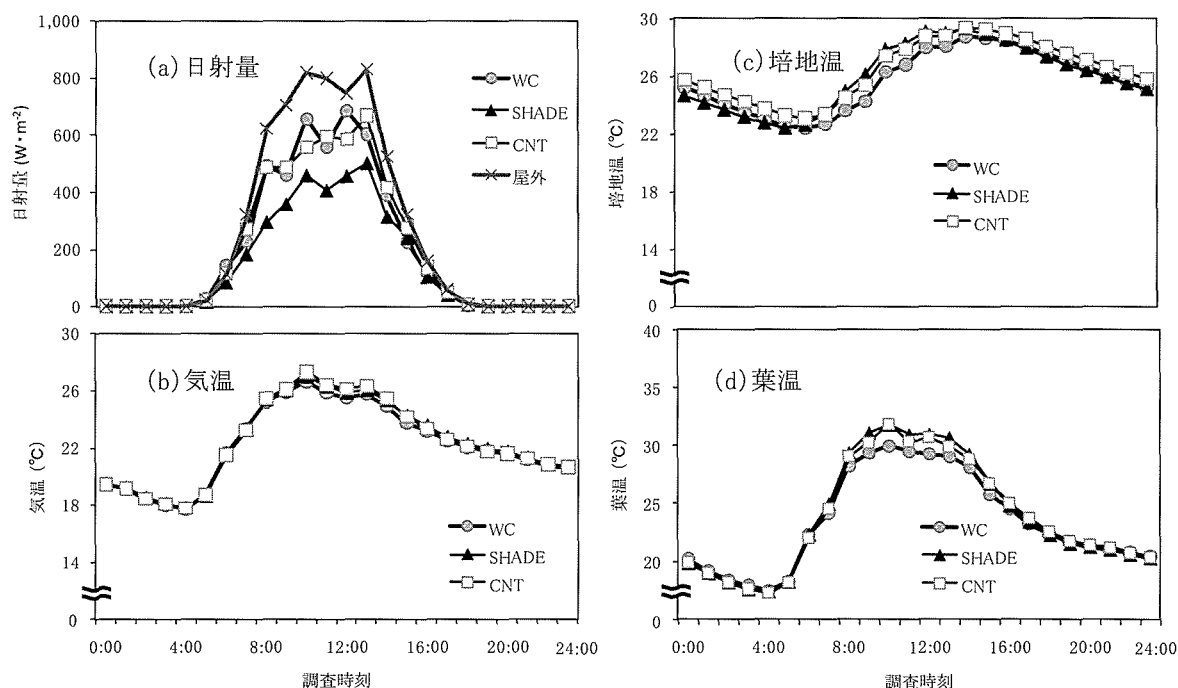
第2図に、2008および2009年の7月15日～9月15日の最高気温の推移を示した。調査期間の平均は、両年ともに28°Cであった。

第3図に高温期晴天時の典型的な日射量、気温、培地温および葉温の日変化として、2009年8月15日の測定値を示した。その他の晴天日についても、各測定値の推移の傾向はほぼ同様であった。2008年の8月におけるCNT区とWC区の各測定値の推移の傾向は、2009年の場合と同様であった（データ略）。日射量は、日中（8～17時）の平均でみると、WC区、SHADE区、CNT区、屋外の順にそれぞれ465, 348, 467, 613  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ で、CNT区を100%とすると、WC区は99%, SHADE区75%であった（第3図

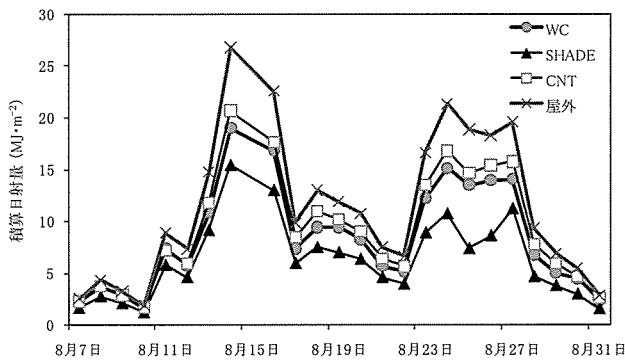
(a)）。気温のWC区とCNT区の差は最大0.7°C、日中（8～17時）の平均で0.4°Cであり、SHADE区はCNT区と差がなかった（第3図(b)）。培地表面から深さ5cmの位置で測定した培地温の推移を、第3図(c)に示した。WC区はCNT区より最大1.1°C低く推移し、日中（8～17時）の平均では0.8°C低かった。SHADE区とCNT区は、ほぼ同じ温度で推移した。葉温の推移を第3図(d)に示した。最高葉温はWC区で30.0°C、SHADE区で32.3°C、CNT区で31.9°Cとなり、日中（8～17時）の平均ではWC区は28.2°C、SHADE区では29.5°C、CNT区では29.2°Cであった。WC区はCNT区より最高葉温で1.9°C、日中（8～17時）平均葉温で1.0°C低くなった。一方、SHADE区はCNT区と最高葉温で0.4°C、日中（8～17時）平均葉温で0.3°C高くなった。

2009年8月7～31日について、1日当たり積算日射量の推移を第4図に示した。調査期間の積算日射量の平均は、WC区、SHADE区、CNT区、屋外の順に、8.5, 6.3, 9.2, 11.3  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ であった。WC区の積算日射量はCNT区の84～103%の範囲で推移し、期間の平均は95%となった。SHADE区では、積算日射量はCNT区の50～80%の範囲で推移し、平均は64%となった。

2009年8月7～31日について、日中（8～17時）の気温、培地温および葉温を温度別の遭遇時間として第5図に示した。気温についてみると、WC区ではSHADE区やCNT区と比較して、20～23°Cとなった時間がやや多く、23°C以上となった時間が少ない傾向であった。培地温についてみると、22～25°Cの範囲で推移した時間がWC区では

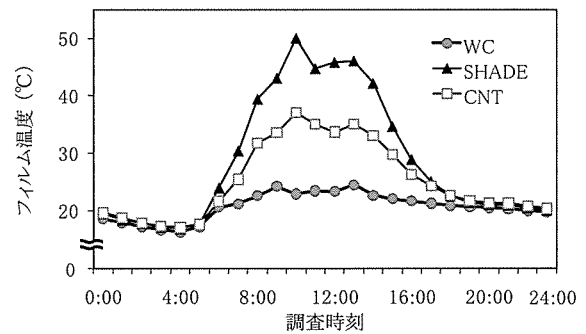


第3図 ウォーターカーテンの設置および遮光処理が日射量、ハウス内気温、培地温および葉温の日変化に及ぼす影響  
2009年8月15日（快晴）に測定  
WC区：ウォーターカーテンを設置，SHADE区：遮光性フィルムを設置，CNT区：対照



第4図 ウォーターカーテンの設置および遮光処理が1日当たりの積算日射量に及ぼす影響

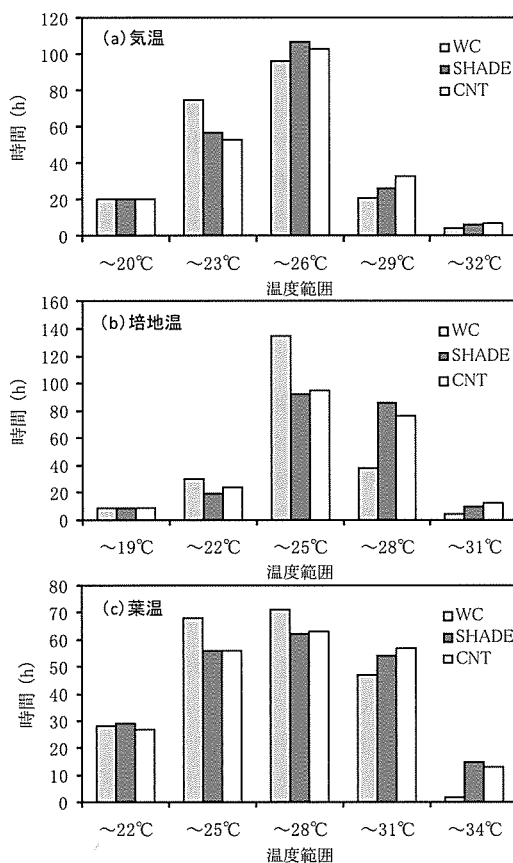
WC区：ウォーターカーテンを設置，SHADE区：遮光性フィルムを設置，CNT区：対照



第6図 ウォーターカーテンの設置および遮光処理が内張カーテンのフィルム温度に及ぼす影響

2009年8月15日（快晴）に測定

WC区：ウォーターカーテンを設置，SHADE区：遮光性フィルムを設置，CNT区：対照



第5図 ウォーターカーテンの設置および遮光処理が気温、培地温、および葉温の温度別遭遇時間に及ぼす影響

2009年8月7～31日の日中（8～17時）の気温、地温、葉温について、温度別の遭遇時間として示した

WC区：ウォーターカーテンを設置，SHADE区：遮光性フィルムを設置，CNT区：対照

135 hで，SHADE区（92 h），CNT区（95 h）より多く，逆に25～28°Cの範囲で推移した時間はWC区では38 hに対して，SHADE区，CNT区ではそれぞれ86 hと76 hと多くなった。葉温についてみると，28～31°Cおよび31～34°Cの範囲となった時間は，WC区ではそれぞれ47 h，2 hで，

CNT区は57 h，13 hとなり，WC区が少なくなった。また，22～25°Cおよび25～28°Cの範囲となった時間は，WC区ではそれぞれ68 h，71 hに対し，CNT区では56 h，63 hと少なくなった。SHADE区とWC区の葉温の温度別遭遇時間の分布は，ほぼ同様であった。2008年の8月におけるWC区とCNT区の気温，培地温および葉温の温度別の遭遇時間についても，2009年とはほぼ同様な傾向であった（データ略）。

8月15日の内張フィルム温度の推移を第6図に示した。日中（8～17時）平均でみると，WC区が23.0°C，SHADE区が41.6°CおよびCNT区が32.8°Cで，SHADE区が最も高かった。

## 考 察

本実験では，夏期高温期における日中のウォーターカーテンの利用がイチゴの果実収量，施設内の日射量，気温，培地温および葉温に及ぼす影響を調査した。実験を行った2008および2009年ともに，ウォーターカーテンを利用することによって，1果平均重が大きくなり商品果収量が増加した。ウォーターカーテンを利用することによって，気温，培地温および葉温の昇温が抑制された。一方，遮光資材の展張によって果実収量の減少がみられた。遮光資材の展張による日射量の減少は，調査期間平均で36%であったが，気温の差はわずかであり，培地温と葉温は対照区よりも高くなる場合もみられた。

イチゴの果実は，高温によって肥大が劣る，もしくは奇形果の発生が増加することが報告されている。高温が果実肥大や奇形果の発生に及ぼす影響として，開花から完熟までの日数が短くなることによる光合成産物の分配蓄積量の低下（熊倉・宍戸，1994；Kumakura・Shishido，1995；Ledesmaら，2008），花粉発芽率の低下（Ledesma・Sugiyama，2005；Leechら，2002），胚珠の受精率の低下および不受精そう果率やそう果の発育停止率の増加（Pipattanawongら，2009），果実当たりのそう果数の減少（森，1998）が報告されてい

る。これらの報告では果実や花器の温度は示されていないが、同じ日射条件下で換気や空調設備によって気温条件を変更しているため、気温の違いは果実や花器の温度に反映されていると考えられる。本実験では果実や花器の温度は測定していないが、葉温と同様に推移すると推察できる。本実験では、商品果収量を5g以上の正形果と7g以上の奇形果の合計とし、果実重量が上記に満たない場合はくず果としたが、いずれの試験区においてもくず果の大半は5g未満の正形果であり、奇形果はわずかであった。このことから、本実験の処理による果実温度の違いは主として成熟までの日数と光合成産物の分配蓄積量や果実当たりのそう果数に影響し、ウォーターカーテンによって果実や花器の昇温が抑制された結果、成熟期間が長くなること、果実当たりのそう果数が多くなることによって果実肥大が促進され、果実収量が増加したと考えられる。

葉温は光合成速度に影響し、イネでは葉温にして30℃近傍、コムギでは25～30℃の間に至適温度があるとの報告がある（永井・牧野，2008）。また、窪田ら（2005）は、オドンチオダの光合成速度は30℃以上の高温では低下すると報告しており、ウォーターカーテンによる葉温の上昇抑制が葉の光合成速度にプラスに作用したことも考えられる。

また、培地温の低下によって果実収量が増加することも報告されている（岩崎，2007；丸山・伊藤，2004）。本実験においてもウォーターカーテンによって培地温が低下しており、果実収量の増加に効果があったと考えられる。

2008年の対照区は外張りフィルムのみとしたが、2009年は外張フィルムの内側にWC区と同じフィルムを展張した。2009年の結果から、WC区の収量増加は、内張フィルムを展張したことによる遮光の影響ではなく、水膜の昇温抑制効果によるものであることは明らかである。

SHADE区は、遮光によって日射量は36%減少したが、葉温の上昇を抑制する効果はほとんどみられなかった。その結果、高温と日射量の低下によって果実肥大が抑制され、商品果収量が低下したと考えられる。本実験では遮光フィルムをアーチパイプ上に固定展張したので、曇雨天時には光合成にマイナスに作用した影響も考えられる。SHADE区では、遮光性フィルム自体の温度上昇がみられた。通常、物体は表面温度と放射率に応じて熱を放射し、吸収率に応じて周囲の物体から射出された熱放射を吸収する（岡田，1980）。向かい合った物体間では、熱放射の射出と吸収が相互に行われるので、見かけ上温度の高い物体から低い物体に放射によって熱が移動する。本実験においては、イチゴの葉と内張フィルムの間で熱放射の交換が行われていると考えられる。SHADE区では、フィルムの温度が葉温よりも高く推移しており、フィルムから葉への放射量が葉からフィルムへの放射量を上回り、フィルムから葉へ放射による熱の移動が生じたと考えられる。そのことが、遮光資材の展張によって日射が減少したにもかかわらず、葉温が低下しなかった要因のひとつと考えられる。一方、WC区で

は、水膜によって日射に含まれる赤外域のエネルギーが制限されることと、葉温よりもフィルムの温度が低いために葉からフィルムへの放射による熱の移動が生じることによって、CNT区より葉温が低下したと考えられる。

WC区とSHADE区のフィルム温度の差は、8月15日のデータでは15℃であった。しかし、施設内気温の差は0.4℃と小さかったことから、フィルム面と施設内空気の伝達放熱による熱交換が、施設内気温の上昇抑制に作用する効果は低いと考えられる。本実験で用いたハウスの側面開放部分が多いことが、その要因と考えられる。

フィルムと葉の間の熱放射の交換や施設内の熱の出入りの詳細については、正味放射量などの解析を行って次報において報告する。

以上のように、イチゴ夏秋どり栽培において、低温期の保温に広く利用されているウォーターカーテンを利用することによって、日射量を大きく減少させることなく、施設内気温、培地温および葉温の上昇を抑制することが可能であり、果実肥大が進んで収量が増加することが示された。本実験で用いたパイプハウスは、間口が3mと生産現場で用いられているハウスと比較すると狭いため、換気効率などの条件が異なる。実際の生産現場に本実験の結果を応用する前に、生産現場の規模に準じたハウスにおける実証的な栽培試験を行う必要がある。

## 摘 要

イチゴやシュンギクなどの低温期の保温に広く利用されているウォーターカーテンを用い、イチゴ夏秋どり栽培に応用した場合の施設内環境および果実収量に及ぼす影響について、2008および2009年に調査した。2008年はウォーターカーテン区（WC区）と対照区（CNT区）を設定し、2009年はウォーターカーテン区（WC区）、遮光区（SHADE区）、対照区（CNT区）を設けた。WC区では、日射量を大きく減じることなく葉温および培地温の昇温が抑制され、商品果収量はCNT区の13～14%増加した。一方、SHADE区では日射量は64%に減少したが、葉温や培地温の昇温抑制効果は小さく、果実収量はCNT区よりも低下した。以上のことから、高温期にウォーターカーテンを利用することによって、果実収量を増加させることが可能であることが明らかとなった。

## 引用文献

- Edward, D. P. 1997. Handbook of optical constants of solids II. p. 1067-1077. Academic Press. New York.
- 今田茂雄. 2006. 東北の冷涼な気象条件を生かした夏秋どりイチゴ生産. 野菜茶研集報. 3: 61-66.
- 岩崎泰永. 2007. イチゴ夏秋どり栽培における環境調節. 第一報 遮光および培地冷却が四季成り性品種および一季成り性品種の花芽分化と果実収量に及ぼす影響. 宮城農園総研報. 77: 10-15.

- Iwasaki, Y. 2008. Root zone aeration improves growth and yields of coir-cultured strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) during summer. *Acta Hort.* 779: 251–254.
- 岩崎泰永・漆山喜信・鹿野 弘. 2005. イチゴ夏秋どり栽培における遮光が果実生産に及ぼす影響. *園学雑*. 74 (別2): 174.
- 岩瀬利己・北山美子・畑井昭一郎. 1994. 遮光及びマルチ処理が夏秋イチゴの収量・品質に及ぼす影響. *東北農業研究*. 47: 283–284.
- 小林有一・志賀 徹・藤重宣昭・齋藤高弘・伊庭慶昭. 1997. 井水散水による温室の冷房法. (第1報) 夜間冷房の熱負荷解析. *農業施設*. 28: 61–68.
- 窪田 聡・山本淳子・高沢容子・逆井 肇・渡部一夫・米田和夫・松井信行. 2005. オドンチオダの生育・開花と個葉の光合成速度に及ぼす温度と光強度の影響. *園学雑*. 74: 330–336.
- 熊倉裕史・穴戸良洋. 1994. イチゴの果実肥大に及ぼす温度の影響. *園学雑*. 62: 827–832.
- Kumakura, H. and Y. Shishido. 1995. Effects of temperature and light conditions on flower initiation and fruit development in strawberry. *JARQ*. 29: 241–250.
- Ledesma, N. A., M. Nakata and N. Sugiyama. 2008. Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. ‘Nyoho’ and ‘Toyonoka’. *Sci. Hortic.* 116: 186–193.
- Ledesma, N. and N. Sugiyama. 2005. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130: 341–347.
- Leech, L., D. W. Simpson and A. B. Whitehouse. 2002. Effect of temperature and relative humidity on pollen germination in four strawberry cultivars. *Acta Hort.* 567: 261–263.
- 円山重直. 2004. 光エネルギー工学. p. 49–54. 養賢堂. 東京.
- 丸山康広・伊藤政憲. 2004. イチゴ一季成り性品種の高設ベンチ栽培における培地冷却. *東北農業研究*. 57: 197–198.
- 三原義秋. 1972. 施設園芸の気候管理. p. 102–110. 誠文堂新光社. 東京.
- 森 利樹. 1998. 花芽形成期の温度がイチゴ果実のそう果数と果重に及ぼす影響. *園学雑*. 67: 396–399.
- 永井 健・牧野 周. 2008. イネとコムギの個葉光合成と個体生長の温度応答の違い. *日本植物生理学会年会およびシンポジウム講演要旨集* p. 20.
- 日本機械学会. 2005. 伝熱工学. p. 106–107. 丸善. 東京.
- 農林水産省生産局生産流通振興課. 2009. 園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況. p. 70–85. 日本施設園芸協会. 東京.
- 小倉裕幸・向井隆司. 1988. 単棟ウォーターカーテンハウスの保温性. *農業施設*. 18: 58–62.
- 岡田益己. 1980. 伝熱. p. 30–39. 三原義秋編著. 温室設計の基礎と実際. 養賢堂. 東京.
- Pipattanawong, R., K. Yamane, N. Fujishige, S. Bang and Y. Yamaki. 2009. Effects of high temperature on pollen quality, ovule fertilization and development of embryo and achen in ‘Tochiotome’ strawberry. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 78: 300–306.
- Sharma, R. R., V. B. Patel and H. Krishna. 2006. Relationship between light, fruit and leaf mineral content with albinism incidence in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Sci. Hortic.* 109: 66–70.