

# 夏ホウレンソウ栽培における外張り遮光資材の 自動開閉システムの開発

中西文信

岐阜県中山間農業研究所 509-4244 飛騨市古川町是重

Development of automatically shading system for spinach in summer

Fuminobu Nakanishi

*Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas,  
Furukawa, Hida, Gifu 509-4244*

## 摘 要

温暖化の進行に伴い、これまで夏季冷涼とされてきた地域においても、夏ホウレンソウの収量・品質が不安定となっている。生産現場では遮光資材の被覆による対応が試みられているが、人力による遮光資材の被覆・除去は労力を要している。そこで、天候に応じた遮光資材の自動開閉システムを考案し、その有効性について検討した。その結果、遮光資材の外張り被覆により、ハウス内の気温、地温を抑制することはできるが、遮光資材の被覆期間が長くなるほどホウレンソウの草丈が伸び1株重が軽くなり徒長傾向とすることが明らかとなった。また、株間を広くすることで1株重は重くなるものの、栽植株数が少なくなるため、全期間遮光した場合の減収はカバーできないと考えられた。生育ステージに応じて遮光資材を除去するため、市販のハウスサイドビニール巻き上げ機材を用い、温度センサーと黒球を組み合わせた簡易な制御システムを検討したところ日射に応じた遮光資材の開閉管理が可能であった。黒球内温度38℃で制御した場合、自動遮光に用いる遮光資材の遮光率は40%程度が適していた。10a当たりの導入経費は約70万円で、減価償却費は12.5万円と試算された。遮光による増収により30万円～40万円の増益が見込まれ、自動遮光を導入する経営的なメリットは大きいと考えられた。

**キーワード：**ホウレンソウ、遮光資材、自動開閉、黒球、省力化

## 結 言

近年の夏季高温化傾向の中、高冷地の冷涼な気象条件を生かした岐阜県飛騨地域の夏ホウレンソウ産地においても高温遭遇が原因と考えられる発芽不良や葉先枯れの発生が問題となっている。2010年度は猛暑により収量・品質が落ち込み産地全体の大きな問題となった。

由比(2003)は、ホウレンソウは本来、低温発芽性であり、発芽や生育の適温は15～20℃で、25℃以上では発芽率が低下すると報告している。

このため産地では遮光資材の導入が進んでおり、播種時に遮光率50%程度の遮光下で発芽させ、子葉展開後は遮光率30%程度の遮光とし、本葉4枚を目安に6枚までに除去する方法がとられている。これらの作業はすべて人力で行われており、労力を要して煩雑だという声も聞かれる。この対応として、遮光資材被覆の自動化が考えられるが、精密な装置による自動開閉制御には多額のコストを要するため、雨よけホウ

レンソウ栽培では導入事例はみられない。一方、夏秋トマトでは二村ら(2016)が、夏季高温対策としてミスト噴霧を検討し、温度センサー付電磁弁に、周囲からの熱輻射による影響を観測するために用いられる黒球を組み合わせることで、天候に応じたミスト噴霧が可能であることを明らかにしている。黒球は薄い銅製で表面は黒色塗装されており、日光の直射により黒球内の温度が急上昇するため、晴天と曇雨天との判別が可能であり、日射センサーによる判別よりコスト低減が可能である。

そこで本研究では、市販のハウスサイドビニール巻き上げ機材の温度センサーと黒球を組み合わせることで、低コストな遮光資材の自走開閉システムを開発し、その有効性を明らかにしたので報告する。

## 材料および方法

### 試験1 遮光の有無が収量に及ぼす影響

2012年7月20日に岐阜県中山間農業研究所（以

下所内）4号ハウス（間口6m、奥行22m）内に、4条真空播種機（啓文社）を用い条間15cmで、「サマースカイR7」（タキイ種苗）および「ハイドロ7」（中原採種場）を播種した。

遮光期間の違いにより、播種から本葉4枚まで（13日間）遮光を行った生育初期遮光区と、播種から収穫まで（31日間）遮光した全期間遮光区を設置した。被覆資材には、遮光率約30%の「ふあふあSL-30」（ダイヤテックス（株））を用いた。また、株間7cm（栽植株数約94株/m<sup>2</sup>）と9cm（約73株/m<sup>2</sup>）についても比較した（各区33m<sup>2</sup>：3×11m）。

ハウス内の環境条件については、「おんどとり Jr」（株）T&D）を用い1時間ごとに地表上30cmの気温と地表下5cmの地温を測定した。8月20日に草丈30cmを目安に各区1m<sup>2</sup>2か所を収穫し、JAひだ共同出荷規格に準じて1m<sup>2</sup>当たりの階級別株数、重量および1株重を調査した。

### 試験2 遮光期間が収量に及ぼす影響

2013年7月24日に所内2号ハウス（間口6m、奥行22m）内に「晩抽サマースカイ」（タキイ種苗）を供試し、4条真空播種機（啓文社）を用い株間7cm、条間15cmで1粒点播きした。播種からの遮光期間の違いにより、株間7cmの葉と葉が触れ合う程度の時期まで（13日間）遮光した短遮光区と、条間15cmの葉と葉が触れ合う程度の時期まで（20日間）遮光した長遮光区を設定し生育を比較した（各区66m<sup>2</sup>：6×11m）。被覆資材には、遮光率約30%の「ふあふあSL-30」（ダイヤテックス（株））を用いた。8月29日に各区1m<sup>2</sup>2か所を収穫し、1m<sup>2</sup>当たりの階級別株数、重量および1株重を調査した。

また、同様の試験を所内3号ハウス（間口6m、奥行22m）内にて「ハンター」（カネコ種苗）および「クローネ」（中原採種場）を供試（各区33m<sup>2</sup>：3×11m）し、9月13日に播種し、10月15日に各区1m<sup>2</sup>2か所を収穫して調査した。

### 試験3 黒球内温度による自動開閉システムの検討

曇天や雨天時に遮光資材を自動的に開くためには日射センサーを用いることが一般的であるが、本試験では低コスト化を図るため、温度センサーと黒球を組み合わせた黒球内温度での制御を試み、自動開閉にはハウスサイドビニール巻き上げ機材（兼弥産業（株）、表1）を用いた。

遮光資材は外張りとし、以下に述べる方法で設置した。ハウス長と同じ長さの棟用直管パイプ（φ22mm）にあらかじめ固定用のマイカー線を縛り付けておき、ワンタッチパッカーを用いて遮光資材の中央を棟用直管パイプに設置した。固定用マイカー線

表1 自動開閉使用機材

|      | 品名/型式                    | モーター最大制御台数 | 付属品             |
|------|--------------------------|------------|-----------------|
| 制御盤  | ロールアップマスター<br>WSTC2012-2 | 12台        | 温度センサー<br>雨センサー |
| モーター | トップスター<br>WSM4035        | ハウス1棟に2台使用 |                 |

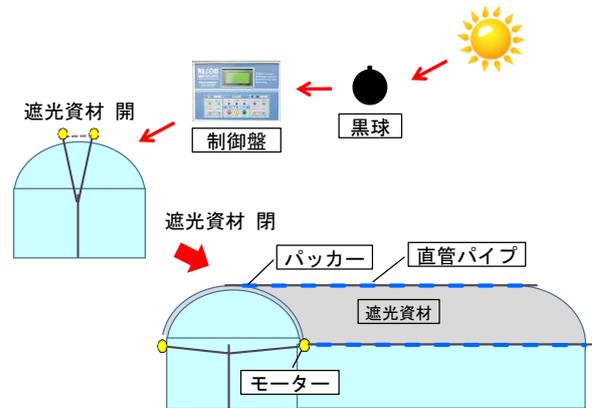


図1 自動遮光設置イメージ

をハウス反対側に渡し、棟用直管がハウス棟部にくるまで引き上げハウスサイドの番線にマイカー線を縛り付け固定した。遮光資材の両側にワンタッチパッカーを用いて巻き上げ用の直管を取り付け、モーターを設置した（図1）。

2014年7月24日に所内4号ハウス内に、「サマートップ」（中原採種場）を供試し、4条真空播種機（啓文社）を用い株間7cm、条間15cmで1粒点播きした。遮光資材には、下表のとおり遮光率約50%の「ふあふあSL-50」および遮光率約30%の「ふあふあSL-30」（いずれもダイヤテックス（株））を用い、各区42m<sup>2</sup>（6×7m）を設定し、黒球内温度38℃（通常の気温としてはありえない温度）を閾値として播種から収穫まで遮光資材の自動開閉管理を行い、8月25日に各区1m<sup>2</sup>2か所を収穫してハウレンソウの生育を無被覆区と比較調査した。

試験区の構成(2014年)

| 区     | 使用資材      | 遮光方法   | 遮光率  |
|-------|-----------|--------|------|
| 50%自動 | ふあふあSL-50 | 自動開閉管理 | 約50% |
| 30%自動 | ふあふあSL-30 | 自動開閉管理 | 約30% |
| 無処理   | 遮光資材なし    | —      | —    |

### 試験4 自動開閉システムにおける最適な遮光率の検討

2015年7月28日に所内2号ハウス内に、「晩抽サンホープ」（カネコ種苗）を供試し、4条真空播種機（啓文社）を用い株間7cm、条間15cmで1粒点播きした。遮光資材には、下表のとおり遮光率約40%の「ワリフ明涼40」および遮光率約20%の「ワリフ明涼20」（ともにJX日鉱日石エネルギー（株））を用い、各区42m<sup>2</sup>（6×7m）を設定し、前述した方法

で遮光資材の自動開閉管理を行い、8月27日に各区1㎡2か所を収穫してハウレンソウの生育を無被覆区と比較調査した。

また、収穫後の同一ハウスを使用して、9月10日に「ハンター」を播種し、同様の試験を行い10月15日に各区1㎡2か所を収穫して調査を行った。

試験区の構成(2015年)

| 区     | 使用資材    | 遮光方法   | 遮光率  |
|-------|---------|--------|------|
| 40%自動 | ワリフ明涼40 | 自動開閉管理 | 約40% |
| 20%自動 | ワリフ明涼20 | 自動開閉管理 | 約20% |
| 無処理   | 遮光資材なし  | —      | —    |

2016年5月10日に所内2号ハウス内に、「改良夏一番」（コサカ種苗）を供試し、4条真空播種機（啓文社）を用い株間7cm、条間15cmで1粒点播きした。遮光資材には、下表のとおり遮光率約40%の「ワリフ明涼40」（JX日鉱日石エネルギー（株））、遮光率約30%の「ふあふあSL-30」（ダイヤテックス（株））および遮光率約20%の「ワリフ明涼20」（JX日鉱日石エネルギー（株））の3種類を使用し、「ワリフ明涼20」は播種から収穫まで常時被覆とし、その他は自動開閉管理とした。各区42㎡（6×7m）を設定し、6月9日に各区1㎡2か所を収穫してハウレンソウの生育に及ぼす影響を調査した。

また、収穫後の同一ハウスを使用して、7月19日に「晩抽サンホープ」、9月13日に「クローネ」を播種して同様の試験を行い、それぞれ8月18日、11月17日に各区1㎡2か所を収穫して、生育に及ぼす影響を調査した。

試験区の構成(2016年)

| 区     | 使用資材      | 遮光方法   | 遮光率  |
|-------|-----------|--------|------|
| 40%自動 | ワリフ明涼40   | 自動開閉管理 | 約40% |
| 30%自動 | ふあふあSL-30 | 自動開閉管理 | 約30% |
| 20%常時 | ワリフ明涼20   | 常時遮光   | 約20% |

試験5 経済性の評価

2015年、2016年の生育調査の結果を用い、経済性の評価を行った。

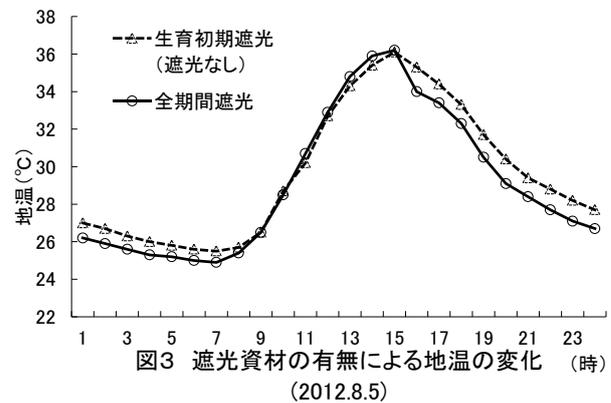
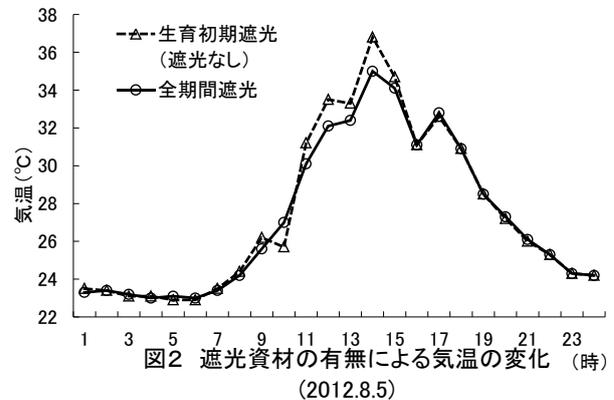
表2 株間7cmにおける遮光の違いが「サマースカイR7」の収量に及ぼす影響(2012年)

| 区      |          | 3L   | 2L    | L    | M   | S   | 計     |
|--------|----------|------|-------|------|-----|-----|-------|
| 生育初期遮光 | 株数(/㎡)   | 1    | 52    | 12   |     | 3   | 68    |
|        | 重量(g/㎡)  | 47   | 2,109 | 292  |     | 8   | 2,456 |
|        | 1株重(g/株) | 63.0 | 40.8  | 24.3 |     | 2.8 | 36.4  |
| 全期間遮光  | 株数(/㎡)   | 14   | 43    | 11   | 2   | 2   | 71    |
|        | 重量(g/㎡)  | 623  | 1,408 | 153  | 5   | 5   | 2,192 |
|        | 1株重(g/株) | 46.1 | 32.9  | 13.6 | 3.0 | 3.0 | 31.1  |

結果

試験1 遮光の有無が収量に及ぼす影響(2012年)

遮光資材の除去により、生育初期遮光区の日中の最高気温は2℃程度上昇した(図2)。最高地温は午前中は被覆の有無でほとんど変わらなかったが、午後から翌朝までは無遮光区の地温は高く推移した(図3)。1株重は生育初期遮光区が全期間遮光区と比較し重くなった。株間を広くすることで1株重が重くなる傾向はあったものの、1㎡当たりの重量は株間7cm区が多かった(表2～5)。遮光資材の被覆によりハウス内の気温、地温を抑制することはできるが、生育全期間を被覆すると草丈が伸び1株重が軽くなることが明らかとなった。



**試験2 遮光期間が収量に及ぼす影響（2013年）**

7月24日播種の「晩抽サマースカイ」栽培期間中の最高気温、最高地温はともに短遮光区が高かった（表6）。1㎡当たりの重量は長遮光区が多く、階級別の1株重は短遮光区が重かった（表7）。9月13日播種の「ハンター」では、短遮光区と長遮光区の1㎡当たりの重量は同等であったが、階級別の1株

重は短遮光区が重い傾向にあった（表8）。9月13日播種の「クローネ」では、1㎡当たりの重量は短遮光区が多く、1株重は階級によりばらつきがみられた（表9）。品種により傾向は異なったが、遮光資材の被覆期間が長くなるほど1株重は軽くなり徒長傾向となった。

**表3 株間9cmにおける遮光の違いが「サマースカイR7」の収量に及ぼす影響(2012年)**

| 区      |          | 2L    | L     | M   | S   | 計     |
|--------|----------|-------|-------|-----|-----|-------|
| 生育初期遮光 | 株数(/㎡)   | 14    | 35    |     | 1   | 50    |
|        | 重量(g/㎡)  | 632   | 1,263 |     | 5   | 1,900 |
|        | 1株重(g/株) | 46.8  | 35.8  |     | 6.0 | 38.4  |
| 全期間遮光  | 株数(/㎡)   | 28    | 23    | 1   | 1   | 52    |
|        | 重量(g/㎡)  | 1,007 | 563   | 3   | 2   | 1,576 |
|        | 1株重(g/株) | 36.3  | 25.0  | 4.0 | 3.0 | 30.4  |

**表4 株間7cmにおける遮光の違いが「ハイドロ7」の収量に及ぼす影響(2012年)**

| 区      |          | 2L   | L     | M | S   | 計     |
|--------|----------|------|-------|---|-----|-------|
| 生育初期遮光 | 株数(/㎡)   | 8    | 50    |   | 1   | 59    |
|        | 重量(g/㎡)  | 443  | 1,987 |   | 2   | 2,432 |
|        | 1株重(g/株) | 59.0 | 39.5  |   | 3.0 | 41.6  |
| 全期間遮光  | 株数(/㎡)   | 23   | 35    |   | 3   | 61    |
|        | 重量(g/㎡)  | 977  | 1,141 |   | 15  | 2,133 |
|        | 1株重(g/株) | 42.0 | 33.1  |   | 5.0 | 35.1  |

**表5 株間9cmにおける遮光の違いが「ハイドロ7」の収量に及ぼす影響(2012年)**

| 区      |          | 2L   | L     | M  | S   | 計     |
|--------|----------|------|-------|----|-----|-------|
| 生育初期遮光 | 株数(/㎡)   | 3    | 45    | 1  | 2   | 50    |
|        | 重量(g/㎡)  | 191  | 1,925 | 20 | 8   | 2,143 |
|        | 1株重(g/株) | 63.8 | 42.8  |    | 5.0 | 42.6  |
| 全期間遮光  | 株数(/㎡)   | 11   | 41    |    |     | 53    |
|        | 重量(g/㎡)  | 572  | 1,430 |    |     | 2,002 |
|        | 1株重(g/株) | 50.8 | 34.7  |    |     | 38.1  |

**表6 遮光期間の違いがハウス内気温、地温に及ぼす影響(2013年7-8月)**

| 区   | 気温(°C) |      |      | 地温(°C) |      |      |
|-----|--------|------|------|--------|------|------|
|     | 最高     | 最低   | 平均   | 最高     | 最低   | 平均   |
| 短遮光 | 38.0   | 16.5 | 25.1 | 41.7   | 20.0 | 26.5 |
| 長遮光 | 36.6   | 16.3 | 25.2 | 35.5   | 20.2 | 26.4 |

**表7 遮光期間の違いが「晩抽サマースカイ」の収量に及ぼす影響(2013年7月)**

| 区   |         | 2L   | L     | M    | 計     |
|-----|---------|------|-------|------|-------|
| 短遮光 | 株数(/㎡)  | 5    | 69    |      | 74    |
|     | 重量(g/㎡) | 219  | 2,098 |      | 2,317 |
|     | 株重(g/株) | 43.8 | 30.4  |      | 31.3  |
| 長遮光 | 株数(/㎡)  | 11   | 59    | 14   | 84    |
|     | 重量(g/㎡) | 436  | 1,773 | 288  | 2,497 |
|     | 株重(g/株) | 39.7 | 30.1  | 20.6 | 29.7  |

**試験3 黒球内温度による自動開閉システムの検討（2014年）**

栽培期間中の最高気温、最高地温とも無処理区>30%自動区>50%自動区の順で高い傾向にあった（表10）。1㎡当たりの重量は30%自動区が多かった（表11）。晴天時の黒球内温度は50℃近くまで達

していた。黒球内温度38℃で遮光被覆を作動させたところ、自動区の地温は無処理区の地温よりも低く推移しており、遮光資材の開閉作動は正常に行われたと思われる（図4）。

**表8 遮光期間の違いが「ハンター」の収量に及ぼす影響(2013年9月)**

| 区   | 3L超                   | 3L   | 2L   | L     | M    | S   | 計     |
|-----|-----------------------|------|------|-------|------|-----|-------|
| 短遮光 | 株数(/m <sup>2</sup> )  |      | 8    | 52    | 22   |     | 82    |
|     | 重量(g/m <sup>2</sup> ) |      | 322  | 1,572 | 409  |     | 2,304 |
|     | 株重(g/株)               |      | 40.3 | 30.2  | 18.6 |     | 28.1  |
| 長遮光 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 6    | 12   | 52    | 8    |     | 80    |
|     | 重量(g/m <sup>2</sup> ) | 230  | 404  | 1,558 | 124  | 4   | 2,321 |
|     | 株重(g/株)               | 38.4 | 33.7 | 30.0  | 15.5 | 2.1 | 29.0  |

**表9 遮光期間の違いが「クローネ」の収量に及ぼす影響(2013年9月)**

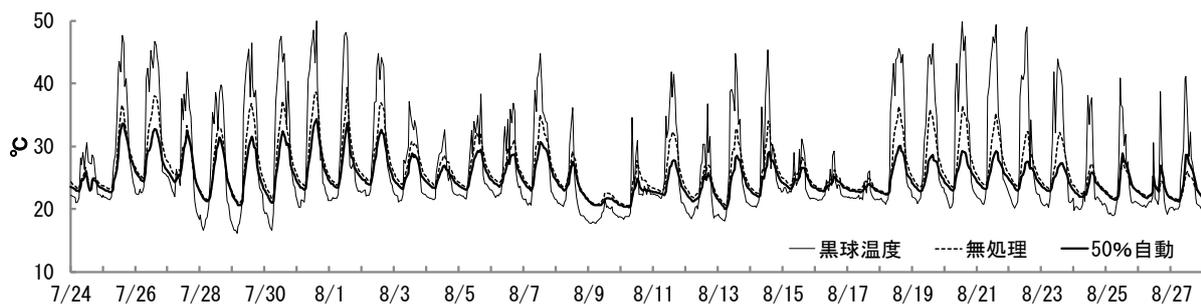
| 区   | 3L                    | 2L   | L     | M    | S   | 計   |       |
|-----|-----------------------|------|-------|------|-----|-----|-------|
| 短遮光 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 6    | 56    | 16   | 2   | 2   | 82    |
|     | 重量(g/m <sup>2</sup> ) | 194  | 1,891 | 296  | 13  | 3   | 2,397 |
|     | 株重(g/株)               | 32.3 | 33.8  | 18.5 | 6.5 | 1.7 | 29.2  |
| 長遮光 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 4    | 38    | 32   | 4   | 2   | 80    |
|     | 重量(g/m <sup>2</sup> ) | 177  | 1,084 | 773  | 32  | 2   | 2,069 |
|     | 株重(g/株)               | 44.4 | 28.5  | 24.2 | 8.0 | 1.1 | 25.9  |

**表10 遮光率の違いがハウス内気温、地温に及ぼす影響(2014年7-8月)**

| 区     | 気温(℃) |      |      | 地温(℃) |      |      |
|-------|-------|------|------|-------|------|------|
|       | 最高    | 最低   | 平均   | 最高    | 最低   | 平均   |
| 50%自動 | 37.2  | 17.3 | 24.2 | 34.4  | 20.1 | 25.0 |
| 30%自動 | 38.1  | 17.4 | 24.4 | 36.4  | 20.6 | 25.8 |
| 無処理   | 38.8  | 17.5 | 24.4 | 39.4  | 20.6 | 26.2 |

**表11 遮光率の違いが「サマートップ」の収量に及ぼす影響(2014年)**

| 区     | 3L                    | 2L   | L    | M     | S   | 計   |       |
|-------|-----------------------|------|------|-------|-----|-----|-------|
| 50%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 1    | 20   | 47    | 2   |     | 69    |
|       | 重量(g/m <sup>2</sup> ) | 20   | 537  | 882   | 7   |     | 1,445 |
|       | 1株重(g/株)              | 39.8 | 27.5 | 19.0  | 3.3 |     | 21.1  |
| 30%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  |      | 26   | 40    | 2   |     | 67    |
|       | 重量(g/m <sup>2</sup> ) |      | 863  | 658   | 13  |     | 1,535 |
|       | 1株重(g/株)              |      | 33.9 | 16.7  | 6.6 |     | 22.9  |
| 無処理   | 株数(/m <sup>2</sup> )  |      | 1    | 64    | 4   | 2   | 70    |
|       | 重量(g/m <sup>2</sup> ) |      | 12   | 1,420 | 23  | 2   | 1,456 |
|       | 1株重(g/株)              |      | 23.9 | 22.2  | 6.5 | 1.0 | 20.8  |



**図4 黒球温度と地温の推移(2014年)**

**試験4 自動開閉システムにおける最適な遮光率の検討**  
(2015年)

7月28日播種の「晩抽サンホープ」においては、中の最高気温、最高地温とも無処理区>20%自動区>40%自動区の順で高い傾向にあった(表12)。9月10日播種の「ハンター」においては、黒球内温度

38℃の閾値では、遮光資材の開閉動作はほとんどなかった(観察による)。1㎡当たりの重量は、7月播種の「晩抽サンホープ」では40%自動区が多かった(表13)。9月播種の「ハンター」では40%自動区が多い傾向にあったが無処理区と比較して大きな差はなかった(表14)。黒球内温度による自動開閉管理は盛夏期ほど有効であると考えられた。

**表12 遮光率の違いがハウス内気温、地温に及ぼす影響(2015年7-8月)**

| 区     | 気温(℃) |      |      | 地温(℃) |      |      |
|-------|-------|------|------|-------|------|------|
|       | 最高    | 最低   | 平均   | 最高    | 最低   | 平均   |
| 40%自動 | 37.5  | 18.2 | 25.1 | 35.2  | 21.3 | 26.4 |
| 20%自動 | 37.9  | 18.5 | 25.4 | 36.5  | 21.3 | 26.8 |
| 無処理   | 38.7  | 18.5 | 25.5 | 42.1  | 21.3 | 27.7 |

**表13 遮光率の違いが「晩抽サンホープ」の収量に及ぼす影響(2015年7月)**

| 区     |          | L     | M     | S   | 計     |
|-------|----------|-------|-------|-----|-------|
| 40%自動 | 株数(/㎡)   | 67    | 6     | 2   | 74    |
|       | 重量(g/㎡)  | 1,681 | 42    | 3   | 1,726 |
|       | 1株重(g/株) | 25.3  | 7.6   | 1.8 | 23.5  |
| 20%自動 | 株数(/㎡)   | 66    | 8     | 1   | 74    |
|       | 重量(g/㎡)  | 1,541 | 84    | 2   | 1,627 |
|       | 1株重(g/株) | 23.5  | 11.2  | 2.0 | 22.0  |
| 無処理   | 株数(/㎡)   | 5     | 59    | 2   | 65    |
|       | 重量(g/㎡)  | 110   | 1,010 | 2   | 1,122 |
|       | 1株重(g/株) | 24.5  | 17.1  | 1.1 | 17.3  |

**表14 遮光率の違いが「ハンター」の収量に及ぼす影響(2015年9月)**

| 区     |          | 3L超  | 3L   | 2L    | L     | M   | 計     |
|-------|----------|------|------|-------|-------|-----|-------|
| 40%自動 | 株数(/㎡)   | 2    | 8    | 49    | 29    | 1   | 89    |
|       | 重量(g/㎡)  | 72   | 253  | 1,388 | 589   | 3   | 2,305 |
|       | 1株重(g/株) | 36.2 | 31.6 | 28.3  | 20.3  | 2.9 | 25.9  |
| 20%自動 | 株数(/㎡)   |      |      | 25    | 56    | 4   | 85    |
|       | 重量(g/㎡)  |      |      | 709   | 1,235 | 19  | 1,962 |
|       | 1株重(g/株) |      |      | 28.4  | 22.0  | 4.6 | 23.1  |
| 無処理   | 株数(/㎡)   | 1    | 8    | 38    | 36    | 2   | 85    |
|       | 重量(g/㎡)  | 27   | 274  | 1,126 | 788   | 9   | 2,224 |
|       | 1株重(g/株) | 27.3 | 34.3 | 29.6  | 21.9  | 4.6 | 26.2  |

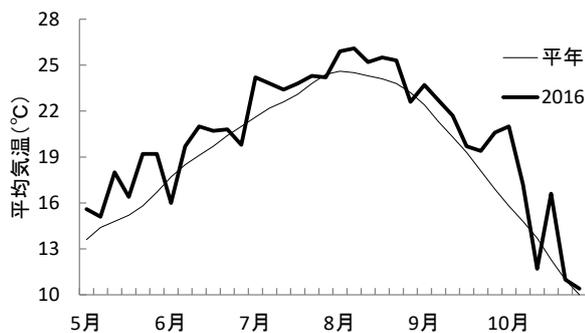


図5 日平均気温の推移  
(高山市アメダス2016.5～10月)

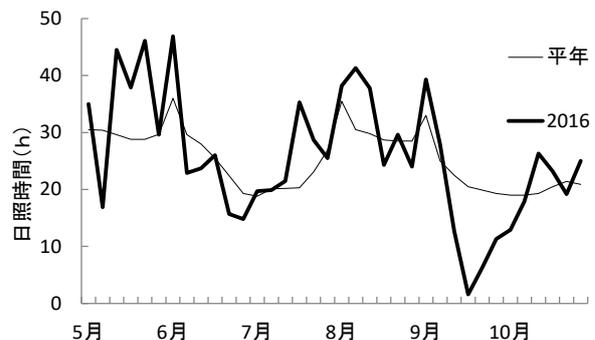


図6 日照時間の推移  
(高山市アメダス2016.5～10月)

表15 遮光率の違いが「改良夏一番」の収量に及ぼす影響(2016年5月)

| 区     |                       | 2L   | L     | M     | S   | 計     |
|-------|-----------------------|------|-------|-------|-----|-------|
| 40%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 1    | 67    | 10    | 2   | 80    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) | 43   | 1,999 | 138   | 9   | 2,188 |
|       | 1株重(g/株)              | 42.6 | 29.8  | 13.8  | 4.5 | 27.4  |
| 30%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  |      | 22    | 56    | 4   | 82    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) |      | 686   | 1,275 | 9   | 1,970 |
|       | 1株重(g/株)              |      | 31.2  | 22.8  | 2.3 | 24.0  |
| 20%常時 | 株数(/m <sup>2</sup> )  |      | 76    | 9     | 1   | 86    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) |      | 1,971 | 209   | 3   | 2,183 |
|       | 1株重(g/株)              |      | 25.9  | 23.2  | 3.3 | 25.4  |

表16 遮光率の違いが「晩抽サンホープ」の収量に及ぼす影響(2016年7月)

| 区     |                       | 2L   | L     | M    | S   | 計     |
|-------|-----------------------|------|-------|------|-----|-------|
| 40%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 13   | 63    | 2    |     | 77    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) | 571  | 2,192 | 11   |     | 2,774 |
|       | 1株重(g/株)              | 45.7 | 34.8  | 7.4  |     | 36.0  |
| 30%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 1    | 69    | 7    | 2   | 78    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) | 16   | 2,359 | 103  | 4   | 2,481 |
|       | 1株重(g/株)              | 31.2 | 34.4  | 15.8 | 2.1 | 32.0  |
| 20%常時 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 1    | 61    | 5    | 1   | 68    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) | 48   | 2,367 | 54   | 0   | 2,469 |
|       | 1株重(g/株)              | 48.0 | 39.1  | 10.8 | 0.5 | 36.6  |

表17 遮光率の違いが「クローネ」の収量に及ぼす影響(2016年9月)

| 区     |                       | 3L超  | 3L   | 2L    | L    | M    | S   | 計     |
|-------|-----------------------|------|------|-------|------|------|-----|-------|
| 40%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 5    | 17   | 45    | 16   | 1    | 1   | 85    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) | 167  | 594  | 1,387 | 343  | 6    | 1   | 2,498 |
|       | 1株重(g/株)              | 33.5 | 34.9 | 30.8  | 21.4 | 6.3  | 1.2 | 29.4  |
| 30%自動 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 3    | 19   | 39    | 26   | 1    | 1   | 89    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) | 96   | 602  | 1,096 | 577  | 13   | 0   | 2,383 |
|       | 1株重(g/株)              | 32.1 | 31.7 | 28.1  | 22.2 | 12.8 | 0.1 | 26.8  |
| 20%常時 | 株数(/m <sup>2</sup> )  | 1    | 9    | 46    | 34   |      |     | 90    |
|       | 株重(g/m <sup>2</sup> ) | 44   | 283  | 1,197 | 724  |      |     | 2,248 |
|       | 1株重(g/株)              | 44.0 | 31.5 | 26.0  | 21.3 |      |     | 25.0  |

表18 遮光率の違いがハウス内地温に及ぼす影響地温(2016年) (°C)

| 区     | 5/11～6/8 |      |      | 9/22～10/19 |      |      |
|-------|----------|------|------|------------|------|------|
|       | 最高       | 最低   | 平均   | 最高         | 最低   | 平均   |
| 40%自動 | 31.0     | 10.5 | 19.9 | 29.3       | 10.1 | 19.6 |
| 30%自動 | 35.9     | 10.4 | 20.6 | 31.0       | 9.8  | 19.4 |
| 20%常時 | 35.3     | 10.8 | 20.4 | 30.9       | 9.8  | 19.4 |

表19 黒球温度からみた自動遮光の作動(2016年)

| 区    | 播種    | 調査     | 生育<br>日数<br>(A) | 黒球温度38°C超 |        | 作動率<br>(B/A) |
|------|-------|--------|-----------------|-----------|--------|--------------|
|      |       |        |                 | 日数<br>(B) | 最終日    |              |
| 7月播種 | 7月19日 | 8月18日  | 30              | 28        | 8月17日  | 93.3%        |
| 9月播種 | 9月13日 | 10月17日 | 34              | 10        | 10月19日 | 29.4%        |

**(2016年)**

試験期間中の気象（高山アメダスデータ 2016年）は、3作を通じて高温傾向で、9月の日照時間は平年と比較し短かった（図5、6）。5月10日播種の1作目「改良夏一番」の1㎡当たりの重量は40%自動区と20%常時区が同等で（表15）、7月19日播種の2作目「晩抽サンホープ」は40%自動区（表16）、9月13日播種の3作目「クローネ」は40%自動区が多かった（表17）。3作合計の1㎡当たりの重量は40%自動区が最も多く、30%自動区と20%常時区はほぼ同等であった。栽培期間中の最高地温は40%自動区が低く、30%自動区と20%常時区はほぼ同等であった（表18、図7）。黒球内温度（閾値38℃）からみた自動遮光の作動日数は、7月播種では栽培日数30日中28日、9月播種では栽培日数34日中10日であった（表19）。

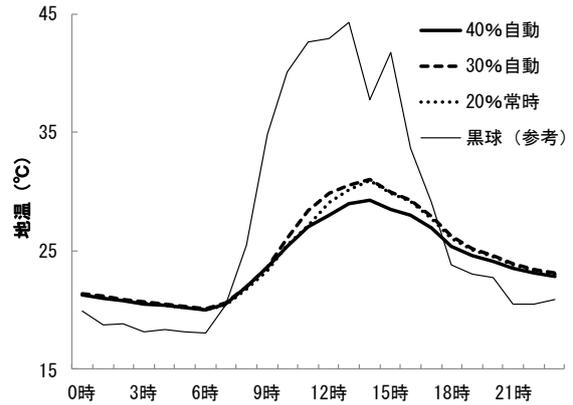


図7 遮光率の違いによる地温の変化(2016.9.27)

**考察**

遮光の有無については、遮光資材の外張り被覆によりハウス内の気温、地温を抑制することはできたが、遮光資材の被覆期間が長くなるほどハウレンソウの草丈が伸び1株重が軽くなり徒長傾向となった。亀田(1999)は、セル成型苗を用いたハウレンソウの移植栽培においてパイプハウス内でのトンネル遮光を検討し、生育期後半は遮光資材を除去して株の充実を図る必要があると報告しており、本研究の結果も同様と考えられた。

遮光の有無と株間の関係については、株間を広くすることで1株重は重くなるものの、栽植株数が少なくなるため全期間遮光による減収はカバーできないと考えられる。小坂ら(1983)は、1㎡当たりの株数の違いが収量に及ぼす影響を調べ、間引きにより100株/㎡とすることで1株重が重く、出荷量が多く

**試験5 経済性の評価**

10a当たりの本システムの導入経費は約70万円で、減価償却費は12.5万円と試算された（表20）。自動開閉管理による増収効果を7月播種と9月播種の合計で評価すると、2015年は無処理区に比べ40%自動区が685kg、2016年は20%常時区に比べ40%自動区が555kgの増収となった。過去5年間の平均単価で算出すると、40%自動区で30～40万円の増益が見込まれ、遮光率の低い遮光資材を常時被覆するより、日射に応じた開閉管理を行う方が有利と考えられた（表21）。

表20 自動遮光システム導入経費(10a当たり)

| 品名   | 型式          | 単価(円)      | 必要数     | 10a経費(千円) | 耐用年数(年) | 減価償却費(千円/年) |
|------|-------------|------------|---------|-----------|---------|-------------|
| 制御盤  | ロールアップマスター  | WSTC2008-2 | 140,000 | 1         | 台       | 140         |
| モーター | トップスター      | WSM4035    | 21,000  | 8         | 台       | 168         |
| 黒球   | 黒球温度計       | CK-75      | 14,000  | 1         | 個       | 14          |
| 遮光資材 | ワリフ明涼       | 40         | 180     | 1,240     | ㎡       | 223         |
|      | 直管パイプ(SW加工) | 22mm       | 1,110   | 110       | 本       | 122         |
|      | ワリフハッカー     | 22mm用      | 50      | 580       | 個       | 29          |
| 合計   |             |            |         | 696       |         | 125         |

※間口5.4m、長さ47mハウス、4棟分で試算

表21 自動開閉による増収効果

|       |       | 5月播種     | 7月播種  | 9月播種  | 計     | 増収(1)<br>(kg) | 増益(2)<br>(千円) |
|-------|-------|----------|-------|-------|-------|---------------|---------------|
|       |       | (kg/10a) |       |       |       |               |               |
| 2015年 | 40%自動 |          | 1,726 | 2,305 | 4,031 | 685           | 426           |
|       | 20%自動 |          | 1,627 | 1,962 | 3,589 | 243           | 151           |
|       | 無処理   |          | 1,122 | 2,224 | 3,346 | -             | -             |
| 2016年 | 40%自動 | 2.2      | 2,774 | 2,498 | 5,272 | 555           | 345           |
|       | 30%自動 | 2.0      | 2,481 | 2,383 | 4,864 | 147           | 92            |
|       | 20%常時 | 2.2      | 2,469 | 2,248 | 4,717 | -             | -             |

(1)無処理又は20%常時に対する増収

(2)過去5年間(2012～2016年)の平均単価622円/kgで試算

なると報告しており、本研究で行った栽植株数約94株/m<sup>2</sup>とほぼ一致している。

遮光の手法については、生育ステージに応じて遮光資材を除去することが必要と思われた。小林ら（1987）は、兵庫県の平坦地でのホウレンソウ生産において6月播きおよび8月播きでは約40%、7月播きは約50%の遮光率が良好で、気象条件の微妙な変化に合わせて遮光程度を変えることが高品質、多収生産に結びつくとして報告している。二村ら（2016）は、夏秋トマトへのミスト噴霧の制御に温度センサー付電磁弁と黒球を組み合わせることで曇雨天におけるミスト噴霧を中止させている。本研究では日射に応じた遮光資材の開閉を行うために、市販のサイドビニール巻き上げ機材と黒球内温度を組み合わせることで、高価な日射センサーを用いない自動遮光システムを考案した。

遮光率については、黒球内温度の閾値を38℃に設定した場合、自動遮光に用いる遮光資材は40%程度が適すと考えられた。黒住ら（1988）は、遮光率34～56%の8種類の遮光資材および石灰塗布について調査しており、7～8月播き栽培では遮光率40%前後が適当であると報告している。井上ら（2000）は、7、8月は45%程度の遮光を行うことで生育は向上したが、6、9月については30～45%遮光条件下で生育が早まる年と遅くなる年があり、栽培時期（日射量）に応じた遮光率の変更にも言及している。また、展張位置について内張りとは外張りの組合せによる調整も試みている。

展張位置について、後藤（2015）は、内張り展張は吸収した熱がハウス内に再放出されるため昇温抑制効果が外部被覆より劣るが風雨の被害を受けにくいとしている。森山ら（2009）は、オープンハウスにおける内張り遮光について6種類の遮光資材を検討しており、内張り展張する場合は光吸収率が低く、通気性に優れた遮光資材が適すると報告している。本研究では、岐阜県飛騨地域の夏ホウレンソウ産地で行われている外張り展張について、その自動化システムを提案した。

自動開閉システムの課題に導入コストがある。本研究では10a当たりの導入経費は約70万円で、減価償却費は12.5万円と試算された。一方、遮光による増収により30万円～40万円の増益が見込まれ自動遮光を導入する経営的なメリットは大きいと考えられた。

本研究では、通常では考えられない気温を制御温度（黒球内温度38℃）としたが、夏ホウレンソウに対してより効果的な制御となる日射量と黒球内温度の関係についてさらに究明する必要があると考えられる。また、岐阜県中山間地域の野菜産地においては夏ホウレンソウと同様に、近年、高温障害と考え

られる症状がみられており、夏秋トマト等の他の品目に対する効果や、最適条件についても検討する必要があると思われる。

## 引用文献

- 後藤英司. 2015. 光環境制御. 施設園芸・植物工場ハンドブック. 日本施設園芸協会. 99-110
- 二村章雄・熊崎 晃. 2016. 超腰高雨よけハウス及びミスト等による夏秋トマトの夏季高温対策. 岐阜中山間農研報. 11: 17-22
- 井上昭司・村上健二・熊倉裕史・荒木陽一. 2000. 環境改善によるホウレンソウ生産の安定化. 中国農研報. 21:13-40
- 亀田修二. 1999. ホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.) 移植栽培法と周年連続栽培体系. 鳥取県園試報. 3: 37-47
- 気象庁. 過去の気象データ. 2016.  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 小林 保・大森 豊. 1987. ホウレンソウの夏期生産に関する研究 第1報. 兵庫農研報. 35:65-70
- 小坂能尚・植村則大. 1983. 夏どりホウレンソウの生産安定化技術について. 京都農総研報. 11: 35-47
- 黒住 徹・大原正行・土井雅彦・川島信彦. 1988. 遮光による昇温抑制効果を活用した夏まきホウレンソウ栽培. 奈良農試研報. 19: 31-37
- 森山友幸・林 三徳・井手 治. 2009. オープンハウスの内張り展張に適した遮光資材の特性. 福岡農総試研報. 28: 89-93
- 由比 進. 2003. ホウレンソウ. 西貞夫監修 新編園芸ハンドブック. 養賢堂. 936-952