



# 紫外光照射を基幹とした イチゴの病害虫防除マニュアル ～技術編～



・内閣府：SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)

「次世代農林水産業創造技術」

「持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発」

(2014年～2018年)



## はじめに

植物は、生存に必要なエネルギーを得るために光を利用していますが、それ以外に、周囲の環境を認識し自らの生育を制御するためのシグナルとしても光を活用しています。植物の生理反応に関する研究によって、昭和初期には、夜間の照明によりキクの花芽分化を抑制できることが明らかになり、開花時期を調節する栽培技術が実用化されました。最近では、紫外光(UV-B)の照射によって病害などに対する防御に関連する遺伝子の発現が誘導されることが報告され、様々な作物でこれを利用した病害抑制技術の開発が試みられるようになりました。特に、イチゴではUV-Bによるうどんこ病の抑制作用が明らかになり、そのメカニズム解明に止まらず、照射用装置の開発が合わせて進められ、商品化に至っています。

平成26年度に始まった内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」では、化学合成農薬に依存しない新たな病害虫管理技術の開発を目的に、トマトとイチゴを対象作物とし、革新的な生産システムの構築を進めてきました。イチゴでは、このUV-B照射技術をうどんこ病に加えてハダニを抑制する技術として確立し、これらに対する農薬を70%以上削減できる防除体系を構築することができました。

本書はその体系をマニュアルとしてお示しするものです。基幹技術を詳しく紹介する「技術編」に加え、分冊の形で「地域事例集」を作成いたしました。これらのマニュアルが研究者、農業指導者および生産者の方々の参考となることを期待するとともに、近い将来、各地域の生産者の方々に本体系が普及するための一助となることを祈念いたします。

平成31年2月

研究代表者：農研機構中央農業研究センター

虫・鳥獣害研究領域長

後藤 千枝

# 目次

はじめに

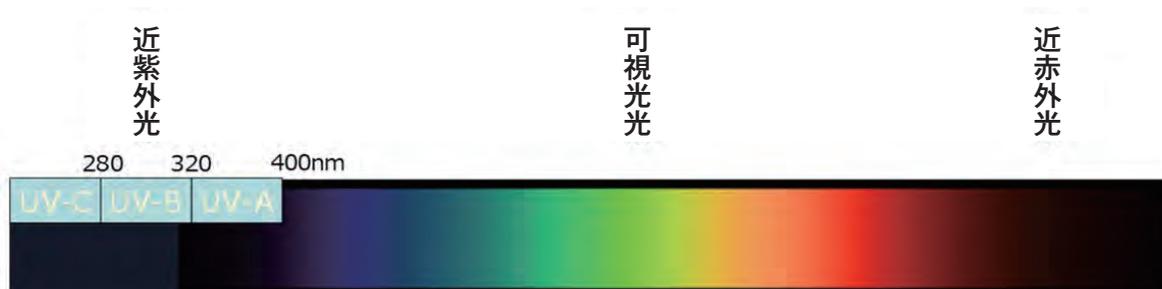
<b>1</b>	UV-Bとはなんだろう	3
<b>2</b>	紫外光(UV-B)で病害虫抑制の出来る理由	4
	(1)病害抑制の出来る理由	4
	(2)害虫抑制の出来る理由	6
	①UV-Bの照射量	6
	②光回復を抑える	7
<b>3</b>	導入技術 ～UV-B照射に、光反射シートや天敵「カブリダニ」を組み合わせる～	8
	(1)基幹技術 ～UV-B照射～	10
	(2)組み合わせ技術 ～光反射シート～	11
	(3)組み合わせ技術 ～天敵「カブリダニ」～	12
	(4)土耕栽培における基本的な体系	14
	(5)高設栽培における基本的な体系	15
<b>4</b>	設置にチャレンジ	16
	(1)施設イチゴへの導入技術: UV-B照射+光反射シート	16
	(2)土耕栽培におけるUV-Bランプと光反射シートの設置方法	17
	(3)高設栽培におけるUV-Bランプと光反射シートの設置方法	20
	(4)高設栽培における留意点	23
	(5)圃場において、うどんこ病・ハダニの抑制効果が期待できる条件とは？	24
	(6)イチゴの生育、収量、品質に影響はないのか？	28
	①地温・生育への影響	28
	②収量・品質への影響	31
	(7)ハダニ抑制効果を安定させるための工夫	35
	①いかにUV-Bを葉裏に当てるか	35
	②条間・株間を広くする	36
	③畝裾部の光反射シートの工夫	37
	④ハウスサイド(裾部)に光反射シートを張る	38
	⑤4月以降の抑制について	39
<b>5</b>	UV-Bの効果を確認したい	40
	(1)UV-B照射によってイチゴで誘導される防御関連遺伝子発現の確認	40
	(2)さらにイチゴの抵抗性誘導の解析のための高品質RNAの抽出法	42
<b>6</b>	超音波による防虫装置	44
<b>7</b>	植物活力剤	46
<b>A</b>	これが基幹技術のランプです	48
<b>B</b>	UV-Bの単位について	50
	参考資料	51
	問い合わせ先一覧	53

# 1

## UV-Bとは何だろう

### ○光は‘波’と‘粒子’の性質を持っている

「光」とは、「電磁波の一種で、波の性質とエネルギーの固まりとしてふるまう粒の性質の両方を持つ」とされています。



### ○光の性質は‘波長’によって決まる

光の波の周期を「波長」といい国際照明委員会では波長1nm（ナノメートル、1mmの百万分の1）から1mmの範囲を「光照射」と定義しています。ヒトが目を感じる光は「可視光」です。その波長域については複数の定義がありますが、概ね400～700nmの範囲です。この可視光より短い波長域に紫外光があります。特に近紫外光の中でもUV-A（315～400nm）は地表に到達する紫外光のほとんどを占めています。UV-B（280～315nm）は、いわゆる日焼けを引き起こすとされ、UV-C（200～280nm）は強い殺菌作用があり殺菌灯などとして利用されています。

本マニュアルでは波長280-315nmのUV-Bを基幹技術としたイチゴにおける病虫害防除栽培体系について記載しています。

本誌で使用する UV-Bの照度の単位はP.50を参照してください。

# 2

## 紫外光 (UV-B) で病害虫抑制の出来る理由

### (1) 病害抑制の出来る理由

植物では、紫外光 (UV-B) 照射によって、防御関連遺伝子の発現が確認されています。他にも、あるかび (糸状菌) では、UV-Bの直接の作用により、生育が抑制される現象も確認されています。

### バラでの防御関連遺伝子の発現

- ・ 明期 12時間のうち, 0~6時間は白色光とUV-Bランプを同時に照射

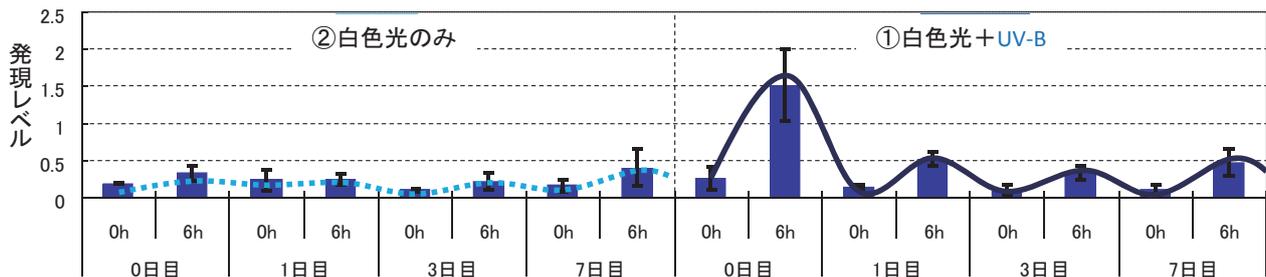
① 白色光+UV-B  
または 白色光 暗黒 (照射なし)

② 白色光のみ

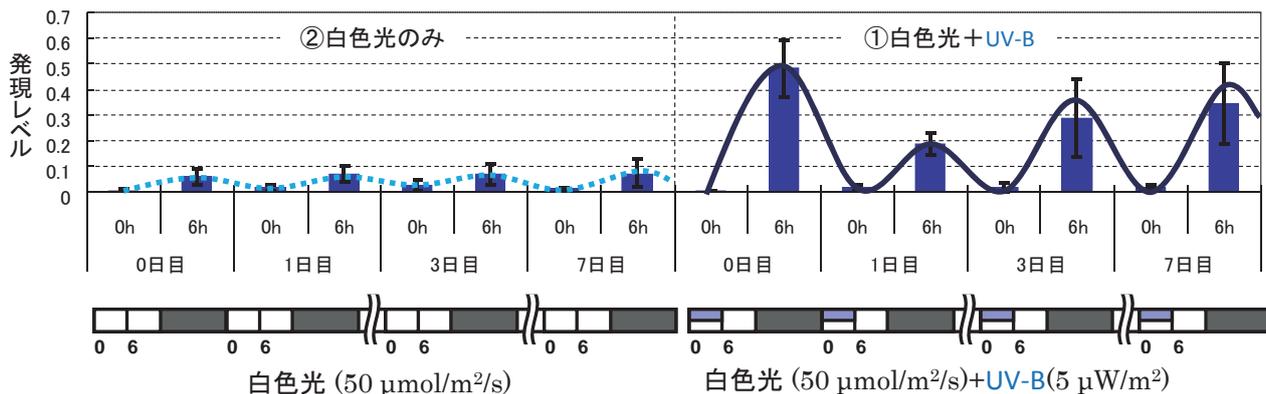


この時間帯にバラから RNA を取り、解析

#### 防御関連遺伝子：フェニルアラニンアンモニアリアーゼの発現



#### 防御関連遺伝子：カルコン合成酵素の発現



UV-B照射に応答して、防御関連遺伝子は発現誘導されました

実証試験圃場のイチゴでも UV-B 照射による防御関連遺伝子の発現誘導が確認されています。UV-B 照射による病害抵抗性誘導を評価・確認する手段としても有効であると考えられます。

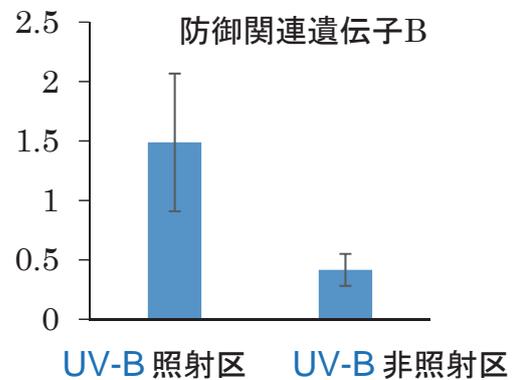
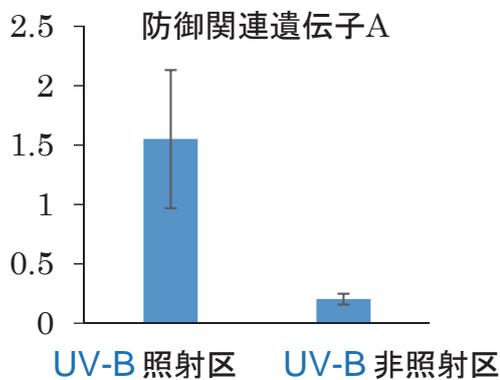
## イチゴでの防御関連遺伝子の発現

・実証試験圃場において、毎晩午前0～午前3時まで3時間UV-Bを照射



照射5時間後にイチゴ(品種: 'よつぼし')上位展開葉からRNAを抽出し、防御関連遺伝子の転写物の相対蓄積量を解析

内部標準遺伝子に対する相対蓄積量



うどんこ病を抑制する報告は多数あります。一部をP.51に紹介しますので、ご覧下さい。

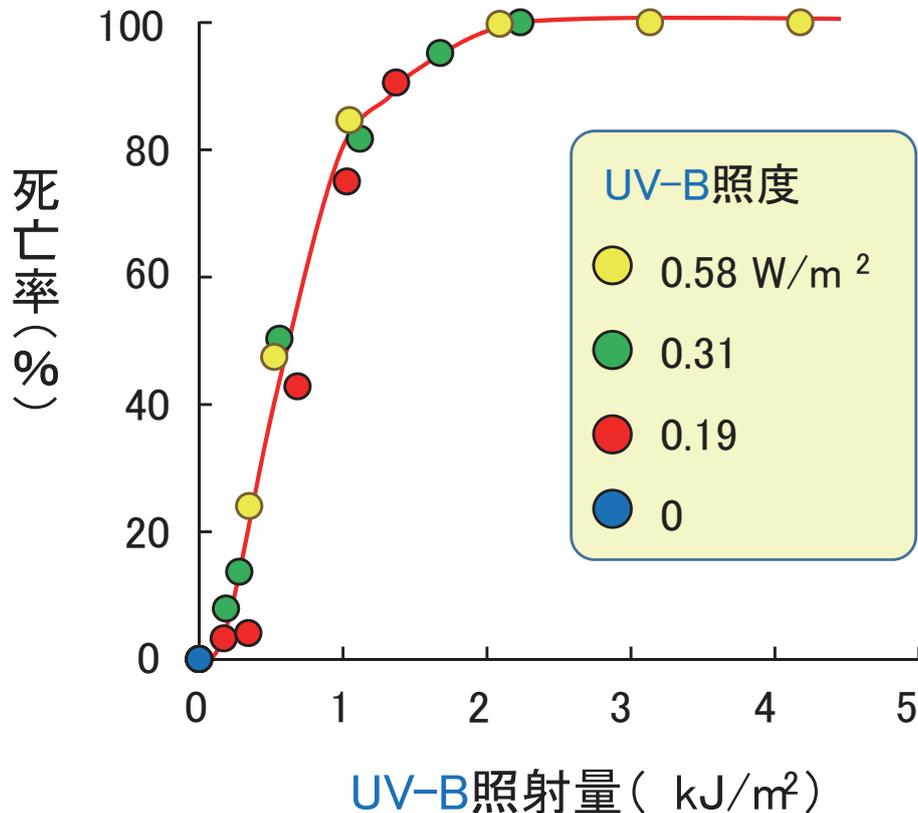
UV-B照射にตอบสนองして、イチゴの防御関連遺伝子は発現誘導されました

## (2) 害虫抑制の出来る理由

### ① UV-Bの照射量

#### ○ハダニの抑制

UV-Bは、一般的にDNAの損傷と活性酸素の生成を通じて生物にダメージを与えます。DNA損傷により、遺伝子が正常に機能しなくなります。一方で、DNAに生じた損傷を正常な状態に戻すためのメカニズム（光回復機構）も存在します。照度と時間の積 {照度×時間 (秒)}、すなわち、照射量 ( $\text{J}/\text{m}^2$ ) によってUV-Bの効果は決まります。

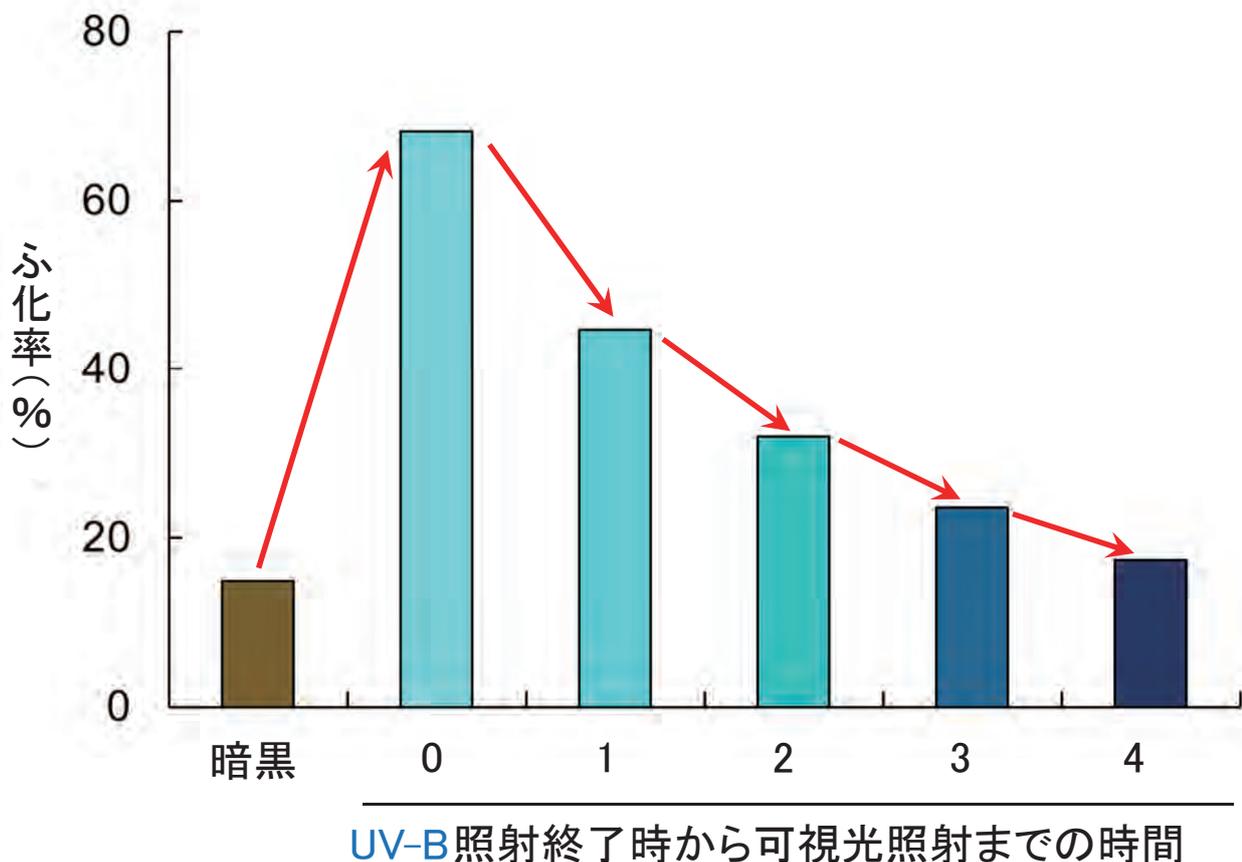


照射時間を変えて種々の照度の UV-Bを当てた場合のナミハダニ卵の死亡率の変化 (Murata and Osakabe 2013より改変)

## ②光回復を抑える

UV-Bを照射したハダニの卵のふ化率は、その直後にUV-A(波長315~400 nm)や可視光(波長400~500 nm)の照射を受けることによって50%程度回復(光回復)します。

しかし、UV-B照射終了から可視光照射までの暗黒時間が長くなると光回復は低下し、4時間後ではほぼ回復効果は無くなります。そこで、UV-B照射を深夜の3時間に行い、日の出まで3~4時間の暗黒の時間ができるようにすると、卵のふ化率を低く抑えることができます。



UV-B照射終了後時から可視光照射までの時間の長さ  
とナミハダニ卵のふ化率の変化 (Murata and Osakabe, 2014より改変)

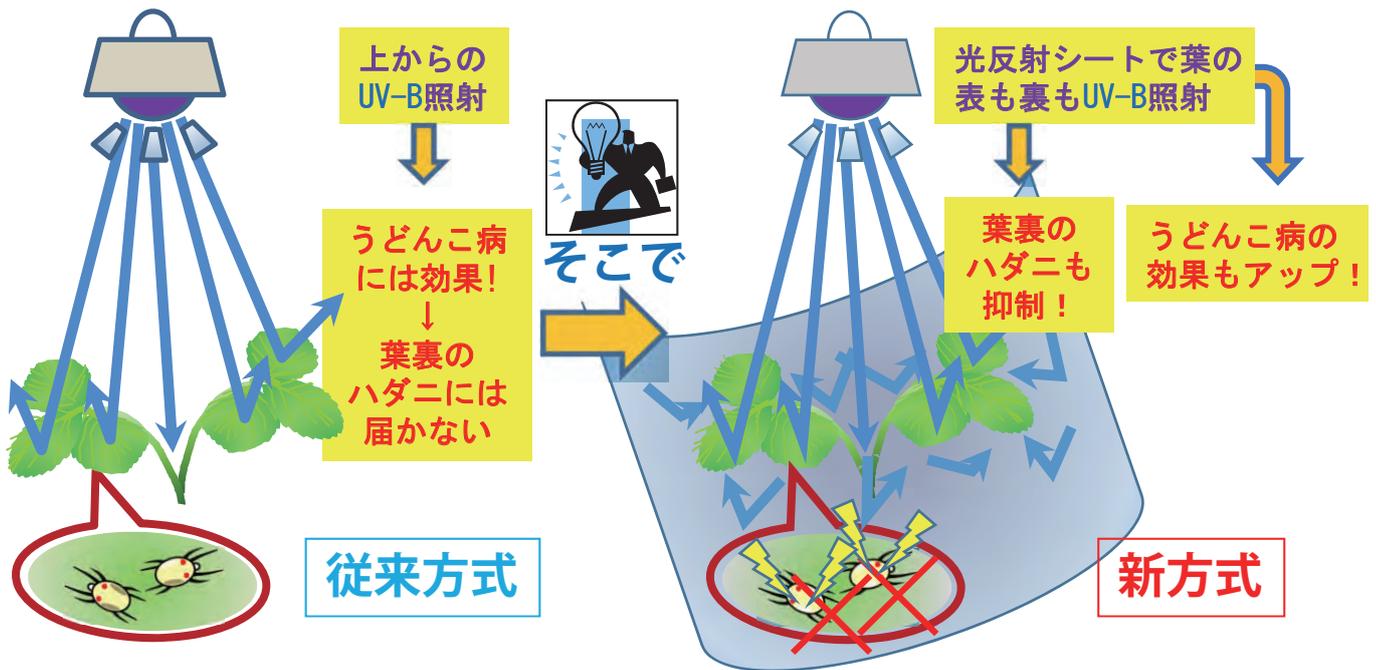
# 3

## 導入技術 ～UV-B照射に、光反射シートや天敵「カブリダニ」を組み合わせる～

### 導入技術により期待できる効果

	ハダニ抑制効果	うどんこ病抑制効果	推奨される栽培体系
A: UV-B+光反射シート	○	◎	土耕
B: UV-B+光反射シート+天敵「カブリダニ」	◎	◎	高設
C: UV-B+天敵「カブリダニ」	△～○	○	※1
参考: 慣行栽培	×～○	×～○	—

※1: 光反射シート設置による地温低下の影響を受けやすい‘とちおとめ’、UV-B傷害が出やすい‘ゆめのか’など



UV-B照射と光反射シートの組み合わせによる病害虫抑制効果のイメージ

ハダニ抑制には、光反射シートで葉裏にUV-Bを当てることが重要です。葉裏にUV-Bが当たることで、うどんこ病抑制効果もアップします。

## 品種の特性と技術導入による影響 (H26 - 30 SIP実証試験)

	章姫	紅ほっぺ	さちのか	とちおとめ	ゆめのか	さぬき姫	おいCベリー	すずあかね
うどんこ病	弱い	やや弱い	弱い	弱い	強い	弱い	中程度	強い
草姿	立性	立性	立性	開張	立性	開張	立性	中間
葉焼け傷害	出にくい	出やすい	出やすい	中程度	中程度	中程度	出にくい	出にくい
果実傷害	無	無	無～微	無	有 <sup>※1</sup>	無	無	無
光反射シートによる地温低下の影響	小さい	やや小さい	中程度	大きい <sup>※2</sup>	大きい <sup>※3</sup>	— <sup>※4</sup>	小さい	やや大きい <sup>※5</sup>

※1・・・12月～3月上旬に裂皮果の発生が助長され著しく青果率が低下

※2・・・部分被覆を推奨、地温低下により生育が抑制

※3・・・地温低下により生育が抑制

※4・・・栽培体系により光反射シートの使用無し

※5・・・地温低下により生育が抑制され、収穫初期の収量が少なくなるケースがある

- ・草姿が立性の品種は光反射シートの効果が高く、導入技術による抑制効果が期待できますが、開張性の品種は期待しにくくなります。
- ・開張性の品種では、条間×株間を広くする、古い葉を摘み取るなど、葉裏にUV-B光を当てる工夫(P.35)をすることで、ハダニ抑制効果の安定に繋がります。



摘葉前



摘葉後

葉裏にUV-Bが当たりやすい

## (1) 基幹技術 ～UV-B照射～

- ・市販されているUV-Bランプ(下記およびP.48)を使用します。
- ・イチゴ株との距離に応じて、反射傘のタイプ(A: 椀形、B: 皿形)を選択します。  
通常は、土耕栽培にはAタイプ、高設栽培にはBタイプを使用します。
- ・イチゴ株上のUV-B照度が $0.12\text{W}/\text{m}^2$ となるよう設置するのを基本とします。
- ・毎夜3時間(22:00～1:00など)点灯し、日の出3～4時間前までに照射を終えます。

### UV-B電球形蛍光灯反射傘セット

高さ: 1.5～2.3m



Aタイプ

SPWFD24UB2PA

高さ: 1.2～1.5m



Bタイプ

SPWFD24UB2PB

※高さは、  
口金(ソケット)下部～  
畝面までの距離。

パナソニック ライティングデバイス株式会社

<http://panasonic.co.jp/es/pesld/products/others.html>参照

#### A、Bタイプの照射の特徴

Aタイプ・・・反射傘による集光をすることで、UV-B照射をより遠くへ(例えば、土耕栽培のようにイチゴ株との距離が離れている場合)、またはUV-B照度を高めたい場合に適しています。

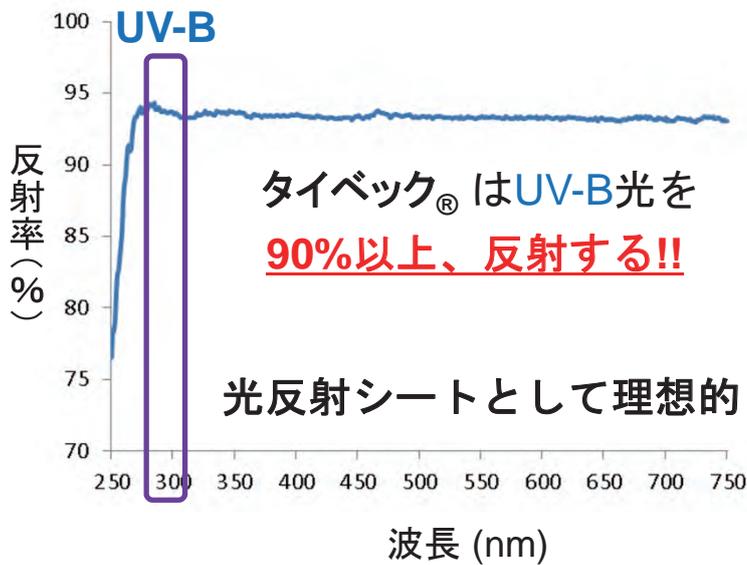
Bタイプ・・・反射傘による集光をしないことで、Aタイプよりも近づけたUV-B照射(例えば、高設栽培のようにイチゴ株との距離が近い場合)、またはUV-B照射範囲を広げたい場合に適しています。Aタイプより弱いですが、ランプ直下のUV-B照度が相対的に強くなっています。

- 電照栽培で使用しているソケット付コード(E26口金)にそのまま装着できます。
- 設置高さ、設置間隔は、圃場条件や品種等で異なります。詳細はP.16～23参照。

人体(特に、目・皮膚)にも影響があるため、使用にあたっては、P.48-49  
およびメーカーの取扱説明書をよく読み、使用方法を遵守して下さい。

## (2) 組み合わせ技術 ～光反射シート～

- ・デュポン™タイベック® (米国デュポン社製) は、UV-B領域の反射率が高く、UV-B光を乱反射するので光反射資材として適しています。
- ・他の光反射シートや白マルチは、UV-B光の反射が期待できない資材が多いため、UV-B光反射を目的に導入する場合は、事前にメーカー等へ確認します。



### タイベック®の種類

400WP ← 推奨

700AG

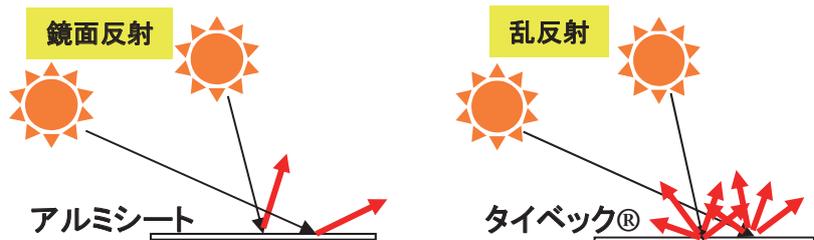
1000AG

透水性※で柔らかい400WP  
が設置に適しています

※完全な透水性ではなく、水が溜まる  
場合もあるので留意が必要です

### タイベック®の乱反射

資料提供：  
丸和バイオケミカル株式会社



乱反射することで、  
葉裏へUV-B光を効果的に  
当てることができます!!



デュポン™、タイベック®は米国デュポン社の商標あるいは登録商標です。

### (3) 組み合わせ技術 ～天敵「カブリダニ」～

#### 紫外光とカブリダニは相性が良い！

1. ハダニの天敵であるカブリダニもハダニと同様にUV-B照射によって影響を受けますが、夜間の3時間照射ではハダニに比べて悪影響は少なくなります。



- 室内実験では、ナミハダニの卵は  $0.025 \text{ W/m}^2$  で毎晩3時間の照射 ( $25^\circ\text{C}$ ) で全滅しましたが、ミヤコカブリダニの卵は90%がふ化しました (Nakai et al. 2018)。

2. カブリダニは強い光や有害な紫外光を速やかに避ける性質があります

- 太陽光による実験では、カブリダニはハダニよりも先に紫外光が当たっている場所から当たっていない場所へ移動しました (Tachi and Osakabe, 2012)。
- 室内実験でもカブリダニはさまざまな波長の紫外光を避けたが、実際に有害な波長は  $300 \text{ nm}$  以下のUV-Bであり、これより長い波長ではハダニの網があれば逃げるのを止めて餌を探索しました (Tachi and Osakabe, 2014)。



紫外光が当たらずにハダニが残っている場所にカブリダニが集まりやすい

3. カブリダニによる防除効果を上げるには、予めハダニの密度をある程度下げておく必要があります

- 通常は選択的な殺ダニ剤によるハダニ密度の抑制が推奨されますが、薬剤抵抗性の発達が著しい場合は使える薬剤がありません。



紫外光照射でハダニが低密度に抑制されています

天敵「カブリダニ」利用時の基本(カブリダニに影響のある薬剤の使用は避ける、など)は遵守してください。

UV-B照射区と無照射区において、ハダニの天敵「カブリダニ」の数の比較をおこないました。

① UV-B照射条件（6m間口）

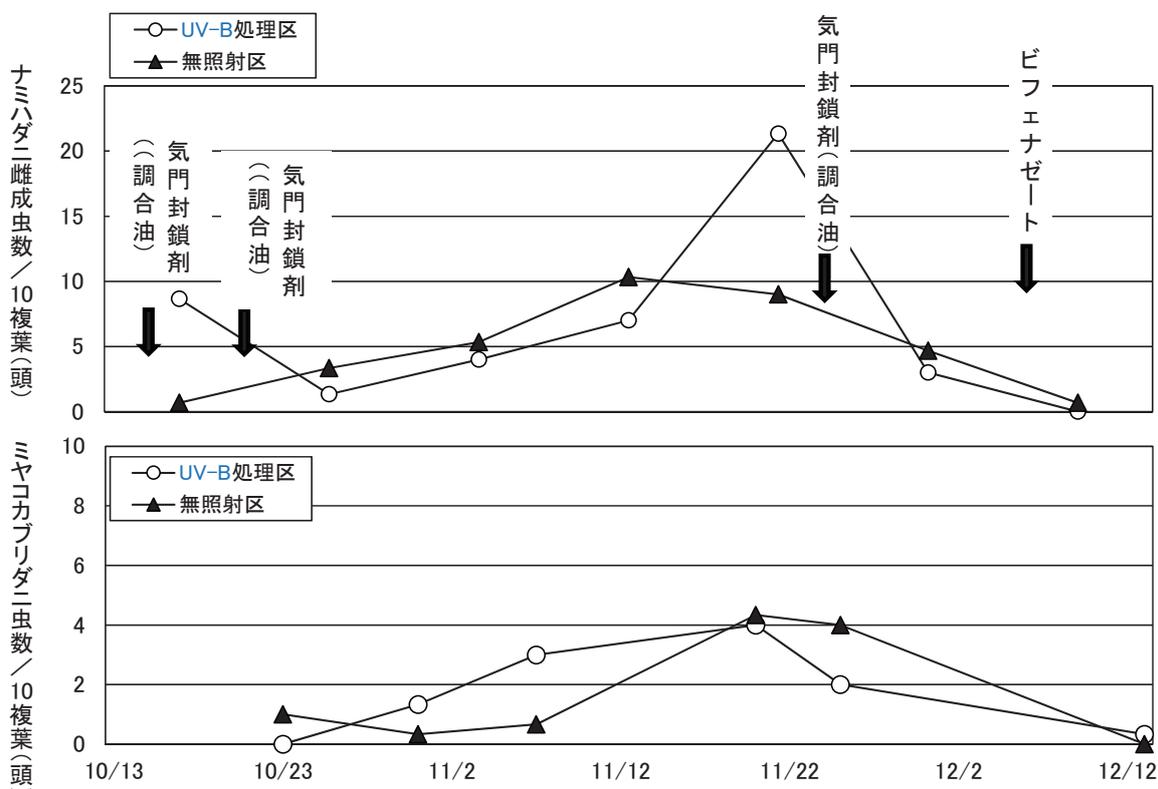
電球は6m間隔2列、列間 3m、ソケット口金から培土まで1.3m。  
定植から毎夜3時間（0～3時）照射を実施。光反射シート設置。

② 天敵放飼

2017年10月13日にミヤコカブリダニを放飼。

○ 結果

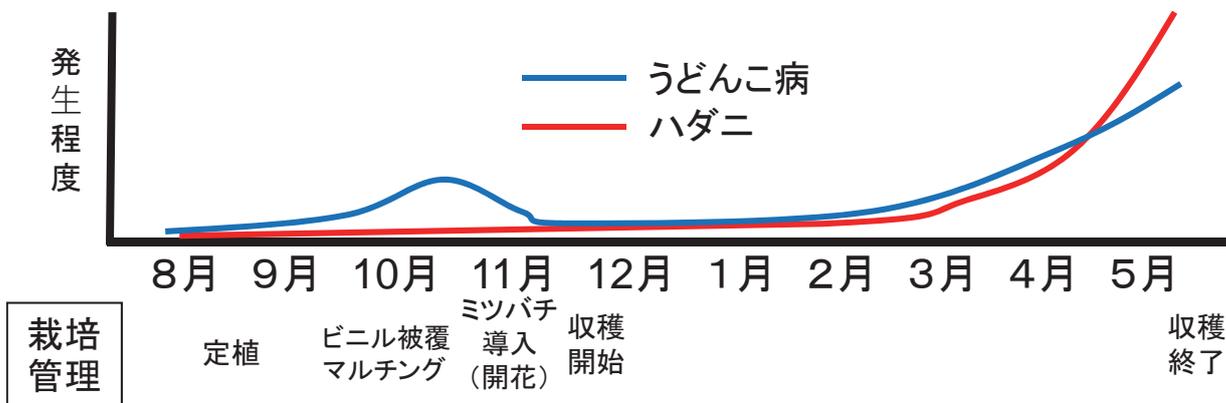
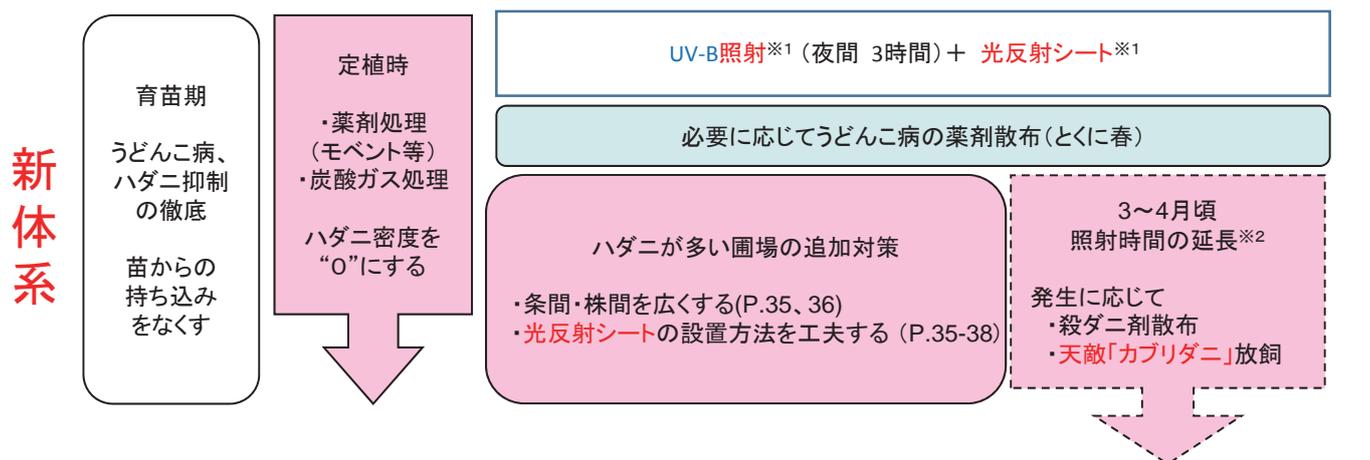
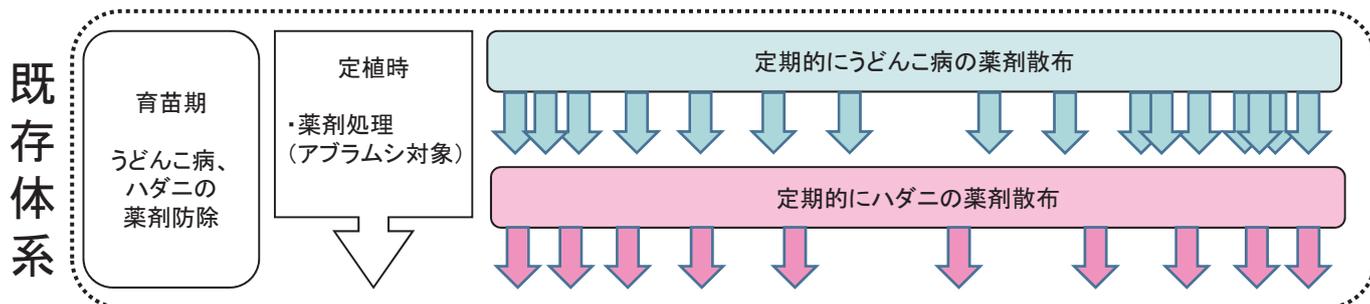
UV-B照射区と無照射区では、カブリダニの数に大きな違いはありませんでした。  
UV-B照射下でもカブリダニを利用できます。



・UV-Bとカブリダニを併用すると、葉が繁茂してUV-Bが当たらなくなった場所でカブリダニが効率的にハダニを抑制することが期待されます。

## (4) 土耕栽培における基本的な体系

- ・株が混み合う春以降、葉裏にUV-Bが当たりにくくなり、ハダニ抑制効果が低下するので、殺ダニ剤散布や天敵「カブリダニ」と併用します。
- ・うどんこ病の発病が懸念される時(主に秋と春)は、薬剤防除と併用します。



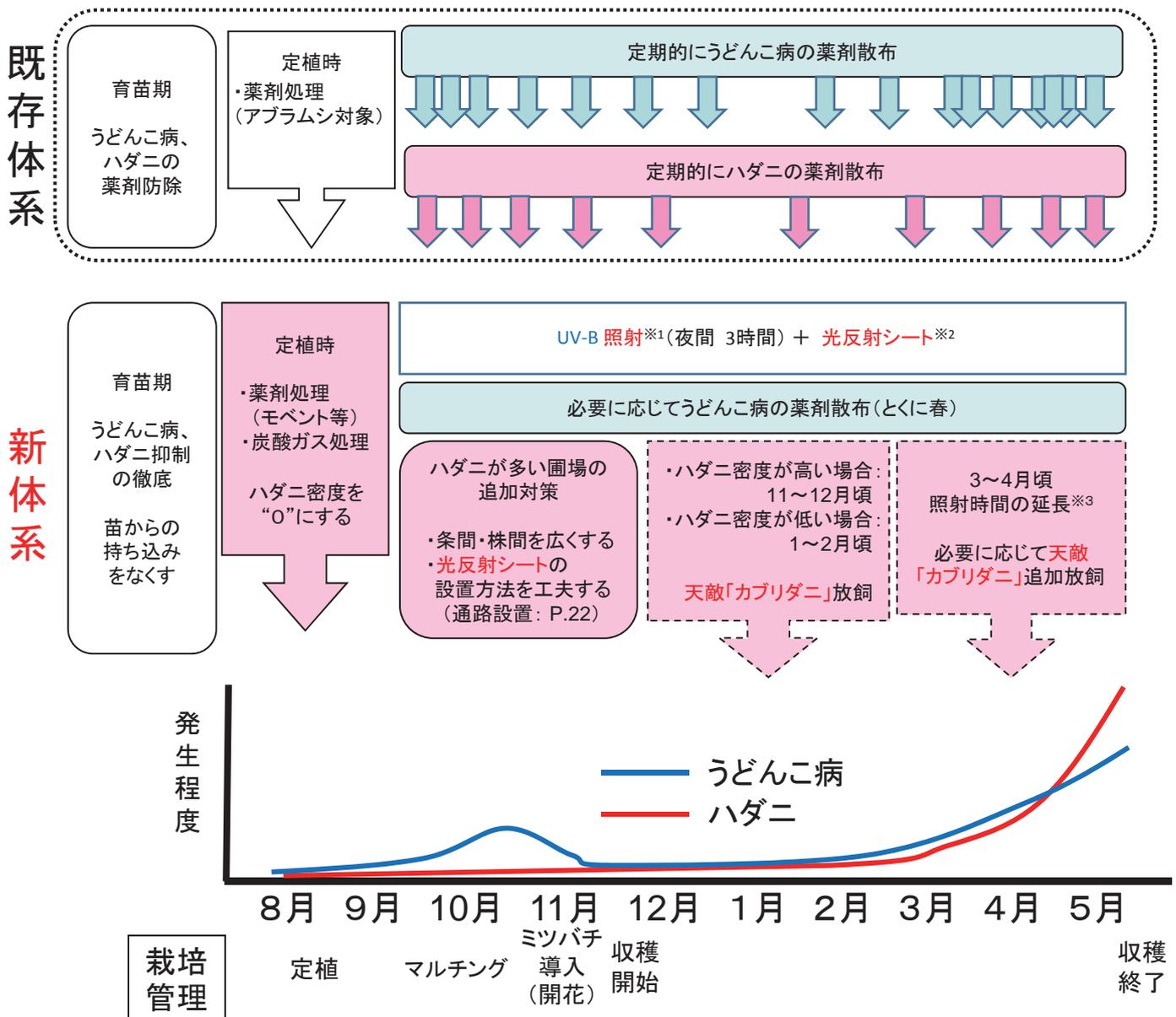
※1: 天井ビニル被覆・マルチング後に設置・照射開始、

※2: イチゴ株への影響に留意

まずは、苗に付着したハダニの持ち込みをなくすことが重要です。

## (5) 高設栽培における基本的な体系

- ・高設栽培では株とUV-Bランプの距離が短いため、照射ムラができ、ハダニ抑制効果が安定しないことがあります。その場合は、天敵「カブリダニ」と併用します。
- ・葉裏にUV-Bが当たるよう、光反射シートの設置を工夫します。



※1: 活着後から照射開始、※2: マルチング後に設置、※3: イチゴ株への影響に留意

# 4

## 設置にチャレンジ

### (1) 施設イチゴへの導入技術：UV-B照射＋光反射シート

UV-B照射と光反射シートの組み合わせが基本です。

#### ◎基本の設置方法：

- ・光反射シートを畝上及びサイド垂直(P.38)に設置し、従来のうどんこ病対象(0.06~0.1W/m<sup>2</sup>)より、やや強い照度(0.12W/m<sup>2</sup>)のUV-B光を照射できるよう、UV-Bランプを設置します。
- ・光反射シートは、あらかじめ必要な幅に切断して準備します。

※上記を基本に、

圃場条件、品種(P.9参照)、病害虫の発生程度に応じて導入方法を調整します。



#### UV-B ランプ

※手前のランプは、  
電照用(60W白熱球)

#### 光反射シート

※株が混み合っていないが、条間にも設置している。

電照栽培の白熱灯の照射量では、ハダニ卵の光回復(P.7)にほとんど影響しないので、電照とUV-Bとの併用は可能です。

この組み合わせを施設イチゴの技術体系の核に置くことで、  
難防除病害虫を容易にコントロールできるようになります。

## (2) 土耕栽培におけるUV-Bランプと光反射シートの設置方法

### 使用資材(標準)

- ・UV-B電球形蛍光灯  
(SPWFD24UB2PA)
- ・ソケット付きコード(電照用)
- ・タイマー(屋外用)
- ・光反射シート(タイベック® 400WP)



### 設置用具(例)

- ・鉄パイプ(40~60cm)
- ・エクセル線(#14 φ2mm)
- ・クリップ(ブドウの雨よけシートに使う「プッシュクリップ2.5mm屋外用」が便利)
- ・インシュロック(コード設置等に使用)
- ・ボールチェーンまたはビニタイ(UV-Bランプの高さ調整、固定に使用)

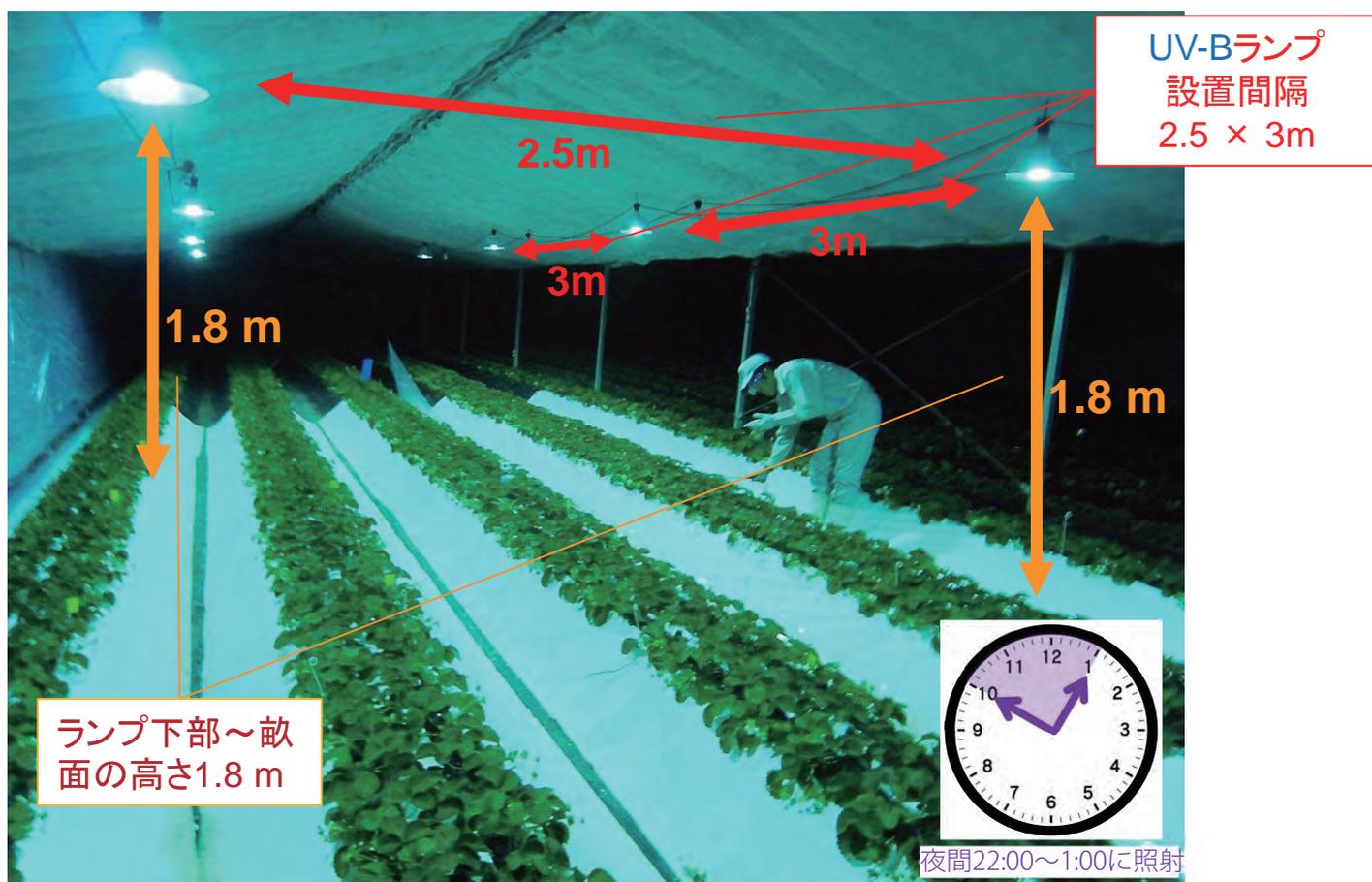
※上記は設置に必要な資材、用具の一例です。手持ちの資材を活用し、実状に適した設置方法を工夫して下さい。

### 設置のコツ

- ①栽培方法、品種によっては、UV-B照射による傷害(葉焼け、裂皮果)(P.30)、光反射シート被覆による冬期の地温低下(土耕栽培)(P.28)の影響を受ける場合があります。
- ②初めて本技術を導入する場合は、ハウスの一部に導入し、問題がないか確認してから、設置面積を増やしていくことを推奨します。
- ③このUV-B照射による傷害は、気温が低い冬季に見られることがあるため、冬季の照射時間を短縮することで、ある程度軽減することは可能です(例えば、照射時間3時間を2時間にします)。
- ④毎年、ハダニやうどんこ病が発生する場所(いわゆる、ツボ)が決まっている場合、そこだけ本技術を導入する、光反射シートを設置する(シートの設置方法を工夫する)、UV-Bランプを増やす、など、対策を強化する(P.35)ことで、コストパフォーマンスを向上させることが可能です。

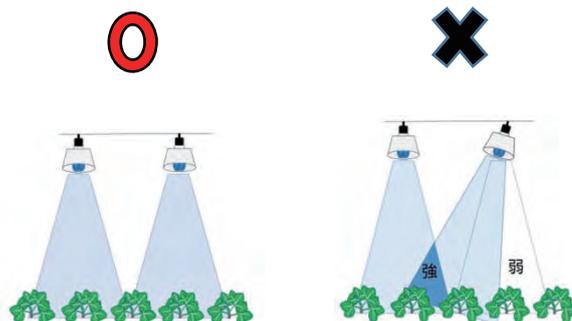
## UV-Bランプ(UV-B電球形蛍光灯)の設置方法(土耕)

○畝面から1.8mの高さに幅2.5mで畝に平行に3m間隔でUV-Bランプを配置すると、イチゴ株上のUV-B照度が平均0.12W/m<sup>2</sup>になります。



### 設置のコツ

○ UV-Bランプを傾けて設置すると傾いた方向の照度が強くなり、均一な照射ができません。地面と垂直に設置するよう心がけてください。



## 光反射シート(タイベック®)の設置方法(土耕)

### ○畝上(基本) ビニル(黒)マルチの上から設置します

- ①畝の両端の株の外側に鉄パイプを2本ずつ打ち込みます(4本/畝)。
- ②鉄パイプ間(条間方向)に支柱またはエクセル線を設置します。
- ③条間に光反射シート(15~20cm幅)を設置します(両端を②の支柱またはエクセル線にクリップ等で固定)。
- ④株の外側に沿うよう、エクセル線を畝の両端の鉄パイプに設置します。
- ⑤エクセル線に光反射シート(35~50cm幅\*)を留めます(1~2m間隔でクリップ等で固定)。  
\*目的や状況に応じて、光反射シートの被覆割合を変更します。

### ○サイド設置(設置によりハダニ抑制効果促進(P.38))

ハウス周辺にある裾ビニル固定用のパイプ等にパッカーで留めます。設置高は裾ビニルの高さによりますが、イチゴ株の高さ(地面から40~60cm)程度あれば光反射効果が期待できます。

エクセル線&クリップはシート固定方法の一例です。エクセル線に止める部分の光反射シートを2重にすることで、しっかり固定されます。ただし、エクセル線は固くて一定方向に丸くなる癖があり扱いにくいという欠点もあります。シートが固定できれば、どのような設置方法でも問題ありません。手持ちの資材を活用し、自分に合った方法で設置して下さい。



被覆割合70% (シート幅 35cm)  
地温低下対策重視 (P.28)

被覆割合100% (シート幅 50cm)  
ハダニ抑制効果重視

### 設置のコツ

- 風が吹き込みやすい圃場では、光反射シートがまくれ上がらないような対策をする必要があります。

### (3) 高設栽培におけるUV-Bランプと光反射シートの設置方法

#### 使用資材(標準)

- ・UV-B電球形蛍光灯  
(SPWFD24UB2PB)
- ・ソケット付きコード(電照用)
- ・タイマー(屋外用)
- ・光反射シート(タイベック® 400WP)



#### 設置用具(例)

- ・ねぶし竹(必要に応じて)
- ・エクセル線(#14 φ2mm)
- ・クリップ(ブドウの雨よけシートに使う「プッシュクリップ2.5mm屋外用」が便利)
- ・インシュロック(コード設置等に使用)
- ・ボールチェーンまたはビニタイ(UV-Bランプの高さ調整、固定に使用)

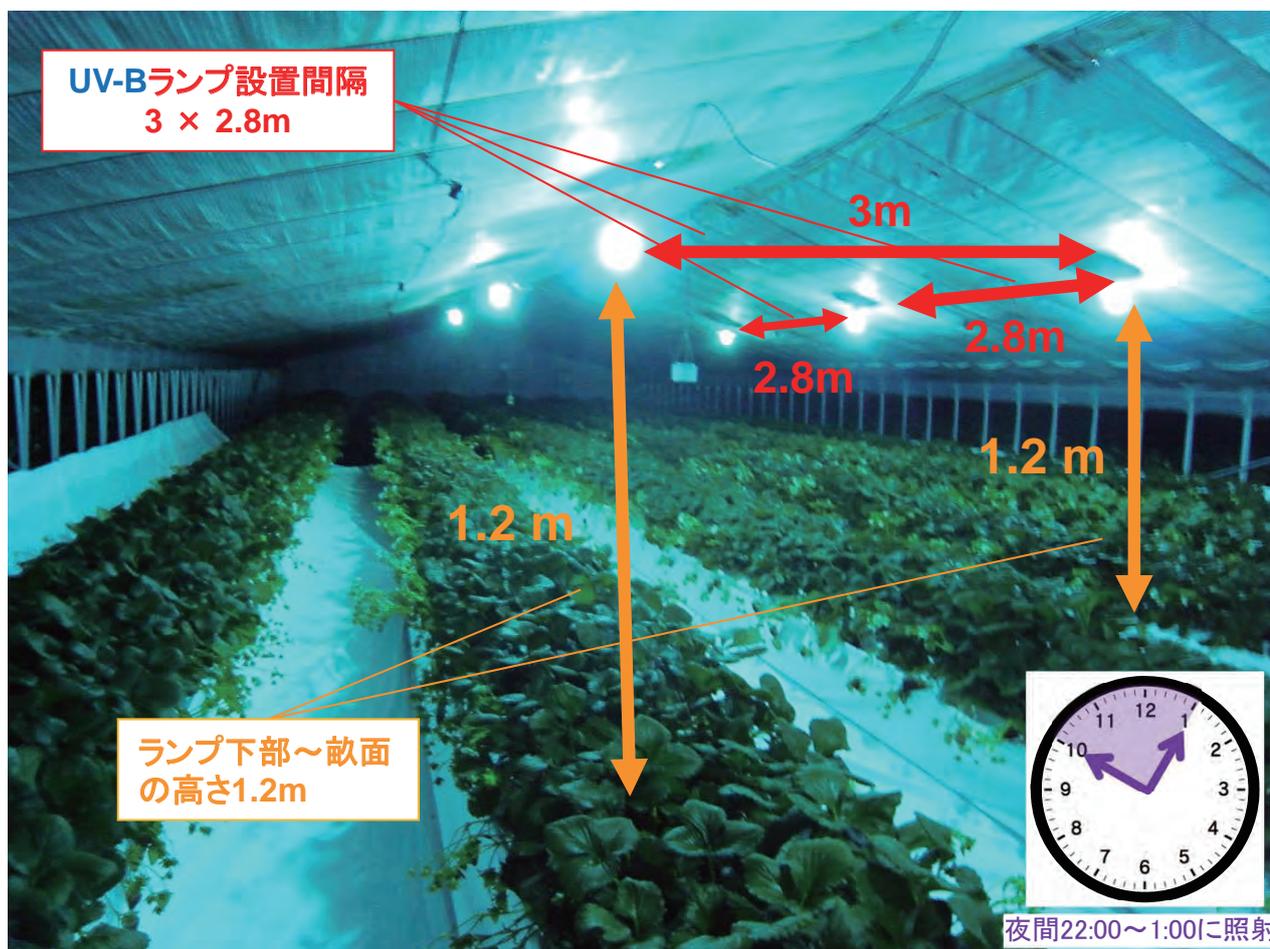
上記は設置に必要な資材、用具の一例です。手持ちの資材を活用し、実状に適した設置方法を工夫して下さい。

#### 設置のコツ

- ①栽培方法、品種によっては、UV-B照射による傷害(葉焼け、裂皮果)(P.30)の影響を受ける場合があります。とくに、高設栽培では、ランプと株との距離がとれず、UV-Bランプ直下で葉焼け症状が発生しやすくなります。
- ②初めて本技術を導入する場合は、ハウスの一部に導入し、問題がないか確認してから、設置面積を増やしていくことを推奨します。
- ③このUV-B照射による傷害は、気温が低い冬季に見られることがあるため、冬季の照射時間を短縮することで、ある程度軽減することは可能です(例えば、照射時間3時間を2時間にする)。
- ④毎年、ハダニやうどんこ病が発生する場所(いわゆる、ツボ)が決まっている場合、そこだけ本技術を導入する、光反射シートを設置する(シートの設置方法を工夫する)、UV-Bランプを増やす、など、対策を強化する(P.35)ことで、コストパフォーマンスを向上させることが可能です。

## UV-Bランプ(UV-B電球形蛍光灯)の設置方法(高設)

- ランプ下部～畝面までの高さ1.2mに、幅3mで畝に平行に2.8 m間隔でUV-Bランプを配置すると、イチゴ株上のUV-B照度が $0.05 \sim 0.15 \text{ W/m}^2$  (平均 $0.1 \text{ W/m}^2$ )になります。
- ランプと株の距離がとれないため、照度のムラが大きくなります。
- 距離がとれない場合は、ランプ直下の株に葉焼け傷害が出やすいので注意します。



### 設置のコツ

- UV-Bランプを傾けて設置すると傾いた方向の照度が高くなり、均一な照射ができません。なるべく、地面と垂直に設置するよう心がけてください。

## 光反射シート(タイベック®)の設置方法(高設)

### ・高設ベッド上(基本) ビニルマルチの上から設置します

- ①高設ベッドのパイプ資材を利用し、ベッドの両端部の畝面上に、畝の方向と垂直にエクセル線を設置します(2カ所)。
- ②条間に光反射シート(10~20cm幅)を設置します(両端を①のエクセル線にクリップ等で固定)。
- ③株の外側に沿うよう、エクセル線をベッドの両端のパイプ資材に固定します。
- ④エクセル線に光反射シート(50cm幅)を留め(1~2m間隔にクリップ等で固定)、果房折れ防止用の紐やネットの上に設置します(左下の写真)。効果を重視したい場合、片側のみ120~150cm幅の光反射シートとし、ベッドの脚に設置したエクセル線で折り返し、向かいのベッドのパイプ等に園芸用のゴムやS字フックを利用して展張します(右下の写真)。

エクセル線&クリップはシート固定方法の一例です。エクセル線に止める部分の光反射シートを2重にすることで、しっかり固定されます。ただし、エクセル線は固くて一定方向に丸くなる癖があり扱いにくいという欠点もあります。シートが固定できれば、どのような設置方法でも問題ありません。手持ちの資材を活用し、自分に合った方法で設置して下さい。

### ・サイド設置(抑制効果促進)

- ①ハウス端のパイプのベッドと同じ高さに、50cm幅の光反射シートを設置することで、光の届きにくい外側の株に光を当てることができます。



ベッド裾部のみ(作業性重視)



ベッド裾部+通路展張(効果重視)

### 設置のコツ

○風が吹き込みやすい圃場では、光反射シートがまくれ上がらないような対策をする必要があります。

#### (4) 高設栽培における留意点

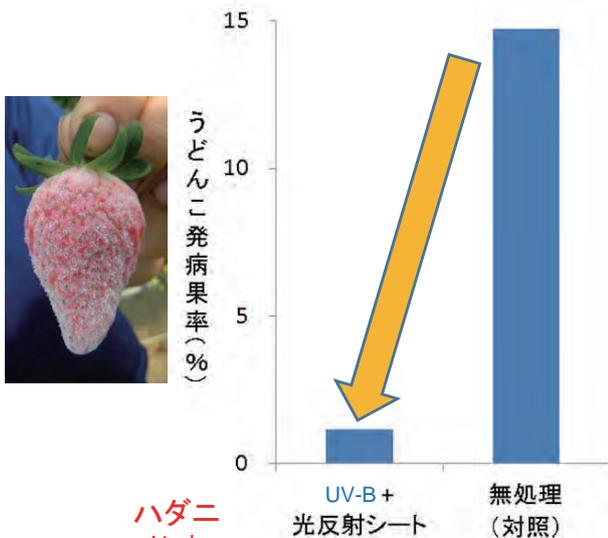
- 栽培ベッドが高い位置にあるため、UV-Bランプとイチゴ株の間の距離が確保できない施設がほとんどです。そのため、株毎のUV-B照度にムラが生じ、ハダニ抑制効果が低い場所ができます。
- 株が生育した1～2月頃から、光反射シートに影が生じ（写真の赤丸部分）、この部分のUV-B光の反射効率が低下することから、ハダニ抑制効果がさらに低くなる場合があります。



- ・土耕栽培と異なり、高設栽培での光反射シートの設置には、なるべく多くの光が葉裏に当たるよう、多様な栽培様式に合わせた設置方法の工夫が必要です。
- ・高設栽培ではイチゴの生育にともない、土耕栽培よりも早い時期に葉裏のUV-B照度が低下し、ハダニ抑制効果も低下します。早い段階から、天敵「カブリダニ」の導入など、他の技術との併用をすることで効果が安定します。

## (5) 圃場において、うどんこ病・ハダニの抑制効果が期待できる条件とは？

UV-B照射と光反射シートを組み合わせで、施設栽培イチゴのうどんこ病とハダニの被害が大幅に減少します。



### 【試験概要】

土耕栽培

品種: '紅ほっぺ'、'あまクイーン'、'紅クイーン'

条間×株間: 40×30cm

UV-B照度: 0.15W/m<sup>2</sup> (株上)

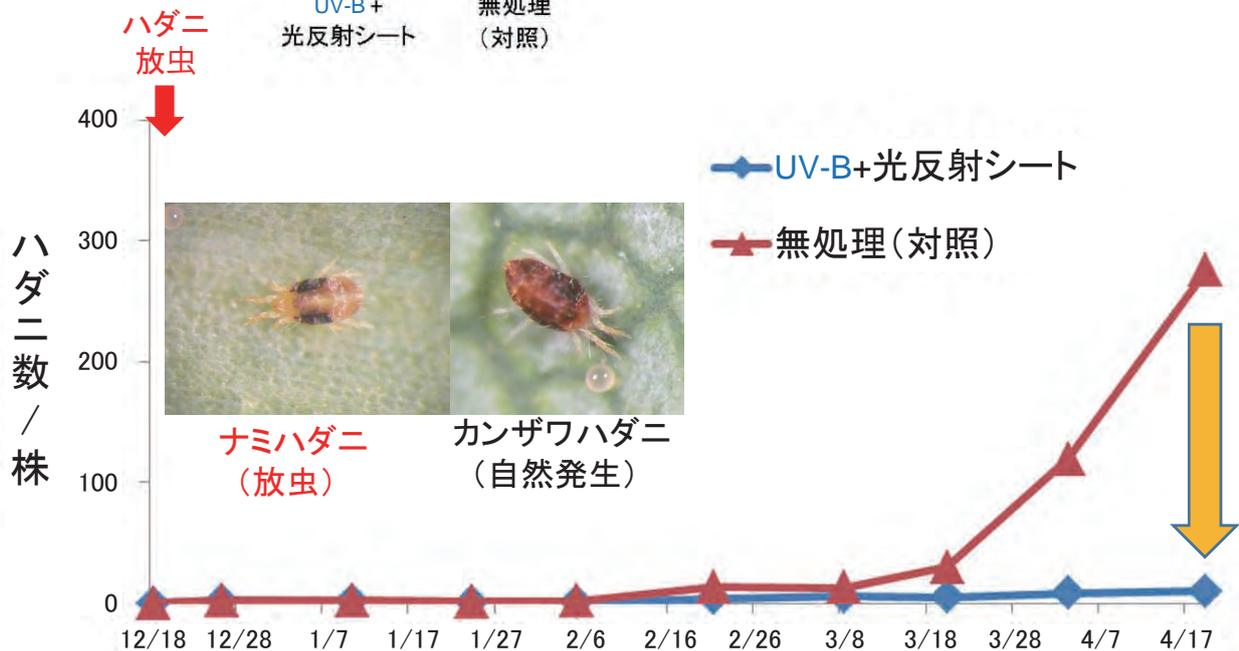
照射時間: 夜間3時間

光反射シート: マルチ上 (被覆率100%)

+サイド

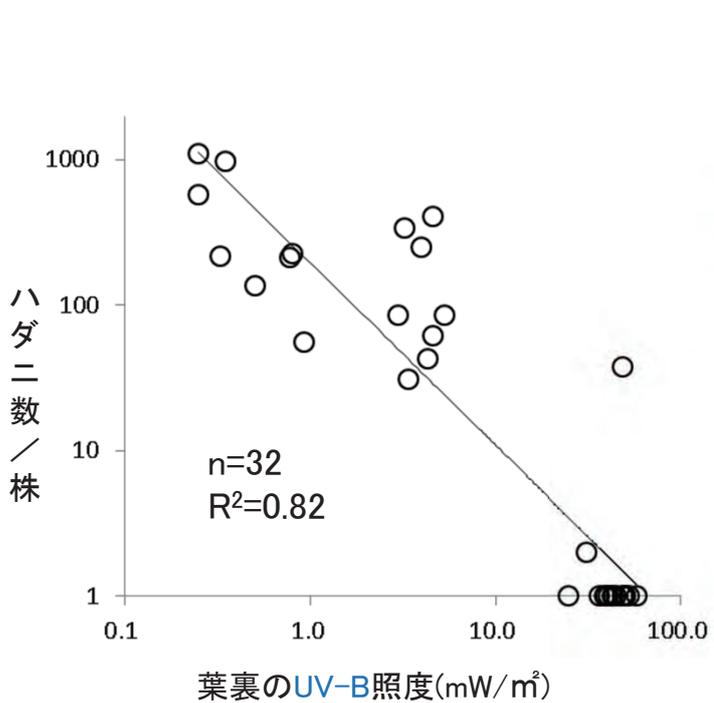
※殺菌剤は両区とも散布あり

殺ダニ剤は両区とも散布なし

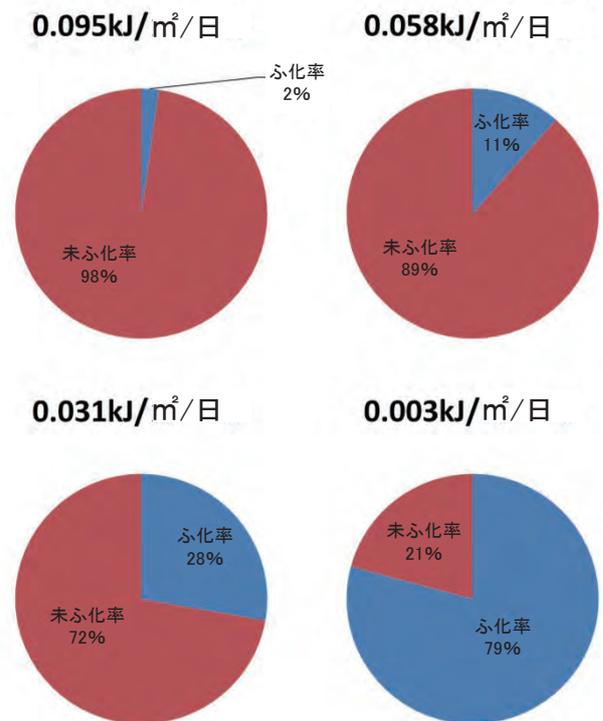


UV-B照射と光反射シートの組み合わせによる、うどんこ病・ハダニの抑制効果

ハダニの密度抑制効果は、葉裏のUV-B照射量で決まります。



圃場試験における葉裏UV-B照度とハダニ密度の関係 (Tanaka et al. 2016 改変)



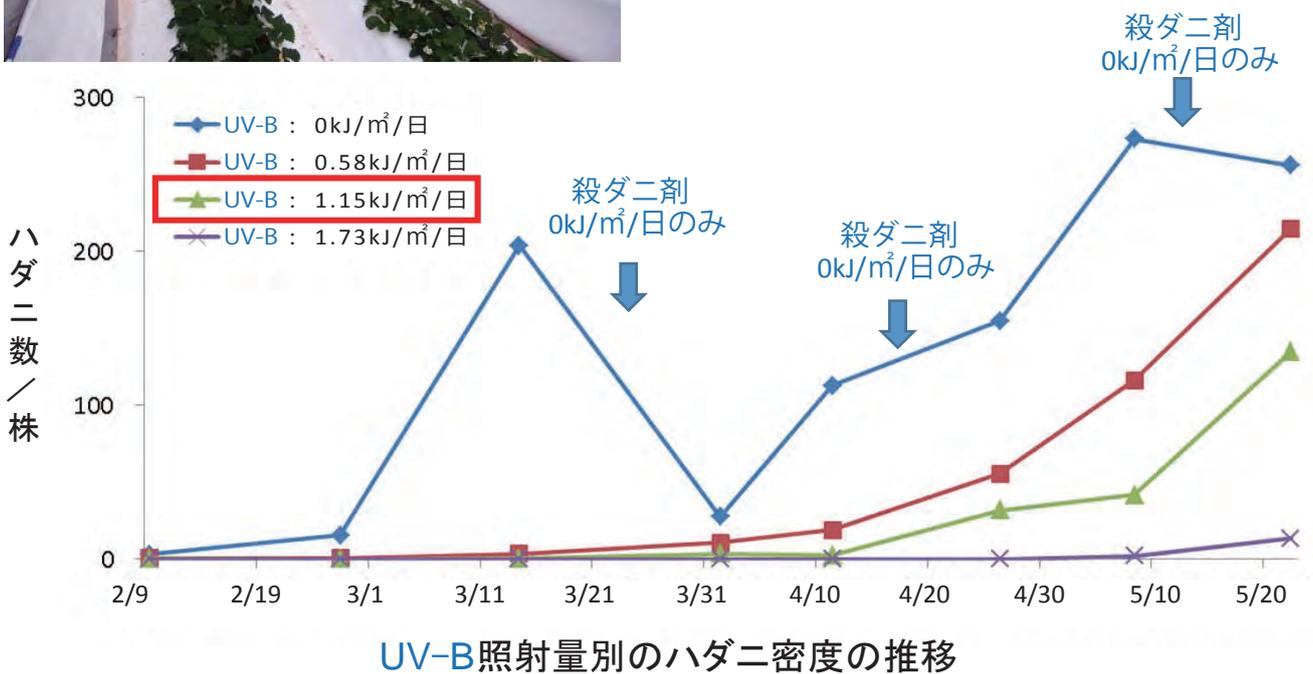
圃場試験における葉裏UV-B照射量とハダニふ化率の関係(ナミハダニ接種41日後)

- ・圃場試験では、葉裏にたくさんのUV-B光が当たるとハダニは抑制できますが、当たらないと抑制効果は期待できないことが明らかにされています。
- ・UV-Bによるハダニ抑制効果の主体は卵のふ化抑制(P.7)ですが、圃場試験においても、葉裏のUV-B照射量(=照度×照射時間)が多いとハダニ卵のふ化率が低いことが確認されています。

- ・UV-B照射と光反射シートを組み合わせることで、圃場におけるハダニの発生を春先まで抑制できます。
- ・4月以降は、ハダニ抑制効果が低下するため、効果を安定させる工夫を実施する(P.35)、カブリダニと併用する、温存していた殺ダニ剤を使用する、などの対策が必要です。



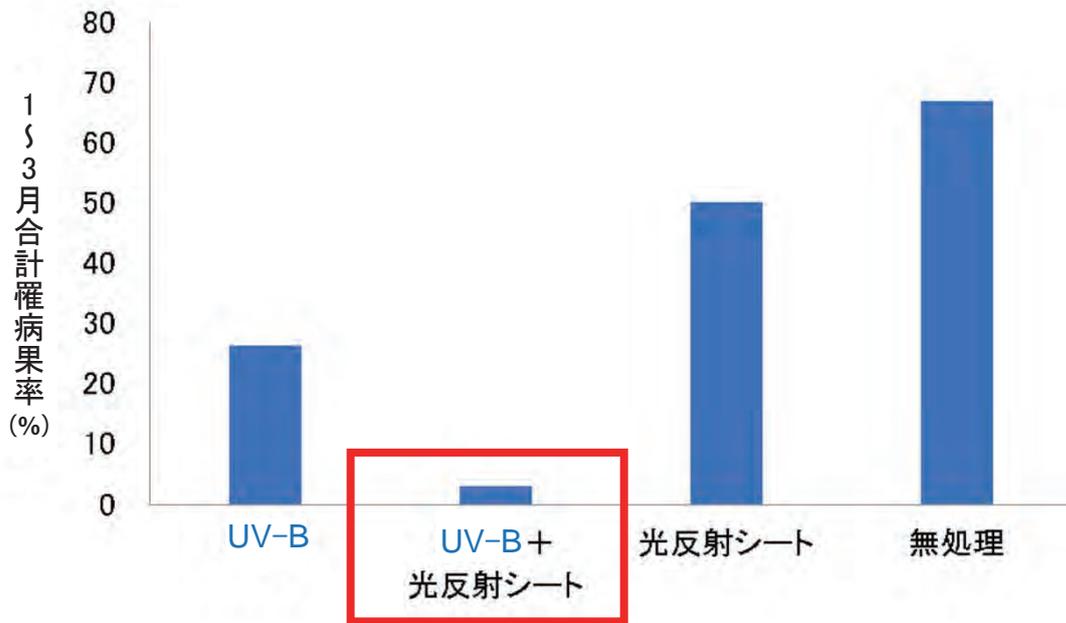
【試験概要】 土耕栽培  
 品種：‘紅ほっぺ’、‘おいCベリー’  
 条間×株間：30×25cm  
 UV-B照度：0.12W/m<sup>2</sup>（株上）  
 照射時間：夜間0、80、160、240分間  
 （照射量は各 0、0.58、1.15、1.73 kJ/m<sup>2</sup>/日）  
 光反射シート：マルチ上（被覆率100%）+サイド  
 ※無照射区のみ、殺ダニ剤を散布（図の矢印）



イチゴ株への影響(P.30)を考慮し、株上の日あたり照射量は1.15kJ/m<sup>2</sup> (0.12W/m<sup>2</sup> × 160分)が適しています。

→ 設置の目安：3時間照射の場合、0.1W/m<sup>2</sup>あれば1.08kJ/m<sup>2</sup>になります。

※光反射シート被覆率100%の試験結果



UV-B照射と光反射シートの各種組み合わせによる、うどんこ病の被害果率の違い



UV-B照射と光反射シートの各種組み合わせによる、うどんこ病被害果の発生状況(2018年3月9日収穫)

UV-B照射に光反射シートを組み合わせると、UV-B単独照射(従来技術)の時よりも、うどんこ病の抑制効果が大幅にUPLします!!

## (6) イチゴの生育、収量、品質に影響はないのか？

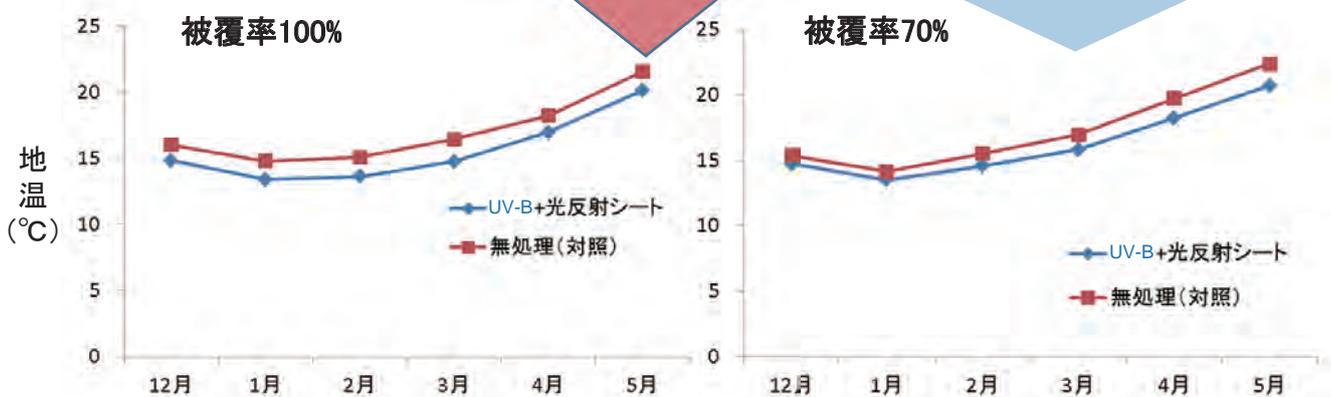
### ①地温・生育への影響

土耕栽培では、光反射シートをマルチ上に設置することで、地温が低下します。

#### 地温(畝下5cm)

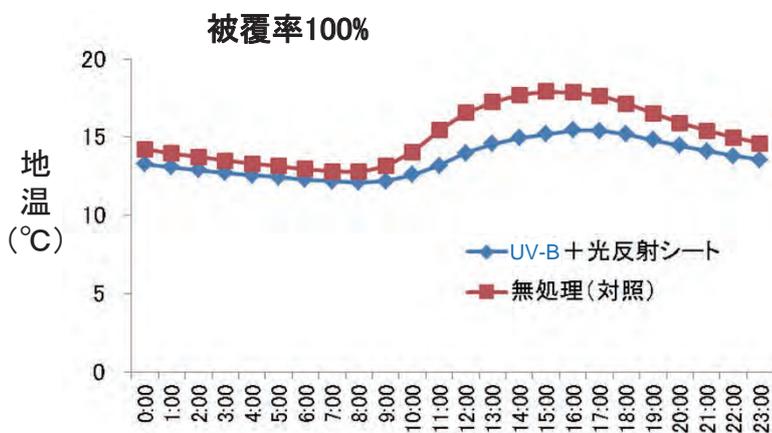
土耕栽培では、地温が約1.5℃低下しました。

被覆割合を70%にすることで、冬期の地温低下を半分以下(1.3℃→0.7℃)に抑えることができます。



#### UV-Bと光反射シートの組み合わせ試験区における地温の推移

高設栽培の地温は、光反射シートをマルチ上に設置しても、慣行(黒マルチのみ)とほぼ同じでした。



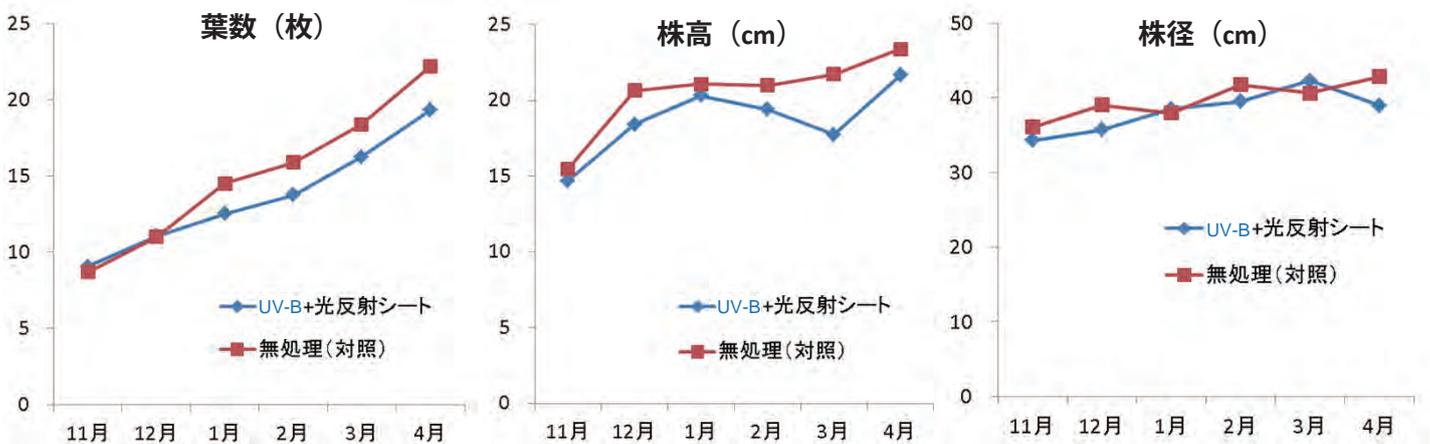
時間別の平均地温によると、光反射シートの設置により、日中の地温が上昇しないことがわかります。

#### 2月の時間別平均地温の推移(土耕栽培)

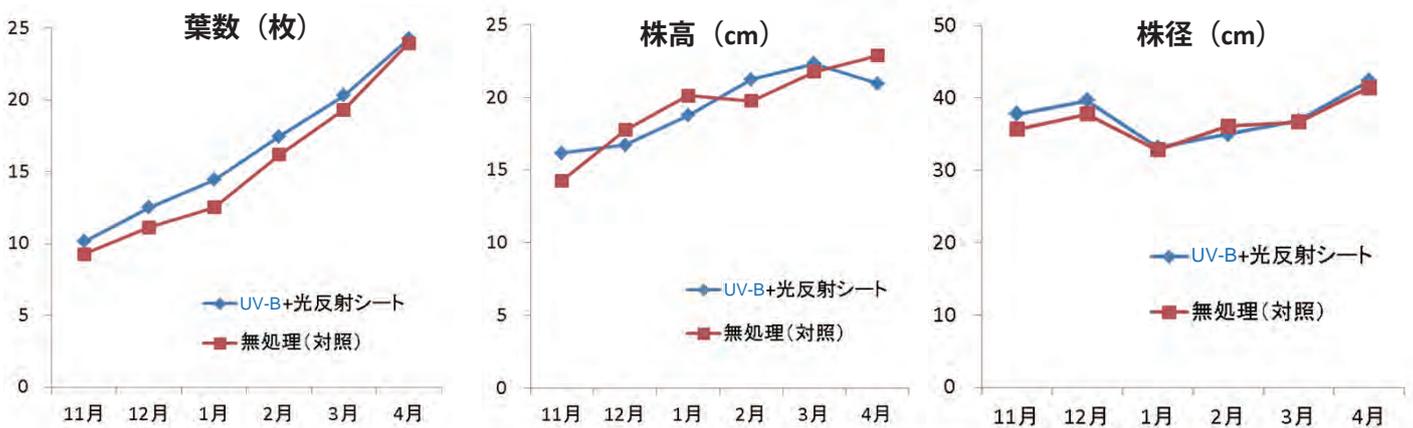
地温低下による生育への影響を受けやすい品種、受けにくい品種があります。  
また、地温低下を回避する方法があります。

**イチゴの生育** ‘さちのか’

**被覆率100%**



**被覆率70%**



UV-Bと光反射シートの組み合わせ試験におけるイチゴの葉数、株高、株径の推移

光反射シートの被覆割合を減らすことで冬期の地温低下が抑制され(P.28)、イチゴの生育への影響も緩和されます。

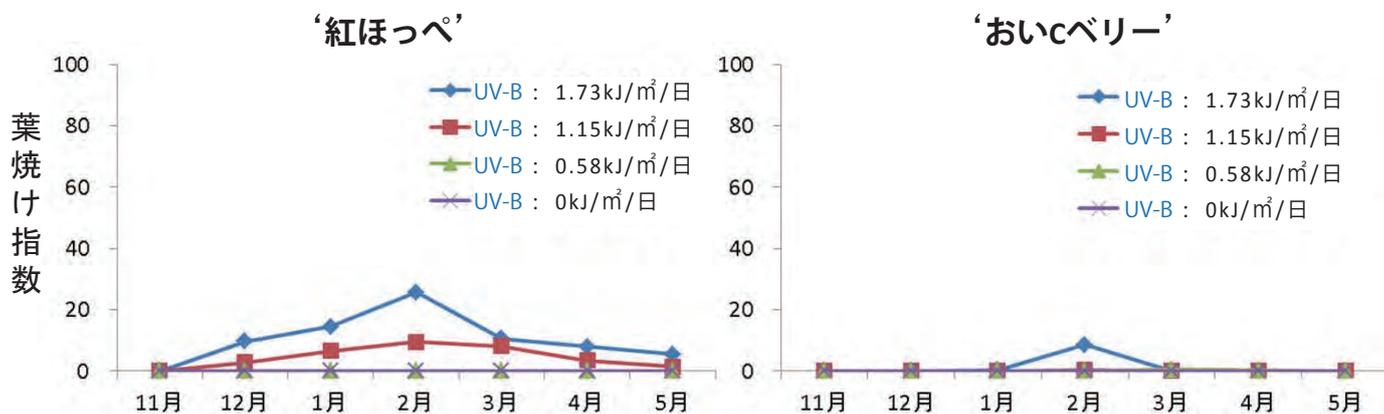
- ・UV-Bによるイチゴへの影響として、冬期に葉焼け症状が発生します。
- ・品種により、葉焼け症状の発生程度に違いがあります(P.9)。
- ・花への傷害はみられませんが、一部の品種(‘ゆめのか’)で果実表面の裂皮症状が助長される傾向が確認されています。

## イチゴへの傷害(葉焼け)



僅か (<5%)      やや (<5-10%)      少し (<10-20%)      中程度 (<20-40%)      ひどい (>40%)

$$\text{葉焼け指数} = (1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / (5 \times \text{株当たり葉数}) \times 100$$



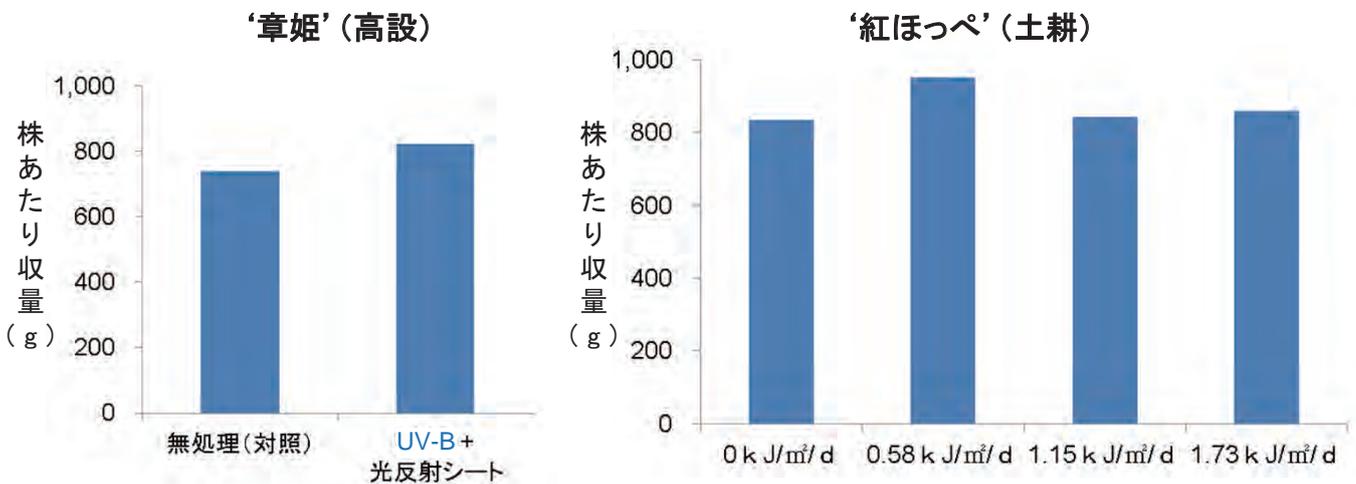
UV-B照射量別の葉焼け程度(指数)の推移

‘おいCベリー’の他、‘章姫’は葉焼けが出にくい品種です。葉焼けによる収量への影響はほとんどありませんが、照射量が増えると収量も漸減する傾向がみられています(P.31)。

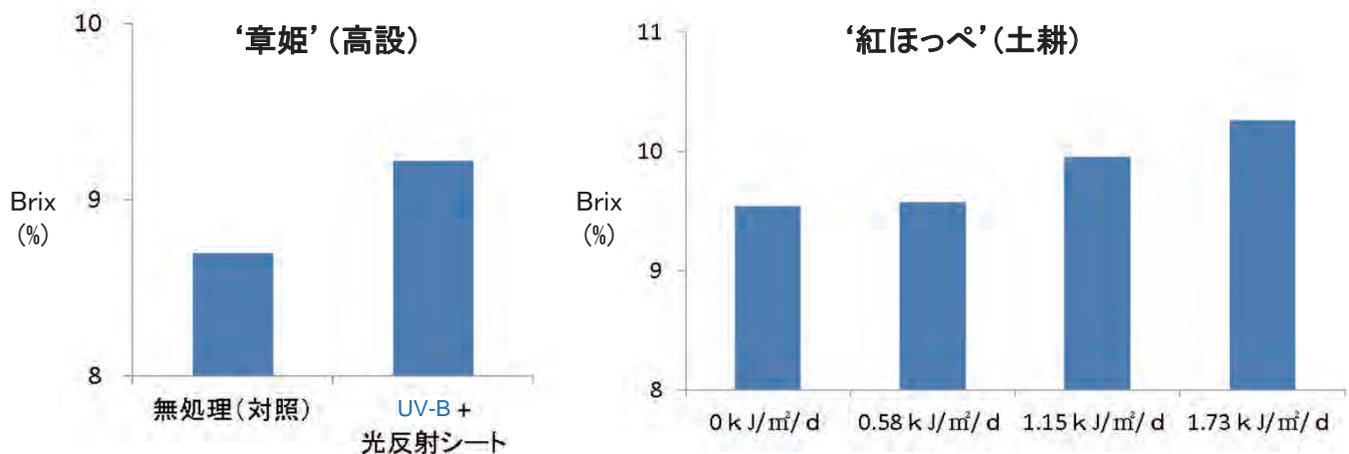
## ②収量・品質への影響

- ・‘章姫’で、病害虫の抑制により収量が増え、さらに糖度が高くなる傾向が確認されました。
- ・‘紅ほっぺ’で、収量はUV-B照射量が増えると漸減する傾向がみられましたが、糖度は照射量に比例して高くなる傾向がみられました。

### 収量



### 品質(糖度)



※土耕では全区に光反射シート(被覆率100%)を設置

UV-B照射と光反射シートがイチゴの収量・糖度に及ぼす影響

※事例により、収量や品質向上の程度は変化します。

## 品質(果色)

‘章姫’ (高設)

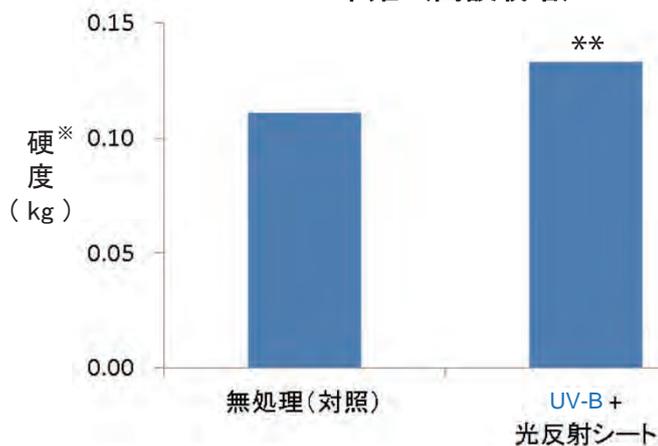


‘さちのか’ (土耕)

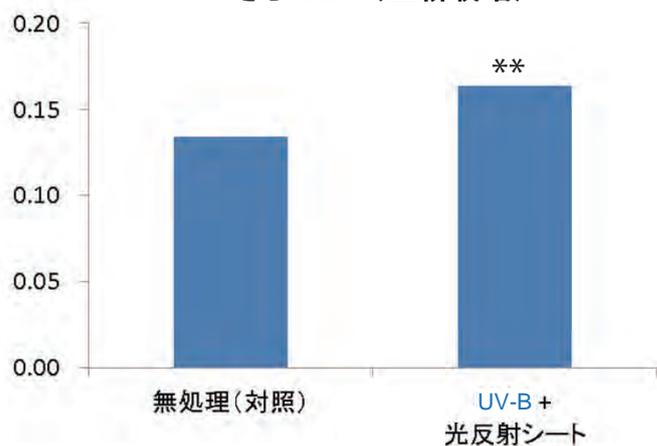


## 品質(果実硬度)

‘章姫’ (高設栽培)



‘さちのか’ (土耕栽培)



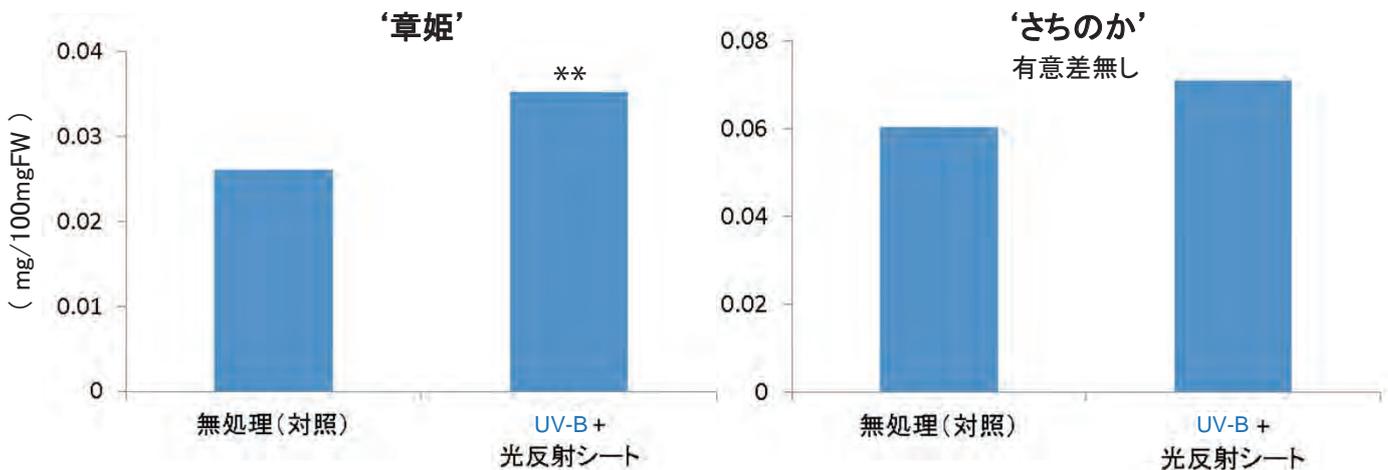
UV-B照射と光反射シートがイチゴ果実の色・硬度に及ぼす影響

※3mmプランジャー使用 t検定 \*\*  $P < 0.01$

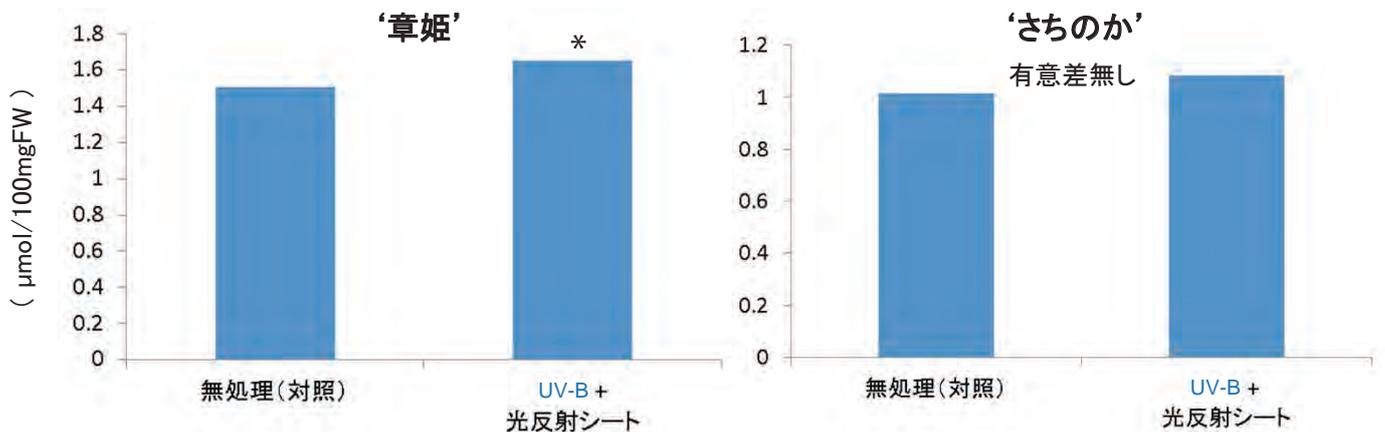
UV-B照射と光反射シートの組み合わせで、糖度が高く、果色が濃く、果皮が固くなります。

## 品質(成分含量)

### 果実のアントシアニン含量



### 果実の抗酸化活性

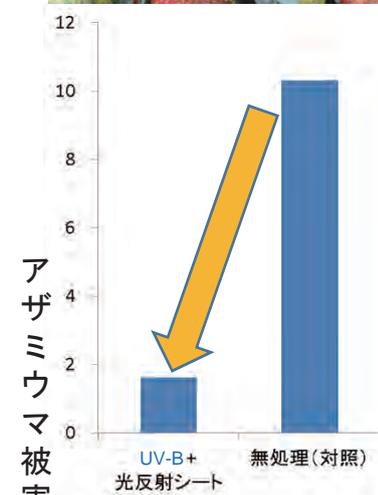
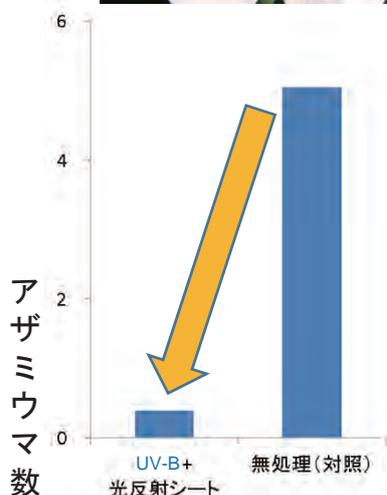
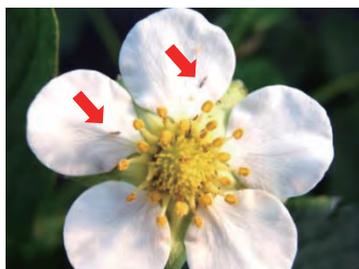


UV-B照射と光反射シートがイチゴ果実の成分含量に及ぼす影響

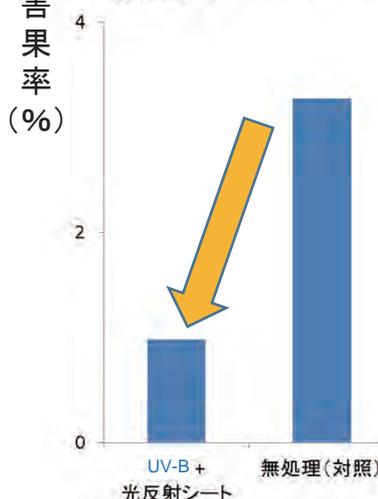
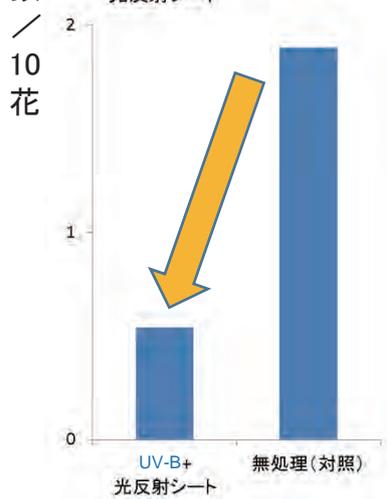
t検定 \*  $P < 0.01$  \*\*  $P < 0.01$

UV-B照射と光反射シートの組み合わせで、  
成分含量(アントシアニン含量、抗酸化活性)が向上しました。

UV-B照射と光反射シートの組み合わせで、アザミウマ被害も少なくなります。



光反射シート  
被覆率100%



光反射シート  
被覆率70%

UV-B照射と光反射シートの組み合わせによるアザミウマの抑制

光反射シートの設置面積により、アザミウマ抑制効果が決まると考えられます。

## (7) ハダニ抑制効果を安定させるための工夫

### ①いかにUV-Bを葉裏に当てるか

- ・UV-B照射によるハダニ抑制効果の主体は、ハダニ卵のふ化抑制です(P.7)。
- ・ハダニ卵のふ化抑制効果を高めるためには、**いかにして葉裏のハダニ卵へUV-B光を当てるか**、が重要です(P.25)。

#### ハダニ抑制効果を決める3要素

①葉裏へのUV-B照度

②UV-B照射時間

①×②= UV-B照射量(多いほど効果は高い)

③ハウス内気温(ハダニ卵の発育期間を決定)

気温が高いほど卵期間が短くなり、効果は低くなります(P.39)

### ①の葉裏へのUV-B照度を高める工夫

1. 栽植密度(条間×株間)を広くします(P.36)
2. 脇芽管理(基本: 1芽管理)・古葉の処理を徹底します
3. 草姿が立性の品種(章姫、など)を定植します(P.9)
4. 光反射シートの設置方法を工夫します(P.22、P.36~38)
5. UV-B照度を強くします(UV-Bランプの増設)

### ②のUV-B照射時間の工夫

1. 照射時間の延長(例えば、3時間→4時間)

※夜明けまで3時間以上の暗期確保は必須です

※春先に増加する「うどんこ病」対策としても有効です

### ③による効果低減を回避する工夫

1. 気温が高くなる春先に、葉裏へのUV-B照度×照射時間を高くするようにします
2. 天敵「カブリダニ」、薬剤使用等、UV-B以外の対策と併用します

照射量を増やすことで抑制効果は高くなりますが、**イチゴ株への傷害(P.30)を考慮する必要があります。**

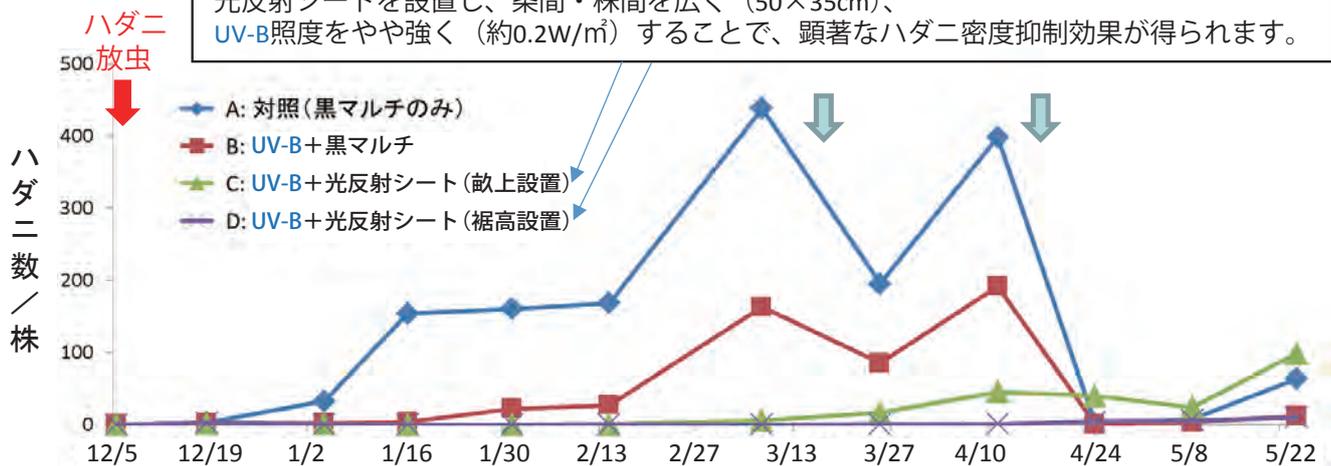
## ②条間・株間を広くする

条間・株間を広くし、やや強いUV-B光を照射することで、  
薬剤散布なしで、長期間ハダニを抑制できます。

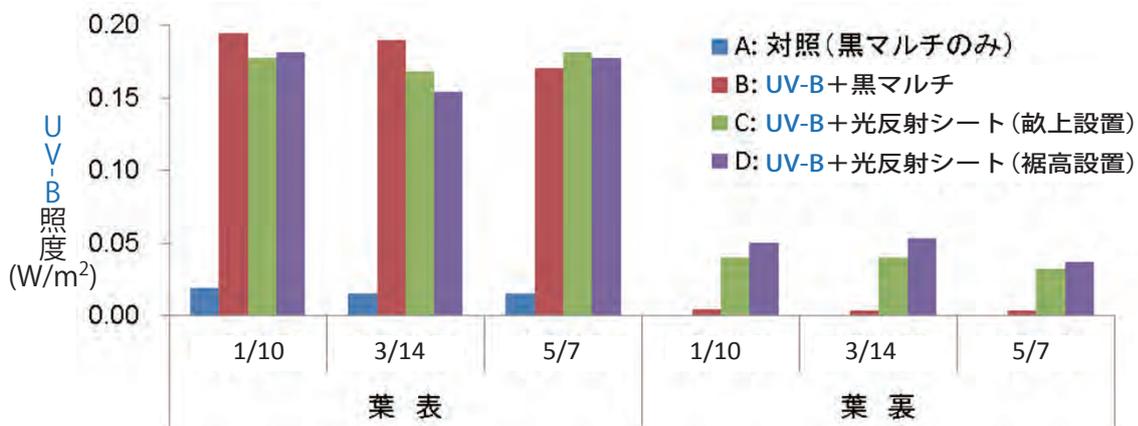


土耕栽培 品種：‘紅ほっぺ’、‘章姫’  
条間×株間：50 × 35cm  
UV-B照度：0.2W/m<sup>2</sup>  
照射時間：夜間3時間  
光反射シート：マルチ上（被覆率100%）  
※A、Bのみ殺ダニ剤を散布（図の矢印）

光反射シートを設置し、条間・株間を広く（50×35cm）、  
UV-B照度をやや強く（約0.2W/m<sup>2</sup>）することで、顕著なハダニ密度抑制効果が得られます。



光反射シート設置方法の違いがハダニ抑制効果に与える影響 (Tanaka et al. 2016 改変)



葉表と葉裏のUV-B照度 (Tanaka et al. 2016 改変)

光反射シートの設置方法を工夫することで、葉裏へのUV-B照度が向上し、  
ハダニ抑制効果は安定します。

### ③畝裾部の光反射シートの工夫

光反射シートの設置方法の工夫で、葉裏のUV-B照度を強くできます。



黒マルチのみ



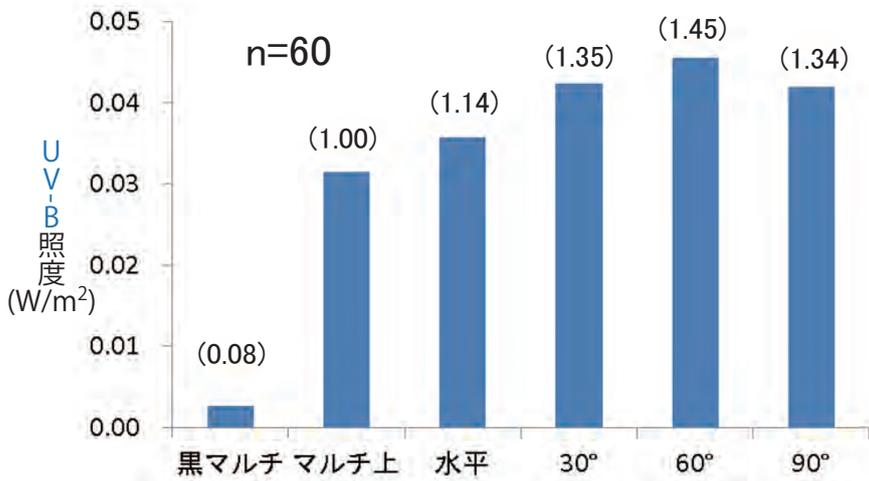
光反射シートを黒マルチの上に設置



畝裾部の光反射シートを水平にする



畝裾部の光反射シートを60°角に持ち上げる



光反射シート設置角度別の葉裏UV-B照度

※( )内はマルチ上設置を1とした割合

通路の作業性に問題あり

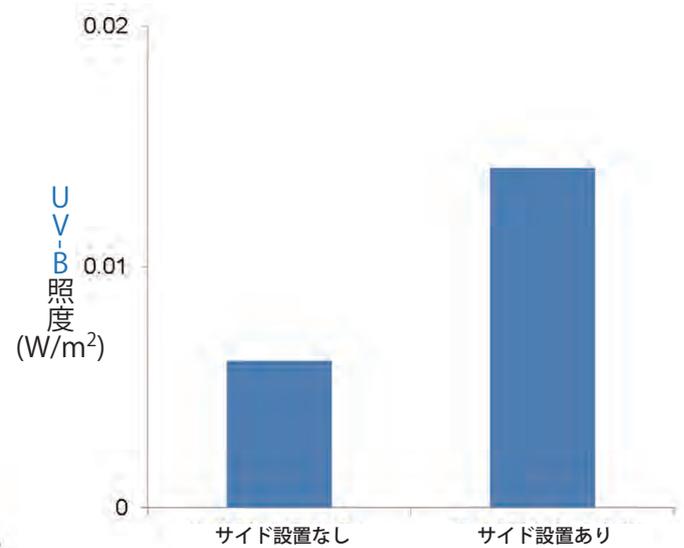
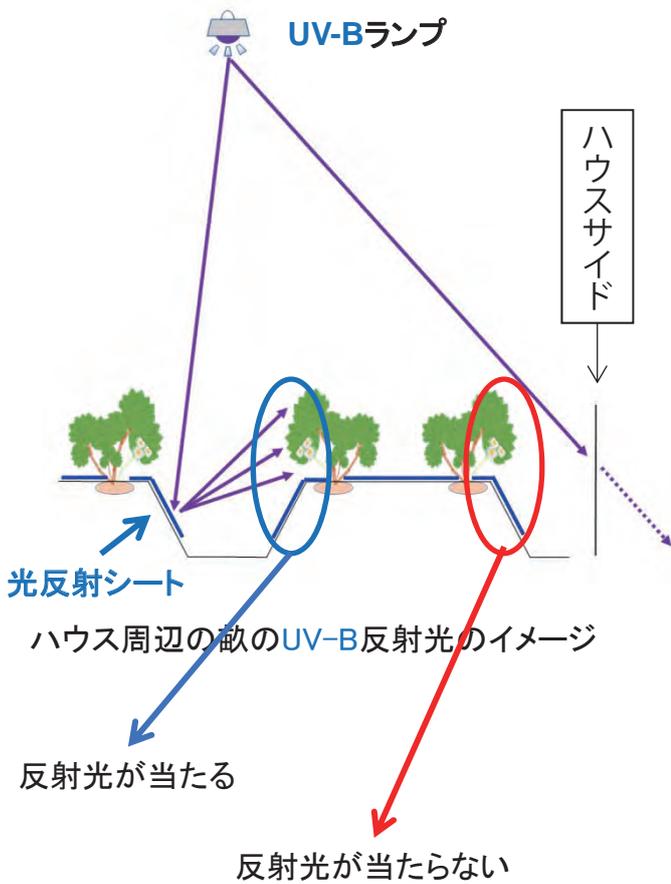


角度をつけて光反射シートを設置した、圃場の様子

光反射シートの角度を変えることで、葉裏のUV-B照度が強くなります。角度をつけた光反射シートは、通路にはみ出すことになり、作業性は悪くなってしまいます。

#### ④ハウスサイド(裾部)に光反射シートを張る

ハダニはハウス周囲から侵入することが多いため、ハウスサイドのUV-B強化は効果が高くなります。



光反射シートのサイド設置によるハウス側面側の株の葉裏へのUV-B照度の比較



ハウスサイドに垂直に光反射シートを設置すると、葉裏への反射率が向上する。

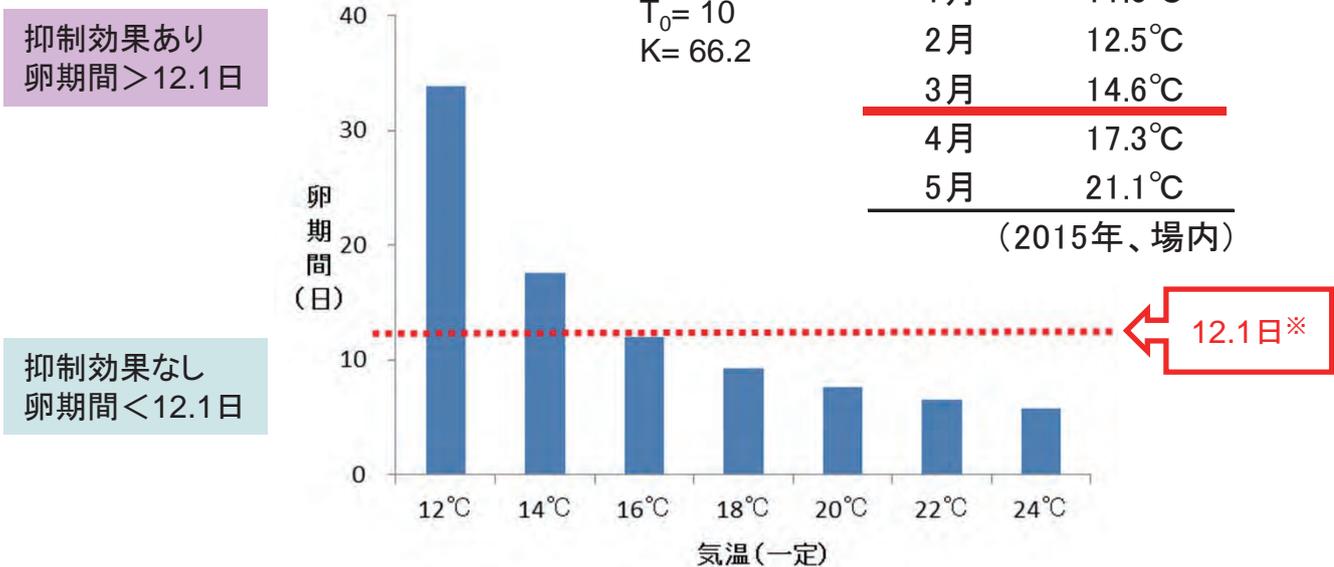
## ⑤4月以降の抑制について

ハウス内の気温が高くなると、ハダニ卵期間が短くなります。  
 気温16℃以上(およそ4月以降)では、ハダニ卵期間が短くなり、UV-Bの効果が出る前に、ハダニはふ化してしまいます。

### 土耕栽培の平均気温

12月	12.7℃
1月	11.0℃
2月	12.5℃
3月	14.6℃
4月	17.3℃
5月	21.1℃

(2015年、場内)



一定の気温条件におけるナミハダニ卵期間とふ化抑制効果が期待できる日数\*との関係

※葉裏に0.005W/m<sup>2</sup>照射されている場合にハダニ卵のLD<sub>50</sub>(0.58kJ/m<sup>2</sup>)に到達するまでに要する日数(1日160分照射)

LD<sub>50</sub>・・・ハダニ卵の半数がふ化しないUV-B照射量

株が混み合う4月以降は、UV-B反射光が葉裏に当たりにくくなります。この時期は、天敵「カブリダニ」等、他の技術との組み合わせの検討が必要になります。

# 5

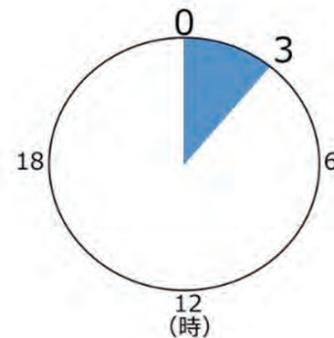
## UV-B の効果を確認したい

### (1) UV-B 照射によってイチゴで誘導される防御関連遺伝子発現の確認

イチゴにおいてUV-B 照射による病害抵抗性誘導を評価・確認する手段の実証例です。

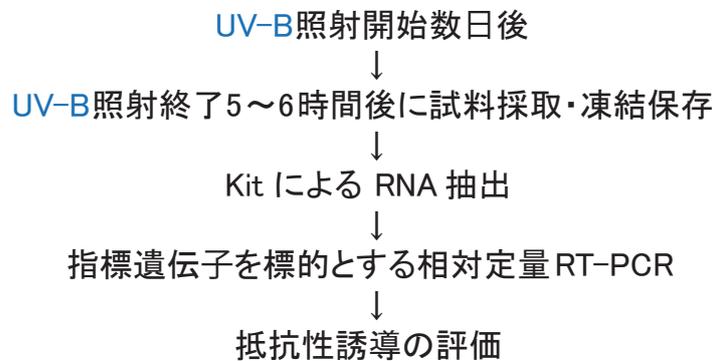
毎晩午前 0 ～午前 3 時の 3 時間UV-Bを照射した、‘さぬき姫’と‘よつぼし’を用いました。

‘さぬき姫’は、UV-B照射開始後2、4、7日のポット苗から、‘よつぼし’は、UV-B照射開始後2日のポット苗と32日(定植後7日)の定植株から試料を採取しました。



UV-B を照射するイチゴ栽培温室とUV-B 照射サイクル

RNAの抽出にはISOSPIN Plant RNA [Assist Buffer for ISOSPIN Plant RNA (ニッポン・ジーン)]を用いました。

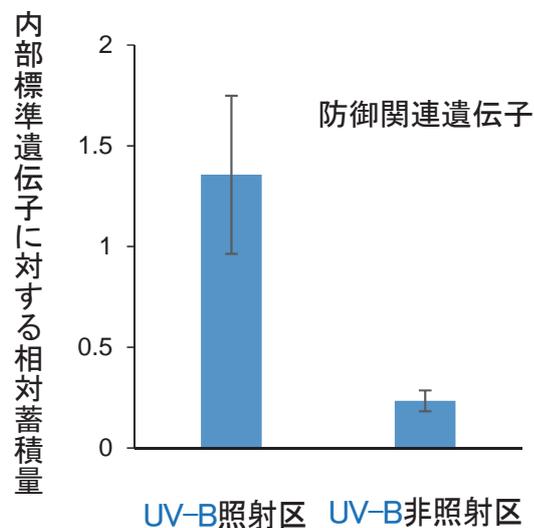


抵抗性評価の概略

## 相対定量 RT-PCR

防御関連遺伝子をUV-B照射による抵抗性誘導の指標遺伝子として選抜し、Thermal Cycler Dice® Real Time System II (TaKaRa) を用いて、転写物の相対蓄積量を計測しました。ワンステップによる相対定量RT-PCRにはRNA-direct™ SYBR® Green Realtime PCR Master Mix (TOYOBO)を用い、1反応あたり、10 µL (RNAは100 ng) としました。

熱変性 1	90 °C	30 秒
逆転写	61 °C	20 分
熱変性 2	95 °C	30 秒
PCR サイクル(45回)		
熱変性	95 °C	15 秒
アニーリング	60 °C	15 秒
伸長	74 °C	30 秒
融解曲線解析	95 °C	10 秒
	60 °C	5 秒
	95 °C	10 秒



### 相対定量RT-PCR の条件

UV-B照射後の防御関連遺伝子を指標としたイチゴ（品種：‘さぬき姫’）における抵抗性誘導の確認（照射開始後4日） エラーバーは標準誤差

この方法により、照射開始後4日の‘さぬき姫’において、防御関連遺伝子が発現誘導されたことが示されました。照射開始後2日、7日の‘さぬき姫’、照射開始後2日、32日（定植後7日）の‘よつぼし’においても同様の結果が得られています。

留意事項：UV-Bランプ光源直下（半径約1.5 m）からの試料回収、複数の指標遺伝子や内部標準遺伝子の併用による総合評価も推奨します。

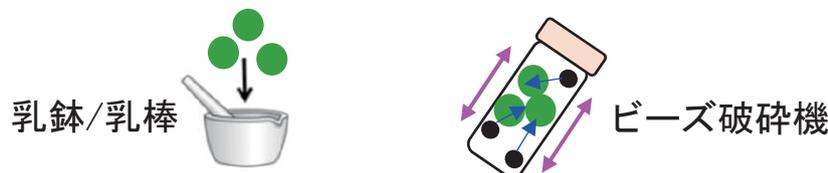
本項目のお問い合わせ先： 宮崎大学農学部

## (2) さらにイチゴの抵抗性誘導の解析のための高品質RNAの抽出法

イチゴの抵抗性誘導を解析するには、高品質のRNAを抽出する必要があります。しかし、イチゴの組織はRNA抽出やその後の実験における阻害要因となる多くの成分を含んでいます。そこで、簡単かつ迅速に高品質なRNAを抽出できる方法を開発しました。

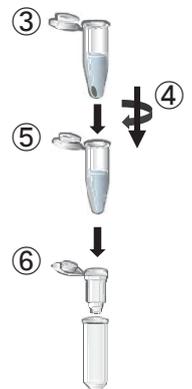
### ＜RNA抽出法—前処理—＞

1. コルクポーターNo.3を用いて3～4枚の葉片を採取し、直ぐに液体窒素で凍結します。
2. 凍結した試料を、ビーズ破碎機または乳鉢/乳棒で、パウダー状になるまで破碎します。



以降、**マニュアル精製** (promega(株)のReliaPrep™ RNA Tissue Miniprep Systemを使用します)

3. 破碎したサンプルに、500 $\mu$ lのLBA Buffer /1-Thioglycerolを加えます。
4. 遠心 (14,000  $\times g$ , 3分) を行い、上清を新しいチューブへ移します。
5. 170 $\mu$ lのイソプロパノールを加え、5秒間激しく振盪します。
6. 以降、キットのマニュアルに従います。



以降、**自動精製** (promega(株)のMaxwell® RSC simplyRNA Tissue KitとMaxwell® RSC Instrumentを組み合わせます)

3. 氷冷した1-Thioglycerol/Homogenization Solution 600 $\mu$ l\*を加え、激しく振盪します。
4. 遠心(15,000rpm, 4°C, 2分)し、上清400 $\mu$ lを新しいチューブへ移します。
5. Lysis Bufferを200 $\mu$ l加え、1分間激しく振盪します。
6. 400 $\mu$ lをMaxwell RSCのカセットへ添加し、核酸自動精製を実施します。

\*濃い緑色の古葉や阻害物質を多く含むイチゴ品種の葉から調製する場合は500 $\mu$ lのFruit-mate(タカラバイオ)に変更します。



## <RNA抽出のコツ>

- ・試料は適正な量を供試します。過剰な葉片数から抽出しないことが一番のコツです。
- ・なるべく若い葉からサンプリングしてください。

## <詳細>

### ① RNA抽出に適する葉位

コルクポーターNo.3を用いて、ポット苗では第1展開葉からサンプリングします。圃場栽培のイチゴでは、直径5cm程度(±1cm程度)の第1展開葉からサンプリングします。



ポット苗

圃場栽培のイチゴ

### ② 葉位の違いによるRNAの収量・純度

‘女峰’では、第1展開葉から、収量・純度が高いRNAが得られました。

イチゴの葉位の違いによるRNAの収量および純度

第3展開葉		第1展開葉	
濃度(ng/μl)	A260/A280*	濃度(ng/μl)	A260/A280*
170.53	1.79	718.8	1.93

\*純度の高いRNAは吸光度の比が2.0程度

### ③ Fruit-mateの効果

‘とちおとめ’で、Fruit-mateからは収量・純度が高いRNAが得られました。

イチゴRNA抽出におけるFruit-mateの効果

1-Thioglycerol/Homogenization Solution		Fruit-mate	
濃度(ng/μl)	A260/A280*	濃度(ng/μl)	A260/A280*
72.3±14.5	1.96	243.74±14.1	2.03

本項目のお問い合わせ先:岡山県農林水産総合センター生物科学研究所

# 6

## 超音波による防虫装置

### 超音波でヤガ（夜蛾）の被害を抑制できる理由

ヤガなどの蛾は、超音波を出しながら虫を捕食するコウモリから逃れるために耳を持つようになり、超音波から逃げるなどの行動をとります。この習性を利用し、本装置を圃場周辺に設置することで、ハスモンヨトウやオオタバコガなどを中心とした蛾類害虫を圃場に近づかせないことができます。



ハスモンヨトウの卵塊(左図)、幼虫(中央図)、成虫(右図)  
(提供: 農研機構)

### 効果と制限

ヤガの多くが活発に飛ぶ日没前～夜間に超音波を発信させることで、メスが圃場へ近づくのを抑え、作物への産卵を防ぎます。超音波に殺虫効果はないため、ヤガ成虫の発生数が多くなる前に本装置を設置しておくことが重要です。

### システム構成

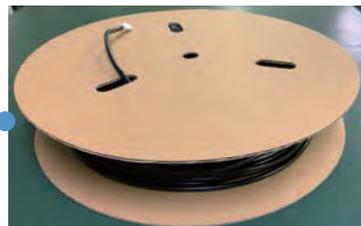


#### 制御装置(本体)

最大で8個のスピーカーを制御できます。圃場に設置する際、防雨ボックス等に収納して使用することを推奨します。

サイズ: 190 × 160 × 70mm  
(突起部含まず)

接続



#### ケーブル

装置本体(左図)とスピーカー(右図)を接続します。使用できるケーブルは最大で200mとなります。

接続



#### 防虫スピーカー

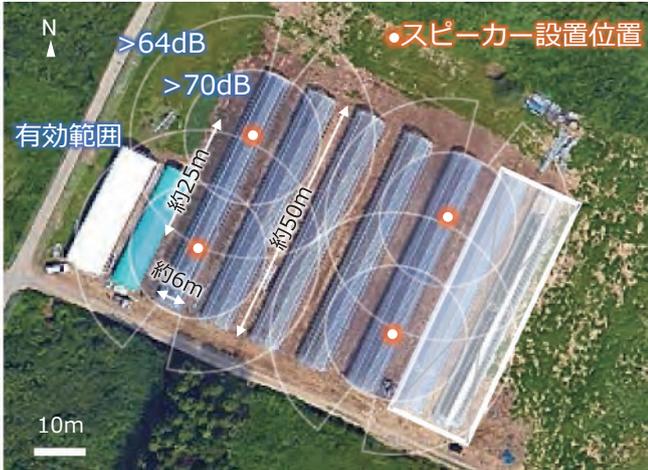
ビニールハウスでの使用に最適化されています※。水平方向360度に超音波を発信しますので、側窓の中央付近の高さに設置するのが効果的です。

サイズ: φ176(傘部) × 230mm  
(コード類含まず)

#### ※注意点

超音波の伝播は障害物によって容易に遮断されます。作物が成長してスピーカーの高さまで達する場合、超音波の伝播が遮られます。作物種、栽培方法ごとに設置方法の検討が必要となります。

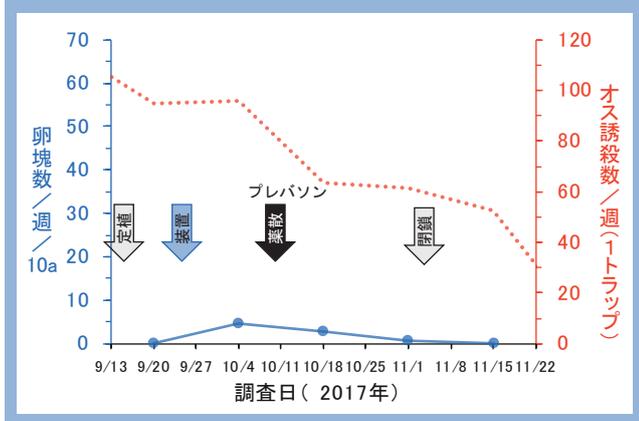
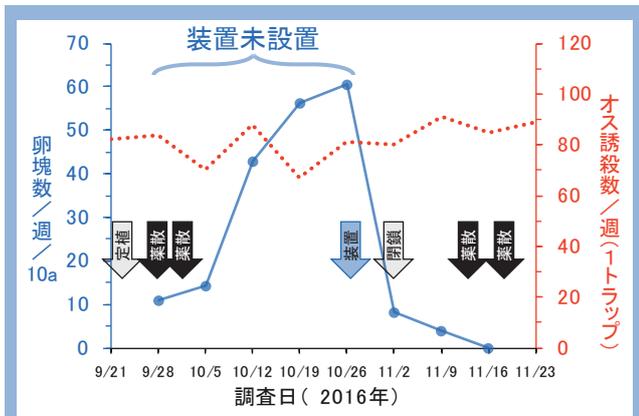
## 土耕イチゴ栽培での使用例



全長50 mの本圃ハウス5棟（俯瞰図）における設置例

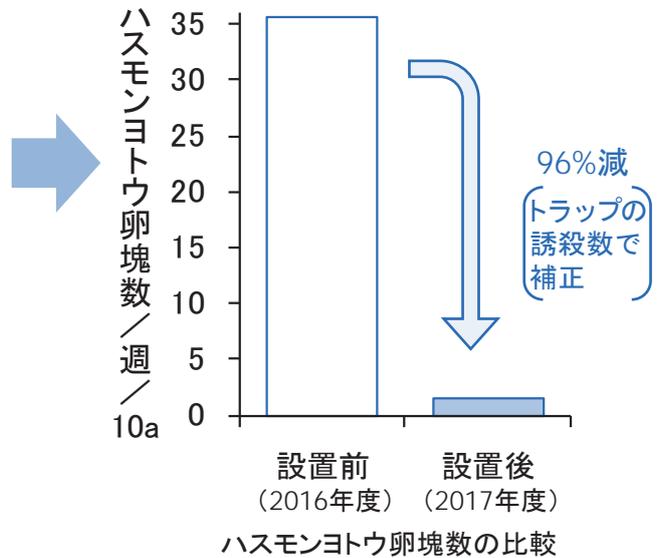
- 圃場の四隅付近にスピーカーを設置
- スピーカーは紐等でハウス天井から吊り下げ、側窓の中央付近の高さに設置
- 単相100V交流電源(50/60Hz)で駆動
- 17:00～翌6:00頃に動作するよう、市販の24時間タイマーを使用
- ミツバチによる授粉を妨げず、着果率に悪影響は見られません

## 上記事例における防除結果（ハウス内の卵塊数）



ハスモンヨトウ卵塊数の推移

本項目のお問い合わせ先： JRCS株式会社 圧電事業部 圧電課  
東北学院大学情報科学科 松尾研究室



- 10月下旬に本圃へシステムを導入、翌週は卵塊数が70%減少（左上図）
- 定植直後に導入、卵塊数は2016年度の設置前と比べ96%減少（左下図、右図）
- ハスモンヨトウ防除薬剤散布回数を4→1回に削減

# 7

## 植物活力剤

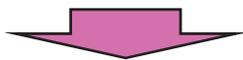
植物に必要な微量元素やアミノ酸などを程よく配合した資材です。  
植物に必要な成分を補うことで、健全な生育を助け、活力を高めた植物体を作ります。

### 「植物活力剤」の開発

微量元素、有機成分、食品添加物 など  
植物の健全な生育を助ける原料を厳選



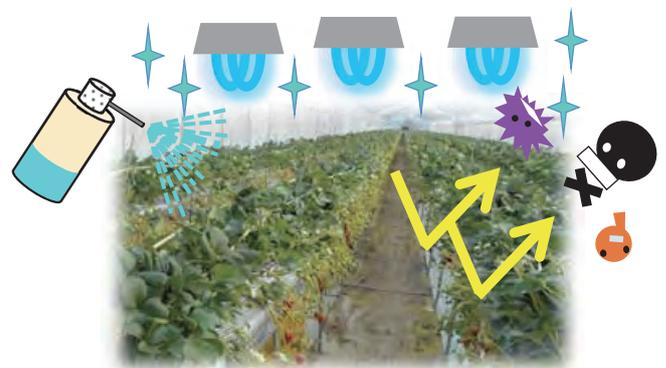
安心安全な成分を用いてカクテルを作製



植物の活力を高めて健全に育成させ、  
環境にやさしい「植物活力剤」の完成

植物活力剤は微量元素により、  
植物の栄養状態を改善し、  
植物の活力を高める資材です。

### UV-B照射と植物活力剤を併用



植物活力剤により健全に生育させる。  
UV-B照射との併用でさらに効果アップ！

### <散布方法>

- ① 500倍に希釈して展着剤(アプローチ®BIを推奨)を混ぜ、葉面散布して下さい。
- ② 散布は1~3週間ごとに行うと効果的です。

### <注意>

- ・リン酸、亜リン酸液肥との混用は避けてください。  
(沈殿が析出する恐れがあります。)
- ・石灰硫黄剤、アルカリ性農薬との混用は避けてください。  
(有毒ガスが発生する恐れがあります。)

目安散布量	
育苗期	3~5号ポット当たり
	5~20ml
本圃	10a当たり
	100~300ℓ

\*生育状況に応じて調整してください

散布量の目安(希釈液)

<主な効果>

① 健全な生育の維持・向上

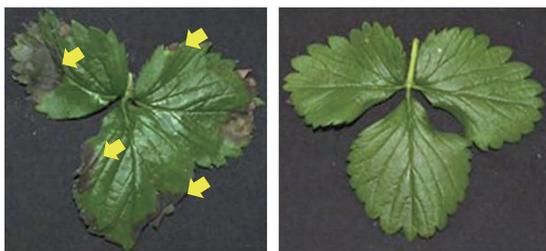
植物活力剤をイチゴ（品種：‘女峰’）に処理した3日後にイチゴ炭疽病菌を接種しても、イチゴは健全なままでした（6日後に調査）。

② UV-B照射で更に効果アップ

施設栽培イチゴ（品種：‘章姫’）において、「植物活力剤散布+ UV-B照射」で、健全な株の割合が高くなりました。

③ 親株・苗への散布により発根促進

植物活力剤を継続散布した親株から切り離した挿し苗では、発根が促進され、活着が早くなりました。



無処理区      植物活力剤散布区  
炭疽病菌接種6日後の葉の状況  
(矢印は感染部位を示す)

植物活力剤  
+  
UV-B(健全株率97%)



無処理(健全株率0%)

施設栽培でのうどんこ病発生状況  
(矢印はうどんこ病の感染部位を示す)



親株・苗への散布により発根促進

挿し苗の活着割合(%)

	挿し苗の活着割合(%)	
	挿し苗1週間後	挿し苗2週間後
無処理区	16	100
植物活力剤散布区	100	100

本項目のお問い合わせ先:岡山県農林水産総合センター生物科学研究所  
片倉コープアグリ株式会社筑波総合研究所

# A

## これが基幹技術のランプです

UV-B電球形蛍光灯反射傘セット  
UV-B電球形蛍光灯+反射傘：6セット入(1キット)

**SPWFD24UB2PA**  
(SPWFD24UB1PA 後継品)

**SPWFD24UB2PB**  
(SPWFD24UB1PB 後継品)

SPWFD24UB2PA

SPWFD24UB2PB



高さ：1.5~2m



高さ：1.2m

紫外線を照射することで、植物病害を抑制し、農薬の散布回数減。

特長

- 1 紫外線 (UV-B) による植物病害抑制
- 2 農薬散布回数削減で安心・安全
- 3 コンパクト・取付け簡単、長寿命 (約4,500時間)



### 紫外線 (UV-B) による植物病害抑制

(イチゴうどんこ病)  
葉への適度なUV-B照射により免疫機能を活性化させることで、うどんこ病の発生を抑えます。



〈未照射〉



〈照射〉

### 農薬散布回数削減で安心・安全

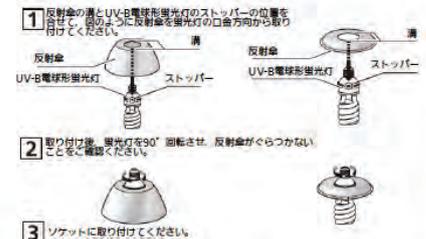
UV-B照射による発病抑制効果分の農薬の使用量を減らせるので、散布の手間・人体への影響を抑えられ、同時に安全性の高い減農薬作物を生産できます。



### コンパクト・取付け簡単、長寿命 (約4,500時間)

電球形蛍光灯と同じコンパクトな形状のため、取付けはE26口金に取付けるだけです。また、UV-B照射効果の持続時間は約4,500時間と長寿命を実現します。

※当社実験結果であり、品質保証期間ではありません。  
※夜間3時間で年間8ヶ月点灯の場合、約6年間に相当します。



〔SPWFD24UB2PA〕

〔SPWFD24UB2PB〕

\*エビデンス情報：福島県農業総合センター様の圃場 (4m<sup>2</sup>) にてイチゴうどんこ病を抑制することを検証。  
\*この商品は病害の被害を軽減することはできませんが、病害をゼロにできるものではありません。

### ■ 定格表

品番	希望小売価格 (税抜) [円] ※1	御注文品番	POSコード	納期区分	標準梱包 ※2	寸法 [mm]		質量 [g]	口金	周波数 [Hz]	定格電圧 [V]	定格電流 [A]	定格消費電力 [W]	紫外線強度維持率 [%]	寿命 (平均値) [h] ※3
						ランプ外径	ランプ長さ								
SPWFD24UB2PA	オープン価格	SPWFD24UB2PA	4549980225325	△ (受注生産商品)	6セット×1	60.5	162	187	E26	50/60 共用	100	0.37	24	60 以上	4500
SPWFD24UB2PB	オープン価格	SPWFD24UB2PB	4549980225323	△ (受注生産商品)	6セット×1	60.5	162	147	E26	50/60 共用	100	0.37	24	60 以上	4500

●製品の定格およびデザインは改善等のため予告無く変更する場合があります。  
●ご使用の際、包装箱に入っている「取扱い上のご注意」をよくお読みの上、正しくお使いください。

※1 オープン価格の商品は希望小売価格を定めていません。  
※2 セットとはUV-B電球形蛍光灯と反射傘の組を表します。  
※3 寿命 (平均値) は紫外線量に基づき設定しており、保証値ではありません。

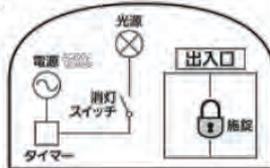
④ UV-B電球形蛍光灯は水銀使用製品です。家庭では自治体ルールに従い分別・排出し、事業所等では法令に従い処理してください。

## ■ 設置の目安

### UV-B電球形蛍光灯セットの運用方法と設置方法

#### 《必須の運用条件》

- 交流100V、周波数50/60Hzの電源をご使用ください。  
(推奨電圧範囲：95V~107V)
- 夜間0時~3時までの3時間のみ点灯してください。
- タイマーを設定し、点灯時間を管理してください。
- 施設等により施設を管理してください。
- 出入口に消灯スイッチを設置し、ハウスに入る時は消灯してから入ってください。
- 本製品は、点灯4500時間で交換してください。

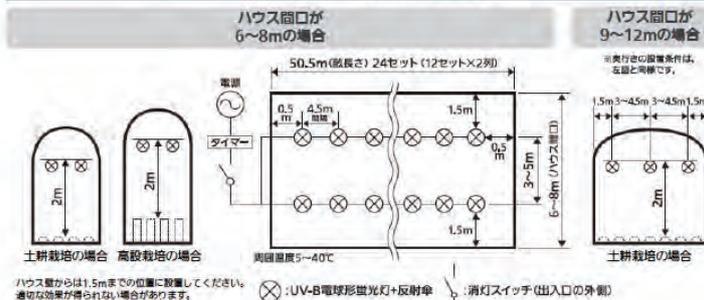


- ・ 内容につきましては改善等のため予告無く変更する場合があります。  
ランプ同梱の取扱説明書と相違がある場合は、本書の最新版をご参照ください。  
<http://panasonic.co.jp/es/pesld/products/others.html>
- ・ ご使用の際、ランプ同梱の取扱説明書の「取扱上のご注意」をよくお読みの上正しくお使いください。
- ・ UV-B電球形蛍光灯の取付けには、防水ソケットをご使用ください。

#### 《SPWFD24UB2PAの場合》

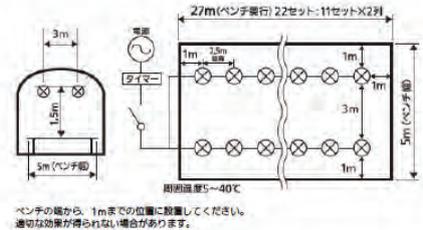
##### 本ほでの運用方法と設置方法 (イチゴの例)

10月~5月の8ヶ月点灯させます。



##### 苗場での運用と設置方法 (イチゴの例)

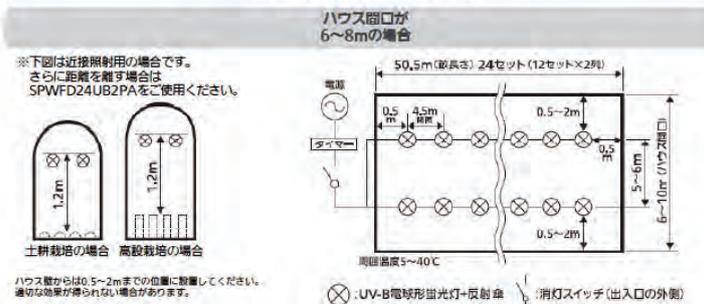
育苗期となる6月中旬~9月中旬の3ヶ月点灯させます。



#### 《SPWFD24UB2PBの場合》

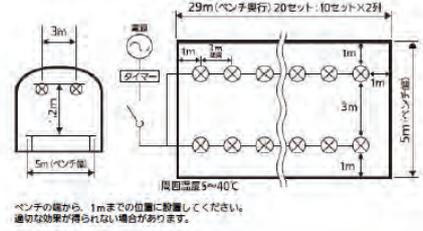
##### 本ほでの運用方法と設置方法 (イチゴの例)

10月~5月の8ヶ月点灯させます。



##### 苗場での運用と設置方法 (イチゴの例)

育苗期となる6月中旬~9月中旬の3ヶ月点灯させます。



## ■ (参考) 旧品番でのエビデンス情報および現場実証実験情報

※ 2016年4月現在

対象	取得年月・状況	作物	試験先様
うどんこ病	2014年6月済	イチゴ	福島県農業総合センター作物園芸部野菜科様
白さび病	2015年3月済	キク	鹿児島県農業開発総合センター
ハダニ	試験中	イチゴ	滋賀県

対象	状況	作物	試験先都道府県 (五十音順)
うどんこ病	実施中	イチゴ	大分県/滋賀県/静岡県/栃木県/兵庫県/福島県/宮城県
白さび病	実施中	キク	愛知県/鹿児島県

## ■ (参考) 一般に公開されているUV-B照射に関する情報

対象	作物	著者	題目・出典先
うどんこ病	付子 (育苗)	松浦克成・神岡武嗣・山田真・石渡正紀	紫外光 (UV-B) 照射によるイチゴ育苗期におけるイチゴうどんこ病防除 関西昆虫研報(52), 85-86, 2010 80報
	付子	神岡武嗣・松浦克成・小沼拓也・宇佐見俊行・雨宮良幹	紫外光 (UV-B) 照射によるイチゴうどんこ病の防除 植物防疫65(1), 28-32, 2011-01
	バラ	小林光智衣・藤川真史・佐藤衛・久松完・神岡武嗣・山田真・石渡正紀	紫外光照射 (UV-B) によるバラうどんこ病の発病抑制 植物防疫68(2), 53-57, 2014-02
	トマト苗・きゅうり苗	小林智之・山田真	UV-B照射がキュウリとトマト苗の病害抑制および障害発生に及ぼす影響 園芸学会平成27年度春季大会
	パセリ	山岸菜穂・中村憲太郎・中塚雄介・有井雅幸・服部玄・上久保和秀・小木曾秀紀・石山佳幸	長野県における紫外線B波 (UV-B) 照射によるパセリうどんこ病の発病抑制効果の検討 関東東山病虫研究会
ハダニ	-	村田康允・刑部正博	ハダニに対するUVBの致死効果と光回復 植物防疫68(9), 539-543, 2014-09
	メロン	増井伸一・片井祐介・山田真・青木慎一・根井尚史・刑部正博	温室メロンにおけるUV-B照射によるハダニ防除の効果と実用化のための課題 植物防疫68(9), 544-548, 2014-09
白さび病・ハダニ 灰色化病・うどんこ病	キク カーネーション バラ	農林水産省委託プロジェクト研究 『国産農産物の革新的低コスト実用プロジェクト』 『光花きコンソーシアム』	「光で花の病害虫を抑制する【紫外線(UV-B)光源の利用の可能性】」 <a href="https://www.naro.affrc.go.jp/flower/index.html">https://www.naro.affrc.go.jp/flower/index.html</a>

## 商品に関する問い合わせ先

パナソニック ライティングデバイス株式会社 経営企画部マーケティング課



# B

## UV-Bの単位について

### UV-B照射強度(=照度) 基本単位: $W/m^2$

【意味】UV-Bの瞬間的な強さ。放射照度とも呼ばれます。

(主な単位の換算)

$$1 W/m^2 = 1,000 mW/m^2 = 100 \mu W/cm^2$$

$$1 \mu W/cm^2 = 10 mW/m^2 = 0.01 W/m^2$$

### UV-B積算照射量(=照射量) 基本単位: $J/m^2$

【意味】UV-B照射強度に単位時間(秒)を掛けて算出されるエネルギー量です。例えば、UV-B照度 $0.1 W/m^2$ の光を一日に3時間(= 10,800秒)照射した場合の一日あたり積算照射量(=日あたり照射量)は、次式で計算できます。

$$\begin{aligned} \text{日あたり照射量} &= 0.1 W/m^2 \times 10,800 \text{秒} \\ &= 1,080 J/m^2 = 1.08 kJ/m^2 \end{aligned}$$

(主な単位の換算)

$$1 kJ/m^2 = 1,000 J/m^2 = 100 mJ/cm^2$$

$$1 mJ/cm^2 = 10 J/m^2 = 0.01 kJ/m^2$$

本マニュアルで使用したUV-B測定器※1は高価ですが、安価な簡易測定器※2でも、実用上、問題なく、株上のUV-B照度を測定可能です。

測定により、抑制効果が得られない、葉焼けの傷害がひどい、などのトラブルの原因をチェックできます(株上のUV-B照度の目安である、 $0.1 \sim 0.12 W/m^2$ より、高いか低いかで判断できます)。

※1：本体：X1-1、センサー：UV-3702-4、Gigahertz-Optik社(ドイツ)

※2：デジタル紫外線強度計 UV-6.2 (UV-B専用測定用)



# 参考資料

## 【論文等】

### 2 UV-Bで病害虫抑制の出来る理由

- ・UV-B radiation for control of strawberry powdery mildew. *Acta Hort.* (2009) 842: 359-362. Kanto T. 他
- ・The Bunsen-Roscoe reciprocity law in ultraviolet-B-induced mortality of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *J. Insect Physiol.* (2013) 59(3) 241-247. Murata Y. and Osakabe M.
- ・Supplemental UV radiation controls rose powdery mildew disease under the greenhouse conditions. *Environ. Control Biol.* (2013) 51(4) 157-163. Kobayashi M. 他
- ・紫外光照射 (UV-B) によるバラうどんこ病の発病抑制. *植物防疫.* (2014) 68(2) 53-57. 小林光智衣 他
- ・Factors affecting photoreactivation in UVB-irradiated herbivorous spider mite (*Tetranychus urticae*). *Exp. Appl. Acarol.* (2014) 63(2) 253-265. Murata Y. and Osakabe M.
- ・ハダニに対するUVBの致死効果と光回復. *植物防疫.* (2014) 68(9) 539-543. 村田康允・刑部正博
- ・Effects of low temperature on spider mite control by intermittent ultraviolet-B irradiation for practical use in greenhouse strawberries. *Environ. Entomol.* (2018) 47(1) 140-147. Nakai K. 他

### 3 4 導入技術 ～UV-B照射に、光反射シートや天敵「カブリダニ」を組み合わせる～

- ・Vulnerability and behavioral response to ultraviolet radiation in the components of a foliar mite prey-predator system. *Naturwissenschaften* (2012) 99(12) 1031-1038. Tachi F. and Osakabe M.
- ・Spectrum-specific UV egg damage and dispersal responses in the phytoseiid predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* (2014) 43(3) 787-794. Tachi F. and Osakabe M.
- ・Physical control of spider mites using ultraviolet-B with light reflection sheets in greenhouse strawberries. *J. Econ. Entomol.* (2016) 109(4) 1758-1765. Tanaka M. 他
- ・UVBランプと光反射シートによるハダニ物理的防除 (UV法) について. 施設イチゴにおける防除事例を中心に. *植物防疫.* (2017) 71(4) 229-234. 田中雅也 他
- ・UVB照射によるパセリうどんこ病の防除効果. *関西病虫研報.* (2017) 59, 15-20. 西村文宏 他

### 5 7 UV-Bの効果を確認したい

- ・Identification and validation of reference genes for transcript normalization in strawberry (*Fragaria × ananassa*) defense responses. *PLoS ONE* (2013) 8(8) e70603. Amil-Ruiz F. 他
- ・イチゴのRNA簡易抽出法および遺伝子診断法—誘導抵抗性を利用したイチゴの病害防除技術の開発に向けて—. *植物防疫.* (2018) 72(8) 511-515. 鳴坂義弘・鳴坂真理

### 6 超音波による防虫装置

- ・チョウ目害虫における超音波を用いた行動制御技術. *植物防疫*(2012) 66(6) 300-303. 中野亮
- ・Evolution of deceptive and true courtship songs in moths. *Sci. Rep.* (2013) 3: 2003. Nakano R. 他
- ・Double meaning of courtship song in a moth. *Proc. R. Soc. B* (2014) 281:20140840. Nakano R. 他
- ・High duty cycle pulses suppress orientation flights of crambid moths. *J. Insect Physiol.* (2015) 83:15-21. Nakano R. 他
- ・Early erratic flight response of the lucerne moth to the quiet echolocation calls of distant bats. *PLOS ONE* (2018) 13:e0202679. Nakano R. and Mason A. C.
- ・フレキシブル・スピーカを用いた昆虫の検知. *日本音響学会春季研究発表会講演論文集*(2016) 35 (1-11-9). 松尾行雄 他

### 7 植物活力剤

- ・High-throughput screening for plant defense activators using a  $\beta$ -glucuronidase-reporter gene assay in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Biotechnol.* (2009) 26, 345-349. Narusaka Y. 他

## 【特許等】

- 6 ・チョウ目害虫の飛来を合成超音波で抑止する方法. 特許第5818274号. 中野亮 (2015)  
・貯穀チョウ目害虫を合成超音波で忌避せしめる方法. 特許第5904473号. 中野亮 (2016)  
・雑音を用いた防虫方法及び防虫装置. 特許第6353503号. 松尾行雄 (2018)  
・防虫用超音波発生装置. 特開2017-79734. 佐藤政博・松尾行雄・武井優子・伊藤彰夫・武藤明伯 (2017)

## 【ホームページ】

- ・農林水産省ホームページ 農業新技術2010 p.7 [www.s.affrc.go.jp/docs/pdf/2010.pdf](http://www.s.affrc.go.jp/docs/pdf/2010.pdf)  
・パナソニック ライティングデバイス株式会社 ホームページ  
UV-B電球形蛍光灯セット <https://panasonic.co.jp/es/pesld/products/others.html>  
・農研機構 花き研究所 技術紹介パンフレット 光で花の病害虫を抑制する【紫外線(UV-B)光源の利用の可能性】  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/uv-b\\_manual\\_201403.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/uv-b_manual_201403.pdf)

## 執筆者(技術編、各地域事例)

北海道立総合研究機構道南農業試験場  
農研機構果樹茶業研究部門  
千葉県農林総合研究センター暖地園芸研究所

静岡県農林技術研究所  
兵庫県立農林水産技術総合センター  
香川県農業試験場

長崎県農林技術開発センター  
宮崎大学農学部  
京都大学大学院  
JRCS株式会社  
東北学院大学  
岡山県農林水産総合センター生物科学研究所  
片倉コープアグリ株式会社

株式会社日本総合研究所  
農研機構野菜花き研究部門  
東京大学大学院農学生命研究科(プロジェクト外部有識者)

青木元彦・三澤知央  
中野 亮  
河名利幸・清水 健・大谷 徹  
・大坂 龍  
片山晴喜  
神頭武嗣・内橋嘉一・田中雅也  
西村文宏・相澤美里・佃晋太郎  
・中井清裕・森 充隆  
中村吉秀・江頭桃子・寺本 健  
竹下 稔  
刑部正博  
佐藤政博・伊藤彰夫  
松尾行雄  
鳴坂義弘・鳴坂真理  
野口勝憲・紀岡雄三・谷口伸治  
・石川美友紀  
山本大介・花井衣理  
佐藤 衛  
植松清次

## 問い合わせ先一覧

- 1 2** 農研機構野菜花き研究部門  
所在地:茨城県つくば市藤本2-1 TEL:029-838-6801  
<http://www.naro.affrc.go.jp/nivfs/>
- 2 3** 京都大学大学院農学研究科  
所在地:京都市左京区北白川追分町 TEL:075-753-6014  
<http://www.kais.kyoto-u.ac.jp/japanese/>
- 3 4** 兵庫県立農林水産技術総合センター  
所在地:兵庫県加西市別府町南ノ岡甲1533 TEL:0790-47-2400  
**B** <http://hyogo-nourinsuisangc.jp/>
- 5** 宮崎大学農学部  
所在地:宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地 TEL:0985-58-2875  
<http://www.miyazaki-u.ac.jp/agr/>
- 5 7** 岡山県農林水産総合センター生物科学研究所  
所在地:岡山県加賀郡吉備中央町吉川7549-1 TEL:0866-56-9450  
<http://www.pref.okayama.jp/soshiki/203/>
- 6** JRCS株式会社 圧電事業部 圧電課  
所在地:岩手県一関市花泉町油島字内別当19-1 TEL:0191-34-5020  
<https://www.jrcs.co.jp/>
- 6** 東北学院大学情報科学科 松尾研究室  
所在地:宮城県仙台市泉区天神沢二丁目1-1 TEL:022-375-1121  
<http://www.tohoku-gakuin.jp/>
- 7** 片倉コープアグリ株式会社筑波総合研究所  
所在地:茨城県土浦市並木5丁目5511番地 TEL:029-832-0901  
<http://www.katakuraco-op.com/>
- A B** パナソニック ライティングデバイス株式会社  
所在地:大阪府高槻市幸町1番1号 TEL:072-682-1104  
<https://panasonic.co.jp/es/pesld/>

平成31年2月発行

「紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル

～技術編～」

編集事務局／ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構  
野菜花き研究部門

発行所／ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 2-1-18

電話 029-838-8481

印刷・製本 朝日印刷株式会社

本冊子の他、以下の地域事例があります。合わせてご覧下さい。

紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル

～ 北日本 地域事例 ～

～ 北関東 地域事例 ～

～ 南関東 地域事例 ～

～ 東 海 地域事例 ～

～ 近 畿 地域事例 ～

～ 四 国 地域事例 ～

～ 九 州 地域事例 ～