

# UV-B拡散反射装置のトマト栽培への応用

西麻里<sup>\*1</sup>・渡邊圭太<sup>\*2</sup>・藤田岳<sup>\*3</sup>・田村洋二<sup>\*4</sup>・仲渡英生<sup>\*5</sup>

Application to Tomato Cultivation by UV-B Diffuse Reflecting Device

Mari NISHI, Keita WATANABE, Takashi FUJITA, Youji TAMURA, Hideo NAKATO

**Synopsis** : UV-B irradiation on crops has been known as one of disease control methods without using agricultural chemicals and applied to strawberries and the like. In this report, in order to apply this irradiation effect on taller crops supported in vertical direction, we developed a diffuser capable of irradiating UV-B over a wide area and investigated the influence of UV-B irradiation intensity on the growth and yield of tomatoes. In the case of the irradiating device that was put on the ground transversely and irradiated upwards, tomato leaves were injured easily and diseases were likely to occur. As a result, the growth of tomatoes was suppressed and the yielding ability was consequently decreased. On the other hand, in the case of the device that was set in a vertical direction, remarkable disorder, which influenced on the growth and yield of tomatoes, was not observed. From this, it can be said that the UV-B diffuser device we developed, setting in a vertical direction, is effective to control taller crops from diseases while keeping yielding ability.

**Keywords** : UV-B ; tomato ; reflecting device

## 1. 概要

農作物栽培における病害虫は、農作物に対して生長阻害や品質低下などの悪影響を及ぼす。日本植物防疫協会が実施した主要品目での実証試験結果では、効果的な防除対策を行わなかった場合、イチゴやトマト栽培での減収率および減益率は3割強にまでなることが報告されている<sup>1)</sup>。一般的に病害虫防除は化学合成農薬を用いた薬剤散布が基本とされ、イチゴにおいては慣行防除として、年間の薬剤散布回数が40回に達する事例もみられる<sup>2)</sup>。化学合成農薬の多用は、作業労力や薬剤コストの増大だけでなく、環境負荷の増大や消費者のイメージダウンにもつながることから、減農薬の取り組みが進められている。

化学合成農薬を用いない病害虫防除法の一つとして、イチゴのうどんこ病防除などに適用したUV-B照射技術<sup>3)</sup>が報告され、収量の確保や薬剤散布のコスト削減効果が得ら

れている。当技術では、植物体直上からのUV-B照射で植物体の生体防御反応が励起されることにより、病害抵抗性が誘導・発現される。

しかし、UV-Bは人体に対して害があることが知られているように、植物の生育に対しても悪影響を及ぼす場合がある。そのため、UV-B照射による作物への障害が発生しない程度の照射量を設定する必要がある。イチゴを用いた実証試験では、UV-B放射照度 $20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 程度で夜間3時間照射が効果的であることが報告されている<sup>4)</sup>。

このようにUV-B照射による病害防除効果を、様々な作物へ適用するために実証が進んでいるが、照射方法によっては過剰なUV-B照射により葉焼けや実焼けなどの生理障害を起こすケースも見られる<sup>5)</sup>。過剰なUV-B照射は、光源と植物体の距離が近い場合に起こりやすいため、当技術の現地導入に際しては光源から植物体までの距離を1.2m以上確保することが推奨されている。しかし実際には設置場所が限られているのが現状である。さらに、トマトやキュ

\*1 技術研究所 研究部 電子材料グループ 副主事

\*2 兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術センター 農産園芸部

\*3 鋼板商事株式会社

\*4 本社 事業推進室 建装事業開発チーム チームリーダー

\*5 本社 事業推進室 建装事業開発チーム

ウリなど植物体を垂直方向へ誘引する品目では、生長に伴い植物体から光源までの距離が近くなるため、照射時間等を適宜調整する必要がある。また、上位葉での遮蔽により、群落下部におけるUV-B放射照度が極端に低下し、適切な病害防除効果が得られない場合もある。このため、効率的なUV-B照射装置の開発が急務であった。

当社採光システム『どこでも光窓』の光制御技術は太陽光を遠くまで届ける技術で、光ダクトシステムや照明反射笠などの製品化に寄与している。当技術を応用することで、UV-Bを群落内や条間から水平方向に均一に照射することが可能となる。これにより、葉の表面だけでなく裏側や群落の内部へ均一にUV-Bが照射されることで、より安定的かつ効率的な病害虫防除システムの構築が期待できる。

そこで、広範囲で均一なUV-B照射が可能な拡散反射装置を設計し、2017年5月より、兵庫県立農林水産技術総合センターにて、トマトへのUV-B照射の実証試験を開始した。本報では、促成作型土耕栽培における群落内照射の評価として、当社開発のUV-B拡散反射装置を用いてUV-B照射した際のトマトの生育や収量に及ぼす影響を調査検討した。

## 2. 試験方法

### 2.1 供試材

本試験のUV-B照射には、背丈が高い作物に対して光を均一に照射することを目的として開発した縦型のUV-B拡散反射装置を用いた。外観写真をFig.1に示す。形状は高さ160cm×幅17cm×奥行15cm程度の多角形の筒状体であり、内面は、UV領域で80%以上の反射率を有する高反射材を使用している。UV-Bランプは、UV-B電球形蛍光灯（パナソニック製）を用い、装置中央部に配置した。

作物には、大玉トマト品種「麗容（株サカタのタネ）」



Fig.1 Vertical UV-B diffused reflective device. (H160×W17×D15cm)

および台木品種「ボランチ（タキイ種苗株）」を供試した。

### 2.2 試験条件

栽培試験は、兵庫県立農林水産技術総合センター（兵庫県加西市）場内の300m<sup>2</sup>の土耕ガラス温室にて実施した。2017年10月13日に7葉展開期の接木済み9cmポリポット苗を本圃へ定植し、その後、2018年5月30日まで試験を実施した。養液土耕栽培にて、栽植密度2,469株/10a（畝幅1.35m，株間30cm，1条植え，主枝1本仕立），7段摘心，摘果なしとした。

UV-B照射は、各区第1花房の果実肥大期より開始した。毎日23:00からの夜間連続照射を基本として、光源直近の植物体が受けるUV-B最大積算放射照度が、生理障害を発生するとされる1.4kJ/m<sup>2</sup>/day<sup>6)</sup>より少なくなるように照射時間を調節した。UV-B拡散反射装置の設置は、ガラス温室内の2畝間に設置し、試験区を設定した（Fig.2）。照射方向の影響を調査するため、I区は装置2台を約3mの間隔をあけて条間に吊り下げ設置し、条間より水平方向にUV-Bを照射した（以後、「タテ置き」と表記）。その際、光源距離およびUV-B放射照度実測値から、「タテ-強区」および「タテ-弱区」と区分けした。II区は、装置2台を約1mの間隔をあけて地面に横置き設置し、条間の下部より上方に向けUV-B照射した（以後、「ヨコ置き」と表記）。こちらについても、光源距離およびUV-B放射照度実測値から、「ヨコ-強区」および「ヨコ-弱区」と区分けした。対照区として、照射を行わない非照射区を設けた。

なお、定植直後の1回を除き、殺菌剤を使用せず病害の発生状況を観察したが、空気伝染性病害の初発が確認されなかったため、2018年2月23日および4月27日に感染源として灰色かび病罹病果実をほ場内に1果/6株の割合で同じ場所に設置した（Fig.3）。

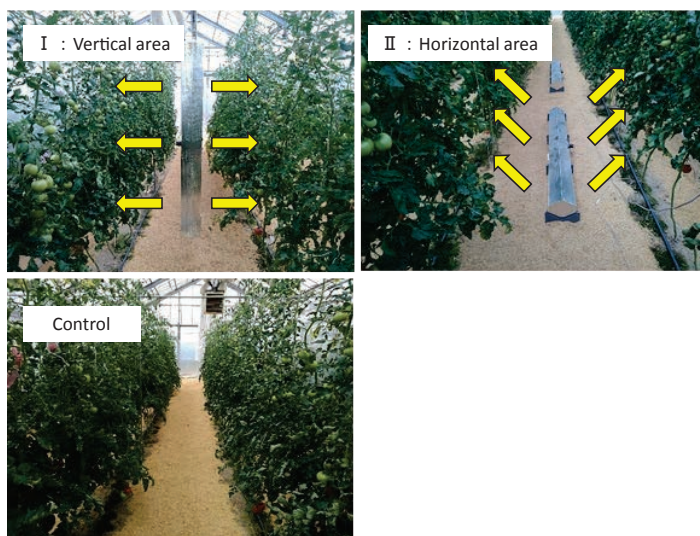


Fig.2 Appearance of treatment area.



Fig.3 Inoculation treatment by gray mold disease-affected fruit.

### 2.3 調査項目

UV-B放射照度測定は、紫外線照射強度計 (X11 Optometer, UV0-3702, Detector Gigahertz-Optic 社製) にて行った。測定位置をFig.4に示す。地上からの高さ55cm, 85cm, 115cm, 145cm, 175cmの5点にて各処理区3株単位で測定した。

生育調査は、草丈、展開葉数、茎径、葉長、葉幅、生理障害の発生程度について調査した。生理障害については目視にて各区3株について、3反復実施した。評価は、Fig.5に示すように、縮葉や葉焼けなどの生理障害の程度により

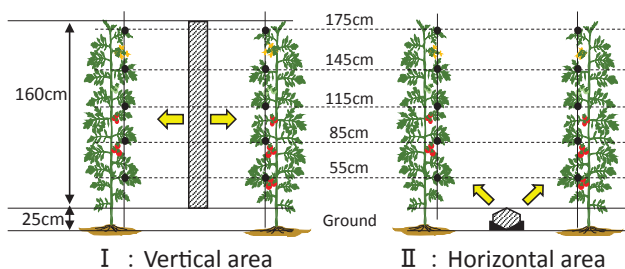


Fig.4 Measurement position of UV-B irradiance.

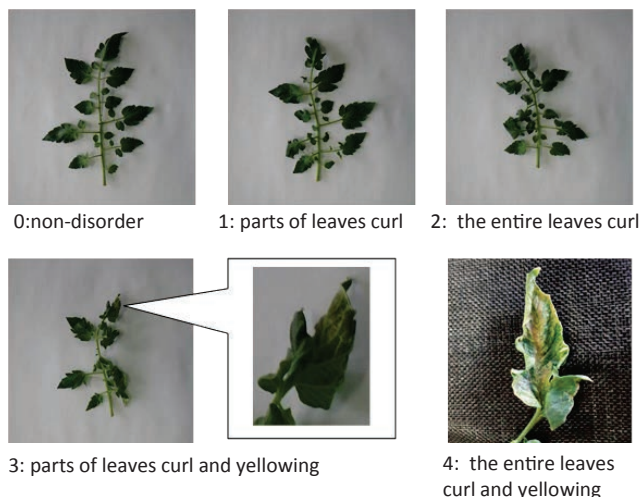


Fig.5 Evaluation method of disorder.

5段階 (0: 障害発生なし, 1: 小葉の一部に縮葉症状を生じる, 2: 複葉全体に縮葉症状を生じる, 3: 複葉全体に縮葉症状を生じ葉の一部に黄変が見られる, 4: 複葉全体に縮葉症状を生じ葉の一部に枯死褐変が見られる) で評価した。

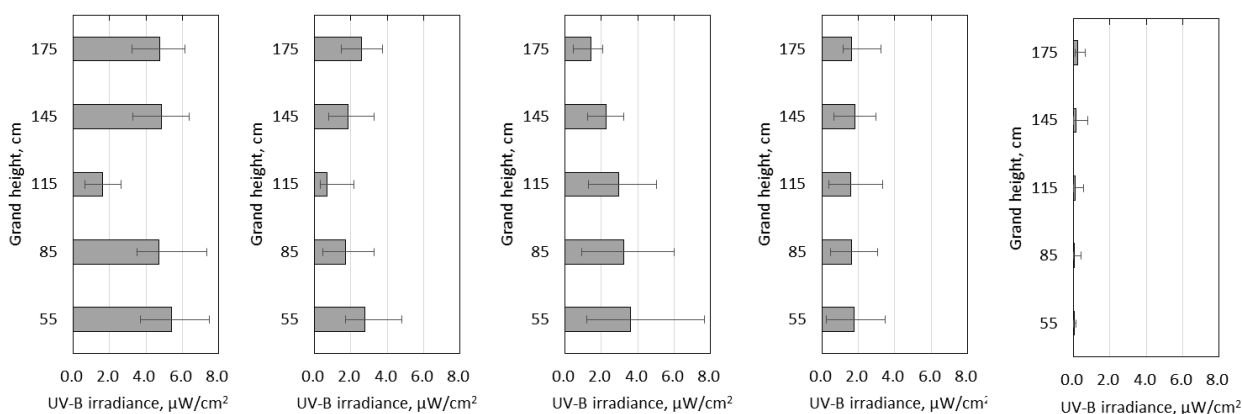
収量調査は、収穫果実個数、重量および障害果内訳、果実糖度 (Brix) を1区3株単位で3反復調査した。

病害発生調査は、試験後、発病葉数 (うどんこ病, すずかび病), 発病株率 (灰色かび病) について各処理区3株単位で3反復調査した。

## 3. 結果

### 3.1 UV-B放射照度測定結果

各試験区において、調査対象株近傍における階層 (地上高) 別のUV-B放射照度をFig.6に示す。すべての照射区



UV-B level:	Strong	Weak	Strong	Weak	Control area
standard deviation :	$\sigma=1.67$	$\sigma=1.03$	$\sigma=1.32$	$\sigma=0.84$	
	I : Vertical area		II : Horizontal area		

Fig.6 Result of UV-B irradiance.

において、UV-B放射照度は予備試験でUV-B照射による生理障害が発生しなかった $8\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以下に抑えられ、以下の特徴がみられた。タテ-強区およびタテ-弱区では、地上高115cmの地点におけるUV放射照度が低くなった。一方、ヨコ-強区では地上高さが高くなるにつれ放射照度が低下したが、ヨコ-弱区では高さによる影響は少なかった。また、均一性については、タテ置き、ヨコ置きともに弱区の方が優れていた。なお、対照区については隣接する区域のUV-Bが極わずかに検出されたが、評価に影響ないレベルであった。

### 3.2 生育調査結果

#### 3.2.1 中間調査結果 (2018年4月25日)

中間調査時点での花房直下の葉の生育について調査した結果をTable 1に示す。3点平均値より、タテ-弱区が最も障害発生が抑えられていた。また、いずれの区においても、第3花房直下において障害が最も多く発生したが、対照区に比べ、葉長及び葉幅の減少は少なく、これに伴う葉面積低下は軽微であった。

#### 3.2.2 最終調査結果 (2018年6月5日)

最終調査時点での生育評価結果をTable 2に示す。照射手法別にみると、ヨコ-強区では対照区に対し茎径が細く、展開葉数が少なくなり、生育の抑制が認められた。また、同区では統計的な有意差はないものの、葉長および葉幅が小さくなる傾向が認められ、個葉の葉面積減少により葉面積指数(LAI)が低下している可能性が示唆された。主茎長、生葉数および節間伸長については、UV-B照射手法による有意な差はみられなかった。

Fig.7にUV-B照射方法がトマト生理障害発生に及ぼす影響を示す。いずれの照射手法についても対照区に対し有意に生理障害発生が増加したが、タテ-弱区で最も生理障害発生程度が低かった。また、Table 3に地上高別の生理障害発生程度の結果を示すが、その傾向は地上高85cm地点および115cm地点で最も顕著に表れた。また、照射手法別にみるとヨコ-強区で最も多く生理障害の発生がみられ、地上高85cm地点ではFig.8に示すような複葉の一部に枯死褐変を伴う顕著な葉焼け症状が認められた。

### 3.3 収量および果実品質調査結果

(2018年2月26日-5月30日)

Table 4に調査結果を示す。収量性については、収穫果実、正常果、異常果の個数および重量について、いずれもUV-B照射手法による有意な差は認められなかったが、タテ-強区では日焼けの生理障害が多く発生し、収穫果実数

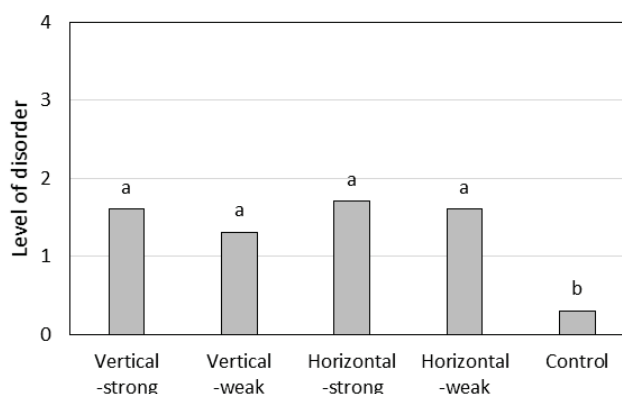


Fig.7 Effect of UV-B irradiation method on the disorder level. (Final investigation 2018/5/30)

\*Different letters of indicate significances among the treatments at  $P<0.05$  with Tukey-Kramer's test.

Table 1 Effect of UV-B irradiation method on the growth and development of tomatoes. (Interim investigation 2018/4/25)

Treatment	Near 3rd flower cluster			Near 4th flower cluster			Near 5th flower cluster			Average of 3 point		
	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Level of a disorder	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Level of a disorder	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Level of a disorder	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Level of a disorder
Vertical-strong	39	41	2.4	31	33	1.4	30	31	1.7	33	35	1.8
Vertical-weak	39	40	1.1	31	34	0.8	30	31	0.3	33	35	0.7
Horizontal-strong	38	41	2.9	30	35	2.2	29	30	1.2	32	35	2.1
Horizontal-weak	38	43	2.2	31	35	1.3	30	29	1.1	33	36	1.5
Control	41	42	0.2	31	34	0.2	31	30	0.3	34	35	0.2

Table 2 Effect of UV-B irradiation method on the growth and development of tomatoes. (Final investigation 2018/6/5)

Treatment	Main stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Expanded leaves	Number of leaves	Inter-node length (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Estimated leaf area ( $\text{m}^2/\text{plant}$ )	Estimated leaf area index (LAI) ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )
Vertical-strong	211 <sup>a</sup>	13 <sup>ab</sup>	30 <sup>ab</sup>	20 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	38.1 <sup>a</sup>	43.4 <sup>a</sup>	0.91 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>
Vertical-weak	209 <sup>a</sup>	13 <sup>ab</sup>	31 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	38.4 <sup>a</sup>	43.4 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>
Horizontal-strong	208 <sup>a</sup>	13 <sup>b</sup>	29 <sup>b</sup>	19 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	36.2 <sup>a</sup>	39.4 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>
Horizontal-weak	213 <sup>a</sup>	13 <sup>ab</sup>	30 <sup>ab</sup>	20 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	37.6 <sup>a</sup>	41.2 <sup>a</sup>	0.86 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>
Control	213 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	30 <sup>ab</sup>	20 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	43.1 <sup>a</sup>	41.0 <sup>a</sup>	0.88 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>

\*Different letters of indicate significances among the treatments at  $P<0.05$  with Tukey-Kramer's test.

が最も少なかった。一方、ヨコ-強区では収穫果実の個数は対照区と同程度であったが、正常果の1果重が減少傾向を示した。タテ-弱区およびヨコ-弱区では、収穫果実、正常果、異常果の個数および重量はいずれも対照区と差がなかった。

また、異常果の中で、UV-B照射手法が主要因と考えられる日焼け果が発生した (Fig.9)。この日焼け果は、タ

テ-強区では他区より有意に多く発生し、異常果のうち6%の発生割合となった。一方、タテ-弱区およびヨコ-弱区では対照区と同等に抑えられた。

果実品質結果をTable 5に示す。果実の糖度はタテ-強区およびタテ-弱区でやや低くなる傾向がみられたが、対照区と有意な差は認められなかった。



Fig.8 Leaves disorder by UV-B irradiation.



Fig.9 Burnt fruits by UV-B irradiation.

Table 3 Effect of UV-B irradiation method on the disorder of leaves. (Final investigation 2018/5/30)

Treatment	Ground height (cm)				
	55	85	115	145	175
Vertical-strong	-	2.33 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>	1.58 <sup>a</sup>	1.25 <sup>a</sup>
Vertical-weak	-	2.17 <sup>a</sup>	1.92 <sup>ab</sup>	1.67 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>
Horizontal-strong	-	2.75 <sup>a</sup>	2.42 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	1.50 <sup>a</sup>
Horizontal-weak	-	2.50 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>	1.08 <sup>a</sup>
Control zone	-	0.33 <sup>b</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.42 <sup>a</sup>

\*Different letters of indicate significances among the treatments at P<0.05 with Tukey-Kramer's test.

Table 4 Effect of UV-B irradiation method on the yield of tomatoes. (Final investigation 2018/5/30)

Treatment	Harvest fruits		Normal fruits			Abnormal fruits			
	Quantity (piece/plant)	Weight (g/plant)	Quantity (piece/plant)	Weight (g/plant)	Fruits weight (g/plant)	Quantity (piece/plant)	Weight (g/plant)	Percent quantity (%)	
								burn	Gray mold
Vertical-strong	46 <sup>a</sup>	3.081 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	1.890 <sup>a</sup>	87 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	1.191 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	0.7 <sup>a</sup>
Vertical-weak	50 <sup>a</sup>	3.405 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	2.030 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	1.374 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>
Horizontal-strong	48 <sup>a</sup>	2.877 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	1.810 <sup>a</sup>	81 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	1.067 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>
Horizontal-weak	49 <sup>a</sup>	3.331 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	2.064 <sup>a</sup>	89 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	1.267 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>
Control	50 <sup>a</sup>	3.228 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	1.969 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	1.260 <sup>a</sup>	0.7 <sup>a</sup>	1.3 <sup>a</sup>

\*Different letters of indicate significances among the treatments at P<0.05 with Tukey-Kramer's test.

Table 5 Effect of UV-B irradiation method on the soluble solids content of fruits. (Investigation period:2018/2/26-5/30)

Treatment	Brix/flower cluster						
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th
Vertical-strong	7.9 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
Vertical-weak	7.8 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
Horizontal-strong	8.8 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>
Horizontal-weak	8.3 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>
Control	7.9 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>

\*Different letters of indicate significances among the treatments at P<0.05 with Tukey-Kramer's test.

### 3.4 発病調査結果

#### 3.4.1 中間調査結果 (2018年4月30日)

4月末時点の発病調査結果をTable 6に示す。タテ-弱区および対照区において、果実ないし茎葉での灰色かび病の初発が確認されたが、タテ-強区、ヨコ-強区、ヨコ-弱区では発病が認められなかった。一方、うどんこ病およびすすかび病については、すべての照射手法において発病が認められなかった。

#### 3.4.2 最終調査結果 (2018年6月5日)

Table 7に最終調査結果を示す。灰色かび病については、最終の解体調査時点で、全ての区において発病株率は100%に達した。これは中間調査後も病原接種を継続したこと、および栽培期間を通じて薬剤による防除を実施しなかったことが要因と考えられる。しかしながら、株全体の枯死に繋がるような主茎部での発症は、すべてのUV-B照射区で認められなかった。また、株当たり発病葉率および発病果率ともに、対照区に比べ低減されており、特に、タテ-強、タテ-弱およびヨコ-強での病害抑制効果が高かった。しかし、ヨコ-弱区では他区に比べ予防効果がやや劣った。

すすかび病については、最終の解体調査時に初発が認められた。発病株率、発病葉率共に対照区で最大となったが、ヨコ-強区では発病が認められなかった。うどんこ病については、期間を通じて発病が認められなかった。

## 4. 考察

### 4.1 UV-B拡散反射装置の照射特性

UV-B照射による病害抵抗性誘導は、紫外線を受けて損傷したDNAの部位を酵素が認識して修復する光回復機構によること<sup>7)</sup>が知られているが、強度が強すぎれば、葉焼けなどの生理障害を生じ、生長に悪影響を及ぼす<sup>2)</sup>。そのため、作物への生理障害回避との両立が可能な照射量を設定する必要がある。イチゴ栽培の推奨放射照度は約20  $\mu$ W/cm<sup>2</sup>以下<sup>4)</sup>が推奨されているが、本試験のように、背丈が高く生長する作物に対しては作物までの距離が近くなりやすく、特にUV-B照射の影響を受けやすい生長点の主茎の伸長とともに高くなっていくことから、生長方向の広範囲においてUV-B放射照度を一定範囲に抑える必要がある。

今回の試験でのUV-B放射照度は、照射手法によらず、すべての区画で8  $\mu$ W/cm<sup>2</sup>以下に抑えられていた。しかしながら、光分布については、装置の設置位置によりばらつきが生じ、3.1節で述べたようにUV-B放射照度は、タテ置きでは地上高115cmの位置で最も低くなった。これは以下のような装置の構造上の特性に起因する。即ち、UV-Bを広範囲に照射するため、反射板を筒状とし電球形蛍光灯を筒中央部に配置し、両端へ光を導く構造としている。両端へ導かれた光は、出射量が同程度となるように開口調整をした面から放射される。この放射面は、タテ置きでは、敵両面に対して開口している。この際、ランプ光源部は照射量が大きい一部を遮蔽し、また、遠くへ導く光量を

Table 6 Effect of UV-B irradiation method on the blight of tomatoes. (Interim investigation 2018/4/30)

Treatment	Gray mold		Powdery mildew		Leaf mold	
	plants (%)	Fruits (%)	plants (%)	Leaf (%)	plants (%)	Leaf (%)
Vertical-strong	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Vertical-weak	8.3	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Horizontal-strong	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Horizontal-weak	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Control	33.3	0.01	0.0	0.00	0.0	0.00

Table 7 Effect of UV-B irradiation method on the blight of tomatoes. (Final investigation 2018/6/5)

Treatment	Gray mold			Fruits (%)	Powdery mildew		Leaf mold	
	plants (%)		Leaf (%)		plants (%)	Leaf (%)	plants (%)	Leaf (%)
	Whole (%)	Main stem (%)	Leaf (%)	plants (%)	Leaf (%)	plants (%)	Leaf (%)	
Vertical-strong	100.0	0.0	17.0	0.7	0.0	0.0	16.7	0.3
Vertical-weak	100.0	0.0	17.0	0.8	0.0	0.0	33.3	0.6
Horizontal-strong	100.0	0.0	18.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Horizontal-weak	100.0	0.0	21.4	1.0	0.0	0.0	16.7	0.3
Control	100.0	25.0	26.5	1.3	0.0	0.0	66.7	1.3

確保するため、光源から近いほど開口を狭く、遠いほど開口を大きくし、均等に照射できるように配光設計している。タテ置きでは、この遮蔽部が地上高115cm程度に位置するため、この位置でのUV-B放射照度が低くなったと考えられる。ヨコ置きにおける照射量については、ヨコ強区で地上高が高くなるほど低くなる傾向を示す一方で、全ての区画の比較においてヨコ弱区が最も照射量の均一性に優れており、以下のように、装置の設置位置の影響が反映された結果と考えられる。ヨコ置きでは、上面のみを開口した装置を地上に置き上方向に照射しており、地上高が高くなるほどUV-B放射照度が弱くなる傾向を示すため、ヨコ強区では、この影響を直接的に受けることになる。しかし、装置の開口調整された面から出射した光は放射状に広がるため、装置端部に位置するヨコ弱区では光量が均一化され、地上高さによる影響が少なく、最も均一性に優れた照射量分布が得られたものと考えられる。

今回、両区画において、このようなUV-B放射照度の強弱が生じたことは、装置の構造または設置位置の影響であるが、生育へ多大な影響を及ぼす生理障害が生じないようにするためには、更なる均一性向上が必要と考えられる。

#### 4.2 UV-B照射方法によるトマトの生長への影響と病害抑制効果

紫外線は人体だけでなく植物の生長へも影響を及ぼすこ

とが知られている<sup>8)</sup>。本試験で、UV-B照射方法の違いによる、トマトの生長への影響を調査した結果、タテ置き区は、対照区と同程度の生長が得られたが、ヨコ置き区では、生長が抑制される傾向となった。Fig.10にUV-B放射照度と障害発生程度の関係を示すが、UV-B照射強度に関わらず、株の低い位置ほど障害発生程度が高く、ヨコ置き区の方が、若干ではあるが障害発生程度が高いことがわかる。ヨコ置き区は、下から上方向に照射するため、葉の裏側など、クチクラ層が薄く紫外線に対する防御が弱い部位へ照射されやすい。そのため、組織が損傷し、生長へ悪影響を及ぼしたと考えられる。

また、発病調査結果 (Table 7) から、UV-B照射区は、対照区と比較していずれも発病率が低く、主茎部への感染が抑制されるなど、病害予防効果が認められた。

照射手法別にみると、ヨコ置き区はタテ置き区よりも比較的発病率が高い傾向を示したが、これは、ヨコ置き照射区ではFig.8に示すようなUV-B照射による葉焼けが株の下方に顕著に発生していたことが原因と考えられる。この障害部位に傷口ができたことで生育初期の罹病リスクが高まり、灰色かび病菌の侵入が助長され、予防効果が劣ったと推察される。

以上のことから、背丈が高い作物へUV-Bを照射する場合、群落下部から上方向へ照射すると生育を抑制し、葉裏などUV-Bにより損傷を負った部位からの病原菌の侵入を

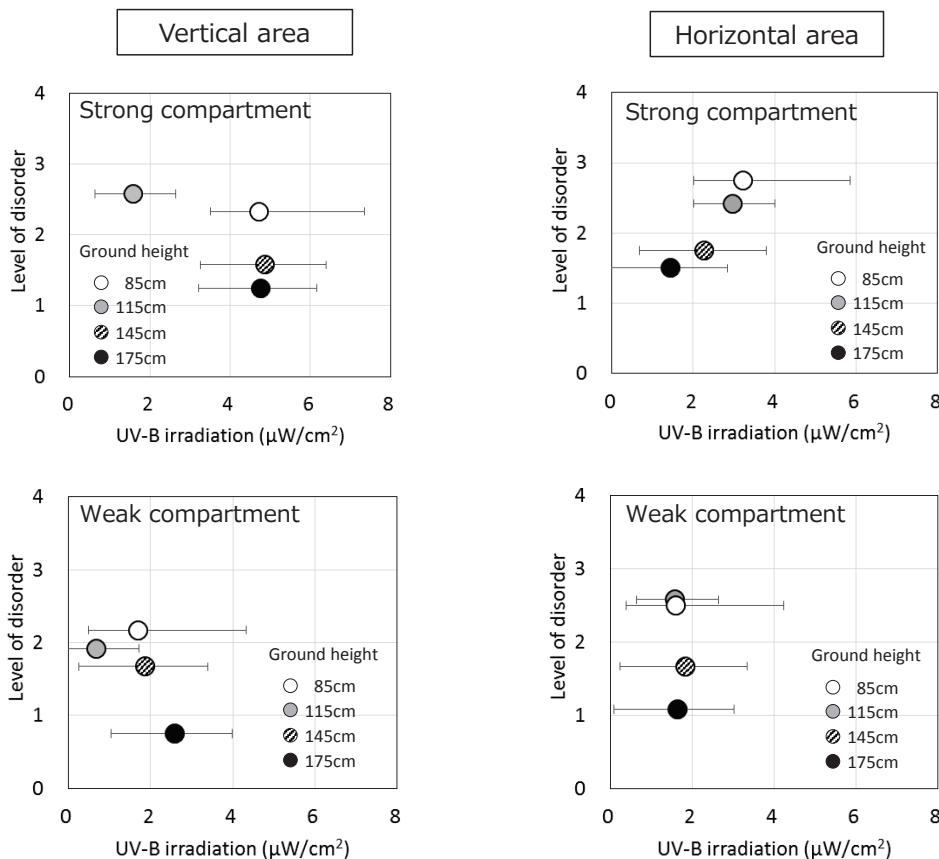


Fig.10 Relationship between the disorder levels and UV-B irradiation intensity.

助長する恐れがあるため、タテ置きにして照射する方が、葉への生長障害を軽減でき、病害防除効果が得られやすいと考えられる。

### 4.3 UV-B照射方法によるトマトの収量への影響

UV-B照射による、トマト果実への直接的な生理障害は、収量に直接影響するため回避しなければならない。本試験での収量および果実品質調査では、反復間でのデータのバラツキが大きいことから、明確な有意差は得られなかったが、適切なUV-Bを照射すれば、収量性への影響は比較的小さいものと考えられた。しかしながら、照射手法を問わず、放射照度が高い区画（タテ強区およびヨコ強区）で、収量性が低下する傾向となり、収穫果実および正常果の重量が低下している可能性が示唆された。これは、同区ではUV-B照射による生理障害が多発しており、葉面積も減少傾向で生長が抑制されていたことが原因の一つと考えられる。

さらに、UV-B照射が主要因と考えられる日焼け果などの直接的な生理障害も発生した。日焼け果はタテ強区で発生割合が高かったが、これは同区におけるUV-B放射照度が高かった事に起因するものと考えられる。一方、タテ弱区では日焼け果の発生は少なく有望であったが、試験区内では光源からの距離により放射照度がバラついており、株によっては病害抵抗性の誘導に十分と考えられる放射照度が得られない場合もある。また、本試験ではUV-B照射装置を固定して照射したため、一部の強いUV-B照射光が特定のトマト果実に当たり日焼けを生じた可能性も考えられ、照射位置を定期的に変えるなど、一部の対象物に常時照射されないようなシステム化ができれば、より一層の障害回避が期待される。

## 5. 結言

当社開発の条間から水平方向にUV-B照射が可能な縦型拡散反射装置を用いて、トマトの生育や収量に及ぼすUV-B照射強度の影響を調査した結果、以下の結論が得られた。

- (1)本試験に用いた縦型のUV-B拡散反射装置は、背丈が高い作物に対して、均一性が高く、著しい葉や実の生理障害を回避できる強度（ $8\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以下）で広範囲に照射することができた。均一性はUV-B放射照度が弱い区画の方が優れていた。
- (2)UV-B照射手法において、装置を横置きにして上方向に照射した場合（ヨコ置き区）、生長初期に葉や茎へ生理障害を生じやすく、生長が抑制され、収量性にも悪影響を及ぼすことがわかった。一方、装置を縦に置き水平方向に照射した場合（タテ置き区）、障害発生頻度が低く、生長や収量性への影響も軽微であったことから、有用な照射方法と考えられる。
- (3)UV-B照射位置が固定されている場合、光源と株の距離の違いにより、UV-B放射量にバラツキを生じ、一部の強いUV-Bが作物に照射されたことが原因と考えられる生理障害が発生した。装置の位置を定期的に移動して放射照度を均一化するなどの手法により、更なる改善が期待される。

### 引用文献

- 1) 病虫害と雑草による農作物の損失, 日本植物防疫協会, (2008), 7.
- 2) 宮城県農業・園芸研究所: 宮城県「普及に移す技術」, 93 (2017), 20.
- 3) 神頭武嗣, 松浦克成, 小河拓也, 宇佐見俊行, 雨宮良幹: 植物防疫, 65 (2011), 28.
- 4) 宮城県農業・園芸研究所: 宮城県「普及に移す技術」, 90 (2015), 83.
- 5) 岡田清嗣, 岡久美子: 植物防疫, 68 (2014), 58.
- 6) 岡久美子, 岡田清嗣, 山田真, 石橋正紀: 近畿中国四国農業研究 16 (2010), 9.
- 7) 山本和生: 生物物理, 25 (1985), 116.
- 8) 近藤矩朗: 紫外線の増加が植物等に及ぼす影響に関する研究, 農林水産省農業環境技術研究所, つくば, (1992), 42.