

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24380140

研究課題名(和文)植物の自己防御機構を利用した高品質苗生産システムの開発に関する基礎的研究

研究課題名(英文)A fundamental study on the production of high-quality transplants by utilizing plant defense responses

研究代表者

渋谷 俊夫 (Shibuya, Toshio)

大阪府立大学・生命環境科学研究科(系)・准教授

研究者番号：50316014

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：育苗時における物理環境が植物の自己防御能力に及ぼす影響を、光合成能力や生物的・非生物的ストレス抵抗性について定量的に評価した。赤色/遠赤色光比(R/FR比)の高い照射光下や低湿度下では、ストレス抵抗性の向上が見られたが、それら環境下での展葉、ひいては量的成長は抑制される傾向が見られた。高R/FR比順化葉は陽葉と似た光合成特性を示した。高R/FR比の光照射下や低湿度下では、植物が葉の展葉速度を高めることよりも強光あるいは水分損失に対する防御を優先したと考えられ、自己防御能力と量的成長の間にはバイオマス分配を介したトレードオフがあることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study investigated effects of physical environmental factors including light and humidity on photosynthetic performance and resistances to biotic and abiotic stresses for determining optimum conditions for the transplant production. The acclimation to illumination with higher red to far-red ratio (R:FR) than natural light or to low-humidity condition improves the stress resistance, but inhibits the leaf expansion and subsequent quantitative growth during the acclimation. The photosynthetic performance of high-R:FR-acclimatized leaves was similar to that of sun leaves. The improved resistance probably results from defense against higher light intensity in high-R:FR-acclimatized plants and against excess water loss in low-humidity-acclimated plants. The inhibition of leaf expansion is probably due to changes in allocation of biomass. These results imply that there would be trade-offs between the quantitative growth and plant qualities in the transplant production.

研究分野：生物環境調節学

キーワード：環境応答 苗生産 光合成特性 病害抵抗性 害虫抵抗性

### 1. 研究開始当初の背景

苗の良否は農作物の生育を大きく左右することから、高品質な苗を生産・供給することは農業生産の安定化に大きく寄与する。苗の品質にはさまざまな要素があるが、光合成能力や、ストレスに対する抵抗性などの自己防御能力は苗の潜在的な成長能力の指標として重要と考えられ、それらの評価基準を明確にすることは、苗の品質を向上させるための環境制御法を確立する上で不可欠である。植物は周辺環境から自身がおかれている状況を感じ、形態や生理的特性を変化させることが知られている。このような植物の生態をうまく利用できれば、環境制御によって苗の潜在的な成長能力を向上できる可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究は、光質や湿度などの物理環境に対する植物応答に着目し、育苗時における物理環境が植物の自己防御能力に及ぼす影響を、光合成能力や生物的・非生物的ストレス抵抗性について定量的に評価し、物理環境が苗の自己防御能力を向上させるメカニズムを明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 光質がガス交換特性に及ぼす影響

異なる赤色/遠赤色光比 (R/FR 比) の照射光下で順化した植物葉のガス交換特性を、気孔特性と水利用効率に注目して調べた。キュウリ (*Cucumis sativus* L.) を播種後から第1本葉展開まで人工気象器で育成した。光源には青・緑・赤・遠赤色混合の LED パネルを用いた。遠赤色の出力を調節することで照射光の R/FR 比を 10 (以下, 高 R/FR 比) または 1.2 (以下, 標準 R/FR 比) にした。これらの R/FR 比は、それぞれ白色蛍光灯または太陽光を模擬したものである。その他の育成条件は、光合成有効光量子束密度 (PPFD)  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 明期  $16 \text{ h d}^{-1}$ , 気温  $28^\circ\text{C}$ , 相対湿度  $50\%$  とした。第1本葉の純光合成速度、蒸散速度および気孔コンダクタンスを、異なる大気  $\text{CO}_2$  濃度  $100 \sim 400 \mu\text{mol mol}^{-1}$  下で測定した。測定には、光合成・蒸散測定装置 (LI-6400, Li-COR) を用いた。その他の測定条件は、PPFD  $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 葉温  $28^\circ\text{C}$  および相対湿度  $50\%$  とした。葉内  $\text{CO}_2$  濃度を純光合成速度、気孔コンダクタンスおよび大気  $\text{CO}_2$  濃度から算出した。純光合成速度を蒸散速度で除することで水利用効率を求めた。第1本葉の表面を、光学顕微鏡を用いて観察し、気孔密度、気孔指数 (表皮細胞あたりの気孔数) および気孔の長さを求めた。

#### (2) 光質が強光ストレス耐性に及ぼす影響

異なる R/FR 比の照射光で育成された植物を同一強光条件下に移し、光合成速度、クロロフィル蛍光パラメータを計測することで、育

成時の照射光の R/FR 比が光化学系における光障害緩和能力に及ぼす影響を解析した。供試植物はキュウリとした。子葉展開後に、キュウリ実生を高 R/FR 比の蛍光灯もしくは標準 R/FR 比の蛍光灯照射下で育成した。育成環境条件は、気温  $26 \sim 28^\circ\text{C}$ , 相対湿度  $60\%$ , PPFD  $350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 明期  $12 \text{ h d}^{-1}$  とした。各光源で育成したキュウリ実生の第1本葉の光合成速度、クロロフィル蛍光収率を、光合成・クロロフィル蛍光測定システム (LI-6400-40, Li-COR Inc.) を用いて測定した。測定したクロロフィル蛍光収率から、光化学系の最大量子収率 ( $F_v/F_m$ ), 光化学系における酸化型  $Q_A$  の割合 ( $q_L$ ), 光化学系の実効量子収率 ( $\Phi_{PSII}$ ), 熱放散活性 (NPQ) を求めた。暗順応時におけるキュウリ葉の  $F_v/F_m$  を計測後、PPFD  $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の光を 40 分間葉面に照射し、その間の光合成速度および蛍光パラメータを取得した。照射光を消して実生を 45 分間暗条件におき、その間 3 分おきに飽和パルス光照射時の蛍光収率を計測して量子収率を求めた。

#### (3) 光質が病害抵抗性に及ぼす影響

異なる R/FR 比の照射光下で順化したキュウリ葉のうどんこ病抵抗性を調べた。光源には青・緑・赤・遠赤色混合の LED パネルを用いた。遠赤色の出力を調節することで照射光の R/FR 比を 10 (以下, 高 R/FR 比) または 1.2 (以下, 標準 R/FR 比) にした。育成条件は、気温  $28^\circ\text{C}$ , 相対湿度  $50\%$ , PPFD  $350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 明期  $16 \text{ h d}^{-1}$  とした。子葉展開後にうどんこ病菌胞子を子葉に接種した。接種は、うどんこ病の胞子懸濁液を調整し、子葉に散布することで行った。接種後はグロースチャンバー内で管理した。光源は白色蛍光灯、気温  $25^\circ\text{C}$ , 相対湿度  $50\%$ , PPFD  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 明期  $16 \text{ h d}^{-1}$  とした。接種日の子葉の厚さ、葉面積、乾物重を測定し、乾物重と葉面積から単位葉面積あたりの乾物重 (LMA) を算出した。接種後 7 日目に葉あたりのうどんこ病菌コロニー数を測定した。

#### (4) 湿度環境がガス交換特性および水ストレス耐性に及ぼす影響

異なる湿度環境に順化したキュウリ実生のガス交換特性を調べた。子葉展開直後のキュウリ実生を、飽差  $3.2 \text{ kPa}$ ,  $1.9 \text{ kPa}$  または  $0.4 \text{ kPa}$  に制御した人工気象器内で第1本葉が展開するまで育成した。共通の育成条件は、気温  $28^\circ\text{C}$ , PPFD  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 明期  $16 \text{ h d}^{-1}$  とした。光源には蛍光灯を用いた。培地はパーミキュライトを用い、育成はプラスチックポットで行った。灌水はポット底面を深さ約  $10 \text{ mm}$  の培養液に浸けることで連続的に行った。育成終了後、光合成蒸散測定装置 (LI-6400, LI-COR) を用いて、第1本葉の純光合成速度、気孔コンダクタンス、葉内  $\text{CO}_2$  濃度、および水利用効率を異なる  $\text{CO}_2$  濃度 ( $50 \sim 800 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) 下で計測した。光合成・葉内  $\text{CO}_2$  濃度

曲線から最大カルボキシル化速度 ( $V_{\text{cmax}}$ ) および電子伝達速度 ( $J$ ) を推定した。サイクロメーターを用いて葉内水ポテンシャルを計測した。レプリカ法を用いて向軸・背軸面の気孔の密度および長さを計測した。異なる湿度環境に順化した実生の根部を水蒸気飽和空気に露出させた状態でシュートを飽差 1.9 kPa の空気に 30 分間さらす処理を行った。ポロメーターを用いて処理開始後の気孔コンダクタンスの経時変化を計測した。処理終了後、サイクロメーターを用いて葉内水ポテンシャルを計測した。

#### (5) 湿度環境が害虫抵抗性に及ぼす影響

異なる湿度環境に順化したキュウリ葉におけるナミハダニの産卵速度を調査し、葉の特性と産卵速度との関係を調べた。気温 28℃、飽差 0.4 kPa、1.9 kPa または 3.0 kPa に制御した人工気象器内で、第 2 本葉が展開するまで育成した。共通の育成条件は、光合成有効光量子束密度  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期  $16 \text{ h d}^{-1}$ 、 $\text{CO}_2$  濃度  $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$  とした。育成容器にはプラスチックポットを、培地にはパーミキュライトを用いた。育成期間中にポット底面を深さ約 10 mm の培養液に浸けることで連続的に灌水を行った。各試験区のキュウリ実生の第 1 本葉および第 2 本葉から  $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$  の葉片を切り抜き、1 枚の葉片につき日齢を揃えたナミハダニ成虫のメスを 1 個体ずつ葉の向軸面に放飼した。放飼直後の葉片を、蒸留水を含ませた脱脂綿の上に置いて透明プラスチック容器内で管理した。容器の蓋には通気フィルターを設けた。容器内の環境条件は、気温 28℃、相対湿度 99% および明期  $16 \text{ h d}^{-1}$  であった。放飼後 2 日間の産卵数の変化を調べ、ナミハダニの産卵速度を求めた。放飼試験は 16 反復を行った。各飽差に順化したキュウリ葉の毛じ密度、LMA および含水率を測定した。

## 4. 研究成果

### (1) 光質がガス交換特性に及ぼす影響

高 R/FR 比 (=10) 順化葉の純光合成速度、気孔コンダクタンスおよび蒸散速度は、標準 R/FR 比 (=1.2) 順化葉よりも大きかった。高 R/FR 比順化葉において気孔コンダクタンスが大きかったのは、高い気孔密度および大きな気孔サイズによるものと考えられた。気孔コンダクタンスが大きくなることによって葉内  $\text{CO}_2$  濃度をより高く維持できることから、高い気孔密度による気孔コンダクタンスの増加は高 R/FR 比順化葉での光合成能力向上の一因になり得る。高 R/FR 比順化葉では気孔指数も大きかったことから、高 R/FR 比の光照射によって孔辺細胞の分化が促進されたことが推察される。高 R/FR 比照射による気孔密度の増加は向軸面においてみられ、その結果として高 R/FR 比順化葉では向軸面の気孔の割合が比較的多かった。光合成 - 葉内  $\text{CO}_2$  濃度曲線で比較すると、同じ葉内  $\text{CO}_2$  濃

度下における純光合成速度は高 R/FR 比順化葉の方が大きかった。このことから、高 R/FR 比の光照射下で順化した葉の光合成能力の向上には、単位面積あたりの葉緑体量または葉緑体あたりの炭素固定効率などの非気孔要因も関与していると考えられる。高 R/FR 比順化葉では、単位面積あたりの乾物重が大きくなることから、高 R/FR 比の光照射によって葉が厚くなり、葉面積あたりの葉緑体量が増加した可能性が高い。水利用効率は、高 R/FR 比順化葉において標準 R/FR 比順化葉よりも低かった。高 R/FR 比順化葉の光合成能力が非気孔要因によって向上したにもかかわらず、水利用効率が低下したのは、低 R/FR 比順化葉に対する高 R/FR 比順化葉の蒸散速度の増加割合 (1.33 倍) が、純光合成速度の増加割合 (1.19 倍) よりも大きかったためである。以上、高 R/FR 比の光照射下で順化した植物葉における光合成能力の向上には、非気孔要因が大きく関与しているが、同時に気孔コンダクタンスおよび蒸散速度が大きくなるため水利用効率は低くなること明らかとなった。閉鎖型苗生産システムでは高 R/FR 比の蛍光灯が用いられていることが多い。高 R/FR 比の光照射で育成した苗を用いることで強光下における物質生産の促進が期待できるが、その一方で水分損失を過剰に起こしやすい可能性があることに留意する必要がある。

### (2) 光質が強光ストレス耐性に及ぼす影響

試験区間において  $F_v/F_m$  には有意差が見られず、光化学系 II における最大量子収率は、育成光の R/FR 比に関わらず同程度であった。PPFD  $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の光照射 40 分経過後における純光合成速度は高 R/FR 比順化葉で標準 R/FR 比順化葉よりも有意に高かった。高 R/FR 比順化葉の  $q_L$  は標準 R/FR 比順化葉よりも大きく、高 R/FR 比順化葉の葉内における還元型  $Q_A$  の割合が、低 R/FR 比順化葉よりも低いことを示していた。還元型  $Q_A$  は、光障害に関わる活性酸素生成の原因となることから、高 R/FR 比順化葉が標準 R/FR 比順化葉に比べて高い光障害緩和能力を備えていることが示唆された。両試験区の  $\Phi_{\text{PSII}}$ 、 $F_v/F_m$ 、NPQ の結果から、高 R/FR 比順化葉では、光照射時における実効量子収率がよく維持されたことが、還元型  $Q_A$  の割合を低く維持できた主な理由であることが考えられた。光障害によるダメージが大きい場合、暗期移行後もしばらく光化学系 II の修復が続くため、暗期の光化学系 II の量子収率は、暗順応時の最大量子収率より低く推移する。高 R/FR 比順化葉では、暗期移行後の最大量子収率の回復が標準 R/FR 比順化葉よりも早かった。このことから、高 R/FR 比順化葉では、明期においては光障害緩和能力が、暗期においては光障害修復能力が、それぞれ標準 R/FR 比順化葉よりも高いことがわかった。このことは、強光照射をしなくても、光質の制御に

よって強光ストレス耐性を植物に付与できる可能性を示唆する。

### (3)光質が病害抵抗性に及ぼす影響

高 R/FR 比の光照射で順化した子葉に発生したうどんこ病のコロニー数は、標準 R/FR 比の光照射で順化した子葉よりも有意に少なかった。このことから、高 R/FR 比の光照射で順化することでキュウリ子葉のうどんこ病抵抗性が向上することが示された。高 R/FR 比の光照射で順化した子葉は LMA が大きく、葉が厚い傾向が見られ、このような葉ではうどんこ病菌の吸器形成が抑制される傾向が見られた。高い R/FR 比に順化したキュウリ葉は、光合成能力が高いなどの陽葉的な形態的・生理的特性をもつことから、植物は高い R/FR 比から照射光をより強い光として感知し、過剰な防御応答を示したと考えられる。このような光強度に対する過剰な防御応答が、うどんこ病菌の葉内への侵入を抑制したと考えられる。高 R/FR 比の光照射下において、植物の病害抵抗性は向上したが、一方で展葉などの量的成長が遅くなった。これは、高 R/FR 比の光照射下において、植物が葉の展葉などの量的な成長よりも強光に対する防御をより優先したためと考えられ、病害抵抗性と量的成長の間にはバイオマス分配を介したトレードオフの関係があることが示唆された。

### (4)湿度環境がガス交換特性および水ストレス耐性に及ぼす影響

大気 CO<sub>2</sub> 濃度 400 μmol mol<sup>-1</sup> 下でのガス交換特性を比較した結果、気孔コンダクタンスは飽差 0.4 kPa 順化葉と比較して飽差 3.2 kPa および飽差 1.9 kPa 順化葉でそれぞれ 0.36 倍および 0.43 倍であったのに対して、純光合成速度には試験区間で有意差がみられなかった。これによって、水利用率は飽差 0.4 kPa 順化葉と比較して飽差 3.2 kPa および飽差 1.9 kPa 順化葉でそれぞれ 2.85 倍および 2.40 倍になった。気孔密度は飽差 3.2 kPa および飽差 1.9 kPa 順化葉で飽差 0.4 kPa 順化葉より大きく、気孔の長さは飽差 3.2 kPa および飽差 1.9 kPa 順化葉で飽差 0.4 kPa 順化葉より小さくなった。試験区間における気孔コンダクタンスの違いは、順化時の湿度環境による気孔発達の違いが一因と考えられる。飽差 3.2 kPa および飽差 1.9 kPa 順化葉において純光合成速度の大きな低下が引き起こされなかったのは、葉内の CO<sub>2</sub> 固定能力の指標である  $V_{\text{cmax}}$  および  $J$  に試験区間で有意差がみられなかったことに加えて、各試験区の葉内 CO<sub>2</sub> 濃度が純光合成速度の葉内 CO<sub>2</sub> 濃度に対する依存度が低い範囲にあったことが原因であると考えられた。飽差 0.4 kPa 順化葉に比べて蒸散要求量の高い飽差 3.2 kPa および飽差 1.9 kPa 順化葉では、葉内水ポテンシャルの低下が予想されたが、育成終了時の全試験区の葉内水ポテンシャルは -1.1 ~ -1.0 MPa の範囲にあり

大きな違いはみられなかった。これは、育成期間中に十分な灌水が行われていたのに加えて、飽差 3.2 kPa および飽差 1.9 kPa 順化葉の低い気孔コンダクタンスによって蒸散が抑制されたためと考えられる。飽差 3.2 kPa および飽差 0.4 kPa 順化葉の個体に吸水制限処理を施した結果、両試験区の気孔コンダクタンスは継続的に低下し、処理終了時には初期値の約 50% まで低下した。処理終了後、飽差 3.2 kPa 順化葉の葉内水ポテンシャルは飽差 0.4 kPa 順化葉よりも大きかった (飽差 3.2 kPa 順化葉: -1.13 MPa; 飽差 0.4 kPa 順化葉: -1.38 MPa)。これは、飽差 3.2 kPa 順化葉の気孔コンダクタンスが処理開始時から終了時まで飽差 0.4 kPa 順化葉よりも低くなる状態が続いたことによって、飽差 3.2 kPa 順化葉の葉面からの過度の蒸散が抑制され、水ストレスによる葉内の水分状態の変化が緩和されたためと考えられる。以上、低湿度環境に順化させることによって、純光合成速度の大きな低下を引き起こさずに気孔コンダクタンスを低下させることができ、その結果として水利用率を高められることが明らかとなった。気孔コンダクタンスを低下させることで、根からの吸水が制限された時の水ストレスを緩和できた。これらの結果から、育苗時の湿度を低くすることは、苗の水ストレス耐性を高める上で重要であることが示唆された。

### (5)湿度環境が害虫抵抗性に及ぼす影響

ナミハダニの産卵速度は、高い飽差に順化した葉ほど大きくなる傾向がみられ、飽差 0.4 kPa 順化葉と比較して、飽差 3.0 kPa 順化葉において第 1 本葉では 1.2 倍、第 2 本葉では 1.4 倍であり、順化時の飽差による有意な影響がみられた。毛じの発達は、高い飽差に順化した葉ほど促進する傾向がみられ、飽差 0.4 kPa 順化葉の毛じ密度と比較して、飽差 3.0 kPa 順化葉において第 1 本葉では 1.2 倍、第 2 本葉では 1.4 倍であった。毛じの発達した葉においてナミハダニの繁殖率が高くなることが知られている。本研究においても、高い飽差に順化したキュウリ葉の高い毛じ密度が、ナミハダニの産卵を促進した可能性がある。しかし、ナミハダニの産卵速度に及ぼす毛じ密度の影響が、第 1 本葉と第 2 本葉において異なっていたことから、各葉位において毛じ密度以外の要因が影響したことが考えられた。LMA は第 2 本葉と比較して第 1 本葉で大きかった。産卵速度に及ぼす毛じ密度および LMA の影響について重回帰分析を行ったところ、毛じ密度が高く、LMA が大きいほど、産卵速度は大きくなることが示された。一般に、湿度環境はハダニ類の繁殖に影響を及ぼすとされているが、それが湿度環境の直接的な影響であるか、植物応答を介した間接的な影響であるかはあまり区別されていない。本研究は、後者の存在を明らかにしたものであり、このことはハダニ類の生態を理解

し、効果的な防除を行う上で有用な知見と考えられる。さらに、既往研究では高い飽差(低い湿度)は生物的ストレス抵抗性を高めることが、うどんこ病菌やタバココナジラミについて明らかになっているが、ナミハダニに関してはこれらと逆の傾向であり、このような寄生者による「環境-宿主-寄生者」の関係性の差異も環境調節によって病害虫防除を効果的に行う際に重要であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計4件)

Shibuya, T., Itagaki, K., Wang, Y., Endo, R. 2015. Grafting transiently suppresses development of powdery mildew colonies, probably through a quantitative change in water relations of the host cucumber scions during graft healing. *Sci. Hort.* In press. 査読有り。

Shibuya T., Endo, R., Yuba, T., Kitaya, Y. 2014. The photosynthetic parameters of cucumber as affected by irradiances with different red:far-red ratios. *Biologia Plantarum* 59 (1): 198-200. 査読有り。

Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R., Kitaya, Y., 2014. Atmospheric moisture influences on conidia development in *Podosphaera xanthii* through host-plant morphological responses. *European Journal of Plant Pathology* 138 (1): 113-121. 査読有り。

Shibuya, T., Endo, R., Hayashi, N., Kitaya, Y. 2012. High-light-like photosynthetic responses of *Cucumis sativus* leaves acclimated to fluorescent illumination with a high red:far-red ratio: interaction between light quality and quantity. *Photosynthetica*. 50 (4): 623-629. 査読有り。

### 〔学会発表〕(計26件)

Kanou, K., Shibuya, T., Endo, R., Kitaya, Y. Water-use efficiency of cucumber transplants acclimatized to different vapor-pressure deficits. *GreenSys 2015 -International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouse-*. 2015年7月19~7月23日(発表予定)Evora (Portugal)

Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R., Kitaya, Y. Powdery mildew resistance in cucumber seedlings is reduced under lower CO<sub>2</sub> concentration than the atmospheric level. *GreenSys 2015 -International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouse-*. 2015年7月19~7月23日(発表予定)Evora (Portugal)

Shibuya, T., Hirai, N., Ueyama, S., Itagaki, K., Sakamoto, Y. Pest-specific effects of atmospheric moisture on plant-herbivore interactions through the responses of host

cucumber plants. *GreenSys 2015 -International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouse-*. 2015年7月19~7月23日(発表予定)Evora (Portugal)

板垣 芳, 渋谷俊夫, 東條元昭, 遠藤良輔, 北宅善昭. 低 CO<sub>2</sub>濃度下ではキュウリ葉のうどんこ病抵抗性が低下する. 日本農業気象学会 2015 年全国大会. 2015年3月17日. 文部科学省研究交流センター(つくば市)

加納憲治, 渋谷俊夫, 遠藤良輔, 北宅善昭. 低湿度環境に順化したキュウリ実生の光合成および水利用効率. 日本農業気象学会 2015 年全国大会. 2015年3月17日. 文部科学省研究交流センター(つくば市)

渋谷俊夫, 上山 伸, 平井規央, 板垣 芳, 遠藤良輔, 北宅善昭. 水蒸気飽差が寄主植物の環境応答を介してナミハダニの産卵に及ぼす影響. 日本農業気象学会 2015 年全国大会. 2015年3月17日. 文部科学省研究交流センター(つくば市)

渋谷俊夫, 上山 伸, 平井規央, 板垣 芳, 遠藤良輔, 北宅善昭. 異なる相対湿度に順化したキュウリ葉におけるナミハダニの産卵数. 日本農業気象学会近畿支部 2014 年度大会. 2014年11月29日. 大阪府立大学 I-Site なんば(大阪市).

板垣 芳・渋谷俊夫・東條元昭・遠藤良輔・北宅善昭, 高 R/FR 比の光照射下で順化したキュウリ実生ではうどんこ病菌の生育が抑制される. 日本植物病理学会 関西支部. 2014年9月28日. 富山大学(富山市)

板垣 芳, 渋谷俊夫. 物理環境調節下における植物の成長速度と生物的ストレス抵抗性との生態的トレードオフ. 日本生物環境工学会 2014 年大会. 2014年9月10日. 明治大学(東京)

渋谷俊夫, 加納憲治, 遠藤良輔, 北宅善昭, 異なる湿度環境に順化したキュウリ実生のガス交換特性. 日本生物環境工学会 2014 年大会. 2014年9月10日. 明治大学(東京)

Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R., Kitaya, Y. Illumination with high red-to-far-red ratio improves powdery mildew resistance in cucumber seedlings. The 29th International Horticultural Congress. 2014年8月20日. Brisbane (Australia).

Shibuya, T., Endo, R., Yuba, T., Kitaya, T. Illumination with a high red:far-red ratio improves photosynthetic performance as a result of stomatal and non-stomatal factors. The 29th International Horticultural Congress. 2014年8月19日. Brisbane (Australia).

Itagaki, K., Wang, Y., Shibuya, T. Powdery

mildew resistance of cucumber scion is improved by morphological responses during acclimatization phase. 1st ISHS International Symposium on Vegetable Grafting. 2014年3月18日, Wuhan (China). 渋谷俊夫, 植物生産における生理生態的トレードオフ, 植物工場先端技術センターセミナー, 2013年12月6日(招待講演). 愛媛大学(松山市)

徳田綾也子・渋谷俊夫・遠藤良輔・北宅善昭・増田篤稔・山崎麻衣子, 遠赤色光吸収フィルム下で育成したキュウリ実生のガス交換特性. 日本農業気象学会近畿支部2013年度大会. 2013年11月30日. 大阪府立大学 I-Site なんば(大阪市).

Shibuya, T., Itagaki, K., Tojo, M., Endo, R. Powdery mildew resistance in cucumber transplants grown under different light and atmospheric conditions. The 19th Australasian Plant Pathology Conference. 2013年11月27日. Auckland (New Zealand).

Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R., Kitaya, Y. Atmospheric moisture influences on conidia development in cucurbit powdery mildew fungus through host-plant morphological responses. The 19th Australasian Plant Pathology Conference. 2013年11月27日. Auckland (New Zealand).

渋谷俊夫・弓場俊樹・遠藤良輔・北宅善昭, 異なる赤色/遠赤色比の光照射下で順化したキュウリ葉のガス交換特性. 日本生物環境工学会2013年大会. 2013年9月3日. 香川大学(高松市)

板垣 芳・渋谷俊夫・東條元昭・遠藤良輔・北宅善昭, 異なる湿度環境に順化したキュウリ実生におけるうどんこ病菌の生育. 日本生物環境工学会2013年大会. 2013年9月3日. 香川大学(高松市)

板垣 芳・渋谷俊夫・東條元昭・遠藤良輔・北宅善昭, 微気象要素は植物の形態的・生理的变化を介してうどんこ病菌の生育に影響を及ぼすか? 日本農業気象学会2013年全国大会. 2013年3月27日. 石川県立大学(野々市市)

②① 渋谷俊夫, 光質制御による植物の自己防御能力の向上. 日本農業気象学会近畿支部・生態工学会関西支部共催シンポジウム「光環境と生物」. 2012年12月1日(招待講演). 大阪府立大学(堺市)

②② Endo, R., Shibuya, T., Kitaya, Y. Cucumber seedlings grown under high red-to-far-red illumination shows enhanced resistance to strong light stress. 7<sup>th</sup> International Symposium on Light in Horticultural Systems. 2012年10月16日. Wageningen (Netherlands).

②③ Shibuya, T., Komuro, J., Hirai, N., Sakamoto, Y., Endo, R., Kitaya, Y. Fluorescent

illumination with high red-to-far-red ratio reduces attractiveness of cucumber seedlings to sweetpotato whitefly through changes in leaf morphological characteristics. 7th International Symposium on Light in Horticultural Systems. 2012年10月15日. Wageningen (Netherlands).

②④ Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R., Kitaya, Y. Fluorescent illumination with high red-to-far-red ratio and high vapor pressured deficit improves powdery mildew resistance in cucumber seedlings. 7th International Symposium on Light in Horticultural Systems. 2012年10月15日. Wageningen (Netherlands).

②⑤ 遠藤良輔・渋谷俊夫・林 伸明, 高 R/FR 光照射で育成されたキュウリ実生の光合成および光障害緩和能力. 日本生物環境工学会2012年大会. 2012年9月7日. 東京大学(東京)

②⑥ 渋谷俊夫・板垣 芳・林 伸明・小室淳輝・遠藤良輔・東條元昭・平井規央, 高 R/FR 比の光照射は植物の展葉を遅くするが自己防御能力を高める. 日本生物環境工学会2012年大会. 2012年9月4日. 東京大学(東京)

[図書](計1件)

Shibuya T. Eco-physiology of transplant production. In “Plant factory: An indoor farming system for efficient production of quality crops” Ed. by Kozai, T., Niu G. and Takagaki, M. Elsevier. in press.

[その他]

渋谷俊夫, 苗生産における生態的トレードオフの解明と環境制御への応用. 科研費 NEWS2014 Vol. 3. 2015年3月.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渋谷 俊夫 (SHIBUYA Toshio)  
大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授  
研究者番号: 50316014

### (2) 研究分担者

東條 元昭 (TOJO Motoaki)  
大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授  
研究者番号: 90254440

平井 規央 (HIRAI Norio)  
大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授  
研究者番号: 70305655

遠藤 良輔 (ENDO Ryosuke)  
大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教  
研究者番号: 10409146