

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04575

研究課題名(和文) 苗生産におけるバイオマス分配を介した生態的トレードオフの解明と環境制御への応用

研究課題名(英文) Evaluation of ecological trade-offs in the transplant production through biomass allocation and its application to environmental control

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、苗生産において量的成長と質的要素との生態的トレードオフを評価し、その制御法を検討した。遠赤色光に対する赤色光の比(以下、R/FR比)が高い光照射下では、バイオマスが葉の厚さ方向に分配された結果として、ストレス抵抗性が向上するものの、葉の拡大が抑制されることで育成期間中の成長速度が低下した。このようなトレードオフを緩和する方法として、光質と湿度環境の複合影響を検討した結果、R/FR比と湿度は茎の伸長や展葉に対して複合的に作用し、その作用の仕方が茎と葉で異なることが示された。これは、物理環境要素の複合影響によって、各部位へのバイオマス分配を好適に制御できる可能性を示唆するものである。

研究成果の概要(英文)：In the present study, we evaluated ecological trade-offs between quantitative growth of plants and their quality in the transplant production. The illumination with high red-to-far-red-ratio (R:FR) improved stress tolerances of transplants, but inhibited leaf expansion and consequent plant growth during the transplant production. This trade-off relationship is due to greater allocation of biomass to leaf thickening. Next, we demonstrated that the effects of R:FR interacted with the effects of humidity, and their interaction differed between leaves and stems. The different interaction effects on stems and leaves indicate that it may be possible to control stem extension and leaf expansion individually by taking advantage of the interactions between appropriate environmental factors.

研究分野：生物環境調節学

キーワード：成長モデル バイオマス分配 ストレス抵抗性 光質 湿度 複合影響

1. 研究開始当初の背景

環境調節によって植物成長を最適化することは、植物生産における重要な課題のひとつである。これまで、量的な成長速度の最適化について主に検討されてきたが、最近では栄養成分やストレス抵抗性などの質的要素も注目されている。本研究は、苗生産において植物の量的成長と質的要素を好適に制御する方法論を確立することを目的とする。苗の品質は、農作物の初期成長に大きく影響することから、それを安定させることは農業生産の安定化に大きく寄与する。しかし、高品質な苗に対する社会的要請は大きいにもかかわらず、品質の評価手法および制御方法は十分に確立されていないのが現状である。

2. 研究の目的

植物の量的な成長速度と質的要素の間にはバイオマス分配を介した生態的なトレードオフがあると考えられる。例えば、光質や湿度を制御することで植物の光合成能力やストレス抵抗性などの質的要素を向上できる可能性があるが、その代償として量的な成長速度は低下することが予想される。このような関係性は生態学分野ではよく知られているが、植物生産に当てはめると、植物の速い成長と高い品質は両立しないことを意味し、生産者は必要に応じて適切な環境制御法を選択する必要があることを示唆する。

高い赤色/遠赤色光比 (R/FR 比) や高飽差 (低湿度) における質的要素の向上は、光合成産物のある程度生成できる条件でありながら、展葉を抑制し、光合成産物を質的要素の向上に利用した方が植物にとって有利な条件で起こる、自己防御のための応答と考える。量的成長と質的要素の双方を高めることが理想であるが、それをある水準で実現するためには、バイオマス供給量の調節も含めた複合的な環境影響によってトレードオフを緩和させつつ、生育段階に応じた環境制御によって、バイオマス分配を好適に促す必要があるだろう。しかしながら、光、湿度、CO₂濃度などの物理環境の複合影響が生態的トレードオフに及ぼす影響は十分に明らかにされていない。本研究は、質的要素が特に重要視される苗生産を事例として、植物生産での量的成長と質的要素との生態的トレードオフの定量化を行い、その制御法を検討するものである。

3. 研究の方法

(1)異なる光質下における植物の成長および光合成特性

遠赤色光に対する赤色光の比 (R/FR 比) が高い光を照射下において植物の成長が抑制される要因を、同化箱法を用いて求めたガス交換速度の実測値と成長解析法を用いて求めた成長パラメータの算定値から評価した。

キュウリを R/FR 比の異なる光照射下で播種後 13 日間育成した。光源には、自然光に

近い分光放射特性をもつメタルハライドランプを用いた。ランプの下に近赤外吸収フィルムを設置した試験区 (R/FR 比 = 4.3) および光量のみを変化させる遮光ネットを設置した試験区 (R/FR 比 = 1.4) を設けた。共通の育成条件は、気温 27℃、相対湿度 60%、光合成有効光量子束密度 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期 16 h d⁻¹とした。育成期間中に個体内での葉の重なりはほとんど見られなかった。播種後 6 日目および育成終了時 (13 日目) における乾物重および葉面積から、成長解析法を用いて相対成長速度 (RGR)、純同化速度 (NAR)、葉面積比 (LAR)、比葉面積 (SLA) および葉重量比 (LWR) を算定した。播種後 6 日目から 13 日目までの 8 日間、育成時と同じ光照射条件および暗条件で、キュウリ実生の個体あたりの純光合成速度および暗呼吸速度を、開放式同化箱法を用いたガス交換計測から求め、それらを推定葉面積で除すことで単位葉面積あたりの値に換算した。NAR は開放式同化箱法による計測値からも算定し、各日の純光合成速度および暗呼吸速度を明期および暗期時間でそれぞれ積算し、それらの和を乾物に換算することで求めた。

(2)異なる光質下で育成した苗のストレス抵抗性

異なる R/FR 比で育成した植物の生物的ストレス抵抗性を、キュウリうどんこ病に対する抵抗性から評価した。

キュウリうどんこ病菌に対する抵抗性を、異なる R/FR 比 (=1.2, 5.0 または 10) で育成したキュウリ実生について評価した。光源には青・緑・赤・遠赤色混合の LED パネルを用いた。共通の育成条件は、気温 28℃、相対湿度 50%、光合成有効光量子束密度 (PPFD) 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期 16 h d⁻¹とした。子葉展開後、キュウリうどんこ病菌の胞子を葉の向軸面に接種した。接種後、各試験区のキュウリ実生を同一環境下で育成した。接種後の病斑形成を目視で、菌糸の発達過程を顕微鏡観察によって評価した。接種時の葉の形態的特性を葉面積あたりの乾物重 (LMA) および葉の厚さから評価した。

(3)異なる光質下で育成した苗の強光下における光合成および成長特性

異なる R/FR 比で育成した植物の非生物的ストレス抵抗性を強光条件下に移したときの光合成および成長特性から評価した。キュウリ実生を異なる R/FR 比で育成した。光源には一般の白色蛍光灯 (R/FR 比=7.4) または遠赤色光を付加した白色蛍光灯 (R/FR 比=1.0)を用いた。共通の育成条件は、気温 27℃、相対湿度 90%および PPFD150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期 16 h d⁻¹とした。第 1 本葉展開後、キュウリ実生を PPFD1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の強光下に移し 2 日間育成した。強光下における光合成特性を、純光合成速度およびクロロフィル蛍光パラメータ (電子伝達速度、非光化学的消光)

から、成長特性を相対成長速度 (RGR) から評価した。

(4) 光質と湿度環境の複合影響によるトレードオフの緩和

複合的な環境制御下におけるバイオマス分配と生態的トレードオフを解明することを目的として、R/FR 比と水蒸気飽差 (飽差) の相互作用が植物の伸展およびバイオマス分配に及ぼす影響を調べた。

供試植物にキュウリを用いた。播種後 6 日目から 2 段階の R/FR 比 (1.0 または 10) および 3 段階の水蒸気飽差 (0.4 kPa, 1.9 kPa または 3.0 kPa) を組み合わせた 6 処理区で 7 日間育成した。共通の育成条件は、気温 27 °C, 光合成有効光量子束密度 $230 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 明期 16 h d^{-1} とした。飽差 0.4 kPa, 1.9 kPa および 3.0 kPa は相対湿度に換算してそれぞれ 90%, 50% および 20% である。光源には青・緑・赤・遠赤色混合の LED パネルを用い、FR 以外の分光放射特性は試験区間で同じとした。処理終了時に各個体のシュート長 (培地面から成長点までの長さ) および葉面積を測定した。処理開始時および終了時のシュート長から処理期間中のシュートの平均伸長速度 (SER) を算出した。処理開始時および終了時の葉面積から相対展葉速度 (RLER) を求めた。

(5) 閉鎖型植物育成施設における環境制御のトレードオフの検討

湿度制御は苗の品質を高めるために重要であるが、換気によって湿度を低下させた場合には、CO₂ 濃度を大気濃度以上に制御することが難しくなる。したがって、好適な CO₂ 濃度制御と湿度制御との間にはトレードオフが存在する。このトレードオフ関係を検討するために、異なる湿度および CO₂ 濃度における植物の成長特性を検討した。

キュウリ実生を、飽差 3.0 kPa (高飽差; 相対湿度 20%) または 0.4 kPa (低飽差; 相対湿度 90%), CO₂ 濃度 $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ (標準 CO₂ 濃度) または $1000 \mu\text{mol mol}^{-1}$ (高 CO₂ 濃度) を組み合わせた条件で子葉展開後 8 日間育成した。共通の育成条件は、気温 28 °C, 光合成有効光量子束密度 $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 明期 16 h d^{-1} とした。育成期間中における相対成長速度 (RGR), 純同化速度 (NAR), 葉面積比 (LAR) および比葉面積 (SLA) を、成長解析法を用いて評価した。

4. 研究成果

(1) 異なる光質下における植物の成長および光合成特性

RGR は R/FR 比 4.3 の光照射下で R/FR 比 1.4 の光照射下の 0.92 倍であった。RGR の構成要素である NAR および LAR ($\text{RGR} = \text{NAR} \times \text{LAR}$) に注目すると、NAR は試験区間に有意差が認められず、LAR は R/FR 比 4.3 の光

照射下で R/FR 比 1.4 の光照射下の 0.92 倍であった。したがって、R/FR 比 4.3 の光照射下において成長速度が R/FR 比 1.4 の光照射下に比べて小さかったのは、個体乾物重あたりの葉面積 (すなわち LAR) が小さかったことに起因する。LAR の構成要素である SLA および LWR ($\text{LAR} = \text{SLA} \times \text{LWR}$) に注目すると、SLA および LWR は、R/FR 比 4.3 の光照射下で R/FR 比 1.4 の光照射下のそれぞれ 0.89 倍および 1.05 倍であった。したがって、R/FR 比 4.3 の光照射下において LAR が R/FR 比 1.4 に比べて小さかったのは、葉身乾物重あたりの面積 (すなわち SLA) が小さかったことに起因する。LWR が R/FR 比 1.4 の光照射下において R/FR 比 4.3 の光照射下にくらべてやや小さかったのは、胚軸および葉柄を伸長させることにバイオマスをより優先させて分配させたためである。育成期間中の純光合成速度には、播種後 13 日目以外は試験区間に有意差が認められなかった。純光合成速度と暗呼吸速度から求めた NAR は、R/FR 比 4.3 および R/FR 比 1.4 の光照射下でそれぞれ $5.49 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ および $5.78 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ であり、成長解析の結果と同様に有意差は認められなかった。

以上、高 R/FR 比の光照射下における成長速度の低下は、葉の拡大が抑制されることで起こることが確認された。草丈の伸長抑制と葉の拡大抑制は、共に細胞の伸展性の低下に起因する。したがって、高 R/FR 比の光照射下では草丈伸長を抑制できるが、その代償として成長速度が低下するトレードオフが存在すると考えられる。

(2) 異なる光質下で育成した苗の生物学的ストレス抵抗性

高 R/FR 比に順化した葉では R/FR 比 1.2 の光照射下に順化した葉よりも病斑形成が抑制された。高 R/FR 比に順化した葉では、LMA が大きく、葉全体が厚い傾向がみられた。病斑形成過程を詳細に調べると、病斑形成に違いがもたらされた原因を菌糸の発達過程から調べてみると、菌糸の侵入よりも、侵入後の菌糸の成長が異なることが示唆された。初期侵入後の発達は宿主葉の非構造的な特性に影響されることから、LMA の変化が直接的に菌糸の発達に作用したのではなく、植物体内成分などの LMA と相関を持つ他の要素が作用したと考えられる。しかしながら、LMA と病斑形成との間には負の相関が示唆されたことから、葉の厚さ方向にバイオマスを分配した葉は、生物学的ストレス抵抗性を大きくすると考えられる。このことは、育苗中の量的成長と育苗後の生物学的ストレス抵抗性との間にはトレードオフが存在することを示唆する。

(3) 異なる光質下で育成した苗の強光下における光合成および成長特性

強光照射下における相対成長速度は、高 R/FR 比で育成した植物は低 R/FR 比で育成し

たものよりも大きくなり、これは高 R/FR 比で育成した植物における葉面積あたりの同化速度が強光下で高いことに由来していた。クロロフィル蛍光パラメータの解析から、高 R/FR 比で育成した植物は電子伝達効率が高いことが示され、さらに、光化学系 II において光エネルギーが熱放散に用いられる割合が減少することが示唆された。これらの結果から、高 R/FR 比の光照射下では成長が抑制される一方で、強光下に移したときの成長速度が大きくなるというトレードオフ関係を光合成特性からも示すことができた。

(4) 光質と湿度環境の複合影響によるトレードオフの緩和

R/FR 比と飽差の交互作用は、SER および RLER の両方で認められた。SER は、R/FR 比 1.0 の光照射下では、飽差 0.4 kPa において、飽差 1.9 kPa および 3.0 kPa と比較して大きくなったのに対して、R/FR 比 10 の光照射下では、全ての飽差条件でシュートはほとんど伸長せず、飽差の影響を受けなかった。一方、RLER は、どちらの R/FR 比の光照射下でも、飽差の低下に伴い大きくなり、R/FR 比 10 の光照射下において、飽差の影響はより顕著であった。高 R/FR 比の光照射下において、SER は飽差の影響を受けにくかった一方で、RLER は飽差の影響を受けやすかったことは、R/FR 比と飽差が及ぼす複合影響が、シュートの伸長と展葉で異なることを意味している。一般に、植物の伸長成長は個々の細胞の伸長によってもたらされ、細胞内への水の流入に伴い生じる膨圧が細胞を伸長させる。SER が、R/FR 比が高い場合に飽差の影響を受けにくかった理由として、高い R/FR 比によって細胞壁の伸展性が低くなったために、飽差の変化に伴い膨圧が変化しても、細胞伸長にほとんど影響しなかった可能性が考えられる。RLER が、高 R/FR 比の場合に飽差の影響を受けやすくなった原因について、植物体内におけるバイオマス分配に注目すると、伸展成長が大きくなる低 R/FR 比・低飽差条件では、シュートを伸長させるために、茎への光合成産物の分配割合が大きくなった一方で、葉への分配割合が減少していた。このような茎と葉との間のバイオマスの競合が R/FR 比と飽差の交互作用が茎と葉で異なる理由と推察された。

以上より、R/FR 比と飽差は茎の伸長や展葉に対して複合的に影響を及ぼし、その影響は茎と葉では異なることが示された。このような R/FR 比と飽差の複合影響を利用することで、植物の成長を好適に制御することができると考えられる。例えば、展葉速度が高 R/FR 比で飽差の影響を受けやすいという現象は、高 R/FR 比で起こる展葉抑制を低飽差下で緩和できることを示唆する。他方、茎の伸長速度は、高 R/FR 比で飽差の影響を受けなかった現象から、高 R/FR 比と低飽差を組み合わせることで、展葉抑制を緩和しながら、徒長

を抑制できることが示唆された。このことは、環境要因の複合影響によってトレードオフを緩和できる可能性があることを意味する。

(5) 閉鎖型植物育成施設における環境制御のトレードオフの検討

湿度と CO₂ 濃度が植物成長に及ぼす複合影響を調べた結果、RGR は低飽差（高湿度）で高飽差（低湿度）よりも大きかった。純同化速度には湿度の影響がほとんどみられなかったのに対して、LAR は高飽差において低飽差よりも小さかった。高 CO₂ 濃度・低飽差の組み合わせと、低 CO₂ 濃度・高飽差の組み合わせにおける植物成長を比較すると、RGR は前者の方が大きく、他方、LAR および SLA には大きな違いは見られなかった。SLA は苗のストレス抵抗性との負の相関が示唆されており、本研究結果は、低飽差による苗の品質低下は、CO₂ 濃度を高めることで軽減できることを意味している。したがって、閉鎖型施設において換気によって湿度を低下させても、CO₂ 濃度が低下してしまう場合には、苗の品質向上に大きく寄与しない可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

- Shibuya, T., Kano, K., Endo, R., Kitaya, Y., 2018. Effects of the interaction between vapor-pressure deficit and salinity on growth and photosynthesis of *Cucumis sativus* seedlings under different CO₂ concentrations. *Photosynthetica* 56 (3):893–900. 査読有り。Itagaki, K., Shibuya, T. 2018. Differences in early hyphal development of *Podosphaera xanthii* on *Cucumis sativus* leaves acclimatized to high or low relative humidity. *Botany* 96:67–71. 査読有り。
- Shibuya, T., Kano, K., Endo, R., Kitaya, Y., 2017. Photosynthetic properties and response to drought in cucumber seedlings acclimatized to different vapor pressure deficit levels. *The horticulture Journal* 86 (3): 334–339. 査読有り。
- Shibuya, T., Kishigami, S., Takahashi, S., Endo, R., Kitaya, Y., 2016. Light competition within dense plant stands and their subsequent growth under illumination with different red:far-red ratios. *Scientia Horticulturae* 213: 49–54. 査読有り。
- Shibuya, T., Hayashi, S., Endo, R., Kitaya, Y., 2016. Growth analysis and photosynthesis measurements of cucumber seedlings grown under light with different red to far-red ratios. *HortScience* 51 (7):843–846. 査読有り。
- Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R., Kitaya, Y., 2016. Early development of powdery mildew on cucumber leaves acclimatized to illumination with different

red-to-far-red ratios. HortScience 51 (5):530-536. 査読有り。
Matsuda, R., Yamano, T., Murakami, K., Fujiwara, K., 2016. Effects of spectral distribution and photosynthetic photon flux density for overnight LED light irradiation on tomato seedling growth and leaf injury. Scientia Horticulturae 198: 363-369. 査読有り。
Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R., Kitaya, Y., 2015. Development of powdery mildew fungus on cucumber leaves acclimatized to different CO₂ concentrations. HortScience 50 (11):1662-1665. 査読有り。

〔学会発表〕(計 18 件)

Shibuya, T., Endo, R. Photosynthetic performance of cucumber transplants acclimatized to light with higher red to far-red ratio than sunlight. III. International Symposium on Innovation and New Technologies in Protected Cultivation. 2018 年 8 月 12 日 ~ 16 日 (発表予定). Istanbul (Turkey)

鶴山浄真, 渋谷俊夫. 人工光を用いた種子繁殖型イチゴ育苗における明期時間の検討. 園芸学会平成 30 年度春季大会. 2018 年 3 月 24 日. 近畿大学農学部 (奈良市)

渋谷俊夫, 永田彩乃, 遠藤良輔, 北宅善昭. 照射光の赤色/遠赤色光比が植物の成長に及ぼす影響は光強度および湿度環境によって異なる. 日本農業気象学会 75 周年記念大会. 2018 年 3 月 15 日. 九州大学伊都キャンパス (福岡市)

渋谷俊夫, 黒田文一郎, 遠藤良輔, 北宅善昭. 遠赤色光吸収フィルムを用いることによる接ぎ木養生でのキュウリ穂木の徒長抑制. 日本農業気象学会 75 周年記念大会. 2018 年 3 月 15 日. 九州大学伊都キャンパス (福岡市)

Shibuya, T., Kano, K., Endo, R., Kitaya, Y. Effects of the interaction between atmospheric humidity and nutrient-solution water potential on growth and photosynthesis of cucumber seedlings under different atmospheric CO₂ concentration levels. ASHS 2017 Annual Conference. 2017 年 9 月 22 日. Waikoloa (USA)

Shibuya, T., Kishigami, S., Endo, R., Kitaya, Y. Effects of interaction between red to far-red ratio of light and atmospheric humidity on extension growth of Cucumis sativus seedlings. SEB Gothenburg 2017. 2017 年 7 月 5 日. Swedish Exhibition & Congress Centre. Gothenburg (Sweden)

遠藤良輔・松山涼馬・渋谷俊夫・北宅善昭. 異なる水分特性を持つ培地におけるキュウリ葉の気孔応答. 日本農業気象学会 2017 年全国大会. 2017 年 3 月 28 日.

北里大学十和田キャンパス (十和田市)
渋谷俊夫・加納憲治・遠藤良輔・北宅善昭. 飽差による植物影響は大気 CO₂ 濃度および根圏水ポテンシャルによって異なる. 日本農業気象学会 2017 年全国大会. 2017 年 3 月 30 日. 北里大学十和田キャンパス (十和田市)

Shibuya, T., Kishigami, S., Endo, R., Kitaya, Y. Light competition within dense plant stands under different light qualities. 5th International Controlled Environment Conference/AusPheno 2016. 2016 年 9 月 20 日. Canberra (Australia)

渋谷俊夫・林早紀・遠藤良輔・北宅善昭. 赤色/遠赤色光比の高い光照射下でのキュウリ実生の成長速度の低下は葉の拡大が抑制されることで起こる. 園芸学会平成 28 年度秋季大会. 2016 年 9 月 10 日. 名城大学天白キャンパス (名古屋市)

渋谷俊夫. 環境調節によって挿し木の可能性をどこまで引き出せるか. 第 5 回森林遺伝育種学会シンポジウム「さし木技術の進展と将来展望」. 2016 年 3 月 30 日 (招待講演). 日本大学生物資源科学部 (藤沢市)

岸上早紀, 渋谷俊夫, 遠藤良輔, 北宅善昭. 照射光の赤色/遠赤色光比および飽差がキュウリ実生の伸長成長および展葉に及ぼす複合影響. 日本農業気象学会 2016 年全国大会. 2016 年 3 月 16 日. 岡山大学津島キャンパス (岡山市)

渋谷俊夫, 林早紀, 遠藤良輔, 北宅善昭. 異なる赤色/遠赤色光比の光照射下におけるキュウリ実生の光合成および成長特性の評価. 日本農業気象学会 2016 年全国大会. 2016 年 3 月 15 日. 岡山大学津島キャンパス (岡山市)

松田怜・山埜拓人・村上貴一・富士原和宏. 夜間に照射する LED 光の分光分布および PPFD がトマト苗の育成および可視障害に及ぼす影響. 日本農業気象学会 2016 年全国大会. 2016 年 3 月 16 日. 岡山大学津島キャンパス (岡山市).

渋谷俊夫・加納憲治・遠藤良輔・北宅善昭. 水蒸気飽差がキュウリ葉の表皮構造およびガス交換特性に及ぼす影響. 園芸学会平成 27 年度秋季大会. 2015 年 9 月 26 日. 徳島大学常三島キャンパス (徳島市)

板垣 芳・渋谷俊夫・東條元昭・遠藤良輔・北宅善昭. 異なる CO₂ 濃度に順化したキュウリ実生におけるキュウリうどんこ病菌の生育. 園芸学会平成 27 年度秋季大会. 2015 年 9 月 26 日. 徳島大学常三島キャンパス (徳島市)

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
20 日 . Evora (Portugal).
Itagaki, K., Shibuya, T., Tojo, M., Endo, R.,
Kitaya, Y. Powdery mildew resistance in
cucumber seedlings is reduced under lower
CO₂ concentration than the atmospheric
level. GreenSys 2015 -International
Symposium on New Technologies and
Management for Greenhouse-. 2015 年 7 月
22 日 . Evora (Portugal).

〔図書〕(計 1 件)

Kozai, T., T. Shibuya, D. He, S. Zobayed,
and Chun, C., 2015. Transplant production in
closed systems, p 237–269. In: Kozai, T., G.
Niu,. and M. Takagaki (eds.). Plant factory,
Academic Press.

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：5 0 3 1 6 0 1 4

(2)研究分担者

遠藤 良輔 (ENDO Ryosuke)
大阪府立大学・生命環境科学研究科・講師
研究者番号：1 0 4 0 9 1 4 6

大山克己 (OHYAMA Katsumi)
大阪府立大学・研究推進機構・准教授
研究者番号：2 0 4 5 6 0 8 1

松田 怜 (MATSUDA Ryo)
東京大学・農学生命科学研究科・准教授
研究者番号：2 0 5 4 7 2 2 8

植山 雅仁 (UEYAMA Masahito)
大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授
研究者番号：6 0 5 0 8 3 7 3

東條 元昭 (TOJO Motoaki)
大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授
研究者番号：9 0 2 5 4 4 4 0