

令和 6 年 5 月 26 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02316

研究課題名(和文)スピーキングプラントアプローチによるサフラン子球の生育制御法解明

研究課題名(英文)Elucidation of growth control method for daughter corm development of saffron (Crocus sativus L.) by adopting Speaking Plant Approach

研究代表者

伊藤 博通 (ITO, Hironichi)

神戸大学・農学研究科・教授

研究者番号：00258063

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：人工気象器内でサフランの子球育成実験を行った。栽培環境を一定に保つ低温区と子球シンク強度の測定値により気温と光量子束密度の値を調節する設定調節区を設けた。シンク強度は本研究で開発した非破壊計測法で測定した。両試験区におけるサフランの葉と子球の成長や内容成分ならびにトランスクリプトーム解析の結果を比較することにより設定調節区で実施した環境調節の効果を検証した。その結果、シンク強度をフィードバックするSpeaking Plant Approachを実践することにより環境調節の効果が高まることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、生体情報をフィードバックして環境制御を行うことにより品質・収量の増加とコスト低減を目指すSpeaking Plant Approach (SPA)の実践を指向していることにある。実稼働している植物工場で生体内部の情報を環境制御にフィードバックしている例はほとんど無い。SPAの実践のためには生体計測技術開発と植物の環境応答解明が必要である。サフラン子球の生育制御においてこれらの課題を解決し、これまでにない生育制御法を解明することは高付加価値球根植物の栽培法に革新をもたらす、植物工場など産業界に貢献することにつながる。

研究成果の概要(英文)：Experiments about daughter corm development of saffron (Crocus sativus L.) was conducted in growth chambers. Two experimental treatments were prepared, those were the low temperature treatment (LTT), which kept environmental condition constant, and the environmental condition adjusting treatment (ECAT), which decided value of air temperature and photosynthetically photon flux density according to the value of sink strength of daughter corm that was measured by non-destructive method. Comparing the measured results of component concentrations in leaves and daughter corms, and transcriptome analysis that obtained from both the treatments, effects of the adjustments of environmental condition in the ECAT were verified. Finally, it was found that the effectiveness of environmental control improved by the feedback of sink strength, which was a practice of Speaking Plant Approach.

研究分野：農業環境工学および農業情報工学、植物工場、環境調節、非破壊計測、ケモメトリクス

キーワード：サフラン 子球肥大 トランスクリプトーム解析 非破壊計測 スピーキングプラントアプローチ

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

内閣府統合イノベーション戦略 2020 において農業データ連携基盤の充実を図り、生産から流通・加工・消費、更には輸出までをデータでつなぐスマートフードチェーン構築が推奨されている。植物工場は人工環境下で植物を生産するシステムであり、元来データ駆動型農業であるためスマートフードチェーンに親和性が高く、かつチェーン内の生産を担う重要な技術要素である。しかし、採算性に課題があり生産物の高付加価値化が課題である。そこで研究代表者らは付加価値の高いサフランを植物工場で栽培するための研究を進めてきた。サフランは母球から伸びる茎の基部が子球に分化して肥大し次世代の母球となる栄養生殖により繁殖する。サフランの使用部位である柱頭(雌しべ)は非常に高価であるが収量が非常に少ない。採算性向上のためには生産期間を短縮して柱頭生産量を増大させる必要がある。現状では子球肥大に半年程度が必要であり子球肥大期間を短縮することが最大の課題となっている。

2. 研究の目的

これまでの研究成果で子球内の可溶性糖が子球肥大促進の鍵を握っていることが解明されている^{1,2)}。本研究の目的は子球内の可溶性糖濃度を非破壊計測し、その結果を指標として気温設定値を決定して子球肥大を最適化する生育制御法の解明である。即ち、Speaking Plant Approach³⁾の実践である。

3. 研究の方法

(1) 近赤外線分光法による球茎内糖濃度の非破壊計測法の開発

近赤外スペクトルからグルコース、フルクトースおよびスクロースの濃度を測定した先行研究がある^{4,5)}。サフラン子球においても近赤外分光法により 3 糖の濃度を測定可能であると予想された。球茎の近赤外スペクトルの取得には光源にハロゲンランプ(Ocean Optics, HL-2000-FHSA)、分光器に Quest(Ocean Optics NIRQuest 512 スタンダード)を使用した。波長範囲は 1100 nm - 1800 nm、波長分解能は 7.2 nm である。測定にはプローブ(Ocean Optics, R200-12-MIXED)を用いて拡散反射法によってスペクトルを取得した。計測対象となる子球内グルコース、フルクトースおよびスクロースの濃度および子球重量の破壊計測を行った。球茎重量は電子天秤(AND 株式会社, GR-120)で測定した。糖濃度は凍結乾燥試料から 80 %(v/v)メタノールを用いて糖を抽出し、得られた抽出液を HPLC(Shimadzu)で分離することで各種糖濃度実測値を得た。HPLC 装置には島津製作所製 LC システム(送液ユニット: LC-10Advp, オートインジェクタ: SIL-20AC, カラムオープン: CTO-10Avp, SHIMADZU)を使用した。検出器には示差屈折検出器(SHIMADZU, RID-20A)をカラムには LUNA NH₂(250 mm×φ 4.6, Phenomenex)をそれぞれ使用した。移動相は 99 %アセトニトリル(メルク株式会社)と蒸留水(ナカライテスク株式会社)とメタノール(シグマアルドリッチ)を容積比 75:15:10 で混合して作成した 75 %アセトニトリルを十分攪拌した後使用した。検量線作成のための標準物質として D(+)-グルコース(和光純薬工業株式会社)、D(-)-フルクトース(ナカライテスク株式会社)、スクロース(ナカライテスク株式会社)を用いた。HPLC 測定結果の記録およびデータ解析にはクロマトグラム用のデータ処理装置(ランタイムインストルメンツ、Chromato-PRO Ver. 4.0)を用いた。

測定スペクトルから上記 3 糖および子球重量を推定する重回帰モデルを構築するために PLS (Partial Least Square) 法を使用した。Martens の不確かさ検定⁶⁾によって波長選択を行った。モデル構築に使用したデータ数は子球重量用に 125、フルクトース濃度用に 123、グルコース濃度用に 126、スクロース濃度用に 125 であった。これらの 4 種類のデータはそれぞれキャリブレーションセットとバリデーションセットのデータ数が原則 2 : 1 となるように分割した。

(2) シンク強度指標値の算出

シンク強度はシンク器官がデンプンなどの転流物質を受容する能力を表す。当初は先行研究²⁾によりヘキソース(単糖、Hex)とスクロース(Suc)の比である Suc/Hex 比がシンク強度と高い相関があると考えられていた。しかし、2021 年の測定結果からはこれを実証できなかったため Suc/Hex 比に替わるシンク強度の指標が必要となり次式を提案した。

$$\text{シンク強度}(\text{g}\cdot\%\text{d.b.}) = \frac{\text{球茎重量}(\text{g}) \times \text{スクロース濃度}(\%\text{d.b.}) \times \text{グルコース濃度}(\%\text{d.b.})}{\text{フルクトース濃度}(\%\text{d.b.})} \quad (1)$$

球茎内のスクロースとグルコースの濃度はシンク強度の低下と共に減少、フルクトース濃度は逆に増加する傾向がある。また、球茎の重量はシンク強度と正の相関がある。これらの事実から(1)式を提案し、実際に本研究で使用した。(1)式右辺の各項目は非破壊計測法により測定した。

(3) 子球肥大実験

大分県竹田市産サフラン球茎を、花芽形成処理を行い開花させた後に子球育成実験に供試し

表 1 子球育成期間の環境条件設定値

環境要因	低温区	設定調節区
温度(°C) 明/暗	15.0/7.0	シンク強度に 合わせ調節
湿度(%RH)		70
CO ₂ 濃度(ppm)		400
明暗周期(h/h)		10/14
明/暗		
光量子束密度 ² ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	160±11.4	シンク強度に 合わせ調節

²: 平均値±標準偏差

た。人工気象器(日本医科器械製作所, LPH-410SPC)内で LED(アクア株式会社, OPJ-A1200PMH・N-V)を使用し湛液型水耕で栽培した。気温および光量を一定とした低温区とシンク強度の変動に合わせて気温および光量を調節する設定調節区の 2 試験区を設定した。シンク強度は近赤外分光法を用いて独自に考案した(1)式により算出した。シンク強度がピークに近い時に炭素供給を促進させ、シンク強度が低下している時にシンク強度を維持する設定を行った。シンク強度のピークを確認するため、算出したシンク強度が経時的に増加している時は設定を変更せず、初めて下がった時に明期暗期共に 3 °C ずつ上げる昇温を行った。その後再びシンク強度が増加すれば設定を変更せず、低下すれば温度を低温条件と同等にし、使用 LED 本数を 4 本減らした。また光量を下げた後にシンク強度が増加し、その後低下した場合は光量を変更せず昇温を行うこととした。子球育成期間の環境条件を表 1、図 1 および図 2 に示す。経時破壊測定では定期的に球茎を破壊し、子球重量を測定した。葉はスキャナーで画像を取得後に画像処理を行い葉の枯れ割合(全葉面積に占める枯れている面積の割合)を算出した。その後子球および葉の凍結乾燥粉末試料と凍結粉末試料を作成した。凍結乾燥粉末試料を供試し、子球内デンプン濃度および子球内スクロース濃度を HPLC(示差屈折率検出器: SIMADZU, RID-20A)を用いて定量した。また、凍結粉末試料から RNA を抽出し、トランスクリプトーム解析に供試した。解析により得られた網羅的な配列情報の中からスクロースを中心とした代謝に着目し、クロロフィルタンパク質遺伝子(*LHCII*)、スクロース輸送遺伝子(*SUT*)、スクロース開裂酵素遺伝子(*SUS*)、およびデンプン合成酵素遺伝子(*AGPase*)を調査した。

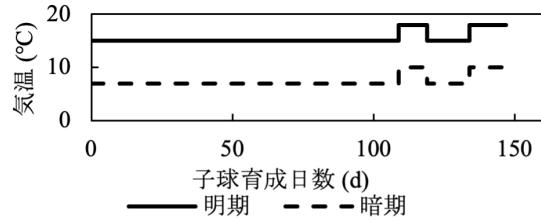


図 1 設定調節区の気温設定

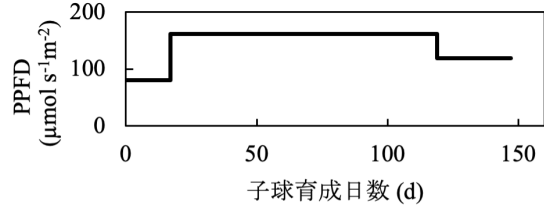


図 2 設定調節区の PPFD 設定

4. 研究成果

(1) 近赤外線分光法による球茎内糖濃度の非破壊計測法の開発

構築した予測モデルの推定精度を表 2 に示す。 L_v は潜在変数の数を、 R_{val} はバリデーションセットの実測値と推定値との相関係数を、 SEP はバリデーションセットの予測値の標準誤差を、 RPD は The Ratio of standard error of Prediction to standard Deviation⁷⁾を表す。グルコース濃度および子球重量予測モデルは RPD の値が 1.71 を超えたため適正なスクリーニングに、スクロース濃度およびフルクトース濃度予測モデルは RPD の値が 1.41 を超えたため粗いスクリーニングに使用可能である⁸⁾。

表 2 予測モデル推定精度

目的変量	露光時間	前処理方法	波長数	L_v	R_{val}	SEP	RPD
スクロース濃度	50 ms	二次微分(窓数 5)	61	4	0.720	0.747	1.46
グルコース濃度	90 ms	平滑化(窓数 15)	7	6	0.808	0.137	1.72
フルクトース濃度	90 ms	二次微分(窓数 15)	31	8	0.709	0.0664	1.44
子球重量	90 ms	二次微分(窓数 5)	41	7	0.856	3.60	1.96

(2) シンク強度指標値の算出結果

設定調節区のシンク強度の経時変化を図 3 に示す。表 2 のモデルを適用して求めた非破壊計測値を(1)式に代入してシンク強度を算出した。栽培初期は子球が小さく測定用プローブを設置することができないため非破壊測定を行っていない。

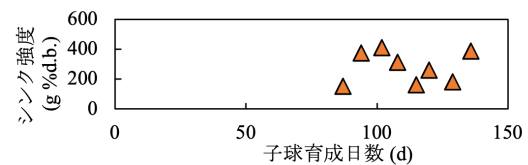


図 3 シンク強度の経時変化

(3) 子球肥大実験の結果

収穫時の子球重量平均値は設定調節区で 20 g 以上となった。また栽培日数は低温区で 140 日、設定調節区で 147 日であり、設定調節区で 7 日長期化した(図 4)。これらの結果について

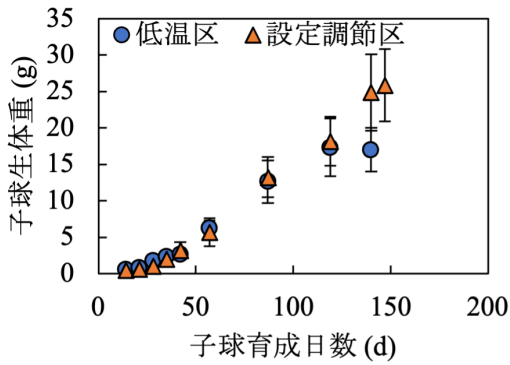


図4 子球生体重の経日変化 ($n = 1-6$)

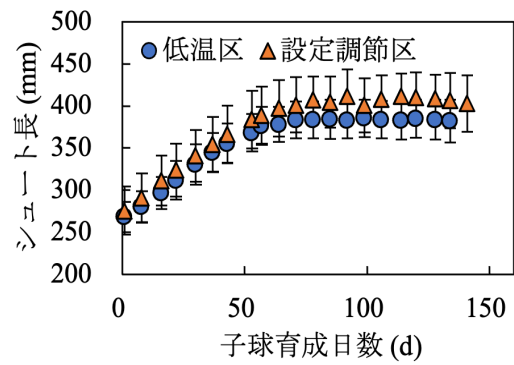


図5 シュート長の経日変化 ($n = 32$)

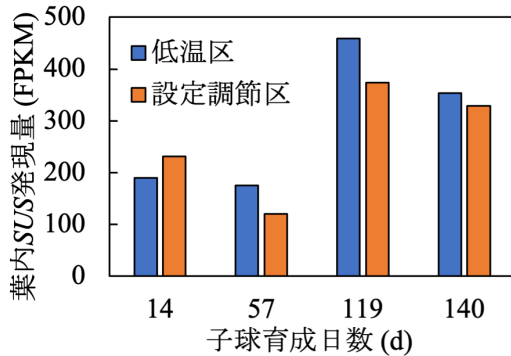


図6 葉内 *SUS* 発現量の推移 ($n = 1$)

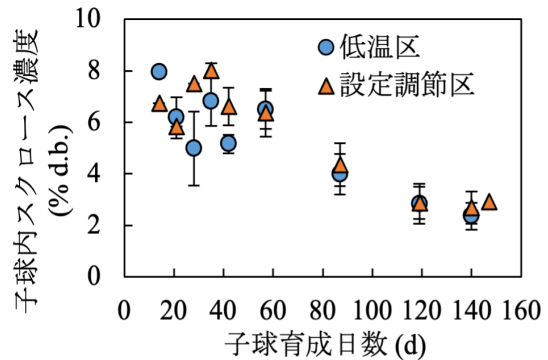


図7 子球内スクロース濃度の推移 ($n = 1-6$)

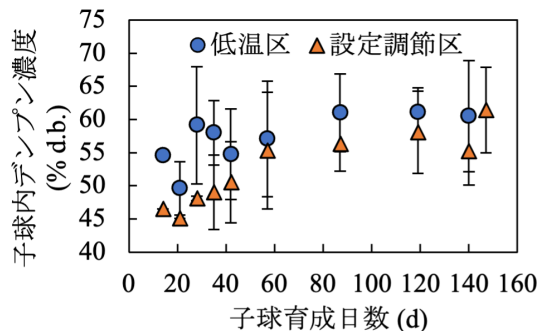


図8 子球内デンプン濃度の推移 ($n = 1-6$)

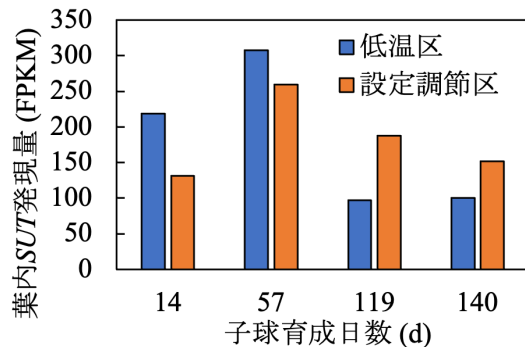


図9 葉内 *SUT* 発現量の推移 ($n = 1$)

影響したと考えられる環境設定を、内容成分測定およびトランスクリプトーム解析により調査した。

設定調節区は、低光量下で栽培を開始した。葉長が低温区より増大していること(図5)、葉内 *SUS* 発現量(図6)が14日目で低温区より大きいことからスクロースの生産が促進されたと予想され、設定調節区は栽培初期に葉が伸長し受光面積が増大したと考えられた。受光面積の増大は子球肥大を促進した一方で、サフランの収穫基準は枯れ割合であるため、栽培日数を増加させたと考えられた。

低光量下での栽培後、昇光を実施した。昇光後、子球内スクロース濃度(図7)およびデンプン濃度(図8)が増大し、葉内 *SUT* 発現量(図9)および子球内 *AGPase* 発現量(図10)の増大幅が低温区より大きかった。従って、昇光によって低温区より効率的に炭素供給が行われ、デンプンの合成が促進されたと考えられた。以上より、昇光は子球肥大を促進したと考えられた。

シンク強度の低下に合わせ、栽培終盤に降光を実施した。降光後、葉の枯れ割合(図11)の増大は低温区より抑制され、葉内 *LHCII* 発現量(図12)の低下も低温区より抑制された。また、子球重量(図4)が増大し葉内 *SUT* 発現量(図9)は低温区より高く維持された。従って、設定調節区における降光により低温区よりも光合成およびスクロースの転流が持続したと考えられた。

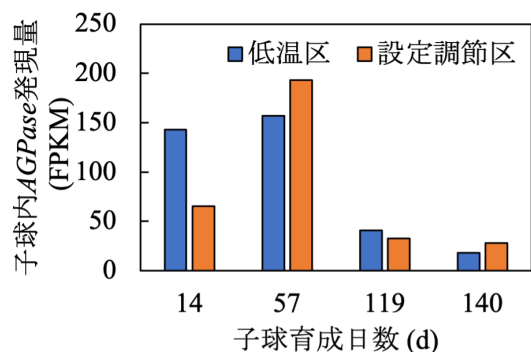


図10 子球内 *AGPase* 発現量の推移 ($n = 1$)

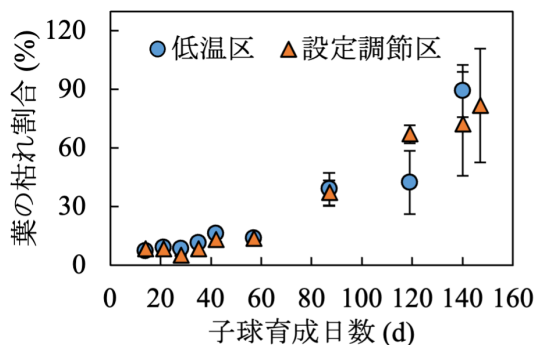


図 11 葉の枯れ割合の推移 (n = 1-6)

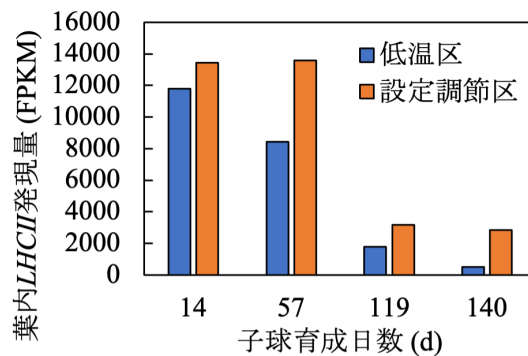


図 12 葉内 LHC II 発現量の推移 (n = 1)

以上より、降光は子球肥大促進および栽培日数増大の両方に効果が認められた。

(4) 結論

近赤外分光法による非破壊計測で得られたシンク強度の変動に合わせて調節した気温及び光量が子球肥大と栽培日数に与える影響を解析した。栽培初期の低光量により葉が伸長して葉面積が増大し、子球肥大が促進され、かつ栽培日数が増加した。昇光により低温区よりもスクロース転流及びデンプン合成が促進され、子球肥大を促進した。シンク強度が低下する栽培終盤における降光により、低温区よりも設定調節区では葉における光合成およびスクロース転流が持続し、子球肥大が促進され、かつ栽培日数が増加した。

気温の増加や低下がシンク強度に与える影響を明らかにすることができなかった。トランスクリプトーム解析で使用したサンプルは環境を変更した時点の前後で採取していたため、子球内糖濃度の変動が大きくなる時点のサンプルについて採取していない場合があり、糖濃度変動と遺伝子発現の比較ができなかったため気温調節の効果を検証することができなかった。

また、気温増加は本来シンク強度がピークを迎える時点で実施する予定であったが、シンク強度は日々変動し、ピークを迎えたかどうかはシンク強度がかなり減少した時点で初めて認識可能であった。このため気温を増加させた時点ではすでにシンク強度が低下しており、気温の上昇で光合成速度が増加したことにより生産量が増大した糖が行き場を失って葉内に蓄積し、これが葉の老化を加速させた可能性がある。従って、シンク強度のピークを迎える時点予測する手法の開発が今後の課題となった。

本研究により、シンク強度をフィードバックする SPA を実践することにより環境調節の効果が高まることが示された。さらなる研究継続により子球肥大の更なる効率化が期待できる。

<引用文献>

- 1) M. Lundmark, et al. (2009): Low temperature maximizes growth of *Crocus vernus* (L.) Hill via changes in carbon partitioning and corm development, *Journal of experimental Botany*, 60, 2203-2213.
- 2) K. Koch (2004): Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development, *Plant Biology*, 7, 235-246.
- 3) Hashimoto Y. Recent strategies of optimal growth regulation by the speaking plant concept. *Acta Horticulturae*. 260: 115-121. 1989.
- 4) C. A. De Oliveira, et al. (2014): Comparison of NIR and MIR spectroscopic methods for determination of individual sugars, organic acids and carotenoids in passion fruit, *Food Research International* 60, 154-162.
- 5) L. S. Magwaza, et al. (2012): Prediction of 'Nules Clementine' mandarin susceptibility to rind breakdown disorder using Vis/NIR spectroscopy, *Postharvest Biology and Technology*, 74, 1-10.
- 6) H. Martens, M. Martens: Modified Jack-knife estimation of parameter uncertainty in bilinear modeling by partial least squares regression (PLSR), *Food Quality and Preference*, 11, pp. 5-16, 2000.
- 7) P. Williams, K. Norris: Near-infrared technology in the agricultural and food industries second edition, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA, pp. 145-169, 2001.
- 8) L. Pan, Q. Zhu, R. Lu, J. M. McGrath: Determination of sucrose content in sugar beet by portable visible and near-infrared spectroscopy, *Food Chemistry*, 167, pp. 264-271, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 大窪一輝, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 田上千恵, 村中久珠, 大谷錬太郎, 小澤こまり, 山本真生	4. 巻 134
2. 論文標題 サフランの子球肥大に関するトランスクリプトーム解析 - 気温設定の影響 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 関西農業食料工学会会報	6. 最初と最後の頁 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森末菜美, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 濱田桃歌, 山本真生, 有屋みなみ	4. 巻 134
2. 論文標題 サフランの子球肥大に関するトランスクリプトーム解析 - 光量の影響 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 関西農業食料工学会会報	6. 最初と最後の頁 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 濱田桃歌, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 森末菜美, 山本真生, 有屋みなみ	4. 巻 134
2. 論文標題 地上部光量がサフランの子球肥大と柱頭クロシン濃度に与える影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 関西農業食料工学会会報	6. 最初と最後の頁 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 有屋みなみ, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 山本真生, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 濱田桃歌, 森末菜美	4. 巻 134
2. 論文標題 サフラン球茎シンク強度の非破壊計測	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 関西農業食料工学会会報	6. 最初と最後の頁 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shusaku Nakajima, Masaki Yamamoto, Shinichiro Kuroki, Hiromichi Itoh	4. 巻 74
2. 論文標題 Structural and Spectroscopic Characterization of Saffron Starches at Different Growth Stages	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Starch	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/star.202200119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大谷錬太郎, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 田上千恵, 村中久珠, 大窪一輝, 小澤こまり, 山本真生	4. 巻 132
2. 論文標題 気温の設定方法がサフランの子球肥大と柱頭クロシン濃度に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 農業食料工学会関西支部報	6. 最初と最後の頁 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本真生, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 小澤こまり, 田上千恵, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝	4. 巻 132
2. 論文標題 近赤外分光法によるサフラン球茎内糖濃度の非破壊計測	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 農業食料工学会関西支部報	6. 最初と最後の頁 55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 森末菜美, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 濱田桃歌, 山本真生, 有屋みなみ
2. 発表標題 植物工場におけるサフランの生育制御 - 光量の影響に関するトランスクリプトーム解析 -
3. 学会等名 農業環境工学関連学会2023 年合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	有屋みなみ, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 山本真生, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 森未菜美, 濱田桃歌
2. 発表標題	近赤外分光法によるサフラン球茎シンク強度の非破壊計測技術の開発
3. 学会等名	農業環境工学関連学会2023 年合同大会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	山本真生, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 有屋みなみ, 村中久珠, 大谷錬太郎, 森 未菜美, 大窪一輝
2. 発表標題	サフラン子球のシンク強度の非破壊計測
3. 学会等名	日本生物環境工学会2023年豊橋大会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	大谷錬太郎, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 村中久珠, 山本真生, 大窪一輝, 森 未菜美
2. 発表標題	サフランの子球育成の効率化 -シンク強度の測定値を指標とした気温と光量の調節-
3. 学会等名	日本生物環境工学会2023年豊橋大会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Hiromichi Itoh
2. 発表標題	Vertical farming in Japan
3. 学会等名	GLOBAL FOODTURE Workshop 11: Bringing urban farming to new heights through breakthrough technologies and innovative business models. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 伊藤博通
2. 発表標題 Speaking Plant Approachに向けた植物生体計測
3. 学会等名 はりま産学交流会 2023年10月創造例会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤啓介, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 村中久珠, 大谷錬太郎, 山本真生, 大窪一輝, 森末菜美, 有屋みなみ
2. 発表標題 シンク強度の計測値に基づくサフランの生育制御 -シンク強度のトランスクリプトーム解析-
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第151回例会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kumi Muranaka, Yuichi Uno, Shinichiro Kuroki, Shusaku Nakajima, Tomoka Nishimura, Haruka Uoda, Chie Tagami, Rika Natsuhara, Hinako Kobayashi, Hiromichi Itoh
2. 発表標題 Transcriptome Analysis of the Effect of Changes in Air Temperature on Daughter Corms Development of Saffron
3. 学会等名 CIGR The XX CIGR World Congress 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村中久珠, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 田上千恵, 小澤こまり, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 山本真生
2. 発表標題 植物工場におけるサフランの生育制御 - 気温設定が子球シンク強度に与える影響のトランスクリプトーム解析 -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2022年福岡大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本真生, 伊藤博通, 黒木信一郎, 中島周作, 宇野雄一, 小澤こまり, 田上千恵, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝
2. 発表標題 サフラン球茎におけるシンク強度予測
3. 学会等名 第80 回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村中久珠, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 田上千恵, 小澤こまり, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 山本真生
2. 発表標題 サフラン子球育成期間中の気温設定の検討 -気温上昇が子球シンク強度に与える影響のトランスクリプトーム解析-
3. 学会等名 第80 回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷錬太郎, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 田上千恵, 小澤こまり, 村中久珠, 大窪一輝, 山本真生
2. 発表標題 サフラン子球育成期間中の気温設定の検討 -気温上昇が子球肥大および子球の糖濃度に与える影響の解析-
3. 学会等名 第80 回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大窪一輝, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 田上千恵, 村中久珠, 大谷錬太郎, 小澤こまり, 山本真生
2. 発表標題 サフランの子球肥大に関するトランスクリプトーム解析 - 気温設定の影響 -
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第149回例会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森未菜美, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 濱田桃歌, 山本真生, 有屋みなみ
2. 発表標題 サフランの子球肥大に関するトランスクリプトーム解析 - 光量の影響 -
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第149回例会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱田桃歌, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 森未菜美, 山本真生, 有屋みなみ
2. 発表標題 地上部光量がサフランの子球肥大と柱頭クロシン濃度与える影響
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第149回例会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 有屋みなみ, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 山本真生, 村中久珠, 大谷錬太郎, 大窪一輝, 濱田桃歌, 森未菜美
2. 発表標題 サフラン球茎シンク強度の非破壊計測
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第149回例会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤博通
2. 発表標題 植物工場における高品質薬草栽培法の開発研究
3. 学会等名 (株)技術情報センターセミナー 植物工場による薬用植物・医薬品原材料など高付加価値物質生産・栽培に関する技術・研究開発動向(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小澤 こまり, 伊藤 博通, 宇野 雄一, 黒木 信一郎, 中島 周作, 馬場 加奈子, 座古 健世, 夏原 里佳, 西村 友香, 小林 雛子, 魚田 春花
2. 発表標題 植物工場におけるサフランの生育制御 - 光散乱画像による球茎内デンプン濃度および可溶性糖濃度が柱頭収量に与える影響の解明 -
3. 学会等名 第79 回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小澤こまり、伊藤博通、宇野雄一、黒木信一郎、中島周作、馬場加奈子、座古健世、夏原里佳、西村友香、小林雛子、魚田春花
2. 発表標題 光散乱画像によるサフラン球茎内容成分の非破壊計測 -球茎内デンプン濃度および可溶性糖濃度と柱頭収量の関係-
3. 学会等名 関西農業食料工学会第146回例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小澤こまり、伊藤博通、宇野雄一、黒木信一郎、中島周作、馬場加奈子、座古健世、夏原里佳、西村友香、小林雛子、魚田春花
2. 発表標題 光散乱画像による定植時サフラン球茎内デンプン濃度および可溶性糖濃度が柱頭収量に与える影響の解明
3. 学会等名 日本生物環境工学会オンライン次世代研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本真生, 伊藤博通, 宇野雄一, 黒木信一郎, 中島周作, 小澤こまり, 田上千恵, 村中久珠, 大谷練太郎, 大窪一輝
2. 発表標題 近赤外分光法によるサフラン球茎内糖濃度の非破壊計測
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第147回例会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宇野 雄一 (UNO Yuichi) (90304120)	神戸大学・農学研究科・教授 (14501)	
研究分担者	黒木 信一郎 (KUROKI Shinichiro) (00420505)	神戸大学・農学研究科・准教授 (14501)	
研究分担者	中島 周作 (NAKAJIMA Shusaku) (00896938)	国立研究開発法人理化学研究所・量子工学研究センター・特別研究員 (82401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------