

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06035

研究課題名（和文）人為誘発非還元性雄性配偶子を活用した倍数性多様化法の開発

研究課題名（英文）Development of ploidy diversification methods utilizing artificially induced unreduced male gametes

研究代表者

平野 智也（Hirano, Tomonari）

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号：80455584

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、放射線の一種である重イオンビームをヒガンバナ科キルタンサスの二細胞性花粉に照射し授粉させることで、DNA含量が多様化した特徴的な胚や胚乳が得られることが明らかになった。それらを品種改良に利用することを目的として、まず授粉後に得られる胚珠の培養方法を検討した結果、胚由来の発芽または植物体再生に加え、胚乳からのカルス形成が確認され胚乳由来の植物体再生の可能性が示された。重イオンビーム照射花粉由来の胚珠では、多数のカルス形成やシュート形成が見られたが植物体再生は見られなかったため、照射条件および植物体再生条件の更なる検討を行う必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物の雄性配偶子におけるDNA損傷応答およびそれら損傷の受精への影響はこれまでに詳細な解析が行われておらず、本研究の成果は植物の受精機構を理解するうえで重要な知見となる。花粉への放射線照射は、これまでも半数体獲得等の目的で品種改良技術として用いられてきたが、本研究では重イオンビームの放射線としての特徴を活かすことで迅速に倍数性を多様化する新たな品種改良技術として利用することが可能であることが示された。

研究成果の概要（英文）：In this study, we analyzed effects of male gametes of *Cyrtanthus mackenii* (Amaryllidaceae) irradiated with heavy-ion beams, a type of radiation, on fertilization. Two types of embryo sacs with an embryo and endosperm and with an egg cell or an undivided zygote and endosperm were observed. Furthermore, the embryos and endosperm showed various DNA contents. We attempted ovule culture to induce plantlet from the distinctive embryo and endosperm for breeding. We examined the ovule culture conditions, and plant regeneration and germination from the embryos and callus formation from the endosperm were confirmed. These results show the possibility of plant regeneration from the endosperm. In the ovules derived from heavy-ion irradiated pollen, callus and shoot formation were also observed by the ovule culture but no plant regeneration was observed. Therefore, further investigation of irradiation conditions and plant regeneration conditions is required.

研究分野：植物遺伝育種学

キーワード：重複受精 胚発生 重イオンビーム 花粉 雄性配偶子

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

園芸作物における育種を推進する中で、半数体や倍数体の誘発は、倍数性育種や系統育成に極めて有効な方法である。様々な倍数性の変化を誘導する手法のうち、配偶子培養法や偽受精胚珠培養法を始めとする雌雄配偶子に由来する手法は半数体の作出に広く用いられ、また倍数性の異なる個体間での交配は倍数性の幅を広げる手法として用いられる。従って、配偶子形成および重複受精過程の制御は、倍数性育種においても重要と言える。

重イオンビーム変異誘発は、低線量照射で高い突然変異率を示し、多様な突然変異体を得られることから、突然変異育種技術として注目されている。さらに、研究代表者は重イオンビームに用いるイオンの核種等を変えることで誘発する突然変異が変化することを明らかにした (Reviewed in Hirano et al. 2022)。研究代表者らは、雄性配偶子解析系を確立したキルタンサスの二細胞性花粉を用いて、重イオンビーム照射を試みた。一定量以上照射した雄原細胞では、染色体異常があるために核の分裂は生じないが細胞周期は進行し、非還元性で雄原細胞様の精細胞を高頻度に形成することが明らかとなった (Hirano et al. 2013)。雄原細胞様精細胞を高頻度に生じる条件である、炭素イオンビーム 40 Gy を照射した花粉を交配した結果、正常な胚および胚乳形成に加えて、胚を形成しないが胚乳のみを形成する異常胚乳形成が観察された (図 1)。雄原細胞様精細胞が異常胚乳形成に関与している可能性が示唆されたが、その形成機構は不明であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、非還元性雄性配偶子「雄原細胞様精細胞」の受精様式を明らかにし、形成した胚乳および胚にならない卵細胞 (または受精卵) の育種利用の可能性を評価することである。雄原細胞様精細胞では、DNA 損傷修復過程で染色体再編成が生じ、動原体を複数持つ染色体橋が形成されている。受精後にはそれらの染色体が脱落する可能性が高く、二倍体と四倍体を交配して得られる三倍体および異数体よりも、多様な染色体構成を持つ後代が生じると考えられる。二細胞性花粉を持つ園芸作物では、雄原細胞様精細胞が誘発可能と考えられることから、新たな育種法として迅速な染色体添加、染色体欠失系統の作出や倍数性育種への応用が期待される。

本研究では、ゲノムを可能な限り傷つけない方法として重イオンビームを低線量で用い、花粉管中に1つ生じた非還元性雄性配偶子を受精させることから、これまでの偽受精胚珠培養等とは全く異なる試みとなる。雄原細胞様精細胞の受精様式および異常胚乳形成過程として、下記からの仮説が考えられる。いずれの場合においても、多様な倍数性を示す胚乳および卵細胞 (受精卵) が得られると期待される。

雄原細胞様精細胞 (推定核 DNA 量: 2C) は、卵細胞と受精するが分裂せず、受精の刺激によって自律的に胚乳が形成する (推定核 DNA 量: 受精卵 3C、胚乳 2C)

雄原細胞様精細胞が中央細胞とのみ受精し、胚乳を形成する (推定核 DNA 量: 卵細胞 1C、胚乳 4C)

雄原細胞様精細胞は受精せず、花粉管内容物が胚嚢に到達することで、極核が自律的に分裂し、胚乳を形成する (推定核 DNA 量: 卵細胞 1C、胚乳 2C)

3. 研究の方法

(1) 植物材料

宮崎大学園場で育成したキルタンサス・マッケニー (*Cyrtanthus mackenii* Hook. F.) の成熟花粉、雌ずいを用いた。成熟花粉は、開薬した薬ごと 0.2 mL 8 連チューブに採取し、常温で約 5 時間風乾後、シリカゲルを入れた容器内で、-20℃にて保存した。集めた花粉に、国立研究

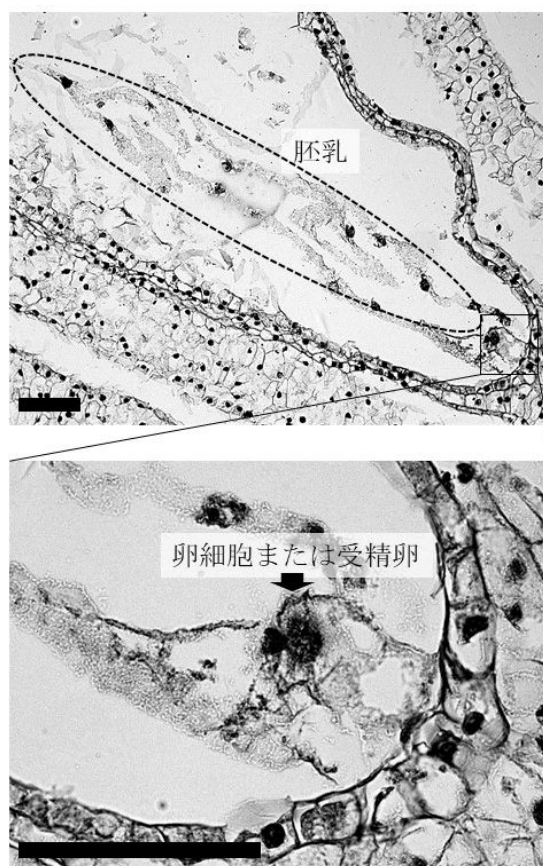


図 1 炭素イオンビーム照射花粉を授粉することで見られた異常胚乳形成 (Hirano et al. 2024). Bars = 100 μm.

開発法人理化学研究所仁科加速器科学研究センターの RI ビームファクトリー (RIBF) にて炭素イオンビーム (22.5 keV/μm) およびアルゴンイオンビームを 40 Gy 照射し、再び -20 で保存した。採取した花粉の一部は、国立研究開発法人理化学研究所仁科加速器科学研究センター RIBF にて炭素イオンビーム (22.5 keV・μm⁻¹) 20 Gy、40 Gy、アルゴンイオンビーム (280 keV/μm) 5 Gy、10 Gy を照射し、再度 -20 で保存した。

開花前に除雄し、交配袋を雌ずいに被せた 2 日後に、未照射花粉および照射花粉を授粉させて、14 日後に子房を回収した。子房は、胚珠培養および組織学手観察等に用いた。

(2) パラフィン切片法による胚嚢の組織学的観察

炭素イオンビーム 40 Gy 照射花粉またはアルゴンイオンビーム 10 Gy 照射花粉を授粉させて 14 日後に FAA で固定した子房と、常法 (Park et al. 2023) に従いパラフィンに包埋し 10 μm の厚さで切り出した後にプレパラートを作成した。光学顕微鏡下で観察および撮影を行った

(3) 胚珠培養

重イオンビーム照射花粉を授粉し 14 日後に採取した子房の表面を 70% エタノールで消毒した。0.1% Triton-X100 を添加した 1% 次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いて、15 分間表面殺菌した。無菌条件下で、子房から胚珠のみを取り出し、培地に置罫播種した。培地条件の検討のために、Murashige and Skoog (MS) 培地に、3% sucrose, 0.3% gellangum のみを添加したホルモンフリー条件と、オーキシンとして 1 mg/L または 5 mg/L の 4-amino-3,5,6-trichloropicloronic acid (picloram), 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), サイトカニンとして 1 mg/L または 5 mg/L の 6-benzylaminopurin (BAP), thidiazuron (TDZ) を単独または組み合わせで添加した培地を用いた。

(4) フローサイトメトリーによる種子の倍数性の評価

組織培養で得られたカルスおよびシュート、倍数性の参照としてキルタンサスの葉を用いてフローサイトメトリー分析を行った。それぞれの試料を 60×15 mm プラスティックシャーレに入れ、200 μl Otto Buffer (Otto, 1990) を加え、フェザー剃刀でチョッピングし、30 μm メッシュで濾過してフローサイトメトリーサンプルチューブに入れた。濾液に 800 μl の DAPI 染色液 (Mishiba ら, 2000) を加え、核の DNA を染色した。染色された核の蛍光強度をフローサイトメーターによって測定した。

4. 研究成果

(1) 重イオンビーム照射条件が異常胚乳形成に及ぼす影響

先行研究では、数塩基対から数十塩基対程度の欠失変異を多く誘発する炭素イオンビームを 10 Gy および 40 Gy 照射することで雄原細胞様精細胞を誘発した (Hirano et al. 2013)。炭素イオンビーム照射花粉を授粉させて得られた胚嚢では、10 Gy 照射では異常胚乳形成がほぼ見られなかったが (形成率 2%)、40 Gy 照射では 14% と形成率が増加した (Hirano et al. 2024)。新たな照射条件として、効率的に染色体再編成を誘発するアルゴンイオンビームを 10 Gy、40 Gy 照射した花粉を人工授粉し胚発生過程を観察した。10 Gy 照射花粉を交配することで異常胚乳形成胚嚢が生じ、その形成率は 85% と炭素イオンビーム 40 Gy 照射時よりも高いことが明らかとなった (Shii et al. 2024)。10 Gy 照射花粉を交配して形成された正常胚嚢においても胚発達の遅延が確認された。また、40 Gy 照射花粉を授粉後の胚珠はほぼすべてが未授精であった。上記の通り、炭素イオンビームとアルゴンイオンビームでは異なる突然変異誘発効果を持つことが明らかになっている。炭素イオンビーム照射花粉では、雄原細胞が分裂する際に DNA 二本差切断 (DSB) が修復されるが、アルゴンイオンビーム照射花粉では分裂後の精細胞においても DSB の残存が確認されるように、炭素イオンビーム照射した雄性配偶子とアルゴンイオンビーム照射した雄性配偶子は質的に異なる DNA 損傷が誘発されている (Hirano et al. 2013, 2021)。この質的な違いが異常胚乳形成に影響すると考えられ、アルゴンイオンビーム照射花粉はより低線量で異常胚乳を誘導可能であることが明らかとなった。

(2) 胚 (卵細胞、受精卵) および胚乳の倍数性解析

本研究の目的で述べた から の仮説のうち、どの機構で胚乳のみ発達しているのかを検証するために、炭素イオンビーム 40 Gy 照射花粉を授粉後の胚珠から胚 (卵細胞、受精卵) および胚乳を単離し、核染色後の蛍光強度測定でそれぞれの倍数性を調査した。未照射花粉授粉後に得られた胚嚢では、胚核と胚乳核の蛍光強度の比はおよそ 1 : 1.8 であり、胚核の DNA 量が 2C、胚乳核が 3C であると考えられる。炭素イオンビーム照射花粉由来の胚嚢 25 個のうち、胚を形成が見られたものおよび異常胚乳形成したものの中に、胚および卵細胞 / 接合子の蛍光強度が胚乳の値を上回ったものが計 4 つ見られた。不等分裂雄性配偶子の DNA 量の多い精細胞もしくは雄原細胞様精細胞が卵細胞と受精したと推定された。雄原細胞様精細胞が卵細胞とのみ融合する受精パターンの場合には、極核の自律的に分裂によって胚乳核が生じると考えられる。異常胚乳形成胚嚢では、精細胞と卵細胞の受精後に接合子の分裂を停止したことが示唆された。これは仮説 に相当する。仮説 として、雄原細胞様精細胞が中央細胞とのみ融合し、胚乳を形成するパターンが考えられる。雄原細胞様精細胞が中央細胞とのみ融合した場合には、胚形成が無く、胚

乳核の相対的蛍光強度が卵細胞の4倍~8倍となると想定される。このパターンに当てはまる胚嚢が3つ見られた。また、仮説 炭素イオンビーム照射雄性配偶子が卵細胞・中央細胞のいずれとも融合せずに、胚乳が自律的に形成される受精パターンも考えられた。自律的に形成した胚乳のDNA量は、中央細胞のDNA量と同様にG1期で2Cであり、G2期で4Cとなる。これには4つの胚嚢で当てはまった。以上より、雄原細胞精細胞の受精様式は、通常の前細胞と同様であると考えられ、異常胚乳形成への関与が示唆された。

観察した胚乳核には、巨大化したものが含まれており、非常に高い蛍光強度を示したことから、核内倍加が生じていることが示唆された(図2)。中期の胚乳核では染色体橋の存在が確認でき、さらに胚乳核が分裂できず融合している様子も確認された。従って、40 Gy 胚嚢の胚乳核においてもスピンドルアセンブリチェックポイントによる制御を受けるが何らかの要因で細胞周期は進行し、さらに染色体橋等により正常な核分裂が阻害されることで核内倍加周期に入ることが示唆された。胚乳核の核内倍加は胚形成の有無に関わらず見られ、核内倍加した胚乳核と通常の大きさの胚乳核が混在する胚嚢と、核内倍加した胚乳核のみをもつ胚嚢が観察された。この2種類の胚嚢が生じる原因として、核内倍加のタイミングが異なることが考えられる。前者の胚乳核では、染色体分配に異常が生じることで有糸分裂を進行できる核と、核内倍加が生じる核が生まれ、胚乳内で異なるDNA量をもつ核が混在したと考えられる。一方で、後者は最初の胚乳核が核内倍加した後に有糸分裂周期に移行したため、すべての胚乳核の核内倍加が見られたと考えられる。炭素イオンビーム照射花粉とアルゴンイオンビーム照射花粉で巨大胚乳核形成率を比較すると、同じ吸収線量(10 Gy)ではそれぞれ12%と26%であり、アルゴンイオンビーム照射花粉の方が高い誘発率を示すことが明らかになった(Shii et al. 2024)。以上の結果から、重イオンビーム照射に由来する非還元性雄性配偶子および不等分裂雄性配偶子の受精が胚発生および胚乳形成に関わっており、胚または卵細胞/接合子と胚乳が多様なDNA量、倍数性を示すことが明らかになった。

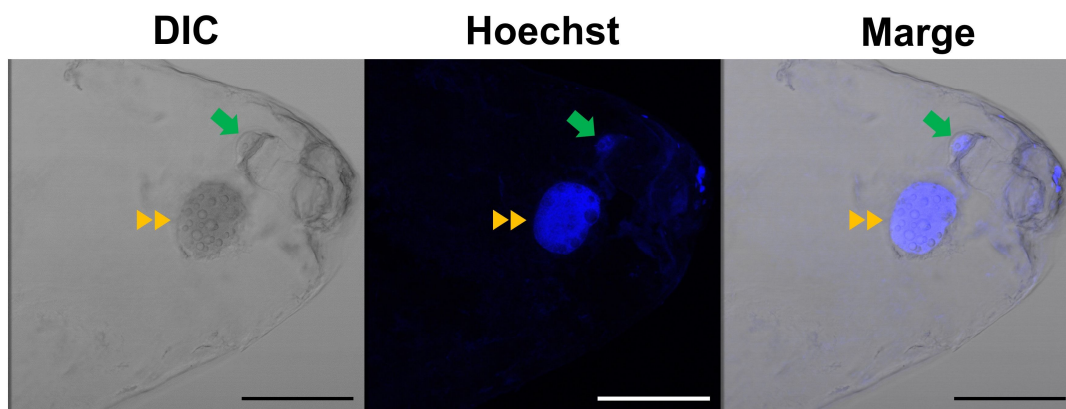


図2 炭素イオンビーム照射花粉を授粉して得られた胚嚢における巨大胚乳核形成(Hirano et al. 2024)。矢印は卵細胞または接合子を示し、二重矢頭は巨大胚乳核を示す。Bars = 100 μ m.

(3) 胚珠培養

胚または卵細胞/接合子と胚乳が多様なDNA量、倍数性を示すことが明らかになったことから、それらから植物体再生することができれば、新たな倍数体多様化法としての応用が期待される。しかし、重イオンビーム照射花粉を授粉させたのちに発達する子房は、授粉後21日までに多くが脱落する。従って、脱落前に子房より胚珠を摘出し培養することで、胚嚢内の発達を調査した。炭素イオンビーム40 Gyまたはアルゴンイオンビーム10 Gyを照射した花粉を授粉させ、胚珠培養を行ったところ、ホルモンフリー培地ではカルス形成やシュート形成は見られなかった。培養後の胚珠内の胚嚢の核が崩壊していることが確認されたことから、培養途中で胚嚢発達が停止したと考えられる。植物成長調節物質として5 mg/L picloramおよび5 mg/L BAPを単独または両方添加した培地を用いることで、いずれの照射花粉においてもカルス形成が観察されたが、5 mg/L picloramおよび5 mg/L BAPを添加した培地で高いカルス誘導率を示した。しかしながら、炭素イオンビーム照射およびアルゴンイオンビーム照射区のいずれにおいてもカルスからのシュート形成がほぼ見られなかった。従って、吸収線量を低下させ、さらに植物成長調節物質の種類および濃度の組み合わせを検討した。

照射花粉として、炭素イオンビーム20 Gy、アルゴンイオンビーム5 Gy照射を用いた。培養後の胚珠肥大率を比較すると上記の高線量区に比べ胚珠肥大率が増加したことから、線量依存的に肥大率が低下することが示された。ホルモンフリーに加え、オーキシンとして1 mg/Lまたは5 mg/Lのpicloram、2,4-D、サイトカイニンとして1 mg/Lまたは5 mg/LのBAP、TDZを単独

または組み合わせて添加した培地を用いた。未照射花粉ではホルモンフリーおよび1 mg/L 2,4-D 単独、1 mg/L TDZ 単独等の条件で、培養後に胚珠より発芽が見られ幼植物体を形成した。一方で、picloramとサイトカイニンの組み合わせで高いカルス形成が見られ、1 mg/L picloramと1 mg/L TDZ で最も高いカルス形成およびシュート形成が見られた(図3)。植物成長調節物質の組み合わせにより形成されるカルスの形状等に違いが見られ、その後カルスから植物体が得られた。以上より、授粉後14日後の胚珠は遊離核を持つ発達初期段階であるが、胚珠培養により植物体の獲得が可能であることが示された。

炭素イオンビームおよびアルゴンイオンビームの吸収線量を低下させて照射した花粉を授粉することで得られた胚珠を培養することでカルス形成およびシュート形成が確認されたが、未照射花粉に比べ形成率は低い値を示した。カルス増殖やシュート分化が観察された個体をホルモンフリー培地に移植したが幼植物体は得られなかった。重イオンビーム照射区では胚珠肥大率の低下もあるため、吸収線量をさらに低下させることで、受精率を向上させ、かつカルス等の増殖遅延を解消することが可能であると考えられるが、吸収線量が低すぎると重イオンビーム由来の変異誘発効果がなくなってしまう。そのため、変異が誘発される範囲内で、高い受精率で母数を確保し植物体を再生できる条件を探求する必要がある。

カルス化やシュート形成が観察されたものは、その由来を明らかにすることを目的

にフローサイトメトリー分析による倍数性調査を行った。カルスの増殖が見られた全ての区において倍数性を調査した結果、そのほとんどは2倍体であった。未照射花粉由来の胚珠を1 mg/L picloramおよび1 mg/L BAP 添加培地で培養し得られた1個体で3倍体が確認された。倍数性確認後も培養を継続し、更なるカルスの増殖とシュート形成を試みたものの、シュートおよび植物体は得られなかった。未照射花粉であるため、突然変異によるものではなく胚乳細胞が脱分化して形成したカルスであると考えられる。今後、植物体再生条件を検討することでキルタンサスにおいて胚乳由来の植物体を得ることが可能と考えられる。

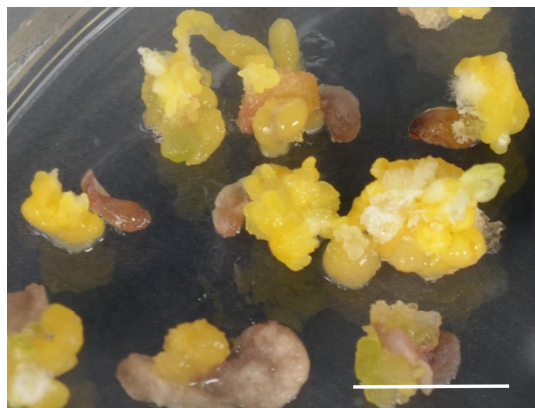


図3 picloramとTDZを添加した培地における胚珠培養により形成したカルスおよびシュート。Bar = 1 cm.

<引用文献>

- Hirano T, Takagi K, Hoshino Y, Abe T (2013) DNA damage response in male gametes of *Cyrtanthus mackenii* during pollen tube growth. *AoB PLANTS*, 5: plt004.
- Hirano T, Matsuyama Y, Hanada A, Hayashi Y, Abe T, Kunitake H (2021) DNA damage response of *Cyrtanthus mackenii* male gametes following argon ion beam irradiation. *Cytologia* 86: 311-315.
- Hirano T, Kazama Y, Kunitake H, Abe T (2022) Mutagenic effects of heavy-ion beam irradiation to plant genome. *Cytologia* 87: 3-6.
- Hirano T, Murata M, Watarikawa, Y. Hoshino Y, Abe T, Kunitake H (2024) Distinctive development of embryo and endosperm caused by male gametes irradiated with carbon-ion beam. *Plant Reproduction*. <https://doi.org/10.1007/s00497-024-00496-9>
- Mishiba K, Ando T, Mii M, Watanabe H, Kokubun H, Hashimoto G, Marchesi E (2000) Nuclear DNA content as an index character discriminating taxa in the genus *Petunia sensu* Jussieu (Solanaceae). *Ann Bot* 85:665-673.
- Otto F (1990) DAPI staining of fixed cells for high-resolution flow cytometry of nuclear DNA. *Methods Cell Biol* 33:105-110.
- Park H, Abe T, Kunitake H, Hirano T (2023) Characterization of a novel mutant with inhibition of storage root formation in sweet potato. *Breeding Science* 73: 212-218.
- Shii M, Kajiya Y, Murata M, Abe T, Kunitake H, Hirano T (2024) Effects of fertilization of male gametes with heavy-ion beam irradiation on embryo and endosperm development in *Cyrtanthus mackenii*. *Cytologia in press*.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 平野智也	4. 巻 6
2. 論文標題 イオンビームを用いた花き植物の品種改良	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 14-18
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 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 Hirano Tomonari, Matsuyama Yuka, Hanada Anna, Hayashi Yoriko, Abe Tomoko, Kunitake Hisato	4. 巻 86
2. 論文標題 DNA Damage Response of <i>Cyrтанthus mackeenii</i>; Male Gametes Following Argon Ion Beam Irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CYTOLOGIA	6. 最初と最後の頁 311~315
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1508/cytologia.86.311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hirano Tomonari, Kazama Yusuke, Kunitake Hisato, Abe Tomoko	4. 巻 87
2. 論文標題 Mutagenic Effects of Heavy-Ion Beam Irradiation to Plant Genome	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CYTOLOGIA	6. 最初と最後の頁 3~6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1508/cytologia.87.3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hirano Tomonari, Murata Muneaki, Watarikawa Yurie, Hoshino Yoichiro, Abe Tomoko, Kunitake Hisato	4. 巻 -
2. 論文標題 Distinctive development of embryo and endosperm caused by male gametes irradiated with carbon-ion beam	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Plant Reproduction	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00497-024-00496-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shii Makiko, Kajiya Yuki, Murata Muneaki, Abe Tomoko, Kunitake Hisato, Hirano Tomonari	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of fertilization of male gametes with heavy-ion beam irradiation on embryo and endosperm development in <i>Cyrtanthus mackenii</i>;	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 CYTOLOGIA	6. 最初と最後の頁 -
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 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 椎槇子、加治屋優希、阿部知子、星野洋一郎、國武久登、平野智也
2. 発表標題 アルゴンイオンビーム照射雄性配偶子の受精機構解析
3. 学会等名 園芸学会令和4年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田宗謙、林依子、阿部知子、星野洋一郎、國武久登、平野智也
2. 発表標題 炭素イオンビーム照射雄性配偶子に起因する異常胚発生過程の解析
3. 学会等名 園芸学会 令和3年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Makiko Shii, Yuki Kajiya Tomoko Abe, Hisato Kunitake, Tomonari Hirano
2. 発表標題 Effects of fertilization of male gametes with argon-ion irradiation on embryo and endosperm development in <i>Cyrtanthus mackenii</i>
3. 学会等名 15th JKTC International Student Seminar (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 椎槇子、加治屋優希、阿部知子、國武久登、平野智也
2. 発表標題 アルゴンイオンビーム照射雄性配偶子の受精が胚および胚乳発達に及ぼす影響
3. 学会等名 日本植物学会第87回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

植物遺伝育種学研究室ホームページ https://www.cc.miyazaki-u.ac.jp/plantbreeding/

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

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
---------	---------