

鹿児島大学農学部

# 農場研究報告

第46号

*Bulletin of the Experimental Farm*  
*Faculty of Agriculture, Kagoshima University*  
*No. 46*

鹿児島大学農学部附属農場  
令和7年3月

*Experimental Farm, Faculty of Agriculture*  
*Kagoshima University, March 2025*

## 鹿児島大学農学部農場研究報告

編集委員長  
山 本 雅 史  
編集委員  
下田代 智 英  
坂 卷 祥 孝  
赤 木 功 優  
西 澤

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、  
著作権者である本誌編集委員会の許諾を  
受けて下さい。

## 目 次

### 原著論文

長日処理に用いる電照光源の組み合わせと切り替えがトルコギキョウ

(*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) の生育および切り花品質に及ぼす影響

..... 濱田延枝・吉留史佳・田浦一成・富永 輝・野村哲也・朴 炳宰・西澤 優・遠城道雄 1

花粉親が在来アーモンドの結実性および果実形質に及ぼす影響

..... 香西直子・實石汰一・山本雅史・福留弘康・廣瀬 潤・西澤 優・兒玉真紀 13

日本の南九州におけるトゲイモ (*Dioscorea esculenta* Burk.) の生育パターン

..... 遠城道雄・深澤元紀 19

### 資 料

ミクロネシア連邦チューク州ピス島における作物の栽培管理

および栽培環境について

..... 西澤 優 25

### 付 錄

農場研究報告投稿規程および原稿作成要領..... 31

## Contents

### Original Articles

|  |       |  |   |
|--|-------|--|---|
| Effects of Different Lighting Sources and Combinations for Long-day Treatment on Growth<br>and Cut Flower Quality of <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn. | ..... | HAMADA Nobue, YOSHIDOME Fumika, TAURA Issei, TOMINAGA Akira<br>NOMURA Tetsuya, PARK Byoung-Jae, NISHIZAWA Yu and ONJO Michio | 7 |
|--|-------|--|---|

|  |       |  |    |
|--|-------|--|----|
| Effects of Pollen Source on Fruit Set and Quality in Local Almond Tree Varieties | ..... | KOZAI Naoko, JITSUISHI Taichi, YAMAMOTO Masashi, FUKUDOME Hiroyasu<br>HIROSE Jun, NISHIZAWA Yu and KODAMA Maki | 19 |
|--|-------|--|----|

|  |       |                                 |    |
|--|-------|---------------------------------|----|
| Growth Pattern of Lesser Yam ( <i>Dioscorea esculenta</i> Burk.) in Southern Kyusyu, Japan | ..... | ONJO Michio and FUKAZAWA Motoki | 25 |
|--|-------|---------------------------------|----|

### Materials

|  |       |              |    |
|--|-------|--------------|----|
| Crop Cultivation Method and Cultivation Environment in Piis-Paneu Island,<br>Chuuk States, Federated States of Micronesia. | ..... | NISHIZAWA Yu | 25 |
|--|-------|--------------|----|

### Appendices

|                            |       |  |    |
|----------------------------|-------|--|----|
| Preparation of Manuscripts | ..... |  | 31 |
|----------------------------|-------|--|----|

論 文

長日処理に用いる電照光源の組み合わせと切り替えがトルコギキョウ  
(*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) の生育および切り花品質に及ぼす影響

濱田延枝<sup>1\*</sup>・吉留史佳<sup>1</sup>・田浦一成<sup>1</sup>・富永 輝<sup>1</sup>・野村哲也<sup>1a</sup>・朴 炳宰<sup>2</sup>・西澤 優<sup>2</sup>・遠城道雄<sup>2b</sup>

<sup>1</sup>鹿児島大学農学部附属農場学内農事部 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>2</sup>鹿児島大学農学部附属農場 〒890-0065 鹿児島市郡元

**Effects of Different Lighting Sources and Combinations for Long-day Treatment on Growth and Cut Flower Quality of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.**

HAMADA Nobue<sup>1\*</sup>, YOSHIDOME Fumika<sup>1</sup>, TAURA Issei<sup>1</sup>, TOMINAGA Akira<sup>1</sup>, NOMURA Tetsuya<sup>1a</sup>, PARK Byoung-Jae<sup>2</sup>, NISHIZAWA Yu<sup>2</sup> and ONJO Michio<sup>2b</sup>

<sup>1</sup> Campus Farm, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

<sup>2</sup> Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

**Summary**

The effects of a combination of far-red light (FR light), red light (R light), and incandescent light on the bud time and quality of cut flowers at harvest were investigated using the two varieties Borero White (B. White) and Reina White (R. White) of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. under unheated winter cultivation. The long-day irradiation treatment was found to have minimal effects during the unheated growing period (post-planting period October 2023 to February 2024), and from mid-November to mid-February, when the minimum temperature was below 10 ° C. In both B. White and R. White, FR and incandescent light tended to promote flower bud differentiation, which is consistent with previously reported findings. However, we found little evidence to indicate the tendency of R light to suppress flower bud differentiation. For each of the following periods, we calculated the daily rate of plant height growth, using plant height at harvest as the final height of each study plant: from planting to the time of switching to the electric light source (one month later), from the time of switching to the light source to bud development, and from bud development to harvest. The results revealed that whereas FR and incandescent light were effective in promoting plant growth, R light was effective in suppressing plant growth. On the basis of our findings in this study, we obtained evidence to indicate that the long-day treatment of B. White, in which R light was applied during the early stage of growth and then switched to incandescent and FR light, and the long-day treatment of R. White, in which incandescent light was switched to FR light, were beneficial with respect to achieving cut flower quality objectives (cut flower length of 70 cm or more, and three flowers and three buds at harvest). However, given that these results were obtained during only a single season and that the effects of switching from incandescent to FR light sources were not clearly defined as significant, further studies are needed to confirm the reproducibility of the observed effects and to determine the optimal long-day treatment.

**Key Words:** far-red light (FR-L), flowering, lighting sources, non-heating culture in winter, red light (R-L)

キーワード：電照，遠赤色光，開花，赤色光，冬季無加温栽培

**緒言**

トルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) は、リンドウ科に属する相対的長日植物であり（塚田ら、

2024年10月31日 受付日

2024年12月25日 受理日

\*Corresponding author. E-mail: hamada@agri.kagoshima-u.ac.jp

<sup>a</sup>現 鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場

<sup>b</sup>現 鹿児島大学農学部農学科

1982），花持ちの良さや花色・花型の豊富さから、様々な用途に利用され、年間を通じて高い需要が見込まれる主要な切り花品目である。鹿児島大学農学部附属農場では、トルコギキョウを学生実習の教材として用い、播種から収穫・調整までの切り花利用による栽培管理実習および鹿児島大学オリジナル品種群‘奥玉洋（オーアイヨウ）’（登録商標第6490744号）を作出する交配実習を行っている（濱田ら、2022）。本農場では、これらの実習プログラムに合わせた7～9月播種、3～6月収穫の作型

(春季出荷作型、半促成栽培) の栽培体系を組み、冬季無加温栽培の高品質な切り花生産技術の確立を目指してきた。

トルコギキョウの花芽分化は、高温(20°C)、長日、高日照条件で促進され、低温(10°C)、短日では、花芽分化が著しく遅れると報告されている(大川, 2003)。そのため、低温・短日・低日射条件にあたる冬春期出荷作型では、開花遅延の回避が重要な課題となっている。一方、高温・長日期に定植する秋冬出荷作型では、早期の花芽分化および開花による短茎化や切り花のボリューム不足の解消が課題となっている。

生産現場では、トルコギキョウの開花期調整や切り花品質の向上を目的に、人工光源を用いた長日処理の技術が精力的に開発されてきた。山田(2010a)は、長日処理に用いる電照光源の光質(遠赤色光:FR光および赤色光:R光)に着目し、FR光を多く含む白熱灯を用いると花芽分化が促進されるが、秋冬出荷作型において、R光の割合が大きいキク用の電球を用いると花芽分化が抑制されると報告している。このように、トルコギキョウの場合、低温期と高温期とで長日処理に用いる電照光源は、それぞれ花芽分化および開花に及ぼす影響が異なることが明らかになっている。そのため、冬春期出荷作型における開花促進にはFR光の割合が高い光源が用いられ、秋冬期出荷作型の早期発芽の抑制(短茎化、切り花のボリューム不足改善)には、R光の割合が高い光源が用いられている。

近年、本学農場の9月下旬定植の作型で、従来行ってきた白熱電球を用いた長日処理を定植直後から行うと、低節位での早期発芽が起こり、短茎化と切り花のボリューム不足による品質低下の事例が見られるようになってきた。これは、近年の残暑の影響が大きいと考えられ、経験的な対処策として、長日処理の開始を定植から1ヶ月程度遅らせることで早期発芽を抑制し、品質低下を回避するよう試みてきた。その一方で、加温による開花期の調整ができない無加温栽培において、需要が高まる3月に安定した出荷を行うためには、開花・収穫期の遅延も問題となる。したがって、目標開花期と目標切り花品質の両方を達成するために、第1花発芽時期を調整する長日処理の条件の検討が重要であると考えた。

そこで、本研究では、冬季無加温栽培において、長日処理に用いる電照光源の種類に着目し、生育初期にFR光、R光および白熱光を照射し、生育中期以降は照射光の種類を初期とは別な種類に切り替えて栽培を行い、その組み合わせが発芽期の時期に与える影響と、収穫時の切り花品質に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 材料および方法

試験は、2023年7月から2024年3月まで鹿児島大学農学部附属農場で実施した。供試品種として、「ボレロホワイト」[(株)ミヨシ] および「レイナホワイト」ver.3'

[(株)サカタのタネ] の2品種を用いた。播種は、育苗専用培養土:プライムミックス TKS-2 [(株)サカタのタネ] を充填した128穴のセルトレイを用い、2023年7月13日に行った。播種したセルトレイは、水稻育苗箱で蓋をし、乾燥防止のためビニル袋で包装、密閉した後、10°C暗黒下の冷蔵庫で35日間の種子冷蔵処理を行った。冷蔵処理後の育苗は、8月17日から9月21日まで、ヒートポンプエアコン設備のあるビニルハウスにて23°Cで管理し、その後は、硬質プラスチックハウスにて成り行き温度で管理した。いずれも子葉展開後、複合液体肥料(硝安有機入り複合肥料ライオン N:P:K=6:4:5、福栄肥料)を400倍に希釈し、1トレイあたり約1.6 ℥を底面灌水法により週1回施用した。灌水は、発芽から子葉展開までは上部灌水、以降は底面給水により適宜行った。

43日間育苗した苗は、9月29日に附属農場内のビニルハウスに設定した試験区に定植した。各試験区の長日処理に用いる電照光源は、電球型遠赤色光LED(BT-9D-FR・735 nm、(株)アスター、以下FR光)、赤色光LED(BT-9C-R・630 nm、同社、以下R光)および白熱電球(電照ランプアグリ・71 W、東芝、以下白熱光)を用いた。試験区は、定植～収穫までそれぞれ電球型遠赤色光LED(FR光区)、赤色光LED(R光区)、白熱球(白熱区)の単一の光源を照射する3区、定植後1ヶ月目に光源の種類を切り替える6区(FR→R光区、FR→白熱区、R→FR光区、R→白熱区、白熱→FR光区、白熱→R光区)、および栽培期間中に電照をしない無電照(対照区)の計10試験区を設定した(第1図)。定植床は、シルバーマルチを張った幅150 cmの畠に、12 cm×12 cmの6目フラーネットを使用して中央2条を空けた4条植えとし、第2図のように‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’を配置した。電照は畠地上面高さ145 cm、間隔190 cmに設置し、いずれの処理区とも午前0時～同6時まで長日処理を行った。また、定植後から収穫終了の3月4日まで無加温栽培とした。

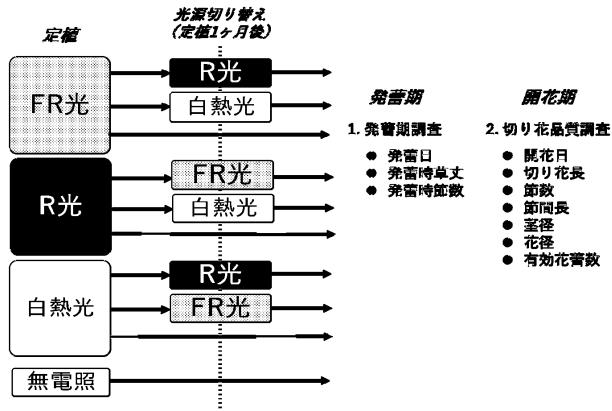
本圃の施肥管理は、1.8 aの圃場に基肥として馬糞堆肥約600 kg、苦土石灰21.6 kgを全面施用し、CDU化成肥料:グリーンホスカ10-10-10(ジェイカムアグリ株式会社)を用いて、窒素を8.0 kg·10<sup>a</sup>、リン酸を8.0 kg·10<sup>a</sup>、カリを8.0 kg·10<sup>a</sup>を施用した。定植2週間後から発芽期まで、複合液体肥料(前記に同じ)の300倍希釈液を週1回土壤に施用した。

栽培中は、附属農場の慣行の仕立て方(濱田ら、2020)を基本として管理を行った。すなわち、頂花着花節およびその下1-2節の側枝は残して、それより下位節から発生する側枝は適宜取り除いた。また、主茎頂花が発芽した頃より、上位節から生育のよい一次側枝3本を残し、弱い側枝は除去した(整枝)。主茎頂花および一次小花は、発芽後速やかに摘蓄した。

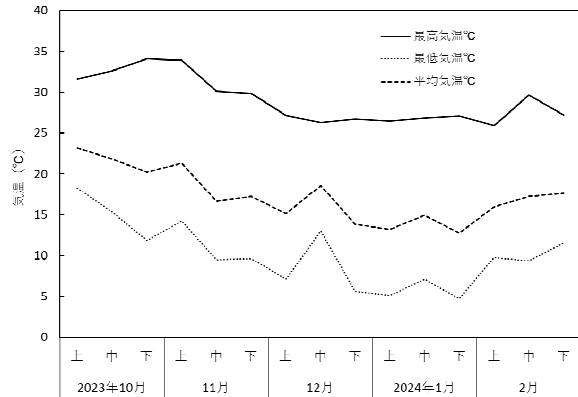
栽培期間中のハウス内環境については、ハウスファーモGF(株式会社 farmo)を設置し、気温を測定した。

### 調査1: 生育調査

‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’の各試験



第1図. 設定した試験区



第3図. 栽培期間中のハウス内温度の推移

径、有効花蕾数)を計測した。

## 結果および考察

本調査では、育苗期から定植初期にかけて晴天が多く、高温が続いた影響により、当初予定して時期よりも早く発芽が見られ、電照光源切り替えから発芽までの期間が短くなった。また、得られた生育調査や切り花品質の結果は、定植時の苗のバラツキや圃場の定植位置の違いの影響と考えられる点もあったため留意が必要である。そのため、電照光源の組み合わせと切り替えが生育や切り花品質に与える影響を有意な差として明確にすることは難しかったが、その傾向について考察を行った。

### 1. 栽培期間中のハウス内の気温

ハウスファーモで測定したハウス内環境データのうち、花芽分化および開花の早晚に与える影響が大きい气温に着目した。2023年10月3日～2024年2月29日までの栽培ハウス内の最高気温、最低気温、平均気温を月別に示した(第3図)。大川(2003)によると、切り花品質から見たトルコギキョウの生育適温は、夜温15～18°C、昼温25～28°C程度とされており、本研究の栽培期間のうち、12月下旬～1月下旬の平均気温は15°C以下となり生育が緩慢になったと考えられる。また、10°Cの低温条件下では、低温による花成および茎伸長の抑制が優位に影響し、長日による促進効果は低下するとされている(住友, 2014)。そのため、無加温栽培した本研究の栽培期間のうち、最低気温が10°C以下となった11月中旬～2月中旬の期間の長日処理の効果は低い可能性がある。

### 2. 生育調査結果

‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’の生育調査結果を第1表および第2表に示した。

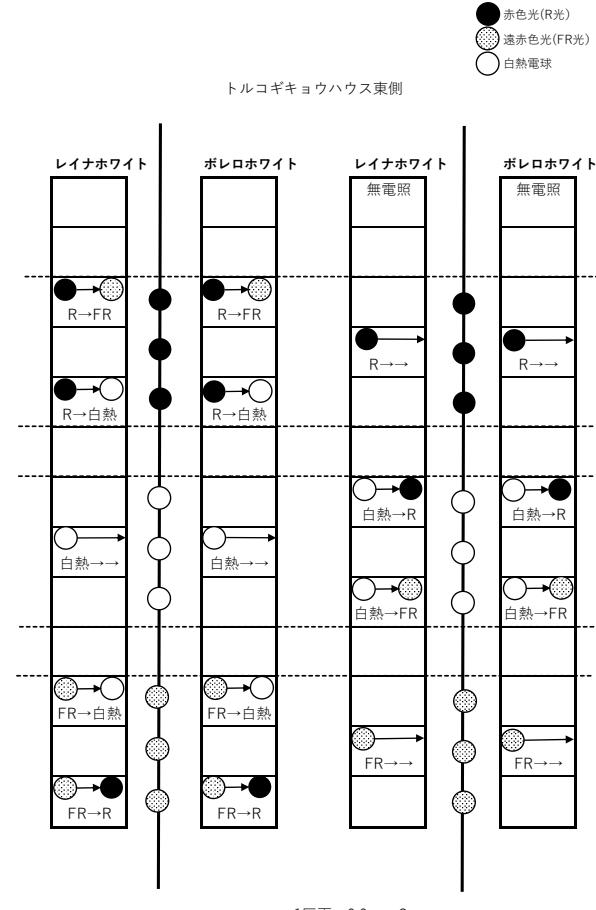
#### 2-1. 発芽の時期

第1花発芽の時期について、第1表および第2表の発芽時の定植からの日数に着目すると、‘ボレロホワイト’において、発芽が早い傾向が見られた試験区は、定植から白熱光を処理した3区(白熱→FR光区、白熱→R光区、白熱区)であった。次いで、FR光を処理した3区(FR→白熱区、FR→R光区、FR光区)であった。無電照区および定植からR光を単一で照射した区は、発芽が

区において、各5個体について生育調査を行った。電照光源切り替え時の生育として、11月1日に草丈、茎長、節数を計測した。発芽時の生育として、主茎頂花の蕾が確認された日に、発芽日、発芽時草丈、発芽時節数を計測した。収穫時の生育は、3輪が開花した日に、開花日(収穫日)、草丈、節数を記録した。

#### 調査2：切り花品質調査

調査は、‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’の各試験区において、生育調査を行った各5個体について行った。各調査個体は、2次小花および3次小花が3輪開花した時点で地際2cmの高さで収穫した。収穫後に切り花品質(切花長、茎長、節数、節間長、茎径、花



第2図. 試験区圃場配置図

第1表. 'ボレロホワイト' の生育調査

| 電照光源切り替え時(定植後30日) |                      |                      |                 | 発着時 <sup>w</sup> |             |             |             | 収穫時 <sup>y</sup> |                      |             |             |             |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| n                 | 草丈 <sup>x</sup> (cm) | 茎長 <sup>y</sup> (cm) | 節数 <sup>x</sup> | 定植日からの日数         | 草丈(cm)      | 茎長(cm)      | 節数          | 定植日からの日数         | 草丈 <sup>x</sup> (cm) | 茎長(cm)      | 節数          |             |
| FR→               | n=5                  | 24.5±1.2 ab          | 19.6±1.3 ab     | 6.0±0.0 ab       | 38.6±2.2 ab | 37.4±3.0 ab | 31.4±3.1 ab | 7.2±0.5 bcd      | 123.2±3.6 cd         | 77.1±3.6 cd | 39.7±4.1 bc | 7.2±0.5 bcd |
| FR→R              | n=5                  | 25.5±1.1 b           | 20.5±0.5 ab     | 5.8±0.5 b        | 37.8±1.8 b  | 37.2±2.6 b  | 31.6±2.5 ab | 7.0±0.0 bc       | 115.4±5.2 abc        | 73.8±5.6 bc | 40.2±3.4 bc | 7.0±0.0 bc  |
| FR→白熱             | n=5                  | 26.2±1.5 b           | 20.9±1.6 a      | 6.4±0.6 ab       | 35.2±1.6 b  | 35.5±2.0 b  | 29.6±2.3 ab | 6.8±0.5 b        | 107.4±3.3 a          | 73.6±3.7 bc | 41.1±3.8 ab | 6.8±0.5 b   |
| R→                | n=5                  | 20.9±1.9 c           | 15.9±1.9 c      | 6.4±0.6 ab       | 44.4±3.5 c  | 40.0±3.8 c  | 33.6±3.7 ab | 8.4±0.6 a        | 127.4±3.3 d          | 77.7±4.4 cd | 42.6±4.3 ab | 8.4±0.6 a   |
| R→FR              | n=5                  | 24.0±0.9 ab          | 19.1±0.7 ab     | 6.8±0.5 a        | 38.8±3.2 ab | 40.8±5.2 ab | 34.8±5.3 a  | 7.8±0.5 ac       | 113.4±4.3 ab         | 86.2±3.4 a  | 44.9±2.9 ab | 7.8±0.5 ac  |
| R→白熱              | n=5                  | 25.5±1.5 b           | 20.3±1.5 ab     | 6.8±0.5 a        | 38.0±3.0 ab | 41.4±4.9 ab | 35.4±5.0 a  | 7.8±0.5 ac       | 108.6±3.3 a          | 84.3±4.2 ad | 46.1±2.5 b  | 7.8±0.5 ac  |
| 白熱→               | n=5                  | 24.1±0.9 ab          | 19.3±0.6 ab     | 6.0±0.0 ab       | 35.8±1.6 b  | 36.0±1.0 b  | 29.0±2.7 ab | 6.6±0.6 b        | 110.8±4.5 a          | 78.0±3.0 cd | 36.6±6.0 ac | 6.6±0.6 b   |
| 白熱→FR             | n=5                  | 22.3±0.6 ac          | 18.0±0.4 bc     | 6.2±0.5 ab       | 35.8±1.6 b  | 32.8±1.7 b  | 27.0±2.7 b  | 6.8±0.5 b        | 111.0±2.4 a          | 68.7±3.7 b  | 32.0±6.1 c  | 6.8±0.5 b   |
| 白熱→R              | n=5                  | 23.9±1.9 ab          | 18.9±1.6 ab     | 6.4±0.6 ab       | 35.2±1.6 b  | 33.2±2.6 b  | 27.1±2.5 b  | 7.0±0.0 bc       | 113.8±7.3 abc        | 67.9±3.2 b  | 37.0±3.6 ac | 7.0±0.0 bc  |
| 無電照               | n=5                  | 20.2±0.6 c           | 15.5±0.6 c      | 6.0±0.0 ab       | 42.8±1.6 ac | 37.1±2.6 ac | 31.5±2.2 ab | 8.0±0.0 ad       | 122.2±5.6 bd         | 75.0±2.1 bc | 40.3±1.7 bc | 8.0±0.0 ad  |

定植日：2023年9月29日  
光源切り替え日：2023年11月2日  
平均値±標準偏差

同一列内の異なる英子文字間にには、Tukeyの多重比較検定において5%水準で有意差があることを示す

<sup>x</sup> 地際部から葉の先端までの長さ

<sup>y</sup> 地際部から発生節までの長さ、発着時および収穫時は止葉着生節までの長さ

<sup>x</sup> 第1対葉から発生節までの節数、発着時および収穫時は止葉着生節までの止葉節も含む節数

<sup>w</sup> 主茎頂花の蕾が確認された時点

<sup>v</sup> 小花3輪が開花した時点(主茎頂花および1次小花は適宜摘蓄)

<sup>u</sup> 地際部から有効花蕾の先端までの長さ

第2表. 'レイナホワイト' の生育調査

| 電照光源切り替え時(定植後30日) |                      |                      |                 | 発着時 <sup>w</sup> |             |              |              | 収穫時 <sup>y</sup> |                      |              |             |             |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------|------------------|-------------|--------------|--------------|------------------|----------------------|--------------|-------------|-------------|
| n                 | 草丈 <sup>x</sup> (cm) | 茎長 <sup>y</sup> (cm) | 節数 <sup>x</sup> | 定植日からの日数         | 草丈(cm)      | 茎長(cm)       | 節数           | 定植日からの日数         | 草丈 <sup>x</sup> (cm) | 茎長(cm)       | 節数          |             |
| FR→               | n=5                  | 23.8±1.6 a           | 17.3±1.7 ab     | 5.0±0.0 a        | 37.8±1.8 ab | 36.0±2.8 dc  | 28.3±3.1 ab  | 6.0±0.0 d        | 126.6±6.1 a          | 74.7±2.0 cd  | 34.8±3.3 cd | 6.0±0.0 d   |
| FR→R              | n=5                  | 22.3±0.8 ab          | 17.2±0.9 ab     | 5.0±0.0 a        | 37.0±0.0 b  | 31.2±1.4 bd  | 24.6±1.3 bc  | 6.0±0.0 d        | 131.8±6.6 ab         | 71.3±7.3 c   | 29.7±2.3 c  | 6.0±0.0 d   |
| FR→白熱             | n=5                  | 23.9±1.8 a           | 18.2±1.1 a      | 5.6±0.6 a        | 36.4±1.3 b  | 35.9±3.0 cd  | 28.0±2.9 bd  | 6.0±0.7 d        | 127.4±10.4 ab        | 73.7±4.6 cd  | 34.0±4.9 cd | 6.0±0.7 d   |
| R→                | n=4                  | 19.4±1.5 bc          | 13.6±1.3 cd     | 5.4±0.6 a        | 45.3±5.5 c  | 40.0±4.6 ac  | 32.0±5.7 acd | 7.3±1.0 bd       | 133.0±4.9 ab         | 87.0±2.7 a   | 38.7±6.9 bc | 7.3±1.0 bd  |
| R→FR              | n=4                  | 20.6±2.1 bc          | 15.2±2.2 bc     | 5.4±0.6 a        | 43.6±5.5 ab | 42.1±4.7 c   | 35.6±5.2 a   | 7.6±0.9 bc       | 136.5±11.4 ab        | 85.4±2.9 ab  | 45.4±4.7 b  | 7.6±0.9 bc  |
| R→白熱              | n=5                  | 14.8±1.9 d           | 9.2±1.4 e       | 5.0±0.0 a        | 52.4±2.9 d  | 38.0±5.3 ac  | 33.5±5.5 ad  | 8.4±0.6 b        | 143.0±6.9 b          | 81.4±5.9 ad  | 42.3±7.3 bd | 8.4±0.6 b   |
| 白熱→               | n=5                  | 22.6±1.5 ab          | 17.4±1.0 ab     | 5.8±0.5 a        | 37.8±1.8 ab | 36.7±2.2 abc | 30.2±2.0 ab  | 6.6±0.6 acd      | 121.0±9.3 a          | 77.4±2.2 bcd | 38.2±3.9 bc | 6.6±0.6 acd |
| 白熱→FR             | n=5                  | 21.7±0.9 ab          | 16.1±0.8 abd    | 5.8±0.5 a        | 37.8±1.8 ab | 34.2±2.0 ad  | 27.0±2.6 bd  | 6.2±0.5 ad       | 124.6±5.4 a          | 78.4±3.1 ac  | 33.6±4.0 cd | 6.2±0.5 ad  |
| 白熱→R              | n=5                  | 21.2±1.6 ac          | 15.5±1.4 abd    | 5.6±0.6 a        | 35.2±1.6 b  | 29.8±1.3 d   | 22.8±2.0 b   | 6.2±0.5 ad       | 124.2±5.2 a          | 71.7±3.1 c   | 29.5±4.1 c  | 6.2±0.5 ad  |
| 無電照               | n=4                  | 18.2±1.1 c           | 12.7±1.0 c      | 5.6±0.6 a        | 44.4±3.5 c  | 37.2±2.2 abc | 30.6±2.7 acd | 7.4±0.6 ab       | 130.0±6.0 ab         | 76.5±5.2 bcd | 36.3±4.0 bc | 7.4±0.6 ab  |

定植日：2023年9月29日  
光源切り替え日：2023年11月2日  
平均値±標準偏差

同一列内の異なる英子文字間にには、Tukeyの多重比較検定において5%水準で有意差があることを示す

<sup>x</sup> 地際部から葉の先端までの長さ

<sup>y</sup> 地際部から発生節までの長さ、発着時および収穫時は止葉着生節までの長さ

<sup>x</sup> 第1対葉から発生節までの節数、発着時および収穫時は止葉着生節までの止葉節も含む節数

<sup>w</sup> 主茎頂花の蕾が確認された時点

<sup>v</sup> 小花3輪が開花した時点(主茎頂花および1次小花は適宜摘蓄)

<sup>u</sup> 地際部から有効花蕾の先端までの長さ

遅かった。また、無電照区よりも、白熱およびFR光を処理した区は発芽が早いことから、これらの光源には花芽分化の促進効果があると推測された。「レインホワイト」においても、「ボレロホワイト」と同様に発芽が早い傾向が見られた試験区は、定植から白熱光を処理した区(白熱→FR光区、白熱→R光区、白熱区)とFR光を処理した区(FR→白熱区、FR→R光区、FR光区)であった。無電照区および定植からR光を単一で照射した区は、発芽が遅い傾向であった。「ボレロホワイト」と同様に、無電照区よりも、白熱およびFR光を処理した区は発芽が早いことから、これらの光源には花芽分化の促進効果があると推測された。山田(2008, 2010a)は、FR光を多く含む白熱灯を用いると花芽分化が促進される一方、R光の割合が多い電球を用いると花芽分化が抑制されると報告している。また、工藤ら(2012)は、トルコギキョウの冬出し栽培において、白熱電球を使用した電照を定植直後から行なうことは、主茎頂花の発達を促進させる効果が期待できると報告している。これら報告のうち、本研究ではFR光および白熱光は花芽分化を促進する報告と同様の傾向が見られたが、R光は花芽分化を抑制する傾向は、本調査では明確には見られなかった。

## 2-2. 草丈の生長率

「ボレロホワイト」および「レインホワイト」における生育調査項目のうち、草丈の生長に着目し、光源の組み合わせと切り替えの効果について考察を行った。本調査では、定植時の苗の大きさがバラついており、苗の大きさは発芽期および開花・収穫期の早晚や切り花長などの品質に影響があると考えられることから、各調査株の収穫時の草丈を100%とし、定植～電照光源切り替え時(1ヶ月後)、光源切り替え時～発芽、発芽～収穫時のそれぞれの期間における草丈の伸びを生長量として換算した。その換算した数値を、各期間の日数で割ることで、各期間における1日当たりの草丈の生長率を算出した。算出した「ボレロホワイト」および「レインホワイト」の各期間1日当たりの草丈の生長率を第3表および第4表に示す。トルコギキョウの場合、定植時の草丈は0cmであるが、展開葉の大きさの違いによる苗のバラつきが見られたため、抽苔(節間伸長)開始すなわち草丈の伸びも苗の大きさのバラつきの影響がでていると推測される。そのため、有意な差として明確に述べることはできないが、傾向として以下の点が認められた。

「ボレロホワイト」において、定植～電照光源切り替えまでの期間の1日当たりの草丈の生長率は、R光を処理した3区(R→白熱区、R→FR光区、R光区)および無電照区が低く、FR光および白熱光区を処理した2区が高い傾向が見られた。無電照区より、これらの2つの光源は生長率が高いことから、定植以降、草丈の生長を促進させる効果があると推測された。光源切り替え～発芽までの期間の1日当たりの草丈の生長率は、明確な傾向は見られなかった。これは、研究計画の想定より早く発芽し、切り替えた各光源の処理期間がそれぞれ5～14日程度と短かったため、影響が出にくかったものと推察さ

れる。発芽～収穫までの期間の1日当たりの草丈の生長率は、光源を白熱光に切り替えた区(FR→白熱区、R→白熱区、白熱区)が大きかった。白熱光を処理した区は、無電照区よりも生長率が大きかったことから、発芽から収穫までにおいて、草丈の生長促進効果があったものと推測された。「レインホワイト」においては、定植～電照光源切り替えまでの期間の1日当たりの草丈の生長率は、FR光を処理した3区(FR→白熱区、FR光区、FR→R光区)が大きく、次いで白熱光を処理した3区(白熱→R光区、白熱区、白熱→FR光区)が大きい傾向が見られた。R光を処理した区(R→白熱区、R光区、R→FR光区)は、生長率が小さくなつた。無電照区と比較し、FR光および白熱光を処理した区は生長率が大きく、R光を処理した区は生長率が小さいことから、それぞれ生長促進の効果と生長抑制の効果が推測された。光源切り替え～発芽までの期間の1日当たりの草丈の生長率は、「ボレロホワイト」と同様に明確な傾向は見られなかつた。発芽～収穫までの期間の1日当たりの草丈の生長率について、「レインホワイト」では明確な傾向は見られなかつた。これらの要因として、「レインホワイト」の試験区の一部では、発芽以降、地下部の生育不良と思われる日中の萎れが続いた(一部枯死)ためと考えている。

トルコギキョウの節間伸長に関して、福岡農試(2005)は、R光/FR比の大きい白熱灯および遠赤色蛍光灯を長日処理(暗期中断)に用いると、平均節間長が長くなり、茎伸長を促進すると報告している。一方、山田(2010b)は、赤色光による長日処理は節間伸長を抑制する作用があり、発芽以降も続けて処理すると側枝の伸長を抑制し、切り花長が長くならないと報告している。そこで、節間長に関して考察するため、本調査の第1表および第2表に示した各品種の生育調査結果に着目した。電照光源切り替え時(定植後30日)において、計測された茎長を節数で割り、平均節間長を算出すると、平均節間長は、定植からFR光を照射した区が最も大きかった。次いで白熱光区が大きく、R光区および無電照区は小さかつた。このことから、生育初期において、FR光および白熱光は節間伸長の促進効果が認められた。R光が節間伸長を抑制する効果については、本結果からは判然としなかつた。次に発芽以降の光源の影響について考察するため、収穫時の茎長と発芽時の茎長に着目した。節数は、止葉節までを計測しているため、発芽時と収穫時の節数は変わらない。そのため、収穫時の茎長から発芽時の茎長を差し引くことで、茎長の伸びを各節間の伸びの合計として算出することができる。その結果、各節間の伸びについて、発芽以降の光源の種類による明確な傾向は見られなかつた。前述の山田(2001b)の報告では、発芽以降のR光の照射は節間伸長を抑制するとしているが、本調査では側枝の計測ではなく、主茎の節間の伸びを算出しているため、その影響が見られなかつたのではと推測される。

第3表. ‘ボレロホワイト’の各期間1日当たりの草丈の生長率

| 試験区     | n   | 定植－光源切り替え<br>(%/day) | 光源切り替え－発蓄<br>(%/day) | 発蓄－収穫<br>(%/day) |
|---------|-----|----------------------|----------------------|------------------|
| FR →    | n=5 | 1.06±0.03 abc        | 1.97±0.26 ab         | 0.61±0.02 b      |
| FR → R  | n=5 | 1.16±0.13 bc         | 2.05±0.20 ab         | 0.64±0.02 ab     |
| FR → 白熱 | n=5 | 1.19±0.07 b          | 2.54±0.54 ab         | 0.72±0.01 a      |
| R →     | n=5 | 0.90±0.11 d          | 1.73±0.32 b          | 0.59±0.05 b      |
| R → FR  | n=5 | 0.93±0.05 ad         | 2.26±0.25 ab         | 0.71±0.06 a      |
| R → 白熱  | n=5 | 1.01±0.07 cd         | 2.43±0.38 ab         | 0.72±0.04 a      |
| 白熱→     | n=5 | 1.03±0.06 cde        | 2.77±0.63 a          | 0.72±0.05 a      |
| 白熱→ FR  | n=5 | 1.08±0.06 abc        | 2.79±0.80 a          | 0.70±0.04 a      |
| 白熱→ R   | n=5 | 1.17±0.07 be         | 2.68±0.49 ab         | 0.65±0.04 ab     |
| 無電照     | n=5 | 0.90±0.03 d          | 1.76±0.08 b          | 0.64±0.04 ab     |

定植日：2023年9月29日

光源切り替え日：2023年11月2日

平均値±標準偏差

各期間の伸びを、収穫時の草丈を100%として換算し、各期間の日数で割った。すなわち1日あたりの生長量を%で表す

同一列内の異なる英子文字間には、Tukey の多重比較検定において5% 水準で有意差があることを示す

第4表. ‘レイナホワイト’の各期間1日当たりの草丈の生長率

| 試験区     | n   | 定植－光源切り替え<br>(%/day) | 光源切り替え－発蓄<br>(%/day) | 発蓄－収穫<br>(%/day) |
|---------|-----|----------------------|----------------------|------------------|
| FR →    | n=5 | 1.06±0.06 a          | 2.10±0.26 abc        | 0.59±0.05 ab     |
| FR → R  | n=5 | 1.05±0.14 a          | 1.81±0.33 cd         | 0.59±0.03 ab     |
| FR → 白熱 | n=5 | 1.09±0.14 a          | 2.50±0.24 b          | 0.57±0.05 ab     |
| R →     | n=4 | 0.75±0.07 bd         | 1.58±0.17 ad         | 0.62±0.06 ab     |
| R → FR  | n=4 | 0.81±0.10 bc         | 1.93±0.26 abc        | 0.55±0.07 a      |
| R → 白熱  | n=5 | 0.61±0.09 d          | 1.28±0.10 d          | 0.59±0.02 ab     |
| 白熱→     | n=5 | 0.97±0.07 ac         | 2.36±0.19 bc         | 0.64±0.06 ab     |
| 白熱→ FR  | n=5 | 0.92±0.01 abc        | 2.07±0.28 abc        | 0.65±0.05 ab     |
| 白熱→ R   | n=5 | 0.98±0.06 ac         | 2.43±0.46 b          | 0.66±0.04 b      |
| 無電照     | n=4 | 0.80±0.08 cd         | 1.80±0.38 cd         | 0.61±0.02 ab     |

定植日：2023年9月29日

光源切り替え日：2023年11月2日

平均値±標準偏差

各期間の伸びを、収穫時の草丈を100%として換算し、各期間の日数で割った。すなわち1日あたりの生長量を%で表す

同一列内の異なる英子文字間には、Tukey の多重比較検定において5% 水準で有意差があることを示す

### 3. 切り花品質調査結果

‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’の収穫時の切り花品質結果を第5表および第6表に示した。また、開花期の早晚の違いを一例として第4図および第5図に示した。得られた切り花品質結果のうち、特に切り花長、有効花蕾数、定植日からの日数（開花期の早晚）について着目し、それぞれを第1、第2、第3基準とした。なお、本農場のトルコギキョウの切り花品質目標は、切り花長70cm以上かつ収穫時3花3蕾（開花輪数3輪+有効蕾3個）以上を基準としている。

#### 3-1. 切り花長（第1基準）

切り花生産において、収穫調整後の切り花長が最低70cm以上確保できるか否かは重要な指標となる。本調査結果の切り花長については、実際の生産現場での収穫調整作業を考慮し、75cm以上を具体的な基準とした。‘ボレロホワイト’において、75cm未満であった試験区は、FR → R 光区、FR → 白熱区、白熱→ FR 光区、白熱→ R 光区、無電照区であった。‘レイナホワイト’においては、同じく FR 光区、FR → R 光区、FR → 白熱区、白熱

→ R 光区、無電照区であった。両品種において、生育初期にR光を処理した区は、切り花長75cm以上の基準を満たしていたことから、切り花長を確保するには生育初期にR光の照射が有効であると考えられた。

#### 3-2. 有効花蕾数（第2基準）

本農場の切り花品質目標3花3蕾を満たすためには、開花時期および草丈を調整するための最終摘蕾時の蕾数を8個以上とする必要がある。そのため、本調査結果の有効花蕾数について8個以上を具体的な基準とした。‘ボレロホワイト’においては、有効花蕾数が8個未満であった試験区は、FR → R 光区、白熱→ FR 光区、白熱→ R 光区であった。‘レイナホワイト’においては、FR → R 光区および無電照区であった。両品種の有効花蕾数において、明確な傾向は見られなかった。この要因は、主茎頂花および1次小花の摘蕾以降の蕾は放任したため、有効花蕾の基準以下の大きさの蕾数も関係していると考えられる。また、‘レイナホワイト’においては、多数の蕾が発達する時期に前述の生育不良が起こり、蕾の発達が停止するプラスチングが起こったためと

第5表. 'ボレロホワイト' の収穫時切り花品質

|         | n   | 定植日から日の日数 <sup>z</sup><br>(日) | 切り花長 <sup>y</sup><br>(cm) | 茎長 <sup>x</sup><br>(cm) | 節数 <sup>w</sup> | 節間長 <sup>v</sup><br>(mm) | 茎径 <sup>u</sup><br>(mm) | 花径 <sup>t</sup><br>(mm) | 有効花蕾数 <sup>s</sup><br>(個) |
|---------|-----|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| FR →    | n=5 | 123.2±3.6 cd                  | 75.1±3.6 cd               | 37.7±4.1 bc             | 7.2±0.5 bcd     | 46.4±6.4 ab              | 7.0±0.5 de              | 77.6±7.0 a              | 10.6±1.5 ab               |
| FR → R  | n=5 | 115.4±5.2 abc                 | 71.8±5.6 bc               | 38.2±3.4 bc             | 7.0±0.0 bc      | 47.5±4.2 ab              | 6.8±1.0 cc              | 83.4±13.1 a             | 7.6±1.5 ac                |
| FR → 白熱 | n=5 | 107.4±3.3 a                   | 71.6±3.7 bc               | 39.1±3.8 ab             | 6.8±0.5 b       | 47.5±10.8 ab             | 7.5±0.7 bcd             | 72.8±9.4 a              | 8.2±1.5 bc                |
| R →     | n=5 | 127.4±3.3 d                   | 75.7±4.4 cd               | 40.6±4.3 ab             | 8.4±0.6 a       | 56.0±11.4 a              | 8.0±0.7 bd              | 73.8±9.5 a              | 11.4±2.1 b                |
| R → FR  | n=5 | 113.4±4.3 ab                  | 84.2±3.4 a                | 42.9±2.9 ab             | 7.8±0.5 ac      | 52.2±9.2 ab              | 8.5±0.3 b               | 71.3±7.4 a              | 11.4±1.3 b                |
| R → 白熱  | n=5 | 108.6±3.3 a                   | 82.3±4.2 ad               | 44.1±2.5 b              | 7.8±0.5 ac      | 54.0±7.3 ab              | 8.4±0.2 ab              | 70.5±4.0 a              | 9.4±0.9 bc                |
| 白熱→     | n=5 | 110.8±4.5 a                   | 76.0±3.0 cd               | 34.6±6.0 ac             | 6.6±0.6 b       | 42.0±6.0 ab              | 7.5±0.2 bcd             | 75.4±6.5 a              | 9.6±0.5 ab                |
| 白熱→ FR  | n=5 | 111.0±2.4 a                   | 66.7±3.7 b                | 30.0±6.1 c              | 6.8±0.5 b       | 38.3±4.5 b               | 6.3±0.5 e               | 74.8±4.3 a              | 6.2±1.9 c                 |
| 白熱→ R   | n=5 | 113.8±7.3 abc                 | 65.9±3.2 b                | 35.0±3.6 ac             | 7.0±0.0 bc      | 42.2±8.1 ab              | 7.2±0.5 de              | 80.8±6.8 a              | 7.4±1.8 ac                |
| 無電照     | n=5 | 122.2±5.6 bd                  | 73.0±2.1 bc               | 38.3±1.7 bc             | 8.0±0.0 ad      | 48.4±4.0 ab              | 7.2±0.6 ade             | 71.8±5.3 a              | 10.0±1.6 ab               |

定植日：2023年9月29日

同一列内の異なる英子文字間にには、Tukey の多重比較検定において5%水準で有意差があることを示す

平均値±標準偏差

z 小花3輪が開花した時点（主茎頂花および1次小花は適宜摘蓄）

y 地際2cm上で収穫し、切り口から有効花蕾の先端までの長さ

x 地際2cm上で収穫し、切り口から止葉着生節までの長さ

w 切り口より止葉着生節までの止葉節も含む節数

v 止葉節から下へ3~4節間の長さ

u 止葉から下へ3~4節間中央部の主茎の最大径

t 収穫時点で開花した小花のうち最大径を計測

s 開花輪および長さ3cm以上の蕾の数

第6表. 'レイナホワイト' の収穫時切り花品質

|                  | n   | 定植日から日の日数 <sup>z</sup><br>(日) | 切り花長 <sup>y</sup><br>(cm) | 茎長 <sup>x</sup><br>(cm) | 節数 <sup>w</sup> | 節間長 <sup>v</sup><br>(mm) | 茎径 <sup>u</sup><br>(mm) | 花径 <sup>t</sup><br>(mm) | 有効花蕾数 <sup>s</sup><br>(個) |
|------------------|-----|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| FR →             | n=5 | 126.6±6.1 a                   | 72.7±2.0 cd               | 32.8±3.3 bc             | 6.0±0.0 d       | 37.6±6.0 b               | 7.3±0.9 bc              | 104.4±6.8 a             | 8.2±2.0 a                 |
| FR → R           | n=5 | 131.8±6.6 ab                  | 69.3±7.3 c                | 27.7±2.3 b              | 6.0±0.0 d       | 38.7±2.3 b               | 6.1±0.6 c               | 115.3±9.7 a             | 7.2±1.9 a                 |
| FR → 白熱          | n=5 | 127.4±10.4 ab                 | 71.7±4.6 cd               | 32.0±4.9 bc             | 6.0±0.7 d       | 43.0±4.8 b               | 7.3±1.0 bc              | 108±16.3 a              | 11.0±1.6 a                |
| R →              | n=4 | 133.0±4.9 ab                  | 85.0±2.7 a                | 36.7±6.9 ab             | 7.3±1.0 bd      | 45.6±11.1 ab             | 9.7±0.5 a               | 105.4±13.3 a            | 10.0±0.8 a                |
| R → FR           | n=4 | 136.5±11.4 ab                 | 83.4±2.9 ab               | 43.4±4.7 a              | 7.6±0.9 bc      | 60.0±14.1 a              | 8.7±1.0 ab              | 103.6±13.6 a            | 11.0±2.9 a                |
| R → 白熱           | n=5 | 143.0±6.9 b                   | 79.4±5.9 ad               | 40.3±7.3 ac             | 8.4±0.6 b       | 60.9±6.6 a               | 8.4±1.1 ab              | 102±15.5 a              | 10.2±2.0 a                |
| 白熱→              | n=5 | 121.0±9.3 a                   | 75.4±2.2 bcd              | 36.2±3.9 ab             | 6.6±0.6 acd     | 45.7±6.5 ab              | 7.8±0.7 ac              | 107.8±7.2 a             | 12.0±1.2 a                |
| 白熱→ FR           | n=5 | 124.6±5.4 a                   | 76.4±3.1 ac               | 31.6±4.0 bc             | 6.2±0.5 ad      | 35.8±3.4 b               | 8.4±0.6 ab              | 102±13.6 a              | 8.2±2.5 a                 |
| 白熱→ R            | n=5 | 124.2±5.2 a                   | 69.7±31.1 c               | 27.5±4.1 b              | 6.2±0.5 ad      | 35.0±5.6 b               | 9.3±1.2 a               | 104.2±15.6 a            | 11.6±7.0 a                |
| 無電照 <sup>t</sup> | n=4 | 130.0±6.0 ab                  | 74.5±5.2 bcd              | 34.3±4.0 ab             | 7.4±0.6 ab      | 36.5±9.4 b               | 8.9±1.1 ab              | 102.2±19.1 a            | 7.3±0.5 a                 |

定植日：2023年9月29日

同一列内の異なる英子文字間にには、Tukeyの多重比較検定において5%水準で有意差があることを示す

平均値±標準偏差

z 小花3輪が開花した時点（主茎頂花および1次小花は適宜摘蓄）

y 地際2cm上で収穫し、切り口から有効花蕾の先端までの長さ

x 地際2cm上で収穫し、切り口から止葉着生節までの長さ

w 切り口より止葉着生節までの止葉節も含む節数

v 止葉節から下へ3~4節間の長さ

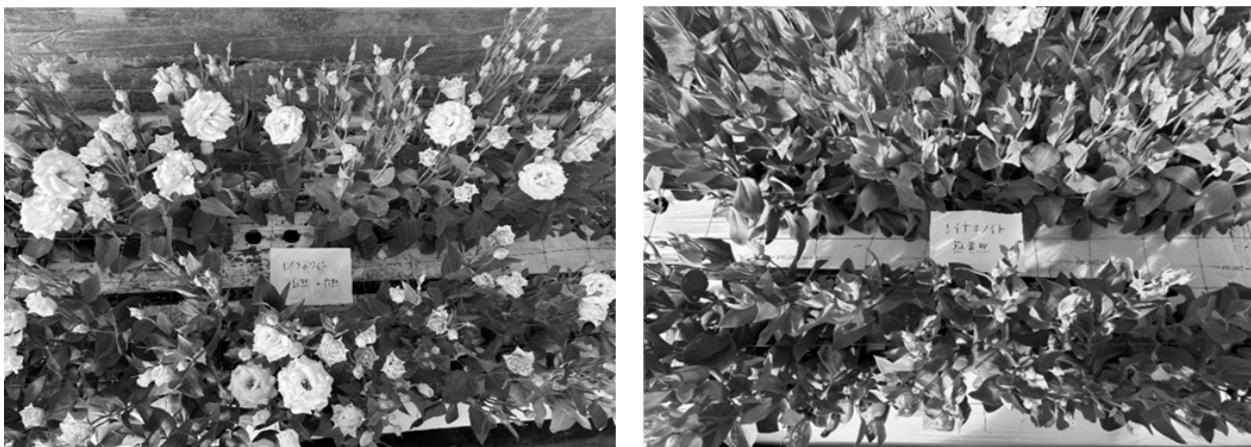
u 止葉から下へ3~4節間中央部の主茎の最大径

t 収穫時点で開花した小花のうち最大径を計測

s 開花輪および長さ2.5cm以上の蕾の数



第4図. 'ボレロホワイト' の生育の様子  
 (左) FR →白熱区 (右) 無電照区 2024年1月16日撮影



第5図. 'レイナホワイト' の生育の様子  
 (左) 白熱区 (右) 無電照区 2024年1月16日撮影

考えられる。

### 3-3. 開花期の早晚（第3基準）

'ボレロホワイト' および 'レイナホワイト' において、定植日からの日数すなわち開花・収穫期の早晚に着目した。'ボレロホワイト' において、開花・収穫が早く、前述の切り花品質（切り花長75 cm 以上、有効花蕾数8蕾以上）を満たす試験区は、R → 白熱区、白熱区、R → FR 光区であった。これまでの本農場での生育調査では、発芽が早ければ開花・収穫までの期間も短くなる傾向があることから、これら3試験区の発芽時期（定植日からの日数）についても着目した（第1表）。R → 白熱区、R → FR 光区は、発芽時期は、その他の試験区より遅い傾向であったが、開花・収穫までの期間は短かった。そのため、発芽以降の白熱光およびFR光の照射は、生育や開花を促進させることができると推測された。'レイナホワイト' においては、切り花長75 cm 以上かつ有効花蕾数8蕾以上を満たす試験区は、白熱区、白熱→FR光区であった。同様に、発芽時期についても着目すると、これら2つの区は発芽も早い傾向であった。そのため、「レイナホワイト」においては、発芽以降の白熱光およびFR光の照射が開花を早めたかは判然としなかった。

### 4. 目標開花期と目標切り花品質が達成可能な光源の組み合わせの検討

塚田ら（1982）は、トルコギキョウの至花日数（開花までの日数）と切り花形質は高い正の相関があるとしている。収穫が早く、至花日数が短くなると切り花形質が低下することは、これまででも本農場の栽培においても経験的に確認されている。目標開花期と目標切り花品質の両方を達成するために、発芽期・開花期の調整および切り花品質の基準を満たすことが可能な電照光源の組み合わせ・切り替え方法を検討した。'ボレロホワイト' においては、草丈の生育は、白熱光およびFR光の長日処理が生育促進の効果が高かった。白熱光を定植～収穫まで長日処理した（途中での切り替えなし）試験区は、開花も早く、本調査では切り花品質基準も満たしていた。しかし、白熱光のみを終始照射することでは、開花期の調整はできず、栽培する年の気象条件によっては、これまで本農場でも見られた早期発芽を起こす可能性もある。したがって、光源の切り替えによって開花期を調整できる可能性がある長日処理の方法は、生育初期にR光を照射し、以降は白熱光およびFR光を照射する方法が、開花・収穫期が早く、切り花品質も満たした組み合わせであると推測された。'レイナホワイト' においては、白熱

光を定植～収穫まで長日処理した（途中での切り替えなし）試験区、白熱光から途中でFR区に切り替えた試験区が、開花も早く切り花品質基準を満たしていた。‘ボレロホワイト’と同様に白熱光のみの終始照射は、開花期を調整できないことから、有用な長日処理方法は、生育初期に白熱光を照射し、以降はFR光に切り替える方法であると考えられた。‘レイナホワイト’の場合、生育初期にR光を照射すると、白熱光の照射と比べ開花期は、10日以上遅延していた。そのため、‘ボレロホワイト’と‘レイナホワイト’とで、有用な長日処理の光源の組み合わせとその切り替え方法が異なることが明らかとなった。山田（2010b）は、長日処理の効果について、中晩生品種は品質向上効果が高いが、早生品種では低いとしている。これは、早生品種は花芽分化が早く、高温による花芽分化促進の影響も受けやすいためとしており、品種間差があると考えられる。また、‘レイナホワイト’は‘ボレロホワイト’よりも花径が大きいため、蕾の発達および開花は遅れる傾向が観察されており、その点の違いも考えられる。

本調査では、‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’において、それぞれR→白熱光／FR光、白熱→FR光が有用な長日処理方法と推測された。光源を切り替える最適な時期については本調査では明確にできなかったが、‘ボレロホワイト’を例とした場合、定植からR光を照射し、収穫時に切り花長70cm以上となるように生育初期の段階での草丈の基準を設け、それに達した時点で光源を白熱／FR光に切り替えることで、開花・収穫期の調整が可能になると考えている。生育初期の段階での草丈の基準は、発蕾時の草丈が目安になると思われる。これは、本調査で発蕾時および収穫時の草丈を計測した結果、品種や試験区に関わらず、すべての個体で、発蕾時の草丈は収穫時の草丈の約50%になることから判断した。したがって、発蕾時の草丈を最低35cm以上となるように長日処理を行うことが、収穫時の切り花長の確保につながると考えられた。

本研究は、単年度の結果であり、定植時の苗のバラツキや圃場の定植位置の違いの影響と考えられる点もあり、有意な差として明確に電照光源の組み合わせとその切り替えの影響について述べることはできていない。

今後、再現性の確認と併せて、最適な長日処理とその光源の検討を続けていく必要がある。加温による開花の調整を行わない冬季無加温栽培において、電照光源の切り替えによる開花・収穫期の調整が実用的に可能となれば、収穫期の幅も広がり、より安定したトルコギキョウ切り花生産の一助となると期待できる。

## 要約

トルコギキョウの冬季無加温栽培における、長日処理に用いる電照光源の種類を生育初期（定植から1ヶ月後）に、遠赤色光（FR光）、赤色光（R光）および白熱光で切り替え、その組み合わせが発蕾時期に与える影響

と収穫時の切り花品質に与える影響について、‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’の2品種を用いて検討した。無加温栽培期間（定植後期間2023年10月～2024年2月）のうち、最低気温が10℃以下となった11月中旬～2月中旬の期間の長日電照処理の効果は低いと推定された。‘ボレロホワイト’および‘レイナホワイト’において、FR光および白熱光は花芽分化を促進するという過去の報告と同様の傾向が見られたが、R光が花芽分化を抑制する傾向は、本調査では明確ではなかった。各調査株の収穫時の草丈を100%として定植～電照光源切り替え時（1ヶ月後）、光源切り替え時～発蕾、発蕾～収穫時の各期間における1日当たりの草丈の生長率を算出した。その結果、FR光および白熱光は草丈の生長促進、R光は草丈の生長抑制の効果があることが、一部分で確認された。本研究において、‘ボレロホワイト’は、生育初期にR光を照射し、以降、白熱光およびFR光に切り替える長日処理、‘レイナホワイト’においては、白熱光からFR光に切り替える長日処理が切り花品質目標（切り花長70cm以上、収穫時3花3蕾）を達成できる有用な方法であると推測された。ただし、本結果は、単年度の結果であり、有意な差として明確に電照光源の組み合わせとその切り替えの影響について明確にすることはできていないため、今後、再現性の確認と併せて、最適な長日処理の検討を続けていく必要がある。

## 謝辞

本研究は、JSPS科研費JP23H05232の助成を受けたものです。ここに感謝の意を表します。

## 引用文献

- 福田直子. 2013. ユーストマ・技術の基本と実際「冬季の低コスト計画生産」. 農業技術体系花卉編 第8巻. p. 452の24-35. 農山漁村文化協会. 東京.
- 福岡県農林業総合試験場. 2005. 暗期中断に用いる光源の種類によるトルコギキョウの開花促進と抑制. [Online] <https://www.farc.pref.fukuoka.jp/farc/seika/h17a/07-06.pdf>. (2024年10月閲覧)
- 濱田延枝・田浦一成・橋本文雄・野村哲也・中野八伯・清水圭一・朴 炳宰・遠城道雄. 2022. トルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) の鹿児島大学オリジナルF1品種群‘奥玉洋’(オーアイヨウ)選定のための生育および切り花品質調査. 鹿児島大学農場研報. 43: 19-29.
- 濱田延枝・田浦一成・野村哲也・中野八伯・橋本文雄・清水圭一・朴 炳宰・遠城道雄. 2020. トルコギキョウの鹿児島大学オリジナル品種作出をめざした育成系統の生育および切り花品質調査. 鹿児島大学農場研報. 41: 1-9.
- 工藤陽史・山口 茂・佐藤 旭・栗山孝浩・深井誠一. 2012. 熊本県のトルコギキョウの冬春出し栽培にお

- ける電照が開花と花蕾のプラスチングおよび茎伸長に及ぼす影響. 園学研. 11: 363-369.
- 大川 清. 2003. トルコギキョウ 栽培管理と開花調節. p. 1-311. 誠文堂新光社. 東京.
- 住友克彦. 2014. トルコギキョウの光応答. p. 119-127.
- 久松 完監修. 電照栽培の基礎と実践. 誠文堂新光社. 東京
- 塚田晃久・小林 隆・長瀬嘉迪. 1982. トルコギキョウの生理特性と栽培に関する研究(第2報) 生育・開花に及ぼす温度、日長の影響. 長野野菜花き試報. 2: 77-78.
- 山田明日香. 2010a. 光形態形成反応を活用したトルコギキョウの開花著節および切り花品質の向上に関する研究. 福岡農試特報. 30: 35-44.
- 山田明日香. 2010b. トルコギキョウの長日処理による切り花品質の向上. 施設と園芸. 日本施設会園芸協会編. 148: 28-31.
- 山田明日香・谷川孝弘・巣山拓郎・松野孝敏・國武利浩. 2008. トルコギキョウの冬春出し栽培における開花促進のための長日処理方法. 園学研. 7: 407-412.



論 文

## 花粉親が在来アーモンドの結実性および果実形質に及ぼす影響

香西直子<sup>1\*</sup>・實石汰一<sup>2</sup>・山本雅史<sup>2</sup>・福留弘康<sup>3</sup>・廣瀬 潤<sup>3</sup>・西澤 優<sup>3,4</sup>・兒玉真紀<sup>3</sup>

<sup>1</sup>鹿児島大学農学部熱帯果樹園芸学研究分野 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>2</sup>鹿児島大学農学部果樹園芸学研究分野 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>3</sup>鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園 〒890-0081 鹿児島市唐湊

<sup>4</sup>鹿児島大学農学部園芸作物生産学研究分野 〒890-0065 鹿児島市郡元

### Effects of Pollen Source on Fruit Set and Quality in Local Almond Tree Varieties

KOZAI Naoko<sup>1\*</sup>, JITSUISHI Taichi<sup>2</sup>, YAMAMOTO Masashi<sup>2</sup>, FUKUDOME Hiroyasu<sup>3</sup>, HIROSE Jun<sup>3</sup>, NISHIZAWA Yu<sup>3,4</sup> and KODAMA Maki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Tropical Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

<sup>2</sup> Laboratory of Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

<sup>3</sup> Toso Orchard, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Toso, Kagoshima 890-0081

<sup>4</sup> Laboratory of Horticultural Crops Production Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

#### Summary

We investigated the effects of pollen source on fruit set and quality in three local almond tree varieties ('Gakunai 1', 'Toso 2-15', and 'Toso 3-8') planted at Kagoshima University, Kagoshima, Japan. Three treatments were established: self-pollination, pollination by the almond (*Prunus dulcis* (Mill) D. A. Webb) variety 'Peerless', and pollination by the peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) variety 'Okinawa 1'. We recorded floral characteristics at anthesis and 7 days after pollination, as well as pollen tube elongation, fruit set, and fruit quality. At anthesis, there were no significant differences in flower weight, petal size, pistil length, or stamen length among treatments. Incomplete flower production, i.e., the percentage of flowers lacking a pistil, was significantly higher in 'Toso 3-8' than in the other varieties. At 7 days after pollination, there were no significant differences in floral characteristics among varieties or treatments, and the pollen tube penetrated the base of style or the ovary in all varieties and all treatments. Fruit set was observed in all varieties and treatments as of May 19, approximately 2 months after pollination. Shell weight, seed weight, shell width and cheek thickness tended to be greater in the 'Gakunai 1' almond × 'Okinawa 1' peach cross than in any other variety/treatment combination; no clear tendency was found for any other fruit quality metrics. The findings of this study reveal that the three local almond varieties cultivated at Kagoshima University are self-pollinating, and that different pollen sources produced no significant differences in fruit set or quality in these varieties.

**Key Words:** Cross-pollination, Fruit set, Pollen tube elongation, Self-pollination

キーワード：自家受粉，花粉管伸長，結実，他家受粉

#### 緒言

アーモンド (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb) はバラ科の果樹であり、核果類が含まれる *Prunus* 属に分類される。遺伝的にはモモなど他の核果類と類似し、多くの品

種は自家不和合性を示す (Socias i Company ら, 2017)。日本でも近年、特産果樹としての栽培が注目されており、果実生産が可能であると言われているが、地域によっては収量が非常に低く、生産量は不安定である。鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園で栽培している在来アーモンドについて、前報 (香西ら, 2024) では、4 系統の花芽および葉芽の発芽期と開花期を調査した。調査により、在来アーモンドには系統や年次により花芽や葉芽の発芽期のばらつきがあることや、開花期も系統に

よって異なることを明らかにした。

附属農場では、在来アーモンドについて人工受粉せず放任受粉としている。生理落果は多いものの、ある程度の収量が得られていることから、自家結実している可能性が考えられる。一方、モモやスモモ、アンズではアーモンドの花粉でも結実することが確認されている（山口ら、2018）ほか、モモとアーモンドの交雑による台木品種も育成されているなど、アーモンドは他のモモ亜属やスモモ亜属の種と交雑和合性がある。附属農場で着果している在来アーモンドの周辺では少低温要求性モモ品種やアンズ、ウメなども栽培されており、中には開花期が重なる品種もあることから、花粉親の違いが在来アーモンドの結実特性や果実品質に及ぼす影響について把握しておくことは重要である。

本研究では、在来アーモンドの結実特性を評価するため、鹿児島大学で栽培される在来アーモンド3系統を供試し、自家受粉および他家受粉としてアーモンドの花粉とモモの花粉を用い、花器形質、花粉管伸長、結実率、果実形質を調査したので報告する。

## 材料および方法

### 植物材料

本研究は鹿児島大学農学部附属農場学内農場（鹿児島市）で2022年2月から10月にかけて実施した。植物材料には、学内農場で栽培されている「学内1」、唐湊果樹園で栽培されている系統「唐湊2-15」および「唐湊3-8」を供試した。いずれもオハツモモを台木とする接ぎ木苗で、各9個体を用いた。いずれも10号素焼き鉢で栽培されており、実験開始時点では「学内1」と「唐湊3-8」は2年生、「唐湊2-15」は3年生であった。これらの個体を2022年2月5日に無加温ガラス室に搬入し、試験はガラス室内で行った。

### 処理区

それぞれの系統について、自家受粉区（Self）、アーモンド花粉による他家受粉区（Cross-A）、モモ花粉による他家受粉区（Cross-P）の3つの処理区を設け、各3個体を対象とし、合計27個体（3系統×3処理区×3個体）を実験に供試した。それぞれの個体から長さ20cm以上の結果枝を3～4本選び、これらを調査対象とした。自家受粉に供試する花粉は、調査対象としていない枝に着生している花から採取した。アーモンドの花粉は、海外の栽培品種である‘Peerless’、モモの花粉は台木用品種で少低温要求性の‘オキナワ1’よりそれぞれ採取した。花粉は以下の手順により採取した：バルーンステージ期（開花前日）の花蕾から採取した薬を葉包紙の上に置き、シリカゲルとともにタッパーに入れて密閉し、20℃のインキュベーターで一晩静置して開薬させた。これらの花粉の発芽率を寒天培地上で確認したところ（ショ糖15%と寒天1%を含む寒天培地に置床し、20℃で2時間培養した）、「学内1」で27.2%、「唐湊2-15」で20.0%、「唐湊3-8」で15.0%であり、‘Peerless’と‘オキナワ1’につ

いては約70%以上であった。

人工受粉は3月7日から19日にかけて行った。開花直前のバルーンステージ期の花蕾について、除雄し、各花粉で受粉した後、パラフィン紙で作成した受粉袋をかぶせた。3月7日の受粉処理開始時点では開花していた花は摘除し、また、受粉処理が終了した3月19日より後に開花した花も調査対象外として摘除した。

### 花器の形態

開花当日の新鮮花を1個体につき3花採取し、花器重量、花弁の長さと幅、雌ずい長、子房長、雄ずい長を計測した。この時、雌ずいを欠く不完全花（香西ら、2024）については各部位の計測対象とせず、除外した。不完全花についてはその数を記録し、不完全花率として算出した。また、受粉処理7日後の花器を各処理区より2～4花採取し、子房の長さと幅を計測した。計測後、直ちにコペンハーゲン固定液（蒸留水：エタノール：グリセリン=10：8：1）で固定・保存し、花粉管伸長の観察に供試した。

### 受粉7日後の花粉管伸長

受粉処理7日後の花器の形態調査で用いた雌ずいについて、アニリンブルー染色法により花粉管伸長の観察を行った：固定液から取り出した雌ずいを3時間水道水に浸漬し、8N水酸化ナトリウム溶液に3時間浸漬した後、3時間水道水の流水で洗い流した。その後、アニリンブルー染色液（0.1Mリン酸三カリウム水溶液に0.1%のアニリンブルーを溶解して作成）に一晩浸漬し、花粉管を染色した。染色後、花柱と子房を切り離し、落射蛍光装置（EFD2、（株）ニコンソリューションズ）を取り付けた生物顕微鏡（LABOPHOTO、（株）ニコンソリューションズ）により観察した。花柱はカバーガラスを載せて軽く押しつぶし、子房は剃刀で縦断した切断面にカバーガラスを載せて観察した。花粉管の最深到達部位は柱頭付近、花柱上部、花柱中央部、花柱基部、子房柔組織、胚珠の6段階で評価した。

### 結実率

5月19日および6月16日に結実数を個体別に数え、結実率として算出した。

### 果実品質

8月以降、自然落果した果実を採取し、果実品質を調査した。果実全体の新鮮重を計測した後、内果皮を取り出し、内果皮の重量、種子の重量のそれぞれ新鮮重を計測した。また、種子を取り出す前の内果皮の長さ、幅、チーク幅を測定し、さらに、種子の長さ、幅、チーク幅を計測した。内果皮の重量は、種子を取り出す前の重量と種子重の差により算出した。10月7日までに自然落果しなかった果実については手で採取した。

### 統計解析

開花当日と7日後の花器形態、受粉花数、結実率、果実形質における系統と処理区の影響を一般化線形モデルによって解析した。系統もしくは処理区による影響がみられた場合はTukey法による多重比較を行い、系統および処理区の間の差異を評価した。統計処理にはR

第1表 各系統における開花当日の花器の形質

| 系統名              | 花重<br>(mg) | 花弁サイズ (cm) |      | 雌ずい長<br>(cm) | 子房長<br>(cm) | 雄ずい長<br>(cm) | 不完全花率 <sup>z</sup><br>(%) |
|------------------|------------|------------|------|--------------|-------------|--------------|---------------------------|
|                  |            | 長さ         | 幅    |              |             |              |                           |
| 学内 1             | 216        | 1.98       | 1.46 | 0.97         | 0.14        | 1.09         | 29.6 b                    |
| 唐湊2-15           | 215        | 1.97       | 1.49 | 0.93         | 0.14        | 1.10         | 33.3 b                    |
| 唐湊3-8            | 223        | 2.01       | 1.50 | 0.93         | 0.14        | 1.11         | 70.4 a                    |
| 有意性 <sup>y</sup> | NS         | NS         | NS   | NS           | NS          | NS           | *                         |

<sup>z</sup> 調査対象とした花のうち、雌ずいを欠く不完全花の比率。花器の形態におけるデータ解析は不完全花を除く正常花のみでおこなった。

<sup>y</sup> データは一般化線形モデルにより分析し、要因による有意な影響が認められた場合、Tukey 法により多重比較を行った。NS は系統による影響がない、\* は  $p < 0.05$  で系統による有意な影響があることを示す。異なるアルファベットは多重比較検定により  $p < 0.05$  で有意差があることを示す。

version4.4.1 (R Core Team, 2024) を用いた。

## 結果

### 花器の形態

各系統の開花当日の花器形態について、雌ずいの長さは0.93~0.97 cm、雄ずいの長さは1.09~1.11 cmで、いずれの系統も雌ずいは雄ずいの長さに比べて短かった(第1表)。しかしながら、花重、花弁サイズ、雌ずい長、子房長、雄ずい長のいずれも系統による差がみられなかつた。一方、不完全花率は「唐湊3-8」が70.4%であり、他の系統に比べて有意に高かった。「学内1」と「唐湊2-15」の不完全花率はそれぞれ29.6%と33.3%であり、この2系統間に有意差はなかった。

開花7日後の花器形態については、子房の長さは0.22~0.35 cmで、幅は0.15~0.23 cmであった(第2表)。子房の長さで系統と処理区間の交互作用が検出されたが( $p < 0.05$ )、Tukey 法により多重比較を行ったところ、個別の値に有意差は検出されなかつた。

### 受粉7日後の花粉管伸長

受粉7日後の花粉管の最深到達部位を観察したところ、全ての系統、処理区で花粉管の伸長が確認された(第3表)。「学内1」では全ての処理区で花粉管が子房柔組織に到達している様子が観察され、他家受粉(Cross-A, Cross-P)区では胚珠まで到達している様子が観察された。「唐湊2-15」では、Self区で花柱基部まで到達しており、他家受粉(Cross-A, Cross-P)区では胚珠まで到達している様子が観察された。「唐湊3-8」のSelf区でも同様に花柱基部まで到達している様子が観察された。他家受粉のCross-A区では胚珠まで到達しており、Cross-P区でも子房柔組織まで到達している様子が観察された。

### 結実率

受粉処理した花の数は、1個体あたり平均12.3~34.0花であった(第4表)。「唐湊3-8」では不完全花が多かつたため、受粉処理した花の総数が少なかつた。受粉花数については、系統によって影響が検出されたが( $p < 0.05$ )、Tukey の多重比較による個別の値の有意差は検出されなかつた。

5月19日の結実率は、「唐湊2-15」のCross-A区で最も高く13.0%であり、「唐湊3-8」のSelf区では最も低く

第2表 各系統と処理区における受粉7日後の子房の大きさ

| 系統名              | 処理区 <sup>z</sup> | 子房の大きさ (cm) |      |
|------------------|------------------|-------------|------|
|                  |                  | 長さ          | 幅    |
| 学内 1             | Self             | 0.35        | 0.21 |
|                  | Cross-A          | 0.22        | 0.15 |
|                  | Cross-P          | 0.33        | 0.22 |
| 唐湊2-15           | Self             | 0.27        | 0.19 |
|                  | Cross-A          | 0.32        | 0.23 |
|                  | Cross-P          | 0.29        | 0.20 |
| 唐湊3-8            | Self             | 0.33        | 0.21 |
|                  | Cross-A          | 0.32        | 0.20 |
|                  | Cross-P          | 0.27        | 0.19 |
| 有意性 <sup>y</sup> |                  | NS          | NS   |

<sup>z</sup> Selfは自家受粉、Cross-Aはアーモンド‘Peerless’による他家受粉、Cross-Pはモモ‘オキナワ1’による他家受粉の処理区をそれぞれ示す。

<sup>y</sup> データは一般化線形モデルにより分析し、要因による有意な影響が認められた場合、Tukey 法により多重比較を行った。NS は多重比較の結果、 $p < 0.05$  で系統や受粉処理による有意な影響がないことを示す。

2.0%であったが、系統や処理区による有意な効果は認められなかつた。6月16日では、「唐湊2-15」のCross-A区で最も高い結実率(12.4%)が得られたものの、「学内1」のSelf区と「唐湊3-8」のCross-A区では0%であった。6月16日の結実率にも系統や処理区の影響はみられなかつた。他方、系統と処理区の交互作用が検出されたが( $p < 0.05$ )、Tukey 法により多重比較をおこなつたところ、個別の値の有意差は検出されなかつた。

### 果実形質

8月以降、果実形質を調査した。収穫果実数は、「唐湊2-15」のCross-A区で最も多く、次いで「唐湊2-15」のSelf区であった(第5表)。「学内1」Self区と「唐湊3-8」Cross-A区では6月下旬までに全て落果したため調査用の果実が得られなかつた。果実全体の新鮮重では、系統および処理区による影響は検出されなかつたが、一方、内果皮の新鮮重には処理区の影響が認められ( $p < 0.05$ )、「学内1」Cross-P区において「唐湊2-15」Cross-A区よりも有意に高い傾向がみられた( $p < 0.05$ )。内果皮では、横幅やチーク幅でも処理区による有意な影響が検出されたもの( $p < 0.05$ )、その傾向は一定ではなかつた。種子では、新鮮重と長さで系統による有意な影響が検出された。Tukey 法により多重比較を行つたところ、

第3表 各系統と処理区における受粉7日後の花粉管最深到達部位

| 系統名    | 処理区 <sup>z</sup> | 花粉管の最深到達部位 (%) |      |       |      |       |      | 観察した<br>雌ずいの数 |
|--------|------------------|----------------|------|-------|------|-------|------|---------------|
|        |                  | 柱頭付近           | 花柱上部 | 花柱中央部 | 花柱基部 | 子房柔組織 | 胚珠   |               |
| 学内1    | Self             | 44.4           | 11.1 | 11.1  | 11.1 | 22.2  | 0.0  | 9             |
|        | Cross-A          | 22.2           | 11.1 | 0.0   | 0.0  | 33.3  | 33.3 | 9             |
|        | Cross-P          | 22.2           | 11.1 | 22.2  | 11.1 | 22.2  | 11.1 | 9             |
| 唐湊2-15 | Self             | 22.2           | 22.2 | 22.2  | 33.3 | 0.0   | 0.0  | 9             |
|        | Cross-A          | 62.5           | 0.0  | 0.0   | 0.0  | 37.5  | 37.5 | 8             |
|        | Cross-P          | 12.5           | 0.0  | 12.5  | 37.5 | 0.0   | 37.5 | 8             |
| 唐湊3-8  | Self             | 14.3           | 14.3 | 14.3  | 57.1 | 0.0   | 0.0  | 7             |
|        | Cross-A          | 25.0           | 0.0  | 0.0   | 12.5 | 12.5  | 50.0 | 8             |
|        | Cross-P          | 28.6           | 0.0  | 14.3  | 28.6 | 28.6  | 0.0  | 7             |

<sup>z</sup> Selfは自家受粉、Cross-Aはアーモンド‘Peerless’による他家受粉、Cross-Pはモモ‘オキナワ1’による他家受粉の処理区をそれぞれ示す。

第4表 各系統と処理区における平均受粉花数と結実率

| 系統名              | 処理区 <sup>z</sup> | 平均受粉<br>花数(花) <sup>y</sup> | 平均結実率(%) <sup>x</sup> |       |  |
|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------|-------|--|
|                  |                  |                            | 5月19日                 | 6月16日 |  |
| 学内1              | Self             | 26.3                       | 4.4                   | 0     |  |
|                  | Cross-A          | 14.7                       | 10.7                  | 10.7  |  |
|                  | Cross-P          | 27.0                       | 9.6                   | 8.1   |  |
| 唐湊2-15           | Self             | 29.3                       | 10.8                  | 8.5   |  |
|                  | Cross-A          | 34.0                       | 13.0                  | 12.4  |  |
|                  | Cross-P          | 28.0                       | 7.5                   | 7.5   |  |
| 唐湊3-8            | Self             | 20.3                       | 9.2                   | 7.6   |  |
|                  | Cross-A          | 16.7                       | 2.0                   | 0     |  |
|                  | Cross-P          | 12.3                       | 4.6                   | 4.6   |  |
| 有意性 <sup>w</sup> |                  | NS                         | NS                    | NS    |  |

<sup>z</sup> Selfは自家受粉、Cross-Aはアーモンド‘Peerless’による他家受粉、Cross-Pはモモ‘オキナワ1’による他家受粉の処理区をそれぞれ示す。

<sup>y</sup> 2022年3月7日~19日の間に受粉処理した花の平均数。

<sup>x</sup> 2022年6月30日時点での結実数により算出した。

<sup>w</sup> データは一般化線形モデルにより分析し、要因による有意な影響が認められた場合、Tukey法により多重比較を行った。NSは多重比較の結果、 $p < 0.05$ で系統や受粉処理による有意な影響がないことを示す。

「学内1」Cross-P区の種子重は「唐湊2-15」Cross-A区の種子重に比べて有意に高い結果となったが( $p < 0.05$ )、種子の長さでは個別の値に有意差はみられなかった。

### 考察

本研究の結果、すべての系統や処理区において花柱内の花粉管伸長が見られ(第3表)、結実も得られた(第4表)。今回供試した在来アーモンドの3系統では、花粉親に関わらず、花粉管伸長し結実することが明らかとなった。そしてSelf区を含め、全ての系統と処理区において満開から約2か月後の5月19日時点で結実が確認された(第4表)。一般に海外のアーモンド品種は自家不和合性が多い(Socias i Companyら, 2017)。栽培品種のアーモンドは、バラ科サクラ属果樹に見られる配偶体型自家不和合であり(Matsumoto・Tao, 2016; Taoら, 1997)、自己の花粉が柱頭に付着した場合、花粉管は柱頭

には侵入するが花柱で花粉管伸長が停止する。しかし、今回供試した3系統の在来アーモンドは自家結実性であると考えられ、一般的なアーモンドの栽培品種とは結実特性が異なると考えられた。また、アーモンド‘Peerless’やモモ‘オキナワ1’とも親和性があると考えられた。「学内1」のSelf区と「唐湊3-8」のCross-A区では、6月16日時点での結実率が0%となったが、5月19日までは結実していたことから、何らかの要因により胚珠の発達が途中で停止した可能性が考えられる。今回供試した在来アーモンドはいずれも収穫期まで残っていた果実数が非常に少なかったこと(第5表)からも、在来アーモンドは胚発達に関する問題を有する可能性が考えられた。

また本研究では、花器形質の調査結果(第1表)から、今回供試した系統はいずれも、雌ずいの長さが雄ずいに比べて短いことが明らかとなった。この形質は栽培品種でも見られる形質であり(Socias i Companyら, 2017)、在来アーモンドのみでみられる特徴ではない。しかし、これらの3系統はいずれも雌ずいを欠く不完全花の発生率が高かった。形態が極めて小さく発達不良の雌ずいは栽培品種でも発生しうるが、栽培品種においては品種特性よりも、水分ストレスや栄養不足に起因する場合の方が多い(Socias i Companyら, 2017)。しかし本研究で見られた不完全花は、雌ずいが無く、その痕跡も見られなかった。さらに、3系統とも同じ環境で栽培していたにもかかわらず、「唐湊3-8」では、不完全花が70%以上の高頻度で発生しており、他の2系統に比べて有意に高かった(第1表)ことから、生育環境によるものではなく「唐湊3-8」が持つ特徴であると考えられる。在来アーモンドにおける不完全花の発生は香西ら(2024)も報告しており、本研究の結果は、この報告を支持するものである。不完全花が高頻度で発生すると低収量の一因となるため、栽培にあたっては注意する必要がある。

また、果実品質調査の結果、「学内1」のCross-P区で、種子の新鮮重と種子の長さが最も大きい傾向があった(第5表)が、それ以外の項目では一定の傾向が認められず、花粉親の違いと果実形質の関係については、明確な

第5表 各系統と処理区における果実品質

| 系統名              | 処理区 <sup>x</sup> | 収穫<br>果実数 | 新鮮重 (g) |        | 内果皮の大きさ (cm) |         |         | 種子の大きさ (cm) |
|------------------|------------------|-----------|---------|--------|--------------|---------|---------|-------------|
|                  |                  |           | 果実全体    | 内果皮    | 長さ           | 横幅      | チーク幅    |             |
| 学内1              | Self             | 0         | —       | —      | —            | —       | —       | —           |
|                  | Cross-A          | 2         | 33.5    | 2.3 ab | 0.93 ab      | 18.3 ab | 12.3 ab | 25.1        |
|                  | Cross-P          | 5         | 31.1    | 2.2 a  | 0.91 a       | 36.2    | 19.4 a  | 23.6        |
| 唐漬2-15           | Self             | 6         | 23.1    | 1.9 ab | 0.55 b       | 33.9    | 17.0 ab | 20.8        |
|                  | Cross-A          | 10        | 25.8    | 1.5 b  | 0.58 ab      | 32.2    | 16.1 b  | 20.8        |
|                  | Cross-P          | 4         | 26.4    | 2.1 ab | 0.73 ab      | 37.5    | 18.1 ab | 21.9        |
| 唐漬3-8            | Self             | 4         | 35.0    | 2.0 ab | 0.70 ab      | 31.2    | 17.1 ab | 20.9        |
|                  | Cross-A          | 0         | —       | —      | —            | —       | —       | —           |
|                  | Cross-P          | 1         | 28.2    | 3.0 ab | 0.83 ab      | 36.3    | 20.0 ab | 12.6 ab     |
| 有意性 <sup>y</sup> | 系統 (V)           | NS        | *       | NS     | NS           | NS      | *       | NS          |
|                  | 処理区 (T)          | NS        | *       | NS     | NS           | *       | *       | NS          |
|                  | V × T            | NS        | NS      | NS     | NS           | NS      | NS      | NS          |

<sup>x</sup> Selfは自家受粉、Cross-Aはアーモンド 'Peerless' による他家受粉、Cross-Pはモモ 'オキナワ1' による他家受粉の処理区をそれぞれ示す。<sup>y</sup> データは一般化線形モデルにより分析し、要因による有意差が認められた場合、Tukey法による多重比較で解析した。NSはp<0.05で有意な影響がない、\*は有意な影響があることを示す。異なるアルファベットは多重比較検定によりp<0.05で有意差があることを示す。

影響が認められなかった。種子はいずれも正常な形状であった。アーモンドの栽培品種にはアミグダリンと呼ばれるシアン配糖体が含まれることが知られており、アーモンドと交雑和合性のあるアンズ（山口ら, 2018）の仁にも含まれている（富岡ら, 2015）。アミグダリンを含んだ食品を摂取すると青酸中毒を起こす可能性があるが、ビター種ではその含有量が高く、生食用のスイート種では極めて少ない（Lee ら, 2013；Socias i Company ら, 2017）。今後は、在来アーモンドに含まれるアミグダリン含有量についても分析を進める必要がある。

以上より、鹿児島大学で栽培している3系統の在来アーモンドは自家結実性があり、また、モモや栽培品種のアーモンドの花粉でも結実することが明らかとなった。「学内1」のSelf区と「唐湊3-8」のCross-A区では果実が得られなかつたが、果実が得られた処理区ではいずれも正常な種子が形成されていた。花粉親が果実形質に及ぼす影響については、明確な影響が認められなかつた。今後はアミグダリン含量を分析するなど、種子の品質についても評価する必要がある。

## 要約

本研究では鹿児島大学で栽培される在来アーモンド3系統（「学内1」、「唐湊2-15」、「唐湊3-8」）を供試し、自家結実性および果実品質の評価を行つた。自家受粉処理区（Self区）、他家受粉としてアーモンド‘Peerless’の花粉を受粉した処理区（Cross-A区）とモモ‘オキナワ1’の花粉で受粉した処理区（Cross-P区）を設け、各系統の開花当日の花器形質、受粉7日後の花器形態、花粉管伸長、結実率、果実を調査した。開花当日の花器形態では、花重、花弁サイズ、雌雄花長、子房長、雄花長のいずれも系統間による有意な違いはなかつたが、「唐湊3-8」では雌雄花を欠く不完全花の発生率が有意に高かつた。受粉7日後の子房形態には系統や処理区間による有意な違いは見られなかつた。受粉7日後の花粉管の最深到達部位を観察したところ、全ての系統および処理区で、花粉管が花柱基部または子房に到達している様子が確認された。結実率については、受粉処理から約2か月後の5月19日の時点で全ての系統および処理区で結実が確認された。果実品質を調査したところ、「学内1」のCross-P区では種子の新鮮重と種子の長さが最も大きい傾向があつたが、それ以外の項目では一定の傾向が認められなかつた。本研究より、鹿児島大学で栽培される在来アーモンド3系統では自家結実性があり、花粉親の違いは結実率や果実形質には明確な違いをもたらさないことが明らかとなつた。

## 謝辞

本研究に供試した植物材料の一部は、湧水町からの受託研究による「湧水町アーモンド植栽等研究業務委託」（平成27年度～令和元年度）および鹿児島大学産学・地域

共創センター「社会実装イニシアティブ部会・研究会」（令和2年度）の予算により導入されたものである。ここに感謝の意を表する。

## 引用文献

- 香西直子・井山尚紀・濱田康平・山本雅史・福留弘康・廣瀬 潤・西澤 優. 2024. 在来アーモンドの鹿児島県における休眠および開花特性. 鹿児島大学農場研報. 45: 1–6.
- Lee, J., G. Zhang, E. Wood, C. R. Castillo and A. E. Mitchell. 2013. Quantification of amygdalin in nonbitter, semibitter, and bitter almonds (*Prunus dulcis*) by UHPLC-(ESI)QqQ MS/MS. *J. Agric. Food Chem.* 61: 7754–7759.
- Matsumoto, D. and R. Tao. 2016. Distinct self-recognition in the *Prunus* S-RNase-based Gametophytic Self-incompatibility System. *Hort. J.* 85: 289–305.
- R Core Team. 2024. R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>. (2024年10月30日閲覧)
- Socias i Company, R., J. M. Anson and M. T. Espiau. 2017. Taxonomy, botany and physiology. p. 1–42. In: Almonds – Botany, production and uses. R. Socias i Company and T. M. Gradziel (Eds.). CABI International. Boston.
- Tao, R., H. Yamane, H. Sassa, H. Mori, T. M. Gradziel, A. M. Dandekar and A. Sugiura. 1997. Identification of stylar RNases associated with gametophytic self-incompatibility in almond (*Prunus dulcis*). *Plant Cell Physiol.* 38: 304–311.
- 富岡華代・北野文理・北田善三. 2015. バラ科植物およびその加工食品中の青酸配糖体とその分解物. *日食化誌.* 22: 88–93.
- 山口正己・八重垣英明・末貞裕子・土師 岳・三宅正則. 2018. モモ亜属種、スマモ亜属種およびオウトウ亜属種の種間交雑. *園学研.* 17: 147–159.

論 文

## Growth Pattern of Lesser Yam (*Dioscorea esculenta* Burk.) in Southern Kyusyu, Japan

ONJO Michio<sup>1\*</sup> and FUKAZAWA Motoki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

<sup>2</sup>Minami-Satsuma Campus, Faculty of Agriculture, Tamagawa University, Bounotsu, Minamisatusma, Kagoshima 898-0211, Japan

### Summary

In Japan, lesser yam (*Dioscorea esculenta* Burk.) is a species of yam native to tropical Southeast Asia, cultivated in southern Kyushu and southward, mainly in the southern parts of Nansei Islands. In this study, we cultivated lesser yam in Ibusuki City, Kagoshima Prefecture, Japan, and investigated the growth pattern of shoot and tubers, and the effects of different planting time on shoot and tubers growth. Shoot growth continued until harvest time which was 195 days (Nov. 23) after planting, and tuber growth rapidly increased from 165 days (Oct. 23) after planting. When the planting time was changed to May, June, and July, shoot growth was greater at the earlier planting time. Tubers began to rapidly increase in size from September-October at all planting times. These results suggested that short-day conditions were the main factor in the enlargement of the tuber.

**Key words:** *Dioscorea esculenta*, lesser yam, plant growth, tuber

### Introduction

Lesser yam (*Dioscorea esculenta* Burk.) is a species native to Southeast Asia, thought to have been cultivated in southern China by the third century A.D. It is currently grown mainly in tropical Asia and tropical Pacific Island regions. Takahashi and Toyohara (2005) attempted a folk classification in one village in the Sepik region of Papua New Guinea and reported that 24 varieties of lesser yam existed. However, there are no reports of breeding along lineages worldwide, and the exact number of varieties is unknown.

In Japan, it is called Tamago-imo or Toge-imo. Yonemori (1979) reported cultivation on Ishigaki Island, Iriomote Island, and neighboring islands such as Taketomi, Hateruma, and Yonaguni Island. Ankei (1986) reported it also existed on Iriomote Island. The cultivation area on these islands was not large, mostly on the scale of a home garden and with only a few growers. Both reports also discussed the name of the species in each region. Yonemori (1979) described the name on Okinawa Island and Miyako Island, suggesting that the species was also cultivated on these islands, but there is very little information and research on lesser yam in Japan.

The authors confirmed its cultivation in Nago City, Okinawa Prefecture, in 2000. We introduced tubers to the Ibusuki Experimental Botanic Garden, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University (IEBGKU) located in Ibusuki City, Kagoshima Prefecture, Japan, and we

began experimental cultivation in 2001.

Morphological characteristics of lesser yam include the presence of ‘thorns’ on the stem (Fig. 1), petiole, and sometimes underground parts. Unlike many other *Dioscorea* spp., the elongation of a ‘stolon-like organ’ which is the apical part enlarges and becomes a tuber, same as a potato (*Solanum tuberosum* L.) (Fig. 2). Although Onwueme (1978) uses the term ‘stolon’, the term ‘stolon-like organ’ is used in this study because this organ in lesser yam has not been confirmed to have the same stem-derived structure as the potato ‘stolon’.

The physiological and ecological characteristics of the lesser yam in Japan are largely unknown. Furthermore, very few studies have been published on lesser yam worldwide (Enyi, B. A. C., 1972a; 1972b; King and Risimeri, 1992; Melteras et al., 2008)

This study aimed to clarify the ecology and growth characteristics of this lesser yam in warmer regions of Japan. The growth of the shoot and tubers, changes over time, and the effect of different planting times on its growth were examined.

### Materials and Methods

All the research was conducted in the field at Ibusuki Experimental Botanic Garden, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University (IEBGKU), Japan (latitude: 31°15'45" N, longitude: 130°38'18" E).

#### Experiment 1. Changing with time in top and tubers growth

Seed tubers were grown in Nago City, Okinawa Prefecture, Japan, and harvested in December 2004. The tubers were stored in an incubator at 25 ± 1.5°C (constant humidity) for

2024年10月30日 受付日

2024年12月2日 受理日

\*corresponding author Email:k1995543@kagoshima-u.ac.jp



Fig.1 Thorn (arrow showed) about 5mm length based on petiole

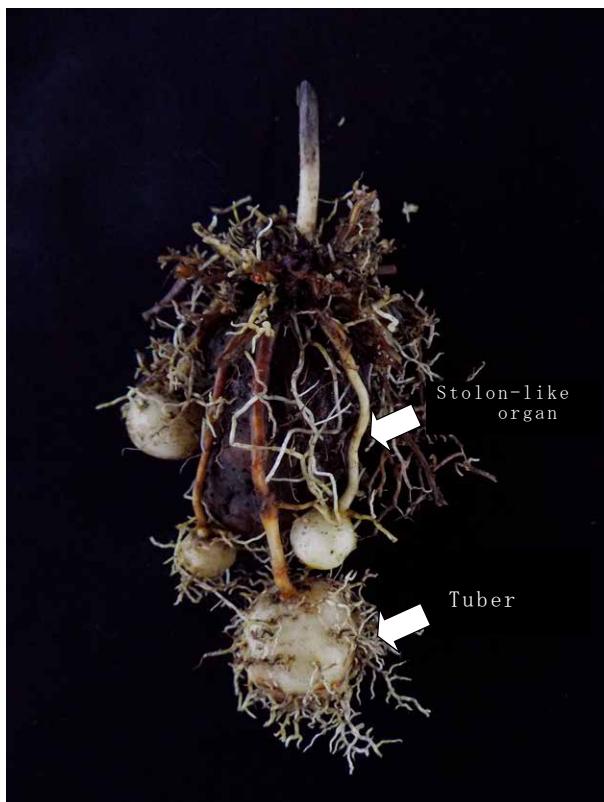


Fig.2 Stolon-like organ and tubers

approximately 2 months, from the beginning of March until planting, when dormancy was broken, and germination was carried out. Seed tubers were disinfested by immersion in a solution of Thiuram benomyl (Trade name: Benlate T 100 $\times$  dilution, Sumitomo Chemical Ltd.) for 10 min on April 15, 2005, before planting.

In cultivation, 1,000kg·10a $^{-1}$  of cattle manure compost and chemical fertilizer with 20:20:20kg·10a $^{-1}$  = N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O components were applied to the entire field before planting. The rows, 60 cm wide and 25 cm high with 140 cm between rows, were covered with black polyethylene mulch. Seed tubers were planted on April 29 with 150 cm between plants and 10 cm planting depth. After emergence, the stems were supported on 1 m posts.

Surveys were conducted from 30 days after planting (DAP) (June 3), to November 23, which was 195 DAP later, approximately, every 15 days, by sampling six plants grown moderately. The variables surveyed were leaf and stem dry weight, number of stolon-like organs, number of tubers, and dry weight of tubers. All stolon-like organs with a larger diameter of the other were counted as tubers. However, the tuber dry weight only included the enlarged part and not the stolon-like part.

#### **Experiment 2: Top and tubers growth at different planting times**

Seed tubers were grown and harvested at the IEBGKU in 2005 and stored in a glasshouse at an average temperature of 15 °C. Seed tubers were planted in the same as in Experiment 1, by breaking dormancy and disinfection, on May 1, June 1, or July 1, 2006. The investigation was carried out five times between August and December, at 30 days intervals from the first harvest on August 1. Survey items and dry weight measurements followed the methods of Experiment 1.

### **Results and Discussion**

#### **Experiment 1. Changing with time in top and tubers growth**

Figure 3 shows the trends in shoot and tuber dry weight in 2005. Growth was slow until 60 DAP (Jul. 5), after which dry weight increased almost linearly until harvest in late November and shoot growth continued.

The total length of stems per plant increased rapidly after planting until 150DPA (Oct. 5) and continued to increase thereafter but at a slower rate (Fig. 4). Primary branching was observed from 60 DAP (Jul. 5) and increased until harvest at 195 DAP (Nov. 23). Secondary branching was observed from 75 DAP (Jul. 20) and increased until 135 DAP (Sep. 18), but the increase was constant thereafter. Tertiary branching was observed from 105 DAP (Aug. 20) and increased until harvest at 195 DAP (Nov. 23). But the proportion tertiary branch length to total stem length was low.

The growth trend in total branch length was almost in line with the growth trend in shoot dry weight. The amount of primary branch length was almost twice as long as that of the other branch length, which was estimated to contribute significantly to the increase in shoot dry weight. Furthermore, a highly significant positive correlation ( $r = 0.9872$ ,  $p < 0.01$ ) was observed between the number of budding stems from seed tuber and dry weight, suggesting that the number of budding stems may significantly affect the shoot growth.

The main characteristic of lesser yam is, as mentioned above, the elongation of stolon-like organs, which enlarge at their tips and grow into tubers, same as tuber formation in potato. In water yam (*D. alata* L.), new tubers are formed at the junction of the seed tuber and the stem evolving from it.

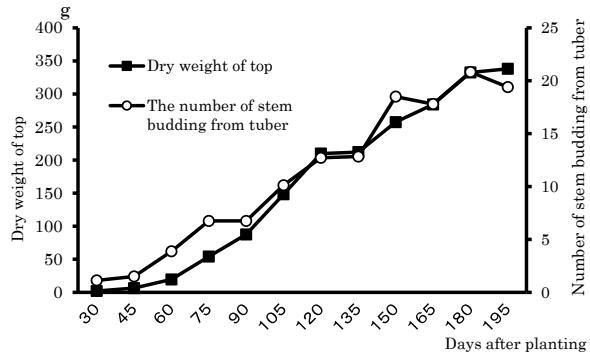


Fig.3 Changing with time in top of number of stems budding from tuber per plant

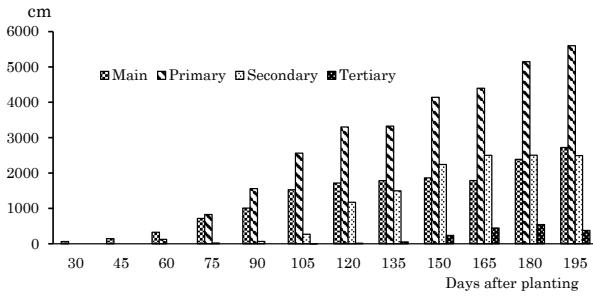


Fig.4 Changing with time in total stems length per plant

In lesser yam, the development and elongation of stolon-like organs is an essential factor preceding tuber formation. Stolon-like organs developed around 60 DAP (Jul. 3) and remained almost constant until 135 DAP (Sep. 20). From then on, development increased rapidly until day 180, when it stagnated. On the other hand, tuber growth started slowly from mid-July at 75 DAP (Jul. 18), but the growth rate remained almost constant until early September at 120 DAP (Sep. 3). From 135 DAP (Sep. 20) onwards, the tuber dry weight rapidly increased, while the number of tubers remained constant from 180 DAP (Nov. 5) to the end of the experiment (Fig. 5). About 90% of the stolon-like organs started to enlarge. The factors that initiate the elongation of stolon-like organs are unknown.

#### Experiment 2: Shoot and tuber growth at different planting times

The trends in shoot and tuber dry weight, when grown at different planting times (May, June, and July), are shown in Fig. 6 and 7.

The earlier the planting time, the greater the shoot growth, and, the shoot dry weight planted in the May and June increased until November, suggesting that growth continued. Thereafter, stem and leaf wilting were observed through December, and the weight began to decrease. In contrast, in the July plot, growth continued until December. As mentioned above, in Experiment 1, the shoot growth continued almost until harvest in late November. On the other hand, in the 2006 survey, growth was slightly slower from October to

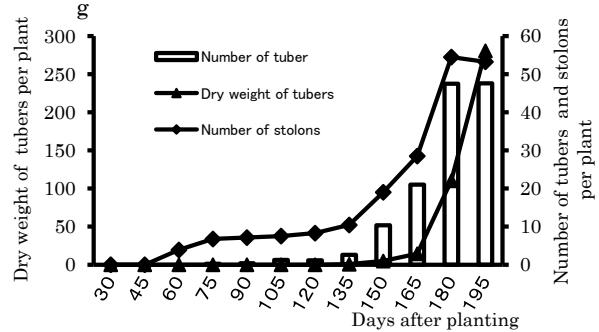


Fig.5 Changing with time in the number of stolon and tubers, and dry weight of tubers

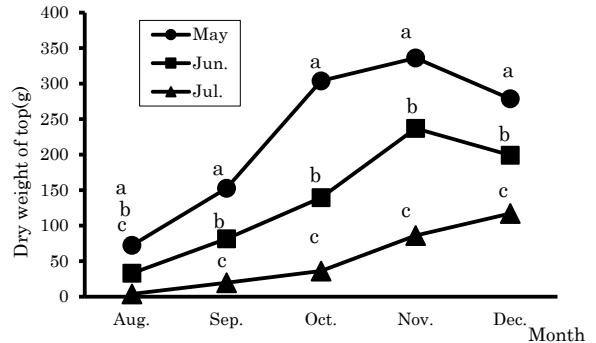


Fig.6 Changing with time in dry weight of shoot in different planting time

\*:Different letters show the significant differences on Aug., Sep., Oct., and Des. ( $p<0.01$ ) and Nov. ( $p<0.05$ ) by Tukey and Kramer test.

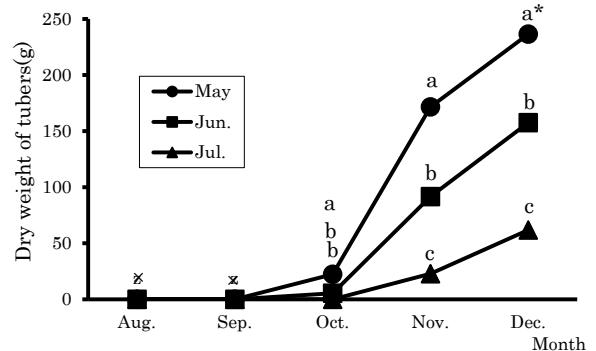


Fig.7 Changing with time in dry weight of tubers in different planting time

z: Enlargement of tubers was not observed.

\*:Different letters show the significant differences by Tukey and Kramer test ( $p<0.01$ ).

November, even though the plants were planted at the same time (May) of Experiment 1. Rapid enlargement of tubers was observed from September to October in all planting times. Hayashi and Ishihata (1991), Shiwachi *et al.* (1995), and Onjo *et al.* (1993) found that water yam tuber growth was accelerated by shorter light-day conditions. Shiwachi *et al.* (2002) also reported that shorter days accelerated tuber growth in yellow guinea yam (*D. cayenensis* Lam.) in Africa. On the other hand, Shiwachi *et al.* (1995) reported that the length of the day greatly affects tuber growth of water yam. In Chinese

yam (*D. polystachya* Turcz.), which is native to the temperate zone, tuber growth is promoted by short-day conditions only in the very early stages of growth; however, after that, it is not responsive to daylength (Shiwachi *et al.*, 2000). These results show that the response to the length of the day may differ between species and strains of yam.

In the water yam grown in Kagoshima Prefecture, Japan, the growth of the shoot stagnated after mid-September, five months after planting, which is the late growth stage. The results of Experiment 2 also showed a clear difference in the growth pattern between the two species, with the shoot of the plant growth in lesser yam becoming stagnant from mid-November onwards, much later than that in water yam.

The results of Experiments 1 and 2 indicate that the shoot of lesser yam in southern Kyushu continues much later than that of water yam, and the vigorous tuber enlargement growth period is in October and November, indicating that the early-late growth is presumed to be late and that short-day conditions are closely related to tuber growth. Short-day conditions may play a significant role in tuber growth. Further detailed studies on factors promoting tuber growth of the lesser yam will be continued to elucidate the physiological and ecological characteristics of lesser yam in southern Kyushu, Japan.

### Acknowledgements

In conducting this research, we would like to express our deep gratitude to Ms. Sueko Hanashiro and Mr. Norihisa Hanashiro, who have preserved and cultivated lesser yam for a long time, and provided us with seed tubers.

### References

- Ankei, Y. 1986. Yams in Iriomote Island. Nantou-shigaku. 28: 22–43. (In Japanese)
- Enyi, B. A. C. 1972a. Effects of stalking, nitrogen and potassium on growth and development in lesser yam (*Dioscorea esculenta*). Ann. Appl. Biol. 72: 211–219.
- Enyi, B. A. C. 1972b. The effects of seed tuber size and spacing on growth and yield of lesser yam (*Dioscorea esculenta*). J. Agric. Sci. Camb. 78: 215–225.
- Hayashi, M. and K. Ishihata. 1990. Studies on the development and the thickening of tubers in yams, *Dioscorea* spp. 1. Some characteristics of the development of cv. Solo yam, *D. alata* L. Jpn. J. Trop. Agr. 34: 151–155. (In Japanese with English summary)
- Hayashi, M. and K. Ishihata. 1991. Studies on the development and the thickening of tubers in yams, *Dioscorea* spp. 2. Effects of photoperiod and temperature on the growth of and enlargement of the tubers. Jpn. J. Trop. Agr. 35: 79–83. (In Japanese with English summary)
- King, G. A., and J. B. Risimeri. 1992. Effects of plant density, height of staking and variety on yield and yield components of the Lesser yam (*Dioscorea esculenta*). Trop. Agri. (Trinidad). 69: 129–132.
- Melteras, M-V., V. Lebot, C. Asher and J. N. O'sullivan, 2008. Crop development and root distribution *Dioscorea esculenta* implication for fertilization. Expl. Agric. 44: 209–221.
- Onjo, M., Y. Yanagisawa, Y. Hashimoto and K. Kataoka. 1993. Studies on characteristics of the production process in tropical yam (*Dioscorea alata* L.). II. Growth and yield under different cultivation methods. Bull. Fac. Agric., Tamagawa Univ. 33: 55–65. (In Japanese with English summary)
- Onwueme, I. 1978. The tropical tuber crops. p.3–16. John Wiley & Sons Ltd. Chichester.
- Purseglove, J. W. 1972. Tropical crops. Monocotyledons 1. p. 101. Longman. London.
- Shiwachi, H., K.-J. Chang and M. Hayashi. 1995. Ecological and morphological characterization and general evaluation of the introduced yams (*Dioscorea alata* L.). Bull. Fac. Agri. Kagoshima Univ. 45: 1–17. (In Japanese with English summary)
- Shiwachi, H., M. Onjo, and M., Hayashi. 2000. Photoperiodic response of water yam (*Dioscorea alata* L.), Chinse yam (*Dioscoera opposita* Thunb.) and Jinen-jo (*Dioscorea japonica* Thunb.). Jpn. J. Trop. Agr. 44: 107–114. (In Japanese with English summary)
- Shiwachi, H., T. Ayakanmi and R., Asiedu. 2002. Effect of day length on the development of tubers in yams (*Dioscorea* spp.). Trop. Sci. 42: 162–170.
- Takahashi, M. and H. Toyohara. 2005. Comparative study on the regional characteristics of indigenous agriculture in East Sepic Province, Papua New Guinea. Jpn. J. Trop. Agr. 49: 270–279. (In Japanese with English summary)
- Yonemori, S. 1979. Studies on the Ecotype of the genus *Dioscorea*. I.On the cultivation of *Dioscorea esculenta* in Yaeyama district of the Ryukyu Islands. Japan J. Trop. Agri. 23: 63–67. (In Japanese with English summary)
- Yonemori, S. 1981. Studies on the Ecotype of the genus *Dioscorea*. II.Effects of seed tubers on the yield of *Dioscorea esculenta* BURK. var. *spinosa* PRAIN et BURK. Sci. Bull. Fac. Agri. Univ. Ryukyu. 28: 333–338. (In Japanese with English summary)

## 日本の南九州におけるトゲイモ (*Dioscorea esculenta* Burk.) の生育パターン

遠城道雄<sup>1\*</sup>・深澤元紀<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>鹿児島大学農学部 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>2</sup>玉川大学農学部南さつまキャンパス 〒898-0211 南さつま市坊津町

### 要 約

トゲイモ (*Dioscorea esculenta* Burk.) は熱帯東南アジア原産のヤムイモの1種で、日本では主に南西諸島以南で栽培されている。その生育特性については、世界的にもほとんど報告がない。本研究では日本の鹿児島県指宿市において、一般的な栽培期間である、4月から12月まで栽培を行った場合の地上部および塊茎の成長並びに、定植時期を4, 5, 6月とした場合のそれぞれの時期での生育について調査を行った。通常の4月定植では、地上部は12月初旬まで生育を継続し、イモの肥大成長は9月中旬から開始され、10月中旬以降から急速に進行していった。定植時期を変更した場合、その時期に関係なく、塊茎の急速な肥大は10月から認められた。同じヤマノイモ科で短日条件下において塊茎肥大が進行することが明らかとなっているダイジョ (*D.alata* L.) と塊茎の肥大パターンはほぼ同じであることなどから、トゲイモも塊茎肥大に短日が深く関与している種であると推察された。



## 資料

## ミクロネシア連邦チューク州ピス島における作物の栽培管理 および栽培環境について

西澤 優<sup>1\*</sup><sup>1</sup>鹿児島大学農学部附属農場 〒890-0065 鹿児島市郡元

### Crop Cultivation Method and Cultivation Environment in Piis-Paneu Island, Chuuk States, Federated States of Micronesia.

NISHIZAWA Yu<sup>1</sup><sup>1</sup> Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

## はじめに

我が国は温帯に属しており、四季が存在するため年間の気候は変動する。そのため、食用とされる作物は気候や土地に合わせて種類が選択され、効率よく生産、収穫できるよう栽培管理されている。一方、熱帯地域では、温帯では生育できない多様な作物が存在する。年間の気候はほぼ一定であり、通年で生産、収穫できるものが多い。著者は、2024年8月8日から約2週間、熱帯地域に属するミクロネシア連邦を訪れ、現地で食されている作物の栽培実態および栽培環境を調査した。本資料では、ミクロネシア連邦チューク州ピス島内に存在する作物の栽培管理方法および栽培環境の現状について紹介する。

## ミクロネシア連邦および調査地について

ミクロネシア連邦は、日本より約3800km（首都パリキール迄）離れた太平洋内に位置し、大小約600島群からなる国である。ヤップ州、チューク州、ポンペイ州およびコスラエ州の4州から構成されており、人口は全体で11万人程度である（外務省、2024）。今回主に調査したピス島（Piis-Paneu島、北緯7度、東経151度）は、チューク州内の有人島であり、チューク環礁北側に位置する。島面積は周囲約2.5km、島内は起伏が少なく平たんな低島である。ピス島にはこれまで継続的に各分野の研究者らが調査等で訪れており、現地の生活や食事情の詳細についてはそちらを参照されたい（大塚・山本、2017；国際島嶼教育研究センター、2024）。また、今回ピス島近隣に位置する無人島のエバリット島および隣州のポンペイ島も訪れ、現地のイモ類について調査した。

## 調査地の作物とその取扱いについて

## 1. ピス島内の土壤

まず、調査地における土壤状態を把握するために、直挿し型簡易土壤pH測定器（土壤ダイレクトpHテスター、Hanna instruments Japan 株式会社）およびEC測定器（デジタルEC/Cテスター、Hanna instruments Japan 株式会社）を用いて、島内各地の土壤pH値およびEC値を測定した（第1表）。調査場所は今回ホームステイした島民宅付近とした。土壤表層は灰色から白色の砂地であった。総じて土壤pH値は7.7~8.1を示し、弱アルカリ性の土壤であることがわかった。これはピス島が隆起サンゴ由来の島であり、島内土壤は石灰質の堆積物を多く含むためだと考えられた。一方、土壤EC値は0.08~0.19mS·cm<sup>-1</sup>であり、土壤中に含まれるイオン体が少ないことが示唆された。このことから、作物が必要とする栄養素が島内土壤には乏しいと考えられた。土壤が作物に与える影響を評価するには、島内土壤の化学特性等を詳しく調査する必要がある。

第1表 ピス島内各所における土壤pH値およびEC値

| 測定場所 <sup>z</sup> | pH   | EC<br>(mS·cm <sup>-1</sup> ) |
|-------------------|------|------------------------------|
| 海岸沿いの砂浜           | 8.13 | 0.19                         |
| 芝地                | 8.06 | 0.08                         |
| 草地                | 8.04 | 0.08                         |
| 生存しているパンノキ        | 7.78 | 0.10                         |
| 枯死したパンノキ          | 8.02 | 0.02                         |
| 植物の株元 クワズイモ       | 7.86 | 0.18                         |
| バナナ               | 8.18 | 0.08                         |
| ココヤシ              | 7.77 | 0.16                         |

<sup>z</sup>測定はすべて島民宅付近の場所で行った。

## 2. 果樹類

果樹はココナツ、バナナ、パンノキの果実が主に食されており、ココナツはミルクやオイルを利用、バナ

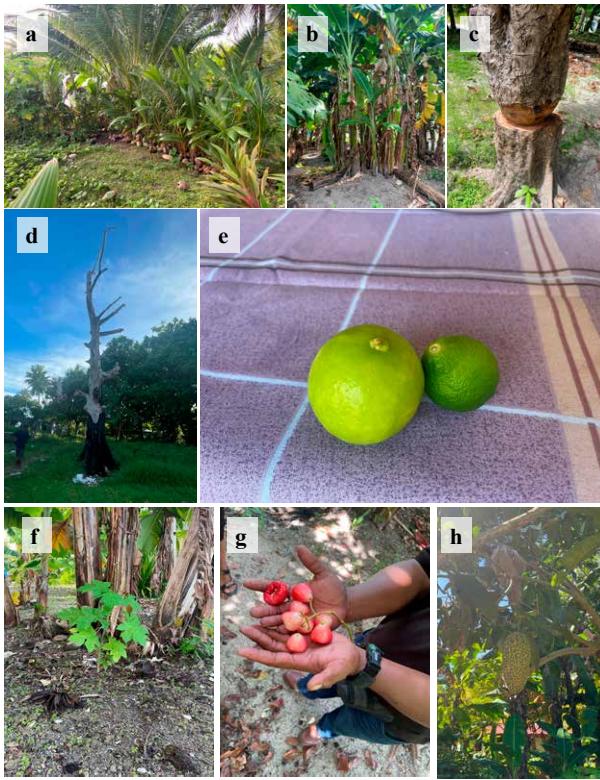


写真1 ピス島内で利用されている果樹類

- a. 敷地境界として利用されるココヤシの樹
- b. 密植したバナナ
- c. 環状剥皮されたパンノキ
- d. パンノキ株元を焼いて枯らした様子
- e. 柑橘果実
- f. 自生したパパイヤ幼苗
- g. アップルの実
- h. アプチの実

ナ、パンノキは主食の役割を担っていた。これらの樹木はある程度規則的に定植されていた。ココヤシの樹は、居住敷地の境界として植えられているのが観察された（写真1 a）。バナナもココヤシと同様に敷地の境界に植えられているものに加え、一か所に密植されている場合（写真1 b）が観察された。敷地の境界に植えられているものは、防風樹としての役割も担っているように考えられた。パンノキの樹も敷地の境界の目印として植えられていると考えられる。また、大木になった樹は主幹を環状剥皮して人為的に枯らす行為や（写真1 c）、株元に火をつけて焼き枯らす行為も観察された（写真1 d）。高木になったパンノキは台風などの自然災害により倒木する危険性があることや、果実を収穫しにくくなることから、人為的に枯らすのではないかと考えられるが、枯らす樹木の選定基準は今回の調査で明らかにできなかった。このことから、島内で主に利用されている果樹は無造作に定植および管理するのではなく、自身の食事情や生活事情と絡めて植栽を計画的に管理していることが推察された。

カンキツ類も自生しており、果汁を調味料として利用していた（写真1 e）。Yamamoto ら（2018）はチューク州に自生するカンキツをDNA分析によって調査し、遺伝的に多様であると報告している。今回の調査で食したものでは、目視の確認のみであるが2種類あり、果実形態の違いが見られた。一方、樹木の状態は整枝、剪定といった管理はされておらず、樹形は自然形であった。結

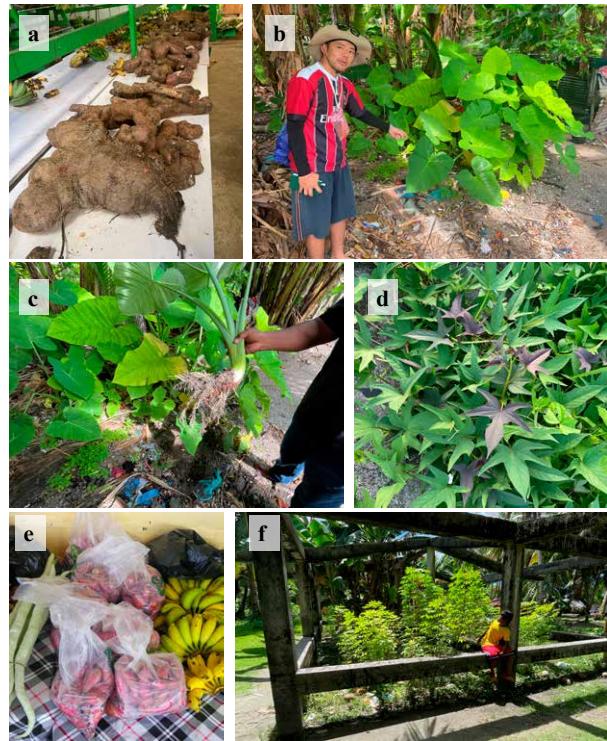


写真2 ウエノ島、ビス島およびポンペイ島内で利用されているイモ類

- a. ポンペイ島ローカルマーケットで販売されているヤムイモ
- b. アメリカサトイモ群生
- c. 定植用のアメリカサトイモ
- d. 自生しているサツマイモの一種
- e. ウエノ島で販売されているサツマイモ
- f. キャッサバ群生

実数は多くなかったが、果実は一回の調理に大量に消費するわけではないので、島民は樹形管理を意識的に行う必要はないと考えていると推察される。

その他には、パパイヤの果実を食材として利用していた。完熟果実から青果までどの状態でも調理し食していた。島民宅周辺に数本は定植されているが、幼木が島内全域に自生していた（写真1 f）。このことは、食材確保のために自宅付近に数本を植えて管理しているが、種子等は鳥などの生物によって島内各所に運搬され、自然に生えているものだと考えられる。

また、現地語でアップルと呼ばれる赤い果実（写真1 g）やアプチと呼ばれる独特のおいがする果実（写真1 h）があり、食用として認識、調理されている。島民はこれらの果樹が生えている場所は認知しているが、増殖等の管理はされていなかった。

### 3. イモ類

ミクロネシアではヤムイモなどの塊茎・塊根作物が食されているが、種類や収穫量は各州によって異なる（遠城, 2010）。これは、生育環境が異なるためであり、例えば、今回調査したピス島はサンゴ礁由来の低島であり、島内土壤はアルカリ性であること、また水資源が乏しく保水性がないため、ヤムイモは栽培することが難しく、島内に自生していない。一方、隣州のポンペイ島は火山島の高島で水資源が潤沢であるため、ヤムイモは数種類栽培されており、実際にローカルマーケットにて数種確認された（写真2 a）。

アメリカサトイモ（現地語でオーテンシャパン）も食用として認識されており、ピス島では島民宅付近のある程度まとまった場所に植えられていた（写真2b）。収穫したものはほとんどの部分を調理するが、残した一部は収穫した場所付近に再度定植していた（写真2c）。クワズイモも食用として認識されているが、調理頻度はそれほど高くなく、自生場所も島内に点在していたため、食用としての重要度は他のイモ類に比べ低いと考える。サトイモも以前は島内に存在していたが、今回の調査では見つけられなかった。

その他のイモ類としてピス島ではサツマイモの自生が観察された。日本の栽培管理のように畝に定植、つる返しなどの管理はしておらず、乱雑にツルが伸びていた（写真2d）。新芽を摘んで炒めて食すようだが、調査期間中食べることはなかった。同州ウエノ島では市場にて根塊部の販売が見られた（写真2e）。

キヤッサバの栽培も確認された。キヤッサバは島民宅の庭先に植えられていることが多かった（写真2f）。キヤッサバ用に場所を確保している様子はなく、畝や土壤の耕耘などはしていなかったが、株間はほぼ等間隔に整列して定植されていた。聞き取り調査では、3～4か月間ほど栽培し収穫することがわかった。ただし、食材として好むようだが重要度は低い認識であった。

#### 4. 蔬菜類

島内の至る所に、カボチャが自生していた。サツマイモ同様に乱雑にツルが伸びており、畝たてなどの日本的な栽培管理はされていなかった（写真3a）。ただし、自生している範囲は島民宅付近が多く、意識的に管理している可能性あると考えられた。カボチャも新芽を摘み炒めるなどして食すことが多く、これは調査期間中に食べることができた（写真3b）。果実部分も食すが、島内のカボチャのほとんどは雄花が多く着花しており（写真3c）、雌花および果実はほとんど確認できなかった。それでも結実した果実は細長い形態をしており、日本の一般的なカボチャとは違う種類が確認された（写真3d）。

トウガラシも存在し、確認したもののはほとんどは島民宅付近に定植されていた。また、定植された幼苗は金網等で囲いが施されていた（写真3e）。トウガラシも調味料や香辛料として利用されていた。

現地語でペネと呼ばれる植物は、葉をスープに入れるなど、香辛料のように利用されている。この植物は、枝を地面に直挿しすることで繁殖させていた（写真3f）。香辛料としてはほかにもハーブのような植物があり、トウガラシと同様に苗として管理されていた（写真3g）。

サトウキビも確認できた（写真3h）。日本統治下では、日本からの移民を受け入れ、多量に生産していた時代もあった（印東, 2005）。現在のピス島では主に甘味を摂取するための嗜好品のような認識であり、各家庭に2～5本ほど定植されていた。ある程度の大きさになったものを収穫し、茎部をかじる等楽しんだ後は、元の場所に定植（というより戻す）していた。

なお、ピス島内で食用に利用されている作物は、これ



写真3 ピス島内で利用されている蔬菜類

- a. カボチャ群生
- b. カボチャ新芽とタコの炒め物
- c. カボチャ雄花着花の様子
- d. カボチャ果実
- e. トウガラシ幼苗（写真左は金網で苗を囲っている）
- f. ペネ挿し木苗 g. ハーブ苗 h. サトウキビ

までの調査によって明らかにされており（大塚・山本, 2017），本調査でも同様に観察され、先行調査から10年程度経過していたが食生活に違いは見られなかった。

#### ジャイアントスワンプタロとその栽培環境について

ジャイアントスワンプタロ (*Cyrtosperma*. spp.) は、主にミクロネシア地域で栽培、食されており、地上部が約2～3 mに達する大きな作物である。サトイモの仲間で、生育環境には湿潤な土壤と豊富な水が必要とされている。

今回調査したピス島にもジャイアントスワンプタロは多数存在した（写真4a）。ジャイアントスワンプタロが定植されている場所は島内に3か所あり、いずれも海岸から離れており島の内陸に位置していた。現地ではジャイアントスワンプタロを‘ブナ’と呼び、栽培されている場所は‘タロパッチ’と呼ばれている。

第2表に、ピス島およびエバリット島における‘タロパッチ’の土壤pH値およびEC値を示した（第2表）。ピス島‘タロパッチ’のpH値は島内の他の土壤と異なり、ほぼ中性であった。EC値は0.3～0.5 mS·cm<sup>-1</sup>と高かった。一方、エバリット島‘タロパッチ’では、pH値はピス島と同程度であったが、EC値はピス島より高かった（第2表）。そしてエバリット島‘タロパッチ’内にはジャイアントスワンプタロがほとんどなく、場所に



写真4 「タロパッチ」およびジャイアントスワンプタロ  
 a. ジャイアントスワンプタロ地上部  
 b. エバリット島内「タロパッチ」  
 c. ピス島内「タロパッチ」（ジャイアントスワンプタロとバナナが共生）  
 d. ポンペイ島のジャイアントスワンプタロ  
 e. ジャイアントスワンプタロ幼苗を「タロパッチ」に再定植する様子

よっては全くの更地に近い状態か、違う植物が繁茂している状態であった（写真4b）。このことは、EC値が異様に高いことから、地球温暖化による海水面上昇の影響、もしくは2015年にミクロネシアを襲った大型台風による影響により「タロパッチ」内に海水が侵入し、そのままとどまっている可能性があると考えられる。またはエバリット島が無人島であり、来島回数も頻繁でないことから、「タロパッチ」内を管理する機会がピス島より少くなり、海水浸漬から土壤を回復させることができないと考えられる。その結果、ジャイアントスワンプタロが生育できない状況にあるのではないかと推測する。今後は、エバリット島とピス島の「タロパッチ」土壤内の各イオン含量や、窒素・炭素含量を測定することで、土壤の状態を診断し、ジャイアントスワンプタロが生育しない要因を調査する必要がある。

ピス島における「タロパッチ」は地下水が溜まりやすい島内中央部にあるため、「タロパッチ」内の土壤は水分を多く含み柔らかい状態であった。土壤の深さは30~40cm程度であり、特に柔らかい部分では約1mに達する箇所もあった。島民への聞き取り調査によると、ジャイアントスワンプタロを収穫した際は、地上部を細かく裁断し、有機物として「タロパッチ」内へ還元するようだ。その他の有機物として、ヤシの実の殻やバナナの葉などが観察された（写真4c）。聞き取り調査によると、約1年間生育させ、葉が大きく展開した個体を選んで収穫するようだ。実際に収穫した可食部は重さ約1~2kgであり、両手に収まる程度の大きさであった。ジャイアントスワンプタロはミクロネシア連邦内各州で自生している種類が異なり、特にチューク州のものは小さいと認識されている。実際に隣州ポンペイ島のローカルマーケットでは、地下部約30cmのジャイアントスワンプタロが売

買されていた（写真4d）。収穫後は地上部の一部を「タロパッチ」内に植え戻すことで、個体数の維持および増殖を図っている（写真4e）。ピス島「タロパッチ」は、島民が管理する区画が決まっており、島民宅に近い場所では、ジャイアントスワンプタロが整列して定植されているように観察された。一方、島民宅から遠い位置、または居住していない地域付近の「タロパッチ」内では、ジャイアントスワンプタロは無造作に定植されているように見えた。EC値も島民宅が近い場所では、島民宅から遠い場所に比べ若干高い値を示した（第2表）。このことは、島民にとって「タロパッチ」およびジャイアントスワンプタロは食料として重要であると認識しているが、関心の程度に違いがあり、関心が薄い区画の「タロパッチ」では人為的な有機物投入等といった管理が不十分になっているのではないかと考えられた。

第2表 ピス島およびエバリット島タロパッチにおける土壤pH値およびEC値

| 測定場所 <sup>z</sup> | pH     | EC<br>(mS·cm <sup>-1</sup> ) |
|-------------------|--------|------------------------------|
| ピス島               | No.1   | 6.79                         |
|                   | No.2   | 6.30                         |
|                   | タロパッチ① | 6.70                         |
|                   | No.3   | 0.45                         |
|                   | No.4   | 6.61                         |
|                   | No.5   | 6.54                         |
|                   | No.6   | 0.51                         |
|                   | タロパッチ② | 6.85                         |
|                   | No.7   | 0.32                         |
|                   | No.8   | 6.83                         |
|                   | タロパッチ③ | 0.31                         |
|                   | No.9   | 6.45                         |
|                   | エバリット島 | 0.36                         |
|                   |        | 6.70                         |
|                   |        | 1.58                         |

<sup>z</sup>ピス島内タロパッチは3か所あるため、それぞれ①~③とした。  
No.はタロパッチ内の異なる場所を示す。  
なお、タロパッチ①が島民居住地域に最も近く、タロパッチ②は最も遠い、タロパッチ③は島内小中学校付近であった。

## おわりに

ミクロネシア連邦における公用語は英語であるが、日本統治下の時代も経ているため、現地語として日本語起源の言葉が存在する（今村ら, 2023）。ピス島民には「畑:ハタケ」がそのまま通じることがあり、意味も日本語と同じような認識であった。そのためか基本的に食用として利用する植物は、島民宅付近に自生していることが多い。それらの植生も、なんとなくではあるが混在というよりは植物ごとにまとまっているように見えた。一方、食用として利用される植物の管理方法は、我々の考える畑での管理方法（畝を立てる、除草する等）はほとんどされていなかった。ただし、株間を整列して定植されていたり（写真5a）、株元に有機物（ココナッツの殻や落ち葉等）を寄せている等の行為がみられた（写真5b）。しかし、整列方法等は作物の種類によって分けている様には見て取れなかった。これは効率的に生育、収穫するためではなく、管理している島民個人の性格によるものだと考えられる。

日本では、食料の確保は気候等によって限定されるた



め、一度の栽培で効率よく多量に生産できるよう管理することが求められる。ミクロネシアのような熱帯地域では、年間の気候変動が少ないため、効率を求めるなくとも常に食料を生産できることから、日本の栽培管理の必要は無く、そのような発想には至らないと推察する。これまでに、日本統治下から様々な作物等が導入され、栽培技術等の指導が行われたが（印東, 2005）、そのほとんどが根付いていないことは、上述の推察が要因の一つと考えられる。一方、島嶼の性質上、支援物資の輸送が途絶えた場合は独自で食料の確保および生産する必要があるため、島内に適した作物の栽培方法や種類の選定や検討は行う必要があると考える。ジャイアントスワンプタロは、通年収穫できること、長期栽培できることから、非常食の役割として重要な作物といえる。また、地上部が大きく成長することや、根塊も通常のイモ類より大きいことから、物質生産能力は高く、貴重な遺伝資源であると考える。この物質生産力を調べることは、将来の食料危機への対策として重要な知見となるだろう。

### 謝 辞

本資料に係る調査は JSPS 科研費（22H03841）の助成を受け行った。また本資料を取りまとめるにあたり、鹿児島大学国際島嶼教育研究センター 大塚 靖教授、同センター 山本宗立准教授、鹿児島大学教育学部 川西基博准教授、鹿児島大学農学部 平 瑞樹助教および宮崎大学医学部 谷口光代講師には、現地調査において多

大なるご協力を賜った。また、鹿児島大学農学部 遠城道雄特任教授には多くの資料提供および現地調査に関する調査方法のご指導を賜った。ここに厚く感謝の意を表する。

### 要 約

熱帯地域に属するミクロネシア連邦チューク州ピス島における作物栽培について調査した。島内で食事に利用されている作物は、主に果樹類、イモ類、蔬菜類であり、品目および利用方法はこれまでの先行調査とほとんど違いは見られなかった。作物の栽培方法は、日本のように畝たてや除草などといった管理は見られなかつたが、株間を整列する、有機物を株元に寄せる、挿し木繁殖を行うなど、食料確保のための管理は観察された。島内中心部ではジャイアントスワンプタロを栽培する‘タロパッチ’が3か所存在し、その土壤 pH 値は中性、EC 値は $0.3 \sim 0.5 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 程度であった。タロパッチ内は有機物を投入するなどある程度管理されているが、その程度は場所によって異なった。特に無人島エバリット島内タロパッチは EC 値がピス島より高く、ジャイアントスワンプタロもほとんど生存していなかつた。このことから、島民の関心と管理する頻度によって、タロパッチ内土壤の状態が変化することが推察された。

キーワード：EC 値、ジャイアントスワンプタロ、ミクロネシア、pH 値

### 引用文献

- 外務省. 2024. ミクロネシア連邦 (Federated States of Micronesia) 基礎データ. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/micronesia/data.html>. 2024年9月22日閲覧.
- 今村圭介・岩村きらら・若森大悟・宮崎捷世・濱野良安・範 静・沈 璐. 2023. ミクロネシア地域における日本語起源借用語の社会言語学的比較研究. 社会言語化学. 25: 40–55.
- 国際島嶼教育研究センター. ミクロネシアの小島における社会関係資本連携型のデング熱対策実践.  
<http://cpi.kagoshima-u.ac.jp/project/2012-2014MicronesiaDengueKaken/MicronesiaDengueKakenAreaPicPiis.html>. 2024年9月22日閲覧.
- 印東道子. 2005. ミクロネシアを知るための58章. 明石書店. 東京.
- 遠城道雄. 2010. ミクロネシア連邦で栽培される作物とその利用事例. 鹿児島大学農場研報. 32: 27–30.
- 大塚 靖・山本宗立. 2017. ミクロネシア学ことはじめ魅惑のピス島編. 南方新社. 鹿児島.
- Yamamoto, M. Y. Natori and K. Kawai. 2018. Investigation and DNA analysis of local citrus genetic resources grown on the Chuuk Islands of Micronesia. The Horticulture Journal. 87: 340–348.



付 錄

**農場研究報告投稿規程および原稿作成要領** (令和4年4月改定)

(投稿規程)

1. 鹿児島大学農学部農場研究報告（以下、本報告と呼ぶ）に掲載する論文は、農学部教員、技術職員、学生などが、原則として農場の施設、設備、生産物などを利用して行った学術的価値があり、かつ農業現場において利用価値のある未発表の原著論文、総説および資料とする。
  - 1) 原著論文：科学的な手法に基づいた研究で、新規の事実と価値のある結論を有するもの。
  - 2) 総説：農業科学・技術に関する特定の研究課題について、関連分野の業績を引用し、研究動向および研究の解決の方向に関して著者の課題意識に基づいて論説したもの。
  - 3) 資料：農学に関する学術情報、統計などを解説的に紹介したもの。  
技術および検査方法などを教育的に解説したもの。  
環境因子（土壌、気象、生物など）の記録・分析結果、部局発展の歴史など。
2. 論文の投稿者は原則として農学部教員（退職者または転任者を含む）または農学部技術職員（退職者または転任者を含む）であること。学生および研究生が筆頭著書のときは教員が共著者であること。学部外の共著者については、所属先の所在地を併記する。
3. 本報告に掲載された論文の著作権は、鹿児島大学農学部農場研究報告編集委員会（以下、編集委員会と呼ぶ）に帰属する。また、本報告を他に利用しようとする場合、当該利用者は、あらかじめその利用につき編集委員会の許可を得なければならない。
4. 投稿予定者は8月31日までに、著者名、所属、表題、種類（論文－和文・英文、総説、資料）を記載した「投稿原稿申し込みカード」を編集委員会事務局（農場事務担当係長：nknojo@kuas.kagoshima-u.ac.jp）に電子メールの添付ファイルとして提出する。
5. 論文は和文、英文のいずれも受け付けるが、下記に定める原稿作成要領に基づいて作成する。
6. 作成した原稿はPDF化し、編集委員会指定の「投稿原稿送付カード」と共に電子メールの添付ファイルとして10月31日までに編集委員会事務局に提出する。「投稿原稿送付カード」に記載する事項は、投稿責任者とその連絡先および著者名、所属機関名、表題、別刷希望数、原稿（本文、図、表、写真など）の枚数などである。なお、投稿が10月31日を超えた場合は投稿辞退とみなすものとする。
7. 投稿原稿は投稿された日を受付日とし、編集委員会によって採択された日をもって受理日とする。受付日と受理日は論文の第1頁目の脚注に記載する。
8. 受付原稿は編集委員会が選定した査読者1名により、査読を受ける。また、受付原稿について編集委員会はその内容、字句について、加除・訂正を行うことがある。1月31日までに査読が完了しないときは、次年度掲載となる場合がある。
9. 印刷経費についてはその年度の実状に応じて、著者にその一部を請求する場合がある。カラー印刷の図版（写真を含む）は実費の全額を著者負担とする。
10. 別刷は論文1篇につき30部まで無償とし、それを超える分の経費については著者負担とする。なお、発行号全体のPDF版は無償で提供する。
11. 投稿者がカラー写真代などの著者負担金の支払いを怠っているときは、論文掲載を保留することがある。
12. 原稿が採択された場合は、最終稿1部（A4用紙片面印刷体）と、それを納めた電子ファイルを編集委員会事務局に提出する（図、写真を含む）。
13. 原稿などは、印刷終了後に返却する。
14. 「投稿原稿申し込みカード」と「投稿原稿送付カード」は、別添カードを使用するものとする。
15. この規程に定めのない事項は、編集委員会が処理するものとする。

(原稿作成要領)

1. 投稿原稿は「Word」または「一太郎」を用いて執筆し、A4判とする。  
書式設定は、和文は1頁を40字×25行、英文は1頁を60字×25行（語間のスペース、ピリオド、ハイフンなどを含む）とし、字の大きさは12ポイントで、行間を充分にあけて横書きにする。余白は上下左右とも25mm程度あけ、用紙の下端部中央に頁数を、左側余白部に行番号を記入する。行番号はページ毎にふり直す。
2. 和文論文の内容区分および配列は以下のとおりとする。  
①表題、②著者名、③所属機関名および所在地、④以上の①～③の英文訳、⑤Summary、⑥Key Words（英文）、⑦キーワード（和文）、⑧本文（原則として緒言、材料および方法、結果、考察）、⑨要約、⑩引用文献、⑪表、図、

写真の順とする。ただし、結果と考察を一括して結果および考察としてもよい。また、謝辞を入れる場合は要約の最後に続けて記載する。

### 3. 表紙の書き方は次のとおりとする。

- 1) 表題、著者名、所属機関名、その所在地は英文訳を付けて原稿の1枚目に記す。さらに、内容を端的に表す略表題（ランニングヘッド）を記入する。和文では28字以内、英文では40字以内とする。
- 2) 著者が複数で同一機関に所属する場合は著者名を連記し、次欄に所属機関名とその所在地を記す。著者が異なる機関に所属する場合は、著者名を連記し、その右肩に肩付き数字〔<sup>1,2,3,4</sup>〕を付け、次欄に数字ごとに所属機関名とその所在地を記す。投稿責任者氏名の右肩に\*を付して、脚注に「\*Corresponding author. E-mail: xxxx@yyy.zzz.jp」と記す。なお、著者に所属機関の変更が生じた場合は著者名の右肩に〔<sup>a,b,c,d</sup>〕を付し、脚注にその旨を記す（投稿責任者を除き、所在地の記述はしない）。
- 3) 上記和文記載の英訳については、著者名は名、姓の順に書き、所属機関名とその所在地はイタリック表記とする。
4. Summaryは原稿の2頁より始め、1行65字ダブルスペース25行を原則として記載する。字数は300語以内とする。Summaryに続けて、5語以内のKey Wordsおよび日本語のキーワードを加え、いずれもアルファベット順(ABC順)に記載する。
5. 3頁以降は、緒言、材料および方法、結果、考察、要約（謝辞）、引用文献の各項目に区分して記述する。

- 1) 句読点は「..」とする。また、句読点、括弧、ハイフンなどは全角とし、数字は半角とする。数字と単位の間には半角スペースを挿入する。ただし、℃、%の場合に限り、スペースは挿入しない。
- 2) 数字は原則として、アラビア数字を用いるが、熟語として使用されている数字は漢字とする（例：一部分、一度）。
- 3) 字体の指定は、ゴシック体\_\_\_\_\_、イタリック体\_\_\_\_\_, のように該当語の下に黒線で入れる。
- 4) 文献引用の記載については、単名の場合は（藤巻, 2002; 稲葉, 2003; Mowlen, 1987）、2名の場合は（中條・堀込, 1998）、3名以上の場合は（Bakkeら, 1997; 藤川ら, 1971）のように記載する。
- 5) 複数の文献を引用する場合の記載順序は、筆頭著者、2番目以降の著者を含め、アルファベット順とする。著者名がすべて同一の場合は、発表年順とし、同一著者かつ同一年の場合は発表年のあとにアルファベットを附記し区別する（例：大森, 1999a, b）。
- 6) 用語、単位など  
数字は、算用数字を用い、度量衡の単位および略語はCGS単位またはSI単位を用いる。数字および英字は半角文字を用いる。

#### [例] 度量衡の単位および略語

mol, mmol, N, %, m, cm, mm, μm, nm, pm, cm<sup>2</sup>, k1, d1, l, m1, μl, kg, g, mg, μg, ng, pg, hr, min, sec, rpm, Hz, Bq, cpm, dpm, ppm, ppb, ℃, J, pH, LD<sub>50</sub>, IU, kDa

- 7) 外国語  
外国名、外国機関名などは、原語のまま第1字を大文字で記述する。ただし、国名、地名などは原則としてカタカナで表示する。
- 8) 動植物名および学名  
動植物名は、原則としてカタカナを使用する。学名は、初出の箇所では、必ず2名法による正式名を記す。それ以外の箇所では混乱の起らない限り、属名はイニシャルのみとしてよい。種名について論ずる場合などはこの限りでない。学名はイタリック体とし、命名者名は普通字体とする（英文も同じ）。
- 9) 薬品名など  
薬品・機器名：原則として、薬品名は一般名または局方名をカタカナで表示し、機器名などは一般に使われている名称を和文で表示する。

### 6. 表・図（写真）の作成は次のとおりとする。

- 1) 表、図（写真）は1枚ごとに作成する。表題および説明は和文、英文のいずれでも可とする。表、図（写真）はそれぞれ第1表(Table 1)、第1図(Fig. 1)というように一連の番号を付ける。
- 2) 表はエクセルで作成する。表の表題は表の上側に置く。表中の縦罫線は使用しない。脚注を示すにはアルファベットの逆順に〔<sup>z,y,x,4,3,2,1</sup>〕肩付けする。統計的有意差を示すにはアルファベットの正順に(a, b, c, d...)用い、その旨を脚注に示す。アスタリスク(\*5%, \*\*1%)の使用は可。
- 3) 写真は、図と記載して一連の番号をつける。カラー印刷を希望する場合は、その旨を明記する（費用は著者負担）。
- 4) 図（写真）の表題および説明文は、図の番号順にまとめて別紙に記載し、図の前に置く。
- 5) 表、図には、それぞれ右肩に筆頭著者名と番号を記入する。

7. 本文中での表、図、写真の挿入箇所は、原稿の右欄外に赤字で指定する。
8. 引用文献の記載は次のとおりとする。
  - 1) 記載順序は、2番目以降の著者名を含め、全てアルファベット順とし、著者名が同一の場合は発表年順とする。
  - 2) 文献記載は、著者名、年次、表題、誌名、巻、頁とする。
  - 3) 引用文献リスト中の英数字の後に付すコンマ (,), ピリオド (.), セミコロン (;), コロン (:) は半角文字とし、その後に半角スペースを挿入する。誌名の短縮形は、それぞれの学会誌の指示に従うものとする。各巻を通じて頁を付してある場合は、巻のみとし、号数は省略する。
  - 4) 私信や未発表のデータを引用する場合は、引用文献に記載せず、本文中の引用箇所にそれぞれ（私信）、（未発表）と記す。ただし、投稿して受理されたものは、印刷中（in press）を巻の後にカッコ付けで付し、引用文献に列記する。
  - 5) 単行本の場合は、著者名、年次、書名、頁、発行者、発行地とする。
  - 6) 訳本の場合は、著者名、年次、書名（訳者名）、頁、発行者、発行地とする。
  - 7) その他、引用文献記載は所属学会誌に準ずるものとする。なお、英文論文の文献リストにおいては、日本語論文の場合は（In Japanese）を末尾に、日本語論文でSummaryないしはAbstractがある文献には（In Japanese with English summary (or abstract)）を末尾に記入する。日本語で書かれた単行本の場合、英文の題名、著者名、出版社名などがあるときは、ヘボン式ローマ字で表記し、いずれも（In Japanese）を末尾に記入する。

[引用文献の例]

Bakke, H., T. Steine and A. Eggum. 1997. Flavour score and content of free fatty acids in goat milk. *Acta Agric. Scand.* 27: 245–249.  
 中條忠久・堀込 充. 1998. おおつぶ星. 品種登録. 6926.  
 藤川琢磨・浜島守男・安田耕作. 1971. 短鎖脂肪酸を含むグリセリドのガスクロマトグラフィーによる脂肪酸組成分析法. 油化学. 20: 138–143.  
 藤巻 宏. 2002. 生物統計解析と実験計画. p. 86–98. 養賢堂. 東京.  
 稲葉昭治. 2003. 野菜のポストハーベスト. p. 152–190. 矢沢 進編著. 図説野菜新書. 朝倉書店. 東京.  
 Mowlen, A. 1987. 家畜. p. 78–87. Broom, D. M. 編著. 動物大百科第10巻 (正田陽一監修. 澤崎徹他共訳). 平凡社. 東京.  
 世界保健機関. 2012. 飲料水の質におけるガイドライン p.5–12. [Online] <http://www.who.int/water-sanitation-health.pdf>. (2016年5月閲覧)

9. 英文原稿の内容区分および配列

- 1) 表紙にTitle, Author(s)' name(s), Affiliation(s) and Mailing address(es), 2頁にSummary, Key Words, 3頁以降にText (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References), 和文要約（表題、著者名、所属機関名および所在地を記入）を順番に作成し、最後にTables and Figuresを添付する。ただし、表紙にランニングヘッド（英文）を記入して置く。
- 2) 原稿は著者の責任において文法上の誤りのないようにし、提出前に熟達者の校閲を受けること。外国人英文校閲者の紹介は、編集委員会では行わない。

10. 資料および総説の内容区分と配列

- 1) 資料は、表紙に①表題、②著者名、③所属機関名および所在地、④以上の①～③の英文訳、2頁以降に⑤本文（体裁は投稿者の裁量とする）、⑥要約、⑦キーワード、⑧引用文献を番号順に作成し、最後に⑨表、図、写真を添付する。
- 2) 総説は、資料の内容区分から⑥要約、⑦キーワードを除いた形で執筆・配列する。

11. 執筆に当たっては、本報告の最新号に掲載してある論文を参照すること。



---

鹿児島大学農学部農場研究報告

第46号

令和7年3月19日 印刷

令和7年3月26日 発行

編集兼発行 鹿児島大学農学部附属農場

〒890-0065 鹿児島市郡元一丁目21番24号

電話 (099) 285-8771 (代)

印 刷 斯文堂株式会社

---

