

鹿児島大学農学部

農場研究報告

第44号

*Bulletin of the Experimental Farm
Faculty of Agriculture, Kagoshima University
No. 43*

鹿児島大学農学部附属農場

令和5年3月

*Experimental Farm, Faculty of Agriculture
Kagoshima University, March 2023*

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

下 桐 猛

赤 木 功

遠 城 道 雄

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

- 多胚性カンキツの胚数およびその雑種実生出現
..... 山本雅史・伊東孝峻・川口昭二・野村哲也・福留弘康・勘米良祥多 1

資 料

- コールダックの人工孵化
..... 高山耕二・中村南美子・大島一郎 5

- 鹿児島大学農学部附属農場学内農事部水田における水稻生育と収量
(2019～2021年)
..... 田浦一成・下田代智英・野村哲也・濱田延枝・中野八伯・朴 炳宰・遠城道雄 9

付 録

- 農場研究報告投稿規程および原稿作成要領..... 17

Contents

Original Articles

- Number of Embryos and Emergence of Hybrid Seedlings in Polyembryonic Citrus
..... YAMAMOTO Masashi, ITO Takatoshi, KAWAGUCHI Shoji, NOMURA Tetsuya,
FUKUDOME Hiroyasu and KANMERA Shota 1

Materials

- Artificial Incubation of Call Ducks
..... TAKAYAMA Koji, NAKAMURA Namiko and OSHIMA Ichiro 5

- Rice Growth and Yield in Campus Farm, Experimental Farm, Faculty of Agriculture,
Kagoshima University (2019–2021)
..... TAURA Issei, SHIMOTASHIRO Tomohide, NOMURA Tetsuya, HAMADA Nobue,
NAKANO Hatsunori, PARK Byoung-Jae and ONJO Michio 9

Appendixes

- Preparation of Manuscripts 17

多胚性カンキツの胚数およびその雑種実生出現

山本雅史^{1*}・伊東孝峻¹・川口昭二^{2a}・野村哲也^{2b}・福留弘康²・勘米良祥多^{2c}

¹鹿児島大学農学部果樹園芸学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

²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

Number of Embryos and Emergence of Hybrid Seedlings in Polyembryonic Citrus

YAMAMOTO Masashi^{1*}, ITO Takatoshi¹, KAWAGUCHI Shoji^{2a}, NOMURA Tetsuya^{2b}, FUKUDOME Hiroyasu²
and KANMERA Shota^{2c}

¹Laboratory of Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima,
Kagoshima 890-0065

²Toso Orchard, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Toso, Kagoshima,
Kagoshima 890-0081

Summary

The number of embryos per seed was counted in 13 local citrus accessions distributed in Kagoshima, Japan. Kawabata Mikan and Usukawa (Kishu Mikan) showed monoembryony and the remaining 11 accessions showed polyembryony. Among the polyembryonic accessions, Hetsuka Daidai and Kimikan showed the lowest (1.4) and highest (41.4) number of embryos per seed, respectively. Next, the relationship between the number of embryos per seed and percentage of hybrid seedlings that emerged was investigated. Six polyembryonic accessions and monoembryonic Sakurajima Komikan were used as the seed parents. Their number of embryos per seed ranged from one to 35. 'Mato Anyu' was used as the pollen parent in all cross combinations. The percentage of emerged hybrid seedlings became low when the number of embryos per seed in the seed parent increased. When the number of embryos per seed of a seed parent was around eight, approximately 20% of seedlings were hybrids. However, when the number of embryos was 25 or more, hybrids hardly appeared.

Key words: Isozyme, monoembryony, nucellar embryo, polyembryony

キーワード: アイソザイム, 多胚性, 単胚性, 珠心胚

緒 言

カンキツは北緯40度から南緯40度におよぶ温帯, 亜熱帯および熱帯地域で栽培されており, 統計上世界で最も生産量の多い果樹の一つである。わが国でも温暖地, 暖地および亜熱帯地域における重要な果樹である。世界的にはスイートオレンジおよびグレープフルーツ等, 日本ではウンシュウミカンが主要であるが, 近年, '不知火' (松本, 2001) のように交雑によって育成された品種の重要性が高まっている。

カンキツには多胚性として知られる無性生殖を示すものが多く存在するため, 多胚性品種を種子親にした場合, 種子親のクローンである珠心胚実生の出現が多く, 雑種実生の獲得が困難なことが多い (西浦・岩崎, 1964)。多胚性種子の胚数は種類によって大きく異なり (上野ら, 1967), 胚数と雑種実生出現率との関係には負

の関係があることがわかっている (奥代ら, 1981)。当然のことながら, 単胚性種子から得られる実生はすべて雑種である。そのため, 育種利用を考える場合, それぞれの品種系統の胚数を知ることは極めて重要である。したがって, 既存主要品種系統の胚数については詳細な報告がある (奥代ら, 1981; 上野ら, 1967)。

筆者らは奄美群島を含む鹿児島県在来カンキツの収集保存に取り組んでいる (山本ら, 2006; 2021)。今後, これらを育種素材として活用する場合, 胚数の情報があることが望ましい。一方, カンキツ類においては, 多胚性種子から遺伝的に均一な種子親のクローンが作出できることから, それを台木繁殖に利用している。すなわち, 台木として利用するためには雑種実生の出現率が低くなる胚数の多いものが望まれる。南西諸島原産のカンキツではシクワサー以外にも台木として注目されているものもある (園田ら, 2014)。このようなことから収集系統の胚数を調査することは重要な課題である。

また, 前述の通り胚数が雑種実生出現率に影響を及ぼすことは認められているが (奥代ら, 1981), 胚数の少ないものから多いものまでを供試して両者の関係を検討した例は見当たらない。本研究では単胚性から多胚性で胚数の多いものまでを種子親とした組み合わせを用いて,

2022年8月18日 受付日

2022年11月24日 受理日

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

^a 退職

^b 現 鹿児島大学農学部附属農場学内農事部

^c 現 鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場

胚数と雑種実生出現率との関係も検討した。

以上について研究を実施したところ若干の知見が得られたので、以下に報告する。

材料および方法

鹿児島県本土、屋久島および奄美群島在来カンキツの胚数

現地調査等で収集し、鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園（鹿児島市）においてカラタチ台木で露地栽培している保存樹を供試した。内訳は鹿児島県本土の3系統、屋久島の1系統、九州から奄美群島に分布する1系統、喜界島の4系統、加計呂麻島の1系統および徳之島の3系統である（Table 1）。なお、ケラジ（諸鈍）は加計呂麻島諸鈍でケラジと呼ばれているカンキツであるが、喜界島原産の一般的なケラジ（ケラジミカン）とは全く別種のカンキツである（山本ら、2006）のでケラジ（諸鈍）と表記した。

10月以降、小胚が退化するため（奥代ら、1981）、その前の2007年9月上旬から中旬にかけて各系統10果の自然受粉果を採取し、調査まで冷蔵庫で保存した。1果から2種子を無作為に選び、20種子の胚数を実体顕微鏡を用いて計測した。

胚数と雑種実生出現率との関係

‘興津早生’、桜島コミカン、‘十万温州’、カブス、ハナユ、シクワサー（興津）および‘吉田ボンカン’を種子親に、花粉親には‘麻豆紅柚’を用いて、2007年4月下旬から5月上旬に人工交雑した。種子親の開花直前の花弁および葯を全て取り除き、‘麻豆紅柚’の花粉を受粉し、直ちに袋かけした。同年12月上旬に果実を採取した。なお、シクワサーには多様性が存在し（Yamamoto ら、2017）、シクワサーだけでは系統が特定できないため、シクワサー（興津）として、農林水産省果樹試験場興津支場導入系統であることを明記した。

前述と同様の時期および方法で種子親系統の胚数を調査した。‘興津早生’のみは6種子の結果であった。

得られた種子は、外種皮および内種皮を剥皮後、水で湿らせたろ紙を敷いたシャーレ上に播種し、暗黒下、25℃で1週間培養した。1週間後、幼根が発根している胚を鹿沼土を用土として3号ポットに移植し、25℃、16時間日長で発育させた。本葉をアイソザイム分析の材料とした。

アイソザイム分析は山本ら（1999）に準拠して、Gotを検出した。本研究では*Got-1*のみを対象とし、その対立遺伝子名はHiraiら（1986）に従った。その結果に基づき雑種実生と珠心胚実生を識別した。

結果および考察

調査した13系統の胚数の結果をTable 1に示した。川畑ミカンとウスカワ（キシウミカン系統）が単胚性で、

他は多胚性であった。多胚性系統のうち、辺塚ダイダイは平均胚数が1.4個と最も少なく、キミカンが41.4個と最多であった。ISSR分析で区別のつかないカーブチー系統の喜界ミカンとナツクニン（山本ら、2010）の胚数はほぼ同じであった。また、SRAP分析で明確に識別できる徳之島のシクワサー2系統（Yamamoto ら、2017）は、胚数の面では大きな差異はなかった。

100種類以上のカンキツの胚数を報告した上野ら（1967）も川畑ミカンおよびキシウミカンを単胚と報告しており、本研究の結果と一致した。彼らは、胚数がそれぞれ1.42と1.38のウジュキツおよび広島夏ブントンを多胚性では最少の胚数と報告している。これは辺塚ダイダイの胚数とほぼ一致し、本系統が最少レベルの胚数の多胚性系統であることが確認できた。他の多胚性のクネンボやカーブチーについては、上野ら（1967）の方が胚数がやや少なかった。上野ら（1969）は胚数を11～1月に調査している。多胚性種子の小胚は10月以降退化することもあるため（奥代ら、1981）、両研究間で差異が認められた可能性もある。その場合、本研究の結果が本来の胚数を示したものと考えられる。

辺塚ダイダイ、コズ、シーカーおよびケラジ（諸鈍）は、本研究で初めて胚数が明らかとなった。また、同種であっても品種・系統によって胚数は異なることから（奥代ら、1981）、シクワサー類をはじめ現地収集系統の胚数の解明も意義が高い。得られた結果は在来カンキツの台木利用や育種における基礎情報として活用可能である。

次に胚数と雑種実生出現率との関係について検討した。種子親のうち、桜島コミカンは単胚性で、他の6系統は多胚性であった。多胚性系統の胚数は、ハナユで3.2個、カブスで8.2個、‘十万温州’およびシクワサー（興津）で約25個、‘吉田ボンカン’および‘興津早生’で約35個であった（Table 2）。

種子親系統の*Got-1* 遺伝子型は、カブスを除く6系統でSS、カブスでSAであった。一方、花粉親の‘麻豆紅柚’の遺伝子型はFFであった（Table 2）。このことから、いずれの組み合わせでも雑種実生はFSまたはFAとなり、種子親と同じ遺伝子型の珠心胚実生と確実に区別できることが確認できた。

各組み合わせにおける雑種実生出現率をTable 3に示した。出現した全実生に対する割合と播種した種子数に対する割合の両者を算出した。胚数が最多で播種数が少なかった‘興津早生’で雑種実生1個体が出現したため、種子に対する雑種実生出現率が高くなったが、それを除くと、いずれも胚数の増加につれて雑種実生の出現率は低くなった。胚数が約8個では約20%の雑種実生が確認できたが、胚数が約25個以上で雑種はほとんど出現しなくなった。

種子親の胚数と雑種実生獲得率の関係については、奥代ら（1981）が報告している。この研究ではほとんどの組み合わせでカラタチを花粉親として使用している。カラタチを花粉親とすると、その三出葉性が遺伝的に優性

Table 1. Number of embryos per seed in citrus distributed on Amami Islands or Kagoshima

Accession	Latin name	Distribution	Mean number of embryos ^z
Kawabatamikan	<i>Citrus aurea</i> hort. ex Tanaka	Kagoshima	1.0 ± 0.0
Hetsukadaidai	<i>C. sp.</i>	Kagoshima	1.4 ± 0.13
Kimikan	<i>C. sp.</i>	Kagoshima	41.4 ± 4.64
Kozu	<i>C. depressa</i> relative	Yakushima	16.3 ± 1.09
Kunenbo	<i>C. nobilis</i> Luor.	Amami-Kyushu	17.7 ± 2.01
Usukawa	<i>C. kinokuni</i> hort. ex Tanaka	Kikaijima	1.0 ± 0.0
Fusu	<i>C. rokugatsu</i> hort. ex Y. Tanaka	Kikaijima	8.8 ± 0.76
Shiikuu	<i>C. sp.</i>	Kikaijima	9.4 ± 0.75
Kikaimikan	<i>C. keraji</i> hort. ex Tanaka	Kikaijima	13.5 ± 1.06
Keraji (Shodon)	<i>C. sp.</i>	Kakeromajima	10.9 ± 1.50
Natsukunin	<i>C. keraji</i> hort. ex Tanaka	Tokunoshima	11.9 ± 1.27
Shiikunin (Kara)	<i>C. depressa</i> Hayata	Tokunoshima	15.0 ± 1.39
Shiikunin (Ama)	<i>C. depressa</i> Hayata	Tokunoshima	16.8 ± 0.96

^z Twenty seeds were investigated.Table 2. Number of embryos per seed and genotype of *Got-1* in parental citrus accessions

Accession	Latin name	No. of seeds investigated	Mean number of embryos	<i>Got-1</i> genotype
Seed parent				
Sakurajima Komikan	<i>Citrus kinokuni</i> hort. ex Tanaka	20	1.0 ± 0.0	SS
Hanayu	<i>C. hanaju</i> Siebold ex Shirai	20	3.2 ± 0.43	SS
Kabusu	<i>C. aurantium</i> L.	20	8.2 ± 1.08	SA
Juman Unshu	<i>C. unshiu</i> Marcow.	20	24.7 ± 2.47	SS
Shiikuwasha (Okitsu)	<i>C. depressa</i> Hayata	20	25.3 ± 1.12	SS
Yoshida Ponkan	<i>C. reticulata</i> Blanco	20	35.7 ± 2.51	SS
Okitsu Wase	<i>C. unshiu</i> Marcow.	6	37.7 ± 5.72	SS
Pollen parent				
Mato Anyu	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	— ^z	—	FF

^z Not determined.

Table 3. Hybrid seedlings emerging from polyembryonic seed in citrus

Seed parent ^z	No. of seeds	No. of seedlings appeared	No. of hybrid seedlings	Hybrids as percentage of	
				seeds	seedlings
Sakurajima Komikan	10	10	10	100.0	100.0
Hanayu	100	77	59	58.0	76.6
Kabusu	100	106	21	21.0	19.8
Juman Unshu	57	95	1	1.8	1.1
Shiikuwasha (Okitsu)	100	93	0	0.0	0.0
Yoshida Ponkan	15	16	0	0.0	0.0
Okitsu Wase	6	31	1	16.7	3.1

^z 'Mato Anyu' was used as a pollen parent in all cross combinations.

なので確実に雑種実生を識別できるが、この組み合わせではカンキツを花粉親とした場合よりも雑種実生の出現率が高くなる（西浦・岩崎，1964）。また、一部カンキツを花粉親とした組み合わせもあるが、葉の形態的特徴により雑種実生と珠心胚実生の識別を実施しており、幼若実生段階では間違いの可能性がある。本研究では花粉親にカンキツを用い、アイソザイム分析の結果に基づき雑種実生と珠心胚実生の識別を実施しており、その信頼性は極めて高い。

本研究の結果と奥代ら（1982）のカンキツを花粉親とした組み合わせの結果を比較すると、同程度の胚数の場合、奥代ら（1982）の方がやや雑種実生の出現率は高かったが、その差は大きいものでは無かった。両者の研究から、胚数と雑種実生の出現率との間には強い関係があること、胚数が25～30個以上になると、ほとんど雑種実生が出現しないことが確認できた。

現在、CAPS分析のように簡便で信頼性の高いDNA分析が開発されており（Shimadaら，2014）、交雑育種を実

施するにあたって、幼若実生段階での多胚性種子における雑種実生の識別は容易になったが、雑種実生が出現しない限り、識別技術も利用できない。そのため、多胚種子の胚数削減技術（中谷ら, 1978; Watanabe, 1985）や未熟種子の胚培養（Tan ら, 2007）等の雑種実生獲得率向上技術の開発は極めて重要な課題である。また、台木利用の面からは、胚数が約25個では実生のほとんどが珠心胚由来となるので、均一な台木作出にはそれ以上の胚数が望ましいと考えられた。

要 約

鹿児島在来カンキツ13系統の胚数を調査した。川畑ミカンとウスカワ（キシウミカン系統）が単胚性で、他は多胚性であった。多胚性系統のうち、辺塚ダイダイは平均胚数が1.4個と最も少なく、キミカンが41.4個と最多であった。次に、胚数と雑種実生出現率との関係について調査した。種子親のうち、桜島コミカンは単胚性で、他の6系統は多胚性であった。種子親の胚数は、1個（単胚性）から約35個までの範囲にあった。花粉親は‘麻豆紅柚’とした。胚数の増加につれて雑種実生の出現率は低くなった。胚数が約8個では約20%の雑種実生が確認できたが、胚数が約25個以上で雑種はほとんど出現しなくなった。

引用文献

- Hirai, M., I. Kozaki and I. Kajiura. 1986. Isozyme analysis and phylogenetic relationship of citrus. Japan. J. Breed. 36: 377–389.
- 松本亮司. 2001. 晩生カンキツ ‘不知火’. 果樹試報. 35: 115–120.
- 中谷宗一・池田 勇・小林省蔵. 1978. 多胚性カンキツ品種の雑種獲得の効率化に関する研究. 果樹試報. E2: 25–38.
- 西浦昌男・岩崎藤助. 1964. カンキツの育種に関する研究. 第2報 獲得実生数と温州ミカンの雑種獲得率. 園試報. B3: 1–10.
- 奥代直巳・生山 巖・高原利雄. 1981. 多胚性カンキツ類における雑種実生獲得率の向上に関する研究. I 品種, 系統間の胚数及び雑種実生獲得率の差異について. 果樹試報. D3: 9–22.
- Shimada, T., H. Fujii, T. Endo, T. Ueda, A. Sugiyama, M. Nakano, M. Kita, T. Yoshioka, T. Shimizu, H. Nesumi, Y. Ikoma, T. Moriguchi and M. Omura. 2014. Construction of a citrus framework genetic map anchored by 708 gene-based markers. Tree Genet. Genomes 10: 1001–1013.
- 園田真一郎・内田興徳・熊本 将・富永茂人・山本雅史・久保達也・日高 望. 2014. 15種類の台木がタンカンの生育、収量および果実品質に及ぼす影響. 園学研. 13別2: 329.
- Tan, M., J. Song and X. Deng. 2007. Production of two

mandarin × trifoliate orange hybrid population via embryo rescue with verification by SSR analysis. Euphytica 157: 155–160.

- 上野 勇・岩政正男・西浦昌男. 1967. カンキツ属および近縁属の胚数. 園試報. B7: 11–21.
- Watanabe, H. 1985. Artificial control of polyembryogenesis in *Fortunella* by continuous gamma irradiation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 418–421.
- 山本雅史・福田麻由子・古賀孝徳・久保達也・富永茂人. 2010. 喜界島（鹿児島県）の在来カンキツであるケラジミカン（*Citrus keraji*）の来歴の検討. 園学研. 9: 7–12.
- 山本雅史・松尾洋一・國賀 武・松本亮司・山田彬雄. 1998. シイクワシャー類のアイソザイム及びRAPD分析. 果樹試報. 30/31: 39–51.
- 山本雅史・松島健一・伊地智 告・上地義隆・川口昭二・中野八伯・野村哲也・谷村音樹・久保達也・富永茂人. 2006. 奄美諸島における在来カンキツ遺伝資源の調査とその保存. 鹿児島大学農場研報. 29: 5–11.
- Yamamoto, M., A. Takakura, A. Tanabe, S. Teramoto and M. Kita. 2017. Diversity of *Citrus depressa* Hayata (Shiikuwasha) revealed by DNA analysis. Genet. Res. Crop Evol. 64: 805–814.
- 山本雅史・寺本さゆり・喜多正幸・北島 宣・川口昭二・福留弘康・広瀬 潤・西澤 優・香西直子. 2021. 鹿児島県島嶼部および沖縄県の在来カンキツの調査とその保存. 鹿児島大学農場研報. 42: 7–15.

資 料

コールダックの人工孵化

高山耕二^{1*}・中村南美子²・大島一郎³

¹鹿児島大学農学部家畜管理学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

²日本学術振興会特別研究員 DC (鹿児島大学大学院連合農学研究科) 〒890-0065 鹿児島市郡元

³鹿児島大学農学部家畜生体機構学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

Artificial Incubation of Call Ducks

TAKAYAMA Koji^{1*}, NAKAMURA Namiko² and OSHIMA Ichiro³

¹ *Laboratory of Animal Behaviour and Management, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065*

² *Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science (The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University), Korimoto, Kagoshima 890-0065*

³ *Laboratory of Animal Functional Anatomy, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065*

キーワード：アイガモ農法, 孵化率, 人工孵化, コールダック, 死籠り卵

緒 言

コールダックは体重が1 kgに満たない世界最小のアヒルであり、ヨーロッパを中心に愛玩用として飼養されている(秋篠宮ら, 1994)。かつてコールダックは、カモ猟で“おとり”として重宝され、オランダ語で罠(*de Kooi*)を意味するデコイと呼ばれることもある(Ashton・Ashton, 2001)。

著者らはアイガモ農法でのコールダックの利用を検討しており、水田放飼したコールダックが十分な除草効果を示すことを明らかにしている(未発表)(第1図)。しかしながら、我が国におけるコールダックの飼養は愛玩用に限定されており、農業分野での利用を推進するためには、その発育や繁殖特性などを明らかにしていく必要がある。本研究では、コールダックの繁殖特性の解明に向けた基礎的知見を得ることを目的として、種卵を人工孵化した際の孵化成績を明らかにした。

材料および方法

試験には2022年6月から同年7月にかけて、オス3羽とメス3羽で構成された繁殖群(12ヵ月齢)より採取した種卵を用いた。アヒルの種卵の保存は14日間が限度とされており、12~14℃での貯卵が最適条件とされている

(Ashton・Ashton, 2001)。本研究はこれに準ずる形で、種卵を約12℃で保存し、採卵から14日以内に温度37.0℃、湿度60~80%に設定した人工孵卵機(P-05型, 昭和フランキ社製)に入卵した(柳田, 1981)。本研究では、6月24日に6個(貯卵期間: 1~7日間)、7月15日に8個(貯卵期間: 1~11日間)の計14個を供試した。孵卵7日目に最初の検卵を行い、無精卵および発育停止卵を除いた後、受精率を求めた。14日目および23日目にも検卵を行い、発育停止卵を除いた。転卵は孵卵開始から23日目まで1時間に1回自動で行い、23日目の検卵終了後、種卵を発生枠に移動して静置した。25~28日目にかけて1日1回、孵化羽数を確認し、対入卵孵化率および対受精卵孵化率をそれぞれ算出した。28日目には、孵化がみられなかった発育停止卵の数を調べ、孵卵を終了した。

結果および考察

コールダックの孵化成績を第1表に示した。種卵の重量は37~55g, 受精率は78.6%であった。孵化率については、対入卵孵化率で21.4%, 対受精卵孵化率で27.3%を示した。アイガモの孵化には、28日前後を要し、受精率は90%以上、孵化率は70~80%程度とされている(高山ら, 2019; 柳田, 1981)。これに対して、コールダックの孵化日数は若干短く26日前後とされており(Ashton・Ashton, 2001)、本研究でも同様な結果を示した。受精率については、コールダックはアイガモに比べて低く、孵化率は1/3~1/4に過ぎなかった。コールダックの人工孵化では、孵化直前で発育が停止する“死籠り卵”が多く発



第1図 コールダックの水田放飼

第1表 コールダックの孵化成績

1) 孵化状況

入卵数	受精卵数	受精率	孵化日数	孵化羽数	孵化率 (%)	
					対入卵	対受精卵
14	11	78.6	26	3	21.4	27.3

2) 発育停止卵の発生状況

発育停止卵数				合計
7日目	14日目	23日目	27日目	
1 (12.5)	0 (0)	2 (25.0)	5 (62.5)	8

() 内の数値：発育停止卵の合計数に対する割合 (%) を示す。



第2図 コールダックの初生雛と卵歯（白丸部分）（左）、死籠り卵（右）

生し、孵化率も低いとされている (Ashton・Ashton, 2001)。本研究において孵卵 7, 14, 23 および 28 日に発生した発育停止卵は 1, 0, 2 および 5 個であり、その構成割合は 12.5, 0, 25.0 および 62.5% を示し、孵化直前に発育停止卵（死籠り卵）の発生が集中していることが明らかになった。

本研究で孵化した初生雛の嘴には“卵歯”がみられ、観察された死籠り卵 5 個のうち 3 個で“嘴打ち（はしうち）”の跡が認められた（第2図）。卵を割って中を確認したところ、ヒナが卵外に出るまでに多くの時間を要してしまい、死亡したものと推察された。今後はコールダックの孵化に適した貯卵条件（温度、湿度、期間）や

孵卵条件（温度、湿度）を検討するとともに、死籠り卵の発生を抑制するために、嘴打ちがみられた卵の殻を人為的に割る介助の有効性についても追究すべきである。また、コールダックは就巢性を有しており (Ashton・Ashton, 2001)（第3図）、自然孵化による孵化成績についても検討の余地がある。

要 約

コールダックの繁殖特性の解明に向けた基礎的知見を得ることを目的として、種卵を人工孵化した際の孵化成績を明らかにした。2022年6月から同年7月にかけて、



第3図 コールダックの抱卵

貯卵期間が14日以内の種卵14個を温度37.0℃，湿度60～80%に設定した人工孵卵機に入卵した。受精率は78.6%，孵化率は対入卵孵化率で21.4%，対受精卵孵化率で27.3%を示した。今後はコールダックの孵化率を向上させるための最適な貯卵条件や孵卵条件を検討するとともに，死籠り卵の発生を抑制するために，嘴打ちがみられた卵の殻を人為的に割る介助の有効性についても追究すべきである。また，コールダックは就巢性を有しており，自然孵化による孵化成績についても検討の余地がある。

引用文献

- 秋篠宮文仁・柿澤亮三・マイケル ロバーツ・ビクトリア
ロバーツ. 1994. 欧州家禽図鑑. p.159-187. 平凡社.
東京.
- Ashton, C. and M. Ashton. 2001. The Domestic Duck. p.
1-200. The Crowood Press, Wiltshire.
- 高山耕二・平野里佳・園田大地・中村南美子・大島一郎・
中西良孝. 2019. 平飼い条件下での薩摩黒鴨TMの産
卵性. 鹿児島大学農場研報. 40: 19-21.
- 柳田昌秀. 1981. アヒル－肥育と採卵の実際－. p.1-123.
農山漁村文化協会. 東京.

資 料

鹿児島大学農学部附属農場学内農事部水田における水稻生育と収量 (2019~2021年)

田浦一成^{1*}・下田代智英²・野村哲也¹・濱田延枝¹・中野八伯¹・朴 炳宰³・遠城道雄³

¹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

²鹿児島大学農学部作物学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

³鹿児島大学農学部附属農場 〒890-0065 鹿児島市郡元

Rice Growth and Yield in Campus Farm, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University (2019–2021)

TAURA Issei^{1*}, SHIMOTASHIRO Tomohide², NOMURA Tetsuya¹, HAMADA Nobue¹, NAKANO Hatsunori¹,
PARK Byoung-Jae³ and ONJO Michio³

¹Campus Farm, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto,
Kagoshima, 890-0065

²Laboratory of Crop Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto,
Kagoshima, 890-0065

³Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima, 890-0065

キーワード：ヒノヒカリ，農場実習，疎植，省力化，低コスト

緒 言

コメは我が国の主食であり，供給熱量ベースでの食料自給率を支える重要な作物であるが，近年，水稻栽培における情勢は厳しく，需要量の減少による米の価格の低迷，肥料や生産資材の高騰，担い手不足による労働力の減少など様々な問題をかかえている．米価の相対取引価格は，直近5年間（2016~2020年）で平均価格14,307~15,716円/60 kg となっている．また，需要量についても，1人当たりの年間消費量は1962年度の118.3 kg をピークとして，2019年度は前年に比べて0.5 kg 減少の53.0 kg となるなど減少傾向が続いている（農林水産省，2021）．このような背景のなか，省力化・低コストでの栽培技術の確立がもめられている．省力化技術の一つとして，疎植栽培がおこなわれているが，疎植栽培は，株間を広げることにより，圃場全体での植付け本数を減らすことができるため，苗箱の数を減らすことができ，育苗や運搬作業の省力化につながると考えられている（川崎ら，2008）．また，疎植栽培では窒素施肥量を50% 程度削減しても収量に及ぼす影響は小さいと考えられると報告されている（池尻ら，2013）．肥料の削減も，低コスト栽培

には必須であり，疎植栽培において，収量を確保しつつ，どの程度その量が削減できるかの検討が必要である．

現在，鹿児島大学農学部では農場実習の一環で水稻栽培を行い，その中でイネの特徴を知るための生育調査や収量構成要素から収量を予測する収量調査を取り入れている．水稻栽培において省力化・低コスト栽培がもめられるなか，様々な栽培条件を比較し，生育調査や収量構成要素から収量を予測することで，水稻において異なる栽培条件などが生育，収量に及ぼす影響を学生に考察させることは重要である．

そこで，本農場水田において，省力化と肥料の削減などを目的に，栽植密度および施肥量の検討を行った．2019年から2021年の3年間で，主に実習において，生育および収量調査の結果を得たので，ここに報告する．

材料および方法

1. 概要

本調査は，2019年から2021年にかけて，鹿児島大学農学部附属農場農事部（以下，農事部）の7号水田（24 a）および8号水田（24 a）において行った．いずれの年も水田ごとで栽培条件を変え，栽培品種は，‘ヒノヒカリ’を供試した．

3か年とも‘ヒノヒカリ’の種籾を比重1.10で塩水選を行い，直後にホーマイ水和剤（日本曹達株式会社）100

2022年10月26日 受付日

2022年12月8日 受理日

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

倍希釈とスミチオン乳剤（住友化学株式会社）1000倍希釈を混合した液に24時間浸漬し、消毒を行った。消毒液から引き揚げたのち、水道水に3日間浸漬し、浸種・催芽を行った。芽の先端が1 mm程度に出たはと胸状態となった種籾を一晩陰干しし、うすまき全自動播種機THK-1005（株式会社スズテック）および手播きで、30 cm × 60 cmの水稲用育苗箱に播種した。1箱播種量は2019年、2020年は200 g、2021年は180 gとした。播種は農場実習Ⅱ（対象：農業生産科学科応用植物科学コース3年生）で第1表の通りに行った。

移植は、農場実習Ⅱ（同上）で6月下旬に、第1表の通り行った。播種後3～4週間育苗した苗を、乗用田植機すこやかPe-1X（ヤンマー農機株式会社）で移植し、欠株の補植は手作業で行った。移植前日に箱施肥ビルダーフェルテラチェス粒剤（北興科学工業株式会社）を1箱当たり50 g施用した。

肥料は、基肥一回施肥型肥料キングコート484-I型（H90-50）14-18-14（エムシー・ファータィコム株式会社）（以下、キングコート）と、ポーラス状ケイ酸質新肥料イネニカ（全ケイ酸55.0カルシウム25.0鉄1.5マグネシウム0.3）（クリオン株式会社）（以下、イネニカ）を用いた。標準の施肥量は、キングコートは50 kg/10 a（N7.0 kg, P9.0 kg, K7.0 kg/10 a）、イネニカは100 kg/10 aとした。肥料の検討として、キングコートは標準量、1/2量、2/3量を各年で設定し、イネニカはすべての年において標準量を施用した。各年の施肥量は第1表に示す。

栽植密度の検討として、慣行栽培（以下、慣行）は16 cm × 30 cm、疎植栽培（以下、疎植）は28 cm × 30 cm、準疎植栽培（以下、準疎植）は22 cm × 30 cmと設定した。各年の栽植密度は第1表に示す。

植付け本数は、3～7本とした。各年の植付け本数は第1表に示す。

2. 生育調査

調査項目として、草丈、葉齢および茎数の調査を行った。調査区は、圃場全体から、無作為の3地点を設定し、各地点の連続する5株を調査株とした。調査株は、葉齢（3～4 齢）および本数を揃えて移植し、調査を移植日の1週間後から約1週間おきに、止葉の発生が確認されるまで行った。

3. 収量調査

調査は、9月下旬（2019年9月25日、2020年9月28日、2021年9月28日）の農業生産科学農場実習（対象：農業生産科学科1年生）および10月上旬（2021年10月16日）

の農場実習Ⅲ（対象：農業生産科学科応用植物科学コース3年生）にて行った。

3-1. 農業生産科学農場実習

農業生産科学農場実習では、調査項目として、1 m²当たり株数、草丈、稈長、穂長、穂数、茎数、有効茎歩合、全籾数、1穂籾数、不稈籾数、登熟歩合、玄米1粒重、収量の調査を行った。各圃場脇の畦畔から、約5 m入った地点の株を無作為に抜き取り、実験室で各項目の計測を行った。登熟歩合は、全籾数を計測したのち、45℃の乾燥機で一晩乾燥させ、真水（比重1.00）で水選を行い算出した。塩水選は調査時間が限られていたため行わなかった。玄米1粒重は、200粒、または300粒籾重に0.84を乗じて換算した。

3-2. 農場実習Ⅲ

農場実習Ⅲでは、1 m²当たり株数、穂数、茎数、有効茎歩合、全籾数、1穂籾数、不稈籾数、登熟歩合、玄米1粒重、収量の調査を行った。生育調査を行った任意の株を抜き取り、実験室で各項目の計測を行った。登熟歩合は、全籾数を計測したのち、塩水（比重1.13）で塩水選を行い算出した。玄米1粒重は、300粒籾重に0.80を乗じて換算した。

結 果

1. 栽培概要

2020年および2021年は、スクミリンゴガイの被害が発生した。特に、2020年はスクミリンゴガイに対する農薬を使用しなかったため、被害が大きかった。2019年はスクミノン（クミアイ化学工業株式会社）を使用し、被害はほとんど見られなかった。2021年はスクミンベイト3（三井化学アグロ株式会社）を使用した。水深が深い場所では被害が発生した。すべての年で台風や大雨などによる倒伏はみられなかったが、鳥害による食害が見られた。病害虫による被害はほとんど発生しなかった。

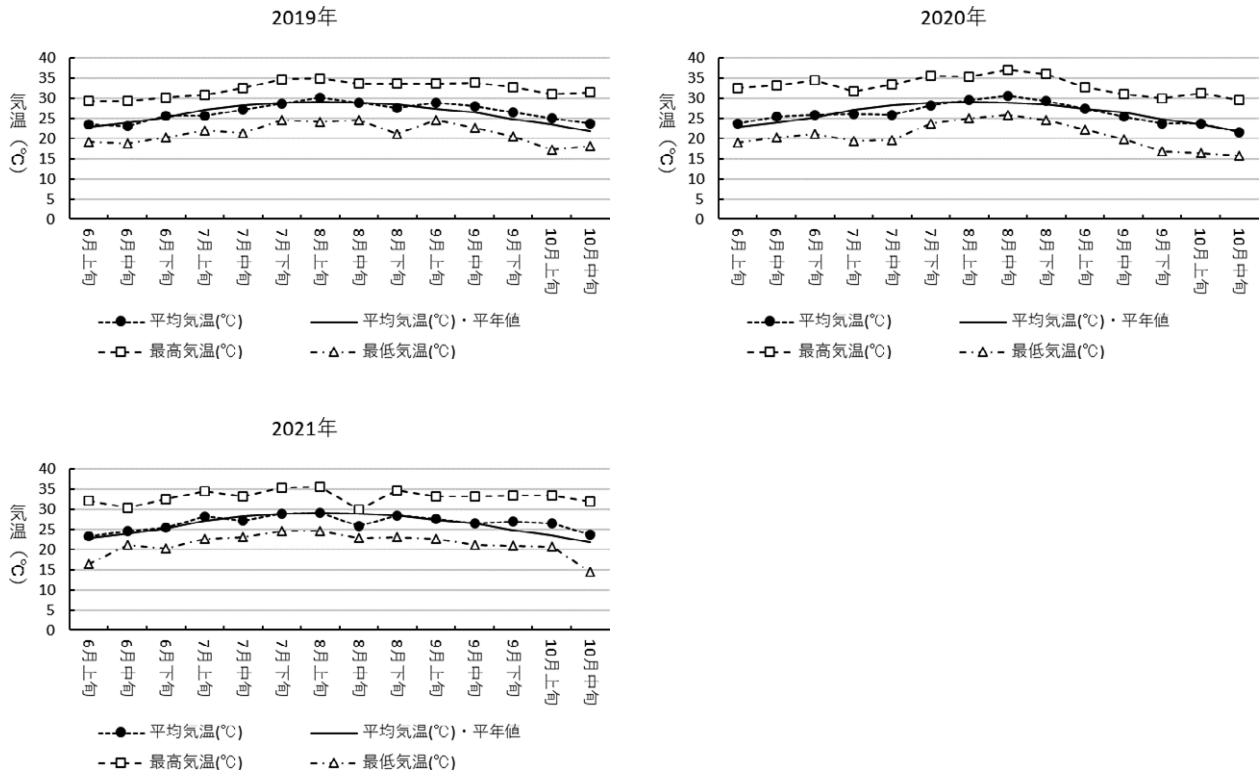
2. 気象概況

気象概況について、平均気温および日照時間・降水量を第1図および第2図に示す。

2019年は平年値と比べて、平均気温は移植直後の7月中旬から7月下旬にかけてやや低く、登熟期の9月中旬から10月中旬までは高かった。また、日照時間および降水量は移植直後の7月上旬から7月下旬にかけて降水量が多く、7月中旬と出穂前後の8月中旬から8月下旬にかけては日照時間が少なかった。2020年は平年値と比べ

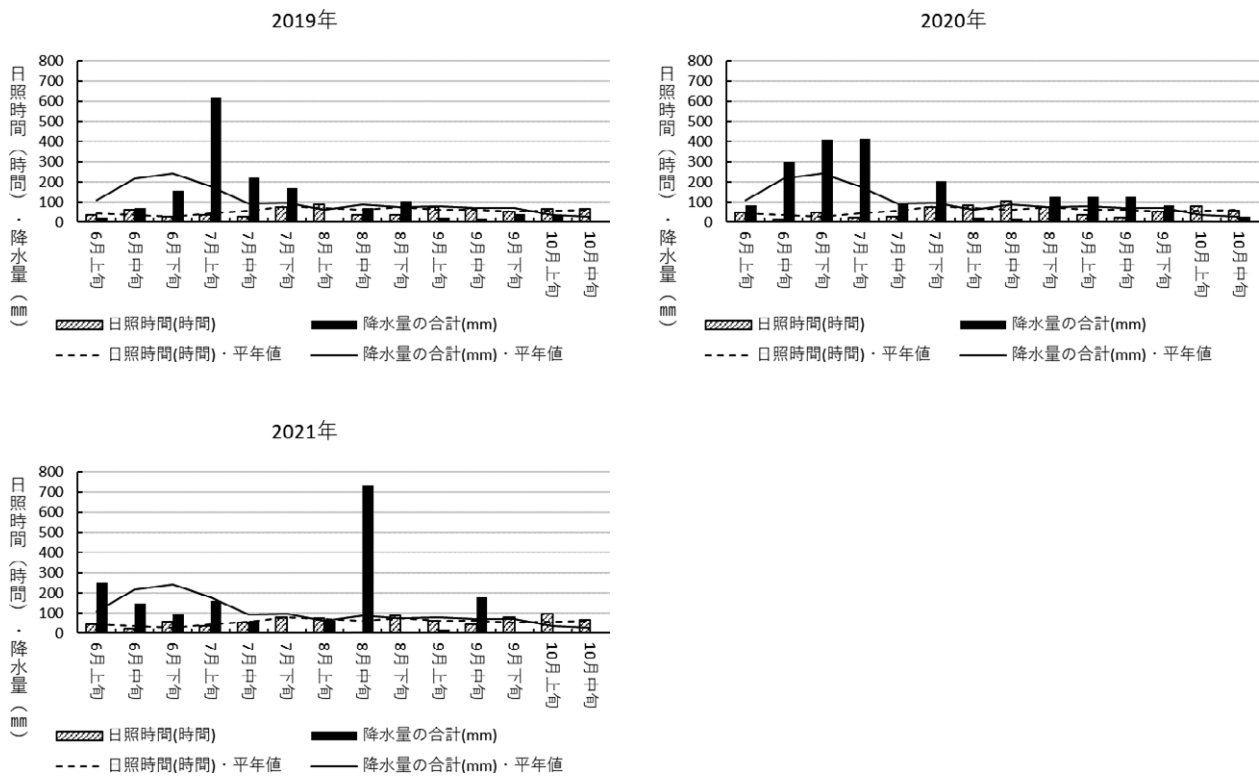
第1表 各年の栽培概要（2019～2021年）

年	圃場	播種日	移植日	施肥量	栽植密度	植付け本数
2019年	7号	5月28日	6月25日	標準	慣行	3
	8号	6月11日	7月2日	1/2	慣行	3
2020年	7号	6月2日	6月23日	1/2	慣行	3
	8号	6月9日	6月30日	1/2	疎植	7
2021年	7号	6月1日	6月22日	2/3	疎植	5
	8号	6月8日	6月29日	2/3	準疎植	5



第1図 各年および平年の栽培期間における鹿児島市の気温の推移（2019～2021年）

※気象庁 HP より著者作成（地点：鹿児島市）



第2図 各年および平年の栽培期間における鹿児島市の日照時間・降水量の推移（2019～2021年）

※気象庁 HP より著者作成（地点：鹿児島市）

て、平均気温は移植直後の7月中旬が特に低く、出穂前の8月中旬が特に高かった。また、日照時間および降水量は移植直後の6月下旬から7月上旬にかけてと7月下旬は降水量が多く、7月中旬から7月下旬にかけてと登熟期の9月上旬から9月中旬にかけては日照時間が少なかった。2021年は平年値と比べて、平均気温は出穂前の8月中旬が特に低く、登熟期の9月下旬から10月中旬にかけては高かった。また、日照時間および降水量は出穂前の8月中旬に極めて降水量が多く、日照時間も極めて少なかった。登熟期の9月下旬から10月上旬にかけては日照時間が多かった。

3. 生育調査

3-1. 2019年（施肥量）

2019年の生育調査の結果を第3図に示す。

草丈は、標準量、1/2量ともに、移植から2週間までは約1週間当たり約4～6 cmずつと緩やかに伸長したが、その後、約1週間当たり約9～16 cmずつと急激に伸び、ほぼ直線的に推移した。止葉発生時の草丈は、標準量が109.9 cm、1/2量が91.2 cmであった。

葉齢は、標準量、1/2量ともに、移植3週間までは約1週間当たり約2枚ずつ増えていき、その後は約1週間当たり約1枚ずつ増えていった。止葉発生時の葉齢は、標準量が15.0枚、1/2量が14.4枚であった。

茎数は、標準量は7月31日までは直線的に増えていったが、その後停滞した。また、1/2量は8月8日までは標準量と同様に増えていったが、その後停滞した。そのため、最高分けつ期は、標準量が7月31日頃、1/2量が8月8日頃であったと思われる。止葉発生時の茎数は、標準量17.7本、1/2量が15.1本であった。

出穂期は、標準量が8月23日、1/2量が8月26日であった。

3-2. 2020年（栽植密度：慣行と疎植）

2020年の生育調査の結果を第4図に示す。

草丈は、慣行は移植から2週間までは約1週間当たり約6 cmずつと緩やかに伸長したが、その後、約1週間当たり約7～13 cmずつと急激に伸び、ほぼ直線的に推移した。疎植は移植から3週間までは約1週間当たり約6 cmずつと緩やかに伸長したが、その後、約1週間当たり約9～16 cmずつと急激に伸び、ほぼ直線的に推移した。止葉発生時の草丈は、慣行が90.4 cm、疎植が94.2 cmであった。

葉齢は、慣行は移植5週間までは約1週間当たり約2枚ずつ増えていき、その後は約1枚ずつ増えていった。疎植は移植4週間までは約1週間当たり約2枚ずつ増えていき、その後は約1週間当たり約1枚ずつ増えていった。止葉発生時の葉齢は、慣行が16.7枚、疎植が15.2枚であった。

茎数は、慣行は始めほとんど増えなかったが、7月16日から8月6日までは約1週間当たり約5本ずつ直線的に増えていき、その後停滞した。疎植も同様に始めほとんど増えなかったが、7月16日から8月6日までは約1週間当たり約8～11本ずつ直線的に増えていき、その後

停滞した。そのため、最高分けつ期は、慣行、疎植ともに8月6日頃であったと思われる。止葉発生時の茎数は、慣行が19.3本、疎植が35.5本であった。

出穂期は、慣行が8月24日、疎植が8月26日であった。

3-3. 2021年（栽植密度：疎植と準疎植）

2021年の生育調査の結果を第5図に示す。

草丈は、疎植は移植から2週間までは約1週間当たり約5 cmずつと緩やかに伸長したが、その後、約1週間当たり約7～12 cmずつと急激に伸び、特に7月21日から7月28日にかけては約1週間当たり約20 cmと大幅に伸長した。準疎植は7月15日から7月21日にかけては約1週間当たり約6 cmと伸長が少なかったが、それ以外は約1週間当たり約10～16 cmずつと直線的に推移した。止葉発生時の草丈は、疎植が91.6 cm、準疎植が91.0 cmであった。

葉齢は、疎植、準疎植ともに移植3週間までは約1週間当たり約2～3枚ずつ増えていき、その後は約1週間当たり約1枚ずつ増えていった。止葉発生時の葉齢は、疎植が15.0枚、準疎植が14.0枚であった。

茎数は、疎植は移植2週間までは約1週間当たり4本ずつ増えていき、7月7日から7月28日までは約1週間当たり約7～9本ずつ直線的に増えていき、その後停滞した。準疎植は移植後から8月4日までは約1週間当たり約5～8本ずつ直線的に増えていき、その後停滞した。そのため、最高分けつ期は、疎植が7月28日頃、準疎植が8月4日頃であったと思われる。止葉発生時の茎数は、疎植が33.5本、準疎植が27.3本であった。

出穂期は、疎植が8月25日、準疎植が8月30日であった。

4. 収量調査

4-1. 農業生産科学農場実習における収量調査

各年の農業生産科学農場実習で行った収量調査の結果を第2表に示す。

4-1-1. 2019年（施肥）

収量は、標準量が459.9 kg/10 a、1/2量で409.8 kg/10 aであった。収量構成要素については、1 m²穂数は、標準量が449.8本、1/2量が401.6本であった。1穂粒数は、標準量が77.3粒、1/2量が85.9粒であった。登熟歩合は、標準量が66.1%、1/2量が60.2%であった。玄米1粒重は、標準量が0.020 g、1/2量が0.020 gであった。収量構成要素以外では、草丈は、標準量が108.8 cm、1/2量が109.5 cmであった。稈長は、標準量が80.0 cm、1/2量が79.6 cmであった。穂長は、標準量が20.4 cm、1/2量が21.2 cmであった。1株茎数は、標準量が21.6本、1/2量が19.1本であった。有効茎歩合は、標準量が99.3%、1/2量が100.0%であった。

4-1-2. 2020年（栽植密度：慣行と疎植）

収量は、慣行で538.5 kg/10 a、疎植で360.1 kg/10 aであった。収量構成要素については、1 m²穂数は、慣行が469.0本、疎植が424.0本であった。1穂粒数は、慣行が91.8粒、疎植が71.2粒であった。登熟歩合は、慣行が59.7%、疎植が56.9%であった。玄米1粒重は、慣行が

0.021 g、疎植が0.020 gであった。収量構成要素以外では、草丈は、慣行が105.0 cm、疎植が90.1 cmであった。稈長は、慣行が72.2 cm、疎植が62.6 cmであった。穂長は、慣行が25.0 cm、疎植が15.8 cmであった。1株茎数は、慣行が22.4本、疎植が37.3本であった。有効茎歩合は、慣行が99.8%、疎植が94.8%であった。

4-1-3. 2021年（栽植密度：疎植と準疎植）

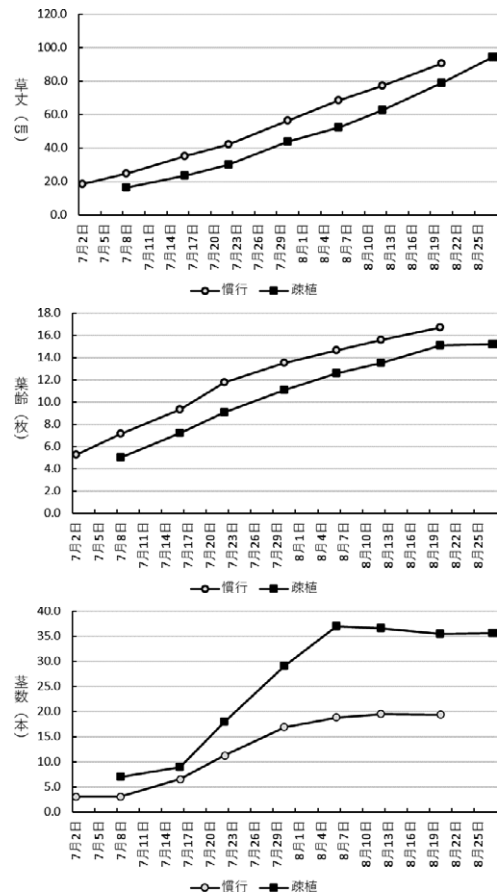
収量は、疎植で442.9 kg/10 a、準疎植で568.9 kg/10 aであった。収量構成要素については、1 m²穂数は、疎植が367.2本、準疎植が477.5本であった。1穂粒数は、疎植が70.5粒、準疎植が67.8粒であった。登熟歩合は、疎植が82.8%、準疎植が87.7%であった。玄米1粒重は、疎植が0.021 g、準疎植が0.020 gであった。収量構成要素以外では、草丈は、疎植が102.6 cm、準疎植が92.5 cmであった。稈長は、疎植が76.3 cm、準疎植が69.3 cmであった。穂長は、疎植が17.0 cm、準疎植が18.4 cmであった。1株茎数は、疎植が31.9本、準疎植が33.3本であった。有効茎歩合は、疎植が95.6%、準疎植が95.6%であった。

4-2. 農場実習Ⅲにおける収量調査

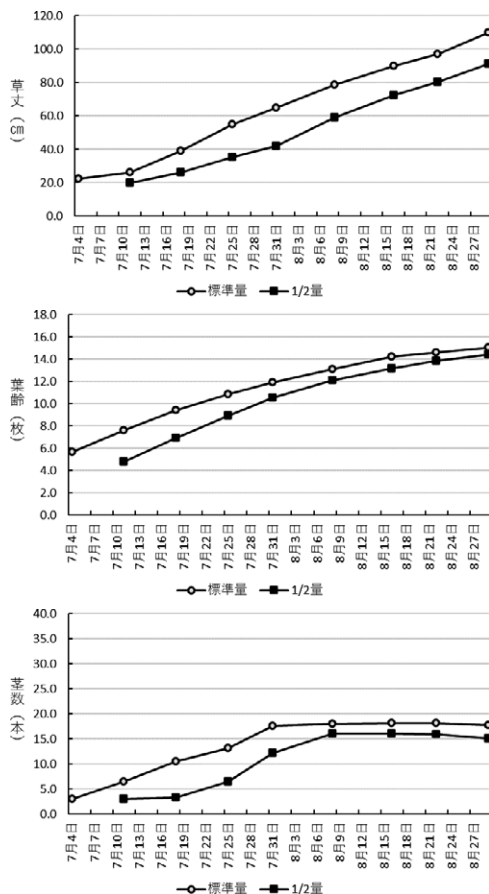
農場実習Ⅲで行った収量調査の結果を第3表に示す。

4-2-1. 2021年（栽植密度：疎植と準疎植）

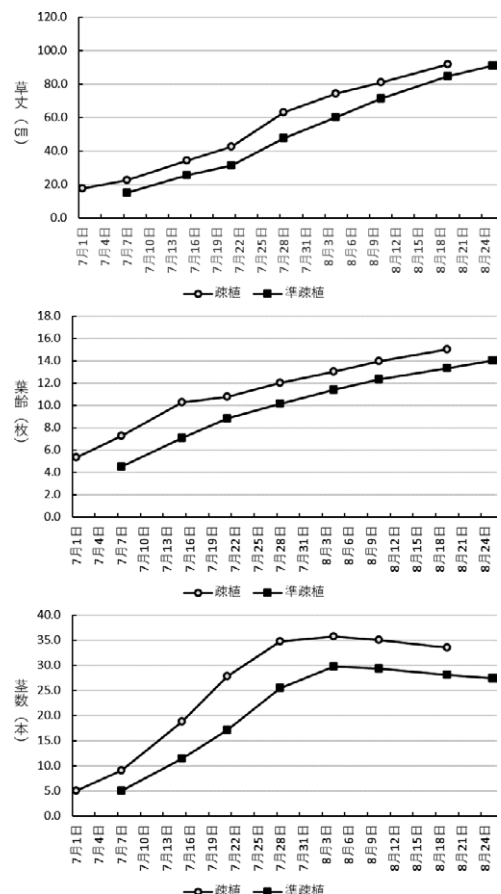
収量は、疎植で469.5 kg/10 a、準疎植で501.8 kg/10 aであった。収量構成要素については、1 m²穂数は、疎植が376.4本、準疎植が361.5本であった。1穂粒数は、疎植が74.6粒、準疎植が73.1粒であった。登熟歩合は、疎植が



第4図 2020年の地上部生育の推移



第3図 2019年の地上部生育の推移



第5図 2021年の地上部生育の推移

第2表 農業生産科学農場実習における収穫前生育・収量調査 (2019~2021年)

年	圃場	処理区	1m ² 株数 (株)	草丈 (cm)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本)	茎数 (本)	有効茎歩合 (%)	1m ² 穂数 (本)	全穂数 (粒)	1穂数 (粒)	不稔穂数 (粒)	登熟歩合 (%)	玄米1粒重 (g)	収量 (kg/10a)	n
2019年	7号	標準量	21	108.8±4.3	80.0±2.4	20.4±1.3	21.4±4.4	21.6±4.5	99.3±1.5	449.8±92.1	1664.7±406.6	77.3±7.2	562.8±202.7	66.1±9.5	0.020±0	459.9±138.2	n=12
		1/2量	21	109.5±2.2	79.6±3.7	21.2±1.5	19.1±3.8	19.1±3.8	100.0±0	401.6±80.3	1615.4±232.5	85.9±9.4	634.5±82.2	60.2±5.9	0.020±0	409.8±93.2	n=8
2020年	7号	慣行	21	105.0±3.3	72.2±20.5	25.0±21.9	22.3±2.2	22.4±2.5	99.8±3.5	469.0±47.2	2047.3±191.8	91.8±4.8	807.7±254.4	59.7±14.5	0.021±0.002	538.5±165.1	n=12
		疎植	12	90.1±8.9	62.6±18.6	15.8±5.3	35.3±7.9	37.3±8.1	94.8±7.2	424.0±95.2	2549.6±714.0	71.2±10.0	1051.2±260.9	56.9±8.9	0.020±0.001	360.1±127.2	n=12
2021年	7号	疎植	12	102.6±4.9	76.3±2.5	17.0±3.4	30.6±7.8	31.9±7.7	95.6±3.7	367.2±93.9	2105.4±537.2	70.5±14.3	339.1±156.0	82.8±8.3	0.021±0.001	442.9±167.4	n=10
		準疎植	15	92.5±6.6	69.3±2.7	18.4±0.8	31.8±5.0	33.3±4.4	95.6±6.2	477.5±75.7	2158.3±375.1	67.8±5.7	259.1±79.0	87.7±4.0	0.020±0	568.9±108.0	n=12

※値は平均値±標準偏差

2019年：施肥量の調査 (7号標準量, 8号1/2量) 調査日2019年9月25日

2020年：栽植密度の調査 (7号慣行, 8号疎植) 調査日2020年9月28日

2021年：栽植密度の調査 (7号疎植, 8号準疎植) 調査日2021年9月28日

第3表 農場実習Ⅲにおける収穫前生育・収量調査 (2021年)

年	圃場	処理区	1m ² 株数 (株)	穂数 (本)	茎数 (本)	有効茎歩合 (%)	1m ² 穂数 (本)	全穂数 (粒)	1穂数 (粒)	不稔穂数 (粒)	登熟歩合 (%)	玄米1粒重 (g)	収量 (kg/10a)	n
2021年	7号	疎植	12	31.4±4.6	34.5±5.1	91.1±6.3	376.4±54.8	2332.5±346.2	74.6±6.2	353.2±123.9	85.0±4.2	0.020±0.001	469.5±66.3	n=19
		準疎植	15	24.1±3.9	26.3±4.1	91.8±6.1	361.5±58.5	1754.0±261.1	73.1±6.5	173.3±68.7	90.0±3.8	0.021±0.001	501.8±79.2	n=20

※値は平均値±標準偏差

2021年：栽植密度の調査 (7号疎植, 8号準疎植) 調査日2021年10月16日

85.0%, 準疎植が90.0%であった。玄米1粒重は、疎植が0.020 g, 準疎植が0.021 gであった。収量構成要素以外では、1株茎数は、疎植が34.5本, 準疎植が26.3本であった。有効茎歩合は、疎植が91.1%, 準疎植が91.8%であった。

考 察

栽培年ごとで気象条件などが異なるため、年の違いにおいて一概に比較できないと思われるが、生育調査の結果から、草丈は、肥料を減らすと低くなる傾向がみられた。また、疎植の方が低くなる傾向がみられた。しかし、2021年の準疎植と疎植ではほとんど差がみられなかった。葉齢は、すべての年および圃場で14~17枚であり、ほとんど差はみられなかった。イネが一生のあいだに主稈から出す葉の枚数はふつう14~17枚とされており(栗原ら, 2000), 結果と比べて差がないことがわかった。茎数は、疎植の方が多くなっていたが、株間を広げると1株当たりの茎数(分けつ)が多くなるとされており(本田, 2009), 本調査結果と一致している。2020年の植付け本数の違いが分けつに及ぼす影響をみると、有効分けつ数を植え付け本数で割った1本当たりの茎数の増加数は、7号水田は6.4本, 8号水田は5.1本となり、植付け本数が多いほど1本当たりの増加数は少なくなった。また、8号水田は、穂長が7号水田よりも短く、1穂粒数が少ないことで収量が少なくなったと考えられた。

同様に、収量調査の結果から、収量は、2021年の施肥量2/3量で、栽植密度準疎植が最も多くなった。また、2020年の施肥量1/2量で、栽植密度疎植が最も少なくなった。しかしながら、収量の結果はばらつきが大きく、疎植では減収となる傾向がみられたが、有意差はなかった。また、2021年の収量調査の結果において、農業生産科学特別実習と農場実習Ⅲの間で違いがみられ、特に茎数および穂数で差が大きかった。これは、農業生産科学農場実習では、抜き取る調査株の選択を遠観で中庸なものとして指示しただけであったが、農場実習Ⅲでは、原則、生育調査に利用した株を抜き取らせたため、後者の茎数のほうがより揃っていたものと推定される。そのため、今後、抜き取りの前に平均的な茎数を計測し、抜き取り株を決めておく必要があると考えられた。疎植では1 m²株数が少なくなるため、補償作用として1株茎数および1株穂数は多くなり、1 m²穂数は少なくなる傾向がみられた。よって、疎植において、目標収量を鹿児島県の平均収量485 kg/10 a程度(農林水産省, 2022)とするためには、最高分けつ期までの茎数の確保と適正な茎数の推定がもとめられる。肥料については、標準量よりも、1/2量や2/3量の方が、収量が多い区がみられた。そのため、気象条件にも依ると推測されるが、施肥量については減らせる可能性があり、コストと収量を見比べて適正な量をさらに検討していく必要があると思われる。

収量構成要素以外の結果では、草丈においては、前述

の生育調査の結果と同様に、疎植では低くなる傾向がみられたが、2021年度の疎植と準疎植を比べると、株間の狭い準疎植の方が低くなった。生育調査の止葉発生時の草丈を比べると差はなかったため、止葉発生後に何らかの要因でこのような結果になったと思われるが、その要因についてはわからなかった。穂長は、疎植栽培の方が短くなる傾向がみられた。稈長は、肥料が多い方が、高くなる傾向がみられた。有効茎歩合は、慣行よりも疎植および準疎植の方が低くなる傾向がみられた。

気象条件が生育や収量に及ぼした影響をみてみると、生育については、2020年の茎数が移植直後から7月中旬までほとんど増えなかったが、これは、7月中旬の気温が低く、日照時間も少ないことが影響していると考えられた。収量構成要素については、2019年の慣行は2020年の慣行に比べて1穂粒数が少ないことから、出穂期の8月中旬から8月下旬にかけて日照時間が少ないことが影響している可能性が考えられた。また、2020年の疎植は2021年の疎植に比べて登熟歩合が低いことから、登熟期の9月上旬から9月中旬にかけて日照時間が少ないことが影響していると考えられた。

各項目の増減の要因については、気象条件や水管理の影響も受けられると思われるため、2022年に農事部に導入された水田 farmo および気象センサー(株式会社ファーモ)のデータを活用し、さらなる解析を進める必要があると思われる。

水稲の生育調査および収量調査は、収量の増減に関わる構成要素を調査し、最適な栽植密度や施肥量および栽培管理方法を探るために重要である。よって、本調査のように得られたデータをまとめ、蓄積していくことで、様々な条件で栽培された水稲の違いを示す指標となり、今後の水稲栽培実習に寄与できるものとする。

要 約

2019~2021年にかけて、鹿児島大学農学部附属農場において、農場実習での実施も含めた水稲の生育および収量調査を行った。その中で、省力化と肥料の削減を目的に、栽植密度および施肥量の検討を行った。生育調査の結果から、草丈は、施肥量を減らすと低くなる傾向がみられた。また、疎植栽培の方が低くなる傾向がみられた。葉齢は、14~17枚であった。茎数は、疎植の方が多くなった。収量調査の結果から、収量は、施肥量2/3量で栽植密度準疎植の場合、最も多くなった。全体的に、疎植は収量が少なくなる傾向がみられた。また、施肥量は、標準量よりも1/2量や2/3量の方が、収量が多い区もみられた。穂長は、疎植の方が短くなる傾向がみられた。稈長は、肥料が多い方が、高くなる傾向がみられた。

引用文献

本田 強. 2009. 疎植栽培の歴史と意義, 生育の特徴. 「農業技術体系」作物編第2-2巻. 技488の76-89. 農文

協. 東京.

池尻明彦・中司祐典・前岡庸介・井上 興・本田善之.

2013. 疎植栽培が生育, 収量および品質に及ぼす影響 (2). 山口農技センター研報4: 19-28.

川崎哲郎・森重陽子・杉山英治・木村 浩・杉本秀樹.

2008. 普通期栽培における株間の拡大が生育・収量に与える影響 - 育苗・苗運搬労力軽減のための水稲疎植栽培 -. 農作業研究43 (1): 21-27.

栗原 浩・蓬原雄三・津野幸人・他. 2000. 作物栽培の基礎. pp161-162. 農文協. 東京.

農林水産省. 2021. 令和3年版 食料・農業・農村白書.

pp188-193. 農林統計協会. 東京.

農林水産省. 2022. 令和4年産水稻の全国農業地域別・

都道府県別10 a 当たり平年収量. [Online] <https://www.maff.go.jp/j/press/tokei/seiryu/attach/pdf/220316-3.pdf> (2022年10月閲覧)

付 録

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に価値があり、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者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、⑤ Summary、⑥ Key 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^[1,2,3]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.zz.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^[a,b,3]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, cm², kl, dl, l, ml, μl, kg, g, mg, μg, ng, pg, hr, min, sec, rpm, Hz, Bq, cpm, dpm, ppm, ppb, °C, J, pH, LD₅₀, 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こらない限り、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（^{a, b, c, ...}）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44号

令和5年3月10日 印刷

令和5年3月17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

