

BULLETIN
OF THE
NATIONAL INSTITUTE OF VEGETABLE
AND TEA SCIENCE

野菜茶業研究所
研 究 報 告

第 11 号
平成 24 年 2 月



独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

野菜茶業研究所

NATIONAL INSTITUTE OF VEGETABLE
AND TEA SCIENCE (NIVTS)

National Agriculture and Food Research Organization (NARO)



野菜茶業研究所研究報告 第 11 号

所 長	望月 龍也
編集委員長	小島 昭夫
編 集 委 員	木幡 勝則
	吉田 建実
	今田 成雄
	荒木 陽一
	高市 益行
	白川 隆
	松尾 喜義

BULLETIN OF THE
NATIONAL INSTITUTE OF VEGETABLE
AND TEA SCIENCE
No. 11

Director General Tatsuya Mochizuki

Editorial Board

Chairman Akio Kojima
Katsunori Kohata
Tatemi Yoshida
Shigeo Imada
Yoichi Araki
Masuyuki Takaichi
Takashi Shirakawa
Kiyoshi Matsuo

野菜茶研研報. 11
Bull. Natl. Inst.
Veg. & Tea Sci. No. 11

本研究報告から転載・複製する場合には、
野菜茶業研究所の許可を得てください。

野菜茶業研究所研究報告

第 11 号

平成 24 年 2 月

目 次

施設野菜害虫モモアカアブラムシに対するギフアブラバチの生物的防除資材としての有効性評価と 利用技術の開発に関する研究	太田 泉 …………… 1
うどんこ病・つる割病・ワタアブラムシ抵抗性アールスメロン (<i>Cucumis melo</i> L.var. <i>reticulatus</i>), ‘アルシス’の育成	坂田 好輝・杉山 充啓・吹野 伸子・吉岡 洋輔・小原 隆由・下村 晃一郎 小島 昭夫・野口 裕司・橋本 友秀・野村 毅・原田 守 …………… 35
短側枝性・単性花性を有するメロン新品種 ‘フェーリア’の育成とその特性	杉山 充啓・小原 隆由・坂田 好輝・吹野 伸子・吉岡 洋輔・下村 晃一郎 小島 昭夫・野口 裕司 …………… 43
さび病抵抗性を有する ‘ねぎ中間母本農 1 号’の育成とその特性	若生 忠幸・山下 謙一郎・塚崎 光・小原 隆由・小島 昭夫・野口 裕司 …………… 55
ユビキタス環境制御システム通信実用規約に基づいた施設園芸用管理ソフトウェアの開発	安場 健一郎・黒崎 秀仁・高市 益行・鈴木 克己 …………… 63
炭疽病・輪斑病複合抵抗性のやや早生緑茶用品種 ‘さえあかり’の育成	吉田 克志・根角 厚司・田中 淳一・武田 善行・佐波 哲次・谷口 郁也 荻野 暁子・松永 明子・大前 英・武弓 利雄・和田 光正・吉富 均 …………… 73
暖地向け緑茶用極早生品種 ‘しゅんたろう’の育成とその特性	根角 厚司・吉田 克志・田中 淳一・谷口 郁也・荻野 暁子・佐波 哲次 武田 善行・吉富 均・大前 英・武弓 利雄・和田 光正 …………… 89
人工接種条件下におけるチャ赤焼病の病斑拡大と葉中の全窒素含有量及び葉の成熟度の関係	池田 奈実子・廣野 祐平・吉田 克志 …………… 99
ハウレンソウ可食部のカドミウム濃度に及ぼす有機質資材施用の影響	菊地 直 …………… 107

Bulletin
of the
National Institute of Vegetable
and Tea Science
No. 11 February 2012

Contents

Practical Evaluation of an Indigenous Aphid Parasitoid, <i>Aphidius gifuensis</i> (Hymenoptera, Braconidae) as a Biological Control Agent against Green Peach Aphid, <i>Myzus persicae</i> (Heteroptera, Aphididae) and Its Effective Applications in Greenhouses	Izumi Ohta 1
Development of an Earl's-Type Melon (<i>Cucumis melo</i> L.var. <i>reticulatus</i>), 'Arsis', with Resistance to Powdery Mildew, Fusarium Wilt and Cotton-Melon Aphid Yoshiteru Sakata, Mitsuhiko Sugiyama, Nobuko Fukino, Yosuke Yoshioka, Takayoshi Ohara, Koichiro Shimomura, Akio Kojima, Yuji Noguchi, Tomohide Hashimoto, Tsuyoshi Nomura and Mamoru Harada	35
'Feria', a New Melon (<i>Cucumis melo</i> L.) Cultivar with Suppressed-branching and Monoecious Traits Mitsuhiko Sugiyama, Takayoshi Ohara, Yoshiteru Sakata, Nobuko Fukino, Yosuke Yoshioka, Koichiro Shimomura, Akio Kojima and Yuji Noguchi	43
Development of 'Negi Chuukanbohon Nou 1', a Bunching Onion (<i>Allium fistulosum</i> L.) Parental Line with Rust Resistance Tadayuki Wako, Ken-ichiro Yamashita, Hikaru Tsukazaki, Takayoshi Ohara, Akio Kojima and Yuji Noguchi	55
Development of a Management Software for Protected Horticulture Based on the Practical Protocol of Ubiquitous Environment Control System Ken-ichiro Yasuba, Hidehito Kurosaki, Masuyuki Takaichi and Katsumi Suzuki	63
A Semi-Early Budding New Green Tea Cultivar 'Saeakari' with Resistance to Anthracnose and Gray Blight Katsuyuki Yoshida, Atsushi Nesumi, Junichi Tanaka, Yoshiyuki Takeda, Tetsuji Saba Fumiya Taniguchi, Akiko Ogino, Akiko Matsunaga, Hide Ohmae, Toshio Takyu, Kosei Wada and Hitoshi Yoshitomi	73
'Shuntaro', a New Extremely Early Budding Green Tea Cultivar (<i>Camellia sinensis</i>) Suitable for a Warm Region Atsushi Nesumi, Katsuyuki Yoshida, Junichi Tanaka, Fumiya Taniguchi, Akiko Ogino, Tetsuji Saba, Yoshiyuki Takeda, Hitoshi Yoshitomi, Hide Ohmae, Toshio Takyu and Kosei Wada	89
Relationship Between Lesion Development and Nitrogen Content and Maturity of Tea Leaves after Artificial Inoculation with the Causal Agent of Tea Bacterial Shoot Blight, <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>theae</i> Namiko Ikeda, Yuhei Hirono and Katsuyuki Yoshida	99
Effect of Organic Material Application on Cadmium Content of Spinach and Cadmium Form in soil Sunao Kikuchi	107

施設野菜害虫モモアカアブラムシに対するギフアブラバチの 生物的防除資材としての有効性評価と利用技術の開発に関する研究[†]

太田 泉

(平成 23 年 8 月 5 日受理)

Practical Evaluation of an Indigenous Aphid Parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera, Braconidae) as a Biological Control Agent against Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Heteroptera, Aphididae) and Its Effective Applications in Greenhouses

Izumi Ohta

目 次	
I 緒 言	1
II モモアカアブラムシの生活史パラメータ	3
1 目 的	3
2 材料および方法	3
3 結果と考察	4
III ギフアブラバチの生活史パラメータ	6
1 目 的	6
2 材料および方法	6
3 結 果	8
4 考 察	11
IV 低温短日がギフアブラバチの休眠反応に 与える影響	13
1 目 的	13
2 材料および方法	13
3 結果と考察	13
V ギフアブラバチの放飼による モモアカアブラムシの抑制効果	15
1 目 的	15
2 材料および方法	15
3 結 果	15
4 考 察	18
VI マミーの状態でのギフアブラバチの 低温保存性	19
1 目 的	19
2 材料および方法	19
3 結果と考察	20
VII ギフアブラバチのバンカー法のための 代替寄主アブラムシの選定	21
1 目 的	21
2 材料および方法	21
3 結 果	23
4 考 察	24
VIII 総合考察	25
IX 摘 要	27
引用文献	29
Summary	32

I 緒 言

アブラムシは、カメムシ目アブラムシ上科アブラムシ科に属する昆虫類を指し、全世界で約 4,300 種が記載さ

〒514-2392 三重県津市安濃町草生 360

野菜病害虫・品質研究領域

[†] 本論文は東北大学学位審査論文(平成 23 年 3 月, 農第 754 号)を基に編集・加筆したものである。本報告の一部は, *Appl. Entomol. Zool.*, 36, 103-109 (2001); 応動昆., 46, 259-261 (2002); *Appl. Entomol. Zool.*, 39, 113-117 (2004); 応動昆., 49, 78-82 (2005); *Appl. Entomol. Zool.*, 41, 555-559 (2006); *Appl. Entomol. Zool.*, 45, 233-238 (2010) において発表した。

れている。体長は数 mm と小型で、一部の例外を除いて柔らかな外皮で被われた軟弱な体を持つ。一部もしくはすべての世代が単為生殖を行う胎生の雌からなること、多くの種で無性生殖世代と有性生殖世代を繰り返す周期性単為生殖を行うこと、有性生殖世代のみが卵を産むこと、その生活環の中で顕著な多型性を示すこと、などの特徴を有する（深津，2000）。アブラムシは、針状に変形した口器を植物組織内に挿入して師管液を吸汁するため、植物に奇形や萎縮、落葉を誘発したり、高濃度の糖類が含まれた甘露を植物上に排泄してすす病を発生させる。我が国では、199種のアブラムシが、農作物や花木に寄生して被害を発生させる害虫として記録されている（日本応用動物昆虫学会，2006）。



図-1 モモアカアブラムシ *Myzus persicae* Sulzer

モモアカアブラムシ *Myzus persicae* (Sulzer) (図-1) は、北半球の極北部を除く全世界に広く分布する (Blackman, 1974)。寄主範囲はきわめて広く、40科以上の植物に寄生し (Blackman and Eastop, 2000)、日本国内でも96種類の作物への加害が記録されている (日本応用動物昆虫学会，2006)。また、本種は、100種類以上の植物病原ウイルスを媒介することでも知られている (van Emden ら，1969)。我が国では、1970年頃よりビニールハウスやガラス温室等を利用した施設園芸農業が本格的に取り組み始め、2001年には施設の総面積は約53,000 haまで増加している (日本施設園芸協会，2003)。モモアカアブラムシは、施設で頻繁に発生する重要害虫の一つとされており、特にナス、ピーマン、トマト、アブラナ科葉菜類を加害する (松崎，1972)。一般に施設の内部は、害虫の増殖に好適な環境条件が保たれ、野外で害虫の大きな死亡要因となる天敵や降雨の影響もないため、アブラムシが侵入すると急激に増加し、

被害の発生、拡大も速い (村井・積木，1996)。そのため、モモアカアブラムシの防除は、おもに化学合成殺虫剤によって行われてきたが、頻繁な薬剤散布によって、殺虫剤の効きにくい抵抗性個体群が多く出現した (森下・東，1990; 浜，2000)。また、生産者にとって、密閉空間である施設内での薬剤散布は重労働であり (国本ら，1995)、薬剤の被ばく量も多く (臼谷，1991)、労働環境上の問題も大きい。さらに、近年、消費者の食品に対する安心・安全志向の高まりから、減農薬栽培された農作物への関心も増加している。このような背景から、特にモモアカアブラムシなどの施設重要害虫に対しては、殺虫剤に代わる新たな防除技術の開発が望まれていた。

害虫を捕食もしくは寄生する昆虫や病原性微生物などの天敵を利用して害虫を制御する手法を生物的防除法という。生物的防除では、殺虫剤のような化学的防除資材とは異なり、天敵に対する抵抗性の発達や薬害の発生はない (安松，1970)。天敵の放飼は、薬剤散布よりもはるかに省力的であり (矢野，2003)、害虫防除作業の大幅な軽減化が可能である。

アブラムシにも多くの天敵が存在する。中でもナミテントウ *Harmonia axyridis* (Pallas) やナナホシテントウ *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) が良く知られているが、これらの天敵はコロニーサイズが大きいアブラムシを好んで捕食する傾向があるため、作物上に人為的に放してもアブラムシ小発生時には定着性が低く、圃場外へ逃亡する個体が多くなる。また、飼育に大量の餌アブラムシを必要とするため、高い増殖コストなどが問題とされており、アブラムシ類の生物的防除資材としてはほとんど普及していない。一方、コレマンアブラバチ *Aphidius colemani* Viereck は、モモアカアブラムシとワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover に寄生する天敵として導入され、おもに施設栽培の果菜類で利用されている。しかし、コレマンアブラバチは、地中海沿岸からインド大陸にかけての地域が原産地とされており、我が国には元来生息していない外来生物である (Starý, 1975)。また、本種は海外で増殖されたものが輸入、市販されているため、販売価格も殺虫剤に比べてかなり割高となっている。

本研究で扱ったギフアブラバチ *Aphidius gifuensis* Ashmead (図-2) は、日本や台湾、中国、朝鮮半島などの東アジア地域に生息する土着のアブラムシ寄生蜂である (Takada, 1992)。日本国内では、北海道、本州、四国、九州、沖縄に広く分布し (Takada, 2002)、ジャガイモやナスの露地圃場では、モモアカアブラムシ寄生蜂



図-2 ギフアブラバチ *Aphidius gifuensis* Ashmead

の優占種として記録されることが多い（高田，1976；山本，1997）．本種は土着の昆虫であるため，施設圃場に放した個体が野外に逃亡しても，自然生態系に与える影響は少なく，我が国の自然環境により適した特性を保持している可能性が考えられる．また，国内で容易に採集し飼育できるため，より低いコストで大量増殖することが可能である．このような背景から，本研究では，土着生物資源の有効利用と低コスト生物的防除資材の開発を目的とし，施設重要害虫モモアカアブラムシの生物的防除資材として寄生蜂ギフアブラバチの有効性評価を行い，本種を施設内で利用するための条件を明らかにした．

まず，Ⅱ，Ⅲ章では，いくつかの異なった温度条件下でモモアカアブラムシとギフアブラバチを個体別に飼育して，発育期間や生存率，産卵（子）数等の生活史パラメータを明らかにした．得られたデータを基に増殖率を算出して両種間で比較し，モモアカアブラムシの生物防除資材としてのギフアブラバチの有効性を判断した．Ⅳ章では，冬季施設内におけるギフアブラバチの利用を想定して，ギフアブラバチによって寄生されたモモアカアブラムシを低温短日条件下で飼育し，アブラバチの休眠性を明らかにした．Ⅴ章では，ガラス温室の中でモモアカアブラムシとギフアブラバチの個体群動態を調査し，アブラムシの初期密度やアブラバチの放飼方法が両種の個体数変動に与える影響を解析した．また，実際に作物を栽培しているビニールハウス内にモモアカアブラムシとギフアブラバチを放して，ギフアブラバチによるモモアカアブラムシの抑制効果を実証した．Ⅵ章では，ギフアブラバチの寄生によって形成されたモモアカアブラムシマミーをいくつかの異なる低温条件下に置き，マミーからのアブラバチ成虫の羽化率を比較することにより，低温下におけるギフアブラバチの保存性能を明らかにし

た．Ⅶ章では，飼育が容易でナスやピーマンを加害しないアブラムシの中から，ギフアブラバチの増殖に適した代替寄主アブラムシを選定し，ギフアブラバチ用のバンカー法の確立を目指した．

本論文の基となる学位審査論文の執筆にあたっては，東北大学大学院農学研究科の昆野安彦教授，堀雅敏准教授，遠藤宜成教授，伊藤幸博准教授にご指導を頂いた．また，元近畿中国四国農業研究センターの小林正弘氏，近畿中国四国農業研究センターの三浦一芸氏，日本植物防疫協会の宮井俊一氏，元近畿中国四国農業研究センターの大泰司誠氏，京都府立大学農学部の高田肇名誉教授，元中央農業研究総合センターの鈴木芳人氏，近畿大学農学部矢野栄二教授，高知農業技術センターの下八川裕司氏からは，本研究を進めるにあたって，ご指導や助言，各原著論文の校閲，実験材料の提供などを頂いた．さらに，元近畿中国四国農業研究センターの中島泉氏には，実験に使用するアブラムシやアブラバチの飼育，寄主植物の栽培管理にご尽力頂いた．この場を借りて厚く御礼申し上げる．

Ⅱ モモアカアブラムシの生活史パラメータ

1 目的

寄生蜂ギフアブラバチの飼育には，寄主アブラムシが必要である．また，本種の効率的増殖法や施設圃場への放飼技術を開発する上で，寄主アブラムシの生活史パラメータは重要な情報である．そこで，本章では，モモアカアブラムシをいくつかの異なった定温条件下で個体別に飼育し，幼虫の発育速度や生存率，成虫の産子数や生期間などの生活史パラメータを明らかにし，個体群の増殖率を求めた．

2 材料および方法

試験に使用したモモアカアブラムシは，1996年に近畿中国四国農業研究センター（広島県福山市）のキャベツ圃場から採集した無翅胎生雌成虫1頭をもとに増殖したクローン個体群である．累代飼育は温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，日長 16 L-8 D に調節した恒温室内で行い，寄主植物として 100 ml 容量の三角フラスコに水挿したダイコン葉（品種‘時無’）を与えた．

直径 7.5 cm，高さ 7 cm のビニールポットに植えたチンゲンサイ（品種‘青帝’）の第2もしくは第3本葉の表面に，誕生後 12 時間以内のモモアカアブラムシ 1 齢無翅幼虫 1 頭を接種した後，直径 2.5 cm，高さ 2.5 cm

のガラス管製のリーフケージ (高田, 1991) を被せて密閉した。チンゲンサイ各株を温度 $15 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ もしくは $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 相対湿度 $60 \pm 10\%$, 日長 16 L-8 D に調節した定温器内に置き, リーフケージ内の各アブラムシの齢と産子数を死亡するまで毎日記録した。アブラムシ幼虫の齢と成虫への羽化は, 脱皮殻によって判断した。供試個体数は 15°C で 20 頭, 20°C で 16 頭, 25°C で 17 頭, 30°C では 22 頭だった。なお, 成虫が産んだ幼虫は毎日取り除き, チンゲンサイ各株には適宜水を与えた。得られたデータをもとに, 各飼育温度におけるモモアカアブラムシ幼虫の生存率 (供試した 1 齢幼虫のうち成虫まで発育した個体の割合), 発育期間 (1 齢幼虫が成虫に発育するまでに要した時間), 成虫の生存期間 (成虫に羽化してから死亡するまでの期間) および総産子数を明らかにした。また, Birch (1948) による下記の計算式から, 個体群の純増加率 R_0 , 世代時間 T および内的自然増加率 r_m も求めた。

$$R_0 = \int_0^{\infty} l_x m_x dx$$

$$T = \sum x \cdot l_x \cdot m_x / R_0$$

$$\int_0^{\infty} e^{-rx} l_x m_x dx = 1$$

r_m は上式を満たす r の値。

l_x は日齢別の生存率, m_x は日齢別の産子数。

各飼育温度におけるモモアカアブラムシ幼虫の生存率は χ^2 検定で, 成虫の総産子数と生存期間は Tukey-Kramer test を用いて有意差検定を行った。

3 結果と考察

チンゲンサイで飼育したモモアカアブラムシ幼虫の生存率と発育期間を表-1 に示した。生存率は各温度とも

90%以上の高い値となり, 試験した 4 温度間で有意な差は認められなかった (χ^2 検定, $p > 0.05$)。発育期間は温度が高くなるにしたがって短くなる傾向が認められた。

有効積算温度の法則にもとづき, 飼育温度 (T) と幼虫期全体の発育速度 (発育期間の逆数) (V) との関係性を単回帰分析した結果, 有意な回帰式 $V = 0.0088 T - 0.0491$ ($r^2 = 0.999$, $p < 0.05$) が得られた。発育零点 T_0 と有効積算温度 K はそれぞれ 5.6°C と 113.1 日度となった。なお, 30°C では 25°C と比較して 2 齢の段階で明らかなる発育遅延が認められたので (表-1), 同温度でのデータは単回帰分析に用いなかった。Liu and Meng (1999) が調査したモモアカアブラムシ (寄主植物: タイサイ, *Brassica campestris* ssp. *chinensis*) では, $T_0 = 3.9^\circ\text{C}$, $K = 119.8$ 日度, Kocourek and Berankova (1989) では $T_0 = 6.0^\circ\text{C}$, $K = 116.3$ 日度 (寄主植物: テンサイ), また Rabasse and Shalaby (1980) によれば $T_0 = 4.8^\circ\text{C}$, $K = 124.5$ 日度 (寄主植物: ナス) と報告されており, 本研究で得られた結果と比較して大きな違いは認められなかった。

成虫 1 頭あたりの平均総産子数は 20°C の 89.3 頭が最も多く, 次いで 25°C , 15°C , 30°C の順となった。平均生存期間も 20°C の 41.4 日が最も長かった (表-2, 図-3)。一方, 30°C での総産子数は他の温度に比べて有意に少なく, 生存期間も 20°C や 25°C と比べて有意に短かった (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)。

Liu and Meng (1999) は, モモアカアブラムシの幼虫を 30°C 以上の高温で飼育すると発育速度が低下し, 33°C ではすべての個体が発育途中で死亡することを示した。また, Barlow (1962) も, 30°C では幼虫期 (寄主植物: タバコ) の死亡率が 100% に達すると報告している。本研究では, 30°C で飼育したモモアカアブラムシ幼虫に生存率の低下は認められなかったが, 成虫の産子数は有意に減少した。これらの結果を総合すると, 概ね

表-1 モモアカアブラムシ幼虫 (無翅胎生虫)^a の生存率と発育期間

飼育温度 ($^\circ\text{C}$)	生存率 ^b (%)	発育期間 (日, 平均値 \pm 標準誤差)				
		1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	合計
15	100.0 (20) ^c	2.7 \pm 0.28	2.5 \pm 0.17	3.1 \pm 0.22	3.7 \pm 0.15	11.9 \pm 0.25 (20) ^d
20	94.1 (17)	2.3 \pm 0.11	1.4 \pm 0.13	2.0 \pm 0.09	2.3 \pm 0.11	7.9 \pm 0.09 (16)
25	100.0 (17)	1.6 \pm 0.12	1.1 \pm 0.08	1.3 \pm 0.11	1.8 \pm 0.10	5.8 \pm 0.13 (17)
30	95.5 (22)	1.5 \pm 0.11	1.3 \pm 0.11	1.1 \pm 0.08	1.2 \pm 0.10	5.2 \pm 0.10 (21)

^a 日長 16L-8D, 寄主植物としてチンゲンサイを与えて飼育

^b (成虫まで発育した個体数 / 供試個体数) $\times 100$, 4 温度間で有意差なし (χ^2 検定, $p > 0.05$)

^c 供試したアブラムシ個体数

^d 発育期間の測定に使用したアブラムシ個体数 (成虫まで発育した生存個体数)

表-2 モモアカアブラムシ成虫(無翅胎生虫)^aの産子数, 生存期間とモモアカアブラムシ個体群の増殖率

飼育温度 (°C)	供試虫数	総産子数 ^b (/成虫1頭)	生存期間 ^b (日)	純増殖率 R_0 (/世代)	世代時間 T (日)	内的自然増加率 r_m (/日)
15	20	34.6 ± 3.3 b	19.0 ± 1.8 a	34.8	22.2	0.183
20	16	89.3 ± 3.9 d	41.4 ± 2.5 c	84.2	17.5	0.333
25	17	66.1 ± 4.0 c	26.6 ± 1.8 b	70.3	14.4	0.420
30	22	11.9 ± 1.4 a	13.1 ± 0.6 a	11.3	8.7	0.290

^a 日長16L-8D, 寄主植物としてチンゲンサイを与えて飼育

^b 平均値±標準誤差, 同ジアルファベット文字の付いた値の間では有意差なし (Tukey-Kramer test, $p > 0.05$)

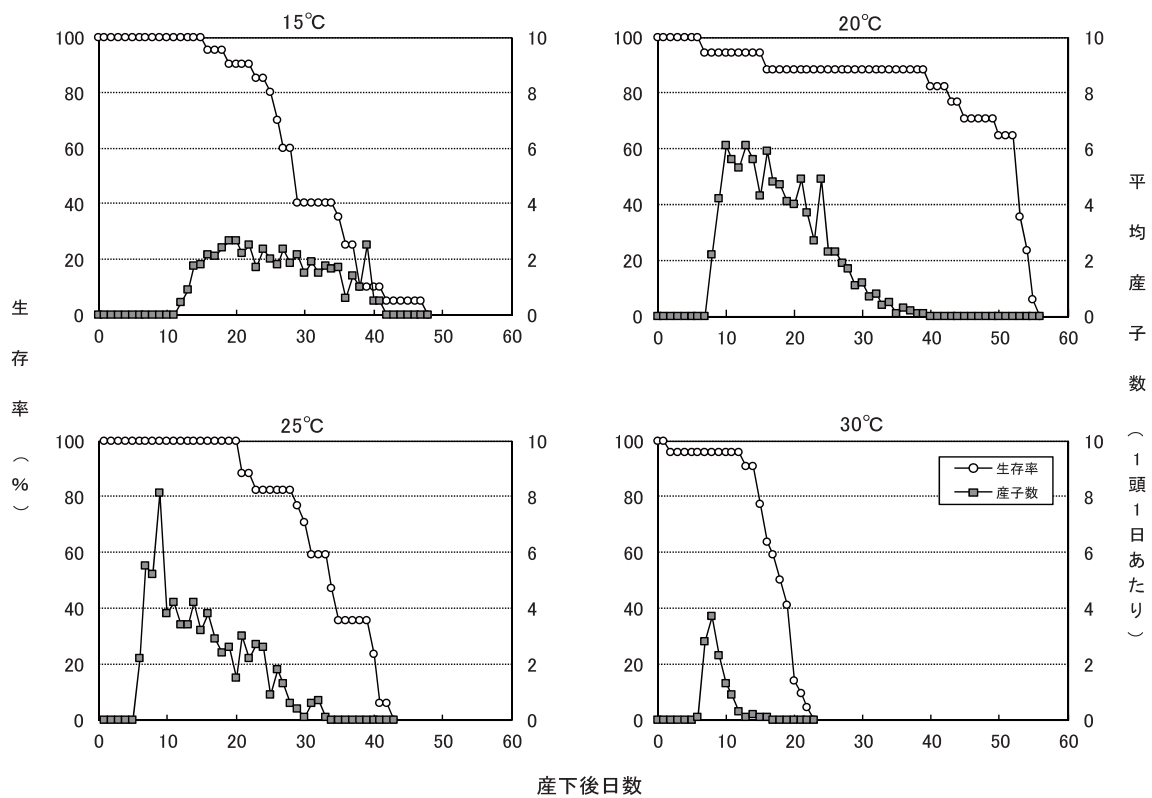


図-3 モモアカアブラムシ(無翅胎生虫)の生存率と産子数の推移 (日長16L-8D, 寄主植物としてチンゲンサイを与えて飼育)

30°C以上の高温は, モモアカアブラムシの発育および繁殖に適していないと考えられる。

モモアカアブラムシの内的自然増加率 r_m は 25°C の 0.420 が最大値となり, 次いで 20°C の 0.333, 30°C の 0.290, 15°C の 0.183 の順となった (表-2)。一方, Liu (1991) が調査したモモアカアブラムシ個体群 (寄主植物: タイサイ) の r_m は, 22.4°C で最大の 0.3717 となり, 次いで 26.0°C の 0.2999, 19.9°C の 0.2991, 16.9°C の 0.1960, 14.3°C の 0.1612, 28.1°C の 0.1296 となった。また, Barlow (1962) は, 15°C におけるモモアカアブラ

ムシの r_m を 0.340, 20°C で 0.447, 25°C では 0.450 と報告している。 r_m の最大値や最大となる温度域が異なったのは, 各試験に使用した寄主植物の違いが影響した可能性が考えられる。さらに, モモアカアブラムシでは, 殺虫剤に対する感受性や体内のエステラーゼ活性, 各寄主植物上での産子数などがクローン個体群間で異なる事例も知られている (浜, 2000; 高田, 1983; Takada, 1986)。したがって, 前述の r_m の違いは, 各実験で使用したクローン個体群の遺伝的な違いが影響した可能性も考えられる。

Ⅲ ギファブラバチの生活史パラメータ

1 目的

発育期間、生存率、産卵数、寿命、性比などの生活史パラメータは、天敵の様々な生態的特性を表し、飼育増殖法を構築する上で重要なデータとなる。また、これら生活史パラメータを用いて算出される内的自然増加率 r_m は、種特有の個体群の増殖率を示す値であり、天敵としての潜在能力や放飼方法を決定するための指標となる (van Lenteren, 1986)。ギファブラバチの生活史パラメータは、高田 (1976)、高田・竹中 (1982)、福井・高田 (1988)、金子ら (1992) などによって明らかにされているが、いずれも内的自然増加率 r_m の解析までには至っていない。また、海外では、Chao ら (1980)、Tang and Chen (1984)、Bi and Ji (1993, 1996)、Lu ら (1994)、Kuo (1995)、Wang and Li (1996) などによるギファブラバチの報告があるが、いずれも中国や台湾で採集されたギファブラバチ個体群の結果である。別種のアブラムシ寄生蜂のダイコンアブラバチ *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) では、地域個体群によって発育の温度反応が異なる事例が示されている (Campbell ら, 1974)。そのため、ギファブラバチの生態的特性についても、日本国内と海外に生息する個体群の間で異なる可能性が考えられる。そこで、本章では、日本国内で採集し増殖したギファブラバチ個体群をいくつかの異なった定温条件下で飼育し、各生活史パラメータや増殖率を求めて、既存のモモアカアブラムシの生物的防除資材であるコレマンアブラバチと比較した。

2 材料および方法

a 供試虫

モモアカアブラムシは、II章と同様に、1996年に近畿中国四国農業研究センター (広島県福山市) 内の圃場に栽植したキャベツから無翅胎生雌成虫1頭を採集し、温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、日長 16 L-8 D に調節した恒温室内でダイコン (品種 '時無') の葉を寄主植物として与えて増殖した。ダイコンはガラス温室内でプランターを用いて栽培し、地際付近の葉柄を切除して 100 ml 容量の三角フラスコに水挿したものを使った (以下の実験も同じ)。実験には、誕生後3日目のモモアカアブラムシ無翅幼虫 (大部分が3齢) を用いた。

ギファブラバチは、同年、同敷地内に栽植したジャガイモからモモアカアブラムシのマミーを採集し、室内でマミーから羽化させたアブラバチ成虫数十頭をもとに、

モモアカアブラムシを寄主として与えて増殖した。飼育条件はモモアカアブラムシと同じ温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、日長 16 L-8 D とした。

b 産卵成功率

以下の実験はすべて温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ に調節した恒温室内で行った。

直径 6 cm、高さ 1.5 cm のガラスシャーレの内側底面に、同サイズに切り抜いたダイコン葉を両面テープで貼り付けた。20~30頭のモモアカアブラムシを水で湿らせた面相筆を用いてダイコン葉上に静かに移した後、羽化後 24 時間以内で交尾後産卵未経験のギファブラバチ雌成虫1頭をシャーレ内に導入し、アブラバチの行動を観察した。アブラバチ1頭あたり最大でモモアカアブラムシ 10 頭まで寄生させた。なお、本実験では、ギファブラバチ雌成虫が腹部末端をアブラムシの体表面に突き刺す行動が認められたものを「寄生」と定義した。シャーレ導入後5分以内にアブラムシに全く寄生しないアブラバチは実験から除外した。寄生されたアブラムシ (以下「被寄生アブラムシ」と称する) は、同じアブラバチによる重複寄生を防ぐため、その都度面相筆を用いてシャーレ内から取り出し、他のダイコン葉に移動させた後、温度 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ 、日長 16 L-8 D に調節した定温器内に置いた。寄生から3日後に被寄生アブラムシを実体顕微鏡下で解剖して、アブラムシ体内に存在するギファブラバチ幼虫の数を記録した。モモアカアブラムシに対するギファブラバチの産卵成功率は以下の式によって求めた。

産卵成功率 (%) = (体内にギファブラバチ幼虫が含まれていた被寄生アブラムシ数 / 解剖した被寄生アブラムシ数) $\times 100$

福井・高田 (1988) によれば、寄生から解剖に供試した3日間でのギファブラバチの卵および若齢幼虫の死亡率はきわめて低いとされているので、今回、産卵成功率を計算するに当たって、この間のアブラバチの死亡率は無視した。

c 発育期間、生存率

ギファブラバチは、図-4に示した生活環を営む。本実験では、被寄生アブラムシの体型が紡錘形から球状に変形し、表皮が不透明な灰白色に硬化した状態を「マミー化」と定義した。前述と同じ方法で得た被寄生アブラムシをダイコン葉上に移した後、温度 $15 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ もしくは $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ 、

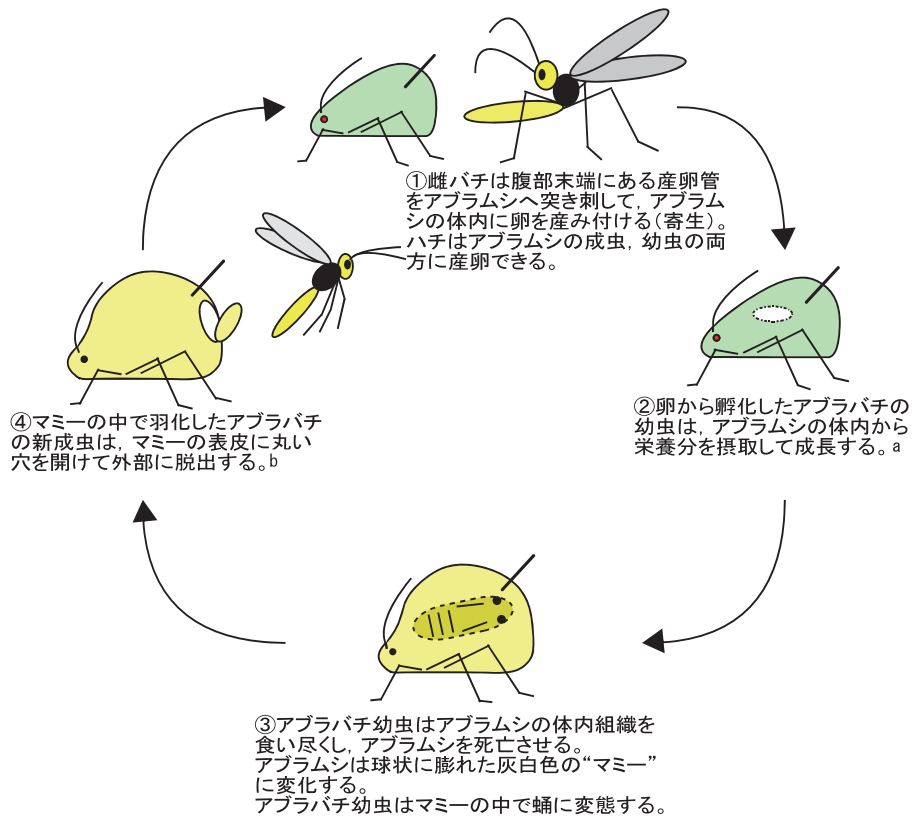


図-4 ギフアブラバチの生活環

- ^a ギフアブラバチは、1頭のアブラムシから1頭のハチしか発育できない単寄生性である。そのため、1頭のアブラムシに2個以上のアブラバチの卵が産み付けられても(過寄生)、1個のマミーから羽化するアブラバチ成虫の数は1頭のみである。
- ^b 新成虫は羽化後すぐに交尾し、寄主アブラムシを探索して産卵を始める。

日長 16 L-8 D に調節した定温器内に置いた。マミー化したアブラムシは、1個ずつ周囲の葉ごと切り取って直径 2.1 cm、高さ 4.5 cm のガラス管に入れてパラフィンフィルムで密閉し、もとの定温器内に戻した。各アブラムシとマミーの状態を 8 時間毎に観察して、寄生からマミー化までに要した期間、マミー化からアブラバチ成虫の羽化までに要した期間、および羽化したアブラバチ成虫の雌雄を記録した。なお、最後のマミー化が認められてから 3 日目以降もマミーにならなかったアブラムシや、最後のアブラバチ成虫の羽化から 3 日目以降も成虫が羽化しなかったマミーについては、観察を中止して死亡と判断した。

被寄生アブラムシのマミー化率、マミーからのアブラバチ成虫の羽化率、および寄生から成虫羽化までの発育期間全体を通しての生存率は、以下の式にもとづいて計算した。

マミー化率 (%) = [マミー化した被寄生アブラムシ数 / (供試した被寄生アブラムシ数 × 産卵成功率 0.849*)] × 100 * (表-3 参照)

羽化率 (%) = (アブラバチ新成虫が羽化したマミー数 / マミー数) × 100

生存率 (%) = マミー化率 (%) × 羽化率 (%) / 100

d 雌成虫の機能の反応

機能の反応とは、食う者と食われる者の関係を説明する概念の一つであり、食われる者の密度の変化に対する食う者 1 個体当たりの食べる量の変化の関係をあらわす (Solomon, 1949)。一般に、食う者の捕食量は、食われる者の密度増加に伴って増加するが、ある一定以上の密度で飽和に達することが知られている。本研究では、食う者がギフアブラバチ、食われる者がモモアカアブラムシとなり、ギフアブラバチ雌成虫 1 頭に与えたモモアカアブラムシの個体数と被寄生アブラムシ数の関係が機能の反応に該当する。本実験は、ギフアブラバチ雌成虫の総産卵数や生存期間を明らかにする次項の実験で、各雌成虫に与えるモモアカアブラムシの頭数を決めるため、ギフアブラバチ雌成虫の機能の反応を調べた。

実験はすべて、温度 25 ± 1 °C、相対湿度 60 ± 10 %、日

長 16 L-8 D に調節した恒温室内で行った。前項と同じ方法で、直径約 1.5 cm、高さ 4 cm のガラス管内にギフアブラバチの寄生によってできたモモアカアブラムシマミーを 1 個ずつ入れた。マミーから羽化して 24 時間以内のアブラバチ成虫を雌雄一組ずつ別のガラス管に移し替えた。交尾が確認された雌成虫 1 頭と、10~500 頭の異なる数のモモアカアブラムシを付けたダイコン葉を幅 15 cm、奥行 15 cm、高さ 30 cm の透明アクリル飼育容器内に導入して、アブラバチに自由に寄生させた。24 時間後にアブラバチを除去し、アブラムシはダイコン葉と共に飼育容器内で保存した。3 日後に全てのアブラムシを実体顕微鏡下で解剖して、アブラムシ体内に存在するアブラバチ幼虫の数を記録した。

e 雌成虫の産卵数、生存期間

この実験は、温度 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ もしくは $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ 、日長 16 L-8 D に調節した定温器内で行った。前項と同じ方法で、透明アクリル飼育容器内に羽化後 24 時間以内で交尾済みのギフアブラバチ雌成虫 1 頭と 200 頭のモモアカアブラムシを付けたダイコン葉を導入し、アブラバチに自由に寄生させた。24 時間後に寄生されていないモモアカアブラムシ 200 頭を付けた別のダイコン葉と交換し、これをアブラバチが死亡するまで毎日続けた。飼育容器から取り出したダイコン葉は、同条件に設定した別の定温器内に置き、 20°C で 10 日後に、 25°C では 7 日後にダイコン葉上のアブラムシマミーの数を記録した。なお、ギフアブラバチに寄生されたモモアカアブラムシがマミー化するまでに要する時間は、先の実験で 20°C では平均 8.3 日、 25°C では 5.9 日だったので (表-4)、上述の保存期間に設定した。アブラバチ雌成虫の日当たり産卵数は、観察されたマミー数を前述の実験で明らかにされたマミー化率 (20°C で 0.953、 25°C で 0.977) で除することによって得た。なお、前項の実験でモモアカアブラムシを 200 頭以上与えた場合には、1 頭のアブラムシから 2 頭以上のアブラバチ幼虫が観察される事例はごく少なかったため、過寄生の影響は無視した。成虫の生存期間は、実験を開始してからアブラバチが死亡するまでの期間とした。 20°C では 10 頭、 25°C では 20 頭のギフアブラバチ雌成虫を供試した。

f 増殖率

前項までの実験で明らかにしたギフアブラバチの卵 (寄生) から羽化までの生存率、発育期間、雌成虫の日別産卵数および生存期間のデータと以下の Birch

(1948) の式により、モモアカアブラムシを寄主とした場合のギフアブラバチ個体群の純増殖率 R_0 、平均世代時間 T 、内的自然増加率 r_m を求めた。なお、雌比は、ギフアブラバチ累代飼育個体群の平均雌比である 0.61 を用いた。

$$R_0 = \int_0^{\infty} l_x m_x dx$$

$$T = \sum x \cdot l_x \cdot m_x / R_0$$

$$\int_0^{\infty} e^{-rx} l_x m_x dx = 1$$

r_m は上式を満たす r の値。

l_x は日齢別の生存率、 m_x は日齢別の雌卵産卵数 (= 雌比 $0.61 \times$ 産卵数)。

g 統計解析

各飼育温度におけるギフアブラバチの発育期間は、Bonferroni 補正による t 検定で雌雄間の比較を行った。被寄生アブラムシのマミー化率、マミーからのアブラバチ成虫の羽化率、および寄生から成虫羽化までの発育期間全体を通してのギフアブラバチの生存率は、Tukey-type multiple comparison test で飼育温度間の比較を行い、 20°C と 25°C で飼育したギフアブラバチ雌成虫の総産卵数と生存期間の比較には t 検定を用いた。

3. 結果

a 産卵成功率

モモアカアブラムシに対するギフアブラバチの産卵成功率を表-3 に示した。ギフアブラバチ雌成虫の寄生を受けた被寄生アブラムシのうち、84.9% の個体からアブラバチ幼虫が観察された。なお、2 頭以上のアブラバチ幼虫に寄生されたアブラムシは認められなかった。

表-3 モモアカアブラムシに対するギフアブラバチの産卵成功率

解剖した被寄生アブラムシ数 ^a	被寄生アブラムシ 1 個体の体内に含まれていたアブラバチ幼虫数			産卵成功率 ^b (%)
	0頭	1頭	2頭以上	
73	11	62	0	84.9

^a アブラバチ雌成虫が腹部末端 (産卵管) をアブラムシの体表面に突き刺す行動が観察されたもの。13 頭のアブラバチを用いて得た。

^b (アブラバチ幼虫が含まれていた被寄生アブラムシ数 / 解剖した被寄生アブラムシ数) $\times 100$

b 発育期間と生存率

15、20、25、 30°C におけるギフアブラバチの発育期間を表-4 に示した。発育期間は飼育温度が高いほど短く

表-4 モモアカアブラムシに寄生したギファブラバチ^aの発育期間

飼育温度 (°C)	性別	供試虫数	発育期間 (日, 平均値±標準誤差) ^b		
			寄生～マミー	マミー～羽化	合計
15	♀	36	12.0±0.07 <i>ns</i>	7.9±0.06 *	19.9±0.10 *
	♂	87	12.2±0.06	7.3±0.05	19.5±0.08
20	♀	36	8.3±0.05 <i>ns</i>	4.7±0.06 *	13.0±0.05 *
	♂	102	8.3±0.02	4.3±0.02	12.6±0.03
25	♀	27	5.9±0.05 <i>ns</i>	3.8±0.04 *	9.7±0.06 *
	♂	81	5.9±0.03	3.5±0.03	9.4±0.04
30	♀	36	6.6±0.07 <i>ns</i>	4.1±0.07 <i>ns</i>	10.7±0.10 <i>ns</i>
	♂	65	6.6±0.06	4.0±0.06	10.6±0.10

^a 日長16L-8Dで飼育^b * 雌雄間で有意差あり (Bonferroni補正による*t*検定, $p<0.05$), *ns* 有意差なし ($p>0.05$)表-5 モモアカアブラムシに寄生したギファブラバチの発育零点と有効積算温度^a

発育ステージ	雌雄	回帰直線 ^b	r^2	発育零点 (°C)	有効積算温度 (日度)
寄生～マミー	♀	$V=0.0087T-0.0491$	0.976	5.6	115.0
	♂	$V=0.0087T-0.0507$	0.977	5.8	114.5
マミー～羽化	♀	$V=0.0138T-0.0742$	0.927	5.4	72.2
	♂	$V=0.0152T-0.0828$	0.927	5.5	65.9
全体 (寄生～羽化)	♀	$V=0.0053T-0.0295$	0.988	5.5	187.8
	♂	$V=0.0055T-0.0313$	0.985	5.7	181.0

^a 日長16L-8Dで飼育^b 15°C, 20°C, 25°Cのデータを用いて得た回帰式. T は温度(°C), V は発育速度(日⁻¹, 発育期間の逆数)を表す.

なる傾向が認められたが, 30°Cでの発育期間は25°Cよりもやや長くなった. 寄生からマミー化までに要した期間は, いずれの飼育温度でも雌雄間で有意な差はなかった (Bonferroni補正による*t*検定, $p>0.05$). 一方, マミーから羽化までの期間は, 15, 20, 25°Cで雄よりも雌が有意に長かった (Bonferroni補正による*t*検定, $p<0.05$). 15, 20, 25°Cのデータを用いて飼育温度と発育速度 (発育期間の逆数) の間の回帰分析を行った結果, 雌雄とも有意な回帰直線が得られた (表-5). これにより, ギファブラバチの発育零点は, 雌で5.5°C, 雄で5.7°C, 有効積算温度は雌で188.6日度, 雄で181.0日度となった.

被寄生アブラムシのマミー化率, マミーからのアブラバチ成虫の羽化率, および卵 (寄生) から羽化までの全発育期間を通してのギファブラバチの生存率を表-6に示した. マミー化率は飼育温度15°Cで89.9%, 20, 25, 30°Cでは90%以上, 羽化率は15, 20, 25°Cで90%以上, 30°Cで87.1%となり, 全発育期間を通しての生存率は

15°Cと30°Cで80%台, 20°Cと25°Cで90%台となった. 30°Cでの生存率80.9%は, 20°Cや25°Cでの生存率に比べて有意に低くなった (Tukey-type multiple comparison test, $p<0.05$).

c 雌成虫の機能の反応

ギファブラバチ雌成虫1頭によって寄生されたモモアカアブラムシの数と寄生率, 過寄生率 (2頭以上のアブラバチ幼虫が寄生していたアブラムシ個体の割合) の関係を図-5に示した. ギファブラバチに与えたモモアカアブラムシが100頭以下の場合, 被寄生アブラムシの数は供試アブラムシの数に比例して増加し, 寄生率も90%以上となった. 過寄生率は13.5~44.8%であった. 過寄生されたアブラムシの体内には, 2~5頭のアブラバチ幼虫が観察された. 一方, 200頭以上のアブラムシを与えた場合には, 被寄生アブラムシ数と供試アブラムシ数の間に明瞭な関係は見出せなかったが, 被寄生アブラムシ数が200頭を超えることはなかった. 過寄生率は低

表-6 モモアカアブラムシに寄生したギファブラバチ^aの生存率

飼育温度 (°C)	供試した被寄生 アブラムシ数	マミー化率 ^{b, e} (%)	羽化率 ^{c, e} (%)	全体での 生存率 ^{d, e} (%)
15	169	89.9 a	95.3 ab	85.7 ab
20	173	95.3 ab	98.6 a	94.0 a
25	135	97.7 b	96.4 b	94.2 a
30	147	92.9 ab	87.1 b	80.9 b

^a 日長16L-8Dで飼育

^b (マミー数/被寄生アブラムシ数×産卵成功率) × 100, 産卵成功率は0.849 (表-3参照)

^c (アブラバチ成虫が羽化したマミー数/マミー数) × 100

^d マミー化率 (%) × 羽化率 (%) / 100

^e 同じアルファベット文字の付いた値の間では有意差なし (Tukey-type multiple comparison test, $p > 0.05$)

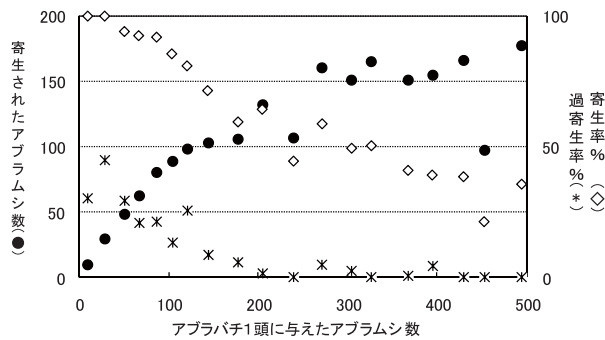


図-5 モモアカアブラムシに対するギファブラバチ雌成虫の機能の反応

く、すべて5%未満だった。これらの結果より、次項の実験で1頭の雌成虫に与えるモモアカアブラムシ数は、1日あたり200頭で十分であることが示された。

d 雌成虫の産卵数, 生存期間

1個体当たり毎日200頭のモモアカアブラムシを与えた場合のギファブラバチ雌成虫の生存率と平均日当たり産卵数の推移を図-6に示した。

ギファブラバチ雌成虫は20°Cで羽化後8日目まで、25°Cでは7日目まで全ての個体が生存したが、以後生存率が減少し、20°Cでは17日目に、25°Cでは18日目にすべての個体が死亡した。日当たり産卵数は羽化後1日目が最大となり、以後減少する傾向が認められた。ただし、20°Cでは7日目まで産卵数が増減した。1雌あたりの総産卵数と生存期間の平均値を表-7に示した。総産卵数は20°C, 25°Cとも500個余り、生存期間も12~13日となり、飼育温度による有意な差は認められなかった (t 検定, $p > 0.05$)。しかし、総産卵数は雌成虫各個体によってばらつきがあり、20°Cでは最小450.2個, 最大607.6個, 25°Cでは最小330.6個, 最大719.5個であった。な

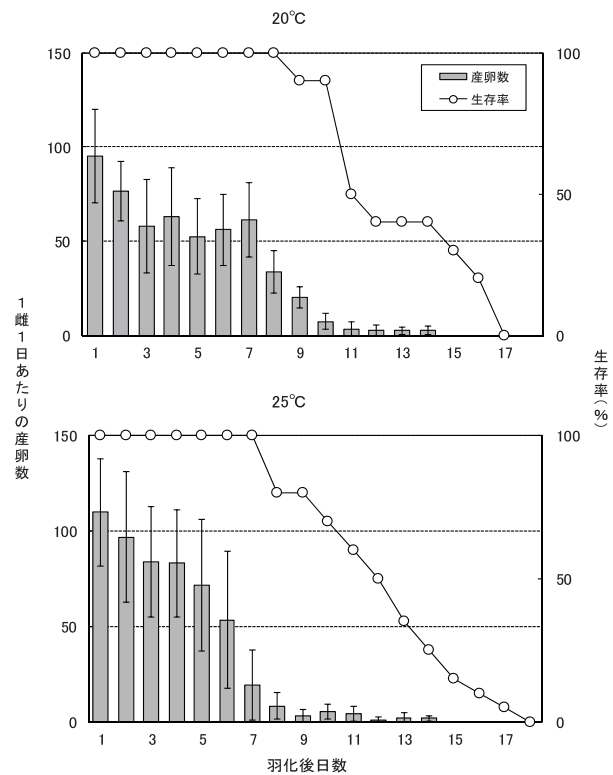


図-6 モモアカアブラムシを与えられたギファブラバチ雌成虫の産卵数と生存率の推移 (日長16L-8Dで飼育) グラフ上に付したバーは標準偏差を示す。

お、総産卵数の半分以上は、20°Cでは羽化後4日後までに、25°Cでは3日後までに産卵された (図-6)。

e 増殖率

モモアカアブラムシを寄主とした場合のギファブラバチ個体群の増殖率を表-7に示した。純増殖率 R_0 は20°C, 25°Cとも310前後だったが、平均世代時間 T は20°Cで17.3日, 25°Cで13.2日, 内的自然増加率 r_m は20

表-7 ギファブラバチ雌成虫^aの産卵数と生存期間およびギファブラバチ個体群^aの増殖率

飼育温度 (°C)	供試虫数	総産卵数 ^b (/雌1頭)	生存期間 ^b (日)	純増殖率 R_0 (/世代)	世代時間 T (日)	内的自然増殖率 r_m (/日)
20	10	529.0±17.7	12.8±0.8	306.2	17.3	0.351
25	20	536.7±35.3	12.3±0.7	312.0	13.2	0.463

^a 日長16L-8D, モモアカアブラムシ幼虫を毎日200頭与えて飼育

^b 平均値±標準誤差, 20°Cと25°Cの間で有意差なし (t 検定, $p>0.05$)

°Cで0.351, 25°Cで0.463となった。

4 考 察

一般に、寄生蜂の卵や幼虫が寄主の体内に寄生している時の生存率を正確に把握することは難しい。その理由は、寄生蜂の雌成虫が寄主昆虫に寄生する行動を示したときに、実際の産卵の有無を寄主の外見から識別できないためである。そのため、本章ではまず初めに、ギファブラバチの生存率を推測するために、本種の1回の寄生行動あたりの産卵成功率を求める実験を行った。その結果、産卵成功率は84.9%となり、これは同アブラムシに対するコレマンアブラバチと同程度に高い値となった(van Tol and van Steenis, 1994)。さらに、1回の寄生行動で2個以上の卵が産卵されたアブラムシは存在しなかった。これは高田(1975)の観察結果と一致しており、ギファブラバチは1回の寄生行動で1個の卵を産むことが改めて確認された。

二つ目の実験では、ギファブラバチの寄生を受けたモモアカアブラムシを一定の条件下で個別に飼育し、マミー化率、羽化率、発育全期間を通しての生存率および発育期間を求めた。その結果、15, 20, 25, 30°Cの4温度すべてにおいて、マミー化率、羽化率、生存率が80%以上の高い値となった(表-6)。コレマンアブラバチによって寄生されたモモアカアブラムシのマミー化率は約90%であり(飼育温度は不明)(van Tol and van Steenis, 1994)、ワタアブラムシに寄生したコレマンアブラバチの生存率は20°Cで85.9%、25°Cで72.2%とされている(van Steenis, 1993)。したがって、モモアカアブラムシに寄生した場合のギファブラバチの生存率は、コレマンアブラバチと同程度に高いと考えられた。

Kuo(1995)が明らかにしたギファブラバチの蛹化率、羽化率のデータから10, 15, 20, 25, 30°Cでの生存率を求めた結果、それぞれ0%, 50.3%, 80.0%, 32.0%, 18.0%となった。これらの値は本実験で得られた生存率よりも全般的に低い。本実験では25°Cで飼育した3日齢のモモアカアブラムシ幼虫を使用したが、Kuo

(1995)は1日齢のモモアカアブラムシ幼虫を供試している。しかし、金子ら(1992)は、ギファブラバチの羽化率に寄生時の寄主の齢は影響しないと報告しており、供試時のモモアカアブラムシの日齢の違いがギファブラバチの生存率に大きく影響したとは考えにくい。よって、Kuo(1995)の実験でギファブラバチの生存率が低くなった理由は不明である。

Tang and Chen(1984)、金子ら(1992)、Bi and Ji(1993)、Luら(1994)、Kuo(1995)も、雌雄の区別はしていないが、ギファブラバチの発育期間を明らかにしている。Kuo(1995)は台湾で採集されたギファブラバチについて、卵から羽化までの発育期間を15°Cで23.1日としているが、これは、本研究で明らかにした同温度での発育期間より約3日長い。また、札幌で採集されたギファブラバチも20°Cでの発育期間が15.4~16.3日となり、本結果よりも約3日長い時間を要している(金子ら, 1992)。Campbellら(1974)は、アメリカのバークレー(Berkeley)で採集されたダイコンアブラバチの発育期間が、カナダのバンクーバー(Vancouver)で採集された同種個体群よりも長かったと報告している。したがって、先に示したギファブラバチの発育期間の違いは、地域個体群間での遺伝的な違いが影響した可能性も考えられる。

30°Cにおけるギファブラバチの発育期間は、25°Cに比べて雌雄とも約1日長くなった(表-4)。通常、昆虫の発育速度(発育期間の逆数)は、飼育温度に比例して増加する。しかし、ある温度を超えると、発育速度の比例的な増加は見られなくなる(Campbellら, 1974)。例えば、寄生蜂*Aphidius smithi* Sharma and Subba Rao(寄主: エンドウヒゲナガアブラムシ *Acyrtosiphon pisum* (Harris))の発育は、25°Cより高い温度では遅延する(Foxら, 1967)。また、寄生蜂*Aphidius matricariae* Haliday(寄主: モモアカアブラムシ)の発育期間も、26.7°Cより29.5°Cの方が長い(Giriら, 1983)。したがって、本結果も、ギファブラバチの発育が30°C以上で遅延する可能性を示している。

一方, Kuo (1995) が調査した台湾産のギファブラバチでは, 30°Cでの発育遅延が認められない。そのため, ギファブラバチの発育遅延が生じる温度も, 発育期間と同様に地域個体群によって異なる可能性が考えられる。

本研究では, 有効積算温度の法則により, ギファブラバチの発育零点と有効積算温度も明らかにした。発育零点は雌で 5.7°C, 雄で 5.5°Cとなり, 台湾産のギファブラバチの 5.8°Cとほぼ同じ値であり (Kuo, 1995), 他のアブラムシ寄生蜂の *A. matricariae* の 6.0°C (Rabasse and Shalaby, 1980) や, *A. smithi* の 6.2°C, *Aphidius ervi ervi* の 6.1°C, *Aphidius ervi pulcher* の 6.1°Cなどとも近似している (Campbell and Mackauer, 1975)。しかし, 有効積算温度は雌で 188.6 日度と雄で 181.0 日度となり, *A. matricariae* の 189.4 日度 (Rabasse and Shalaby, 1980), *A. smithi* の 178.6 日度, *A. ervi ervi* の 196.8 日度, *A. ervi pulcher* の 187.9 日度など (Campbell and Mackauer, 1975), 寄生蜂の種によって異なる値が示されている。桐谷 (1997) によれば, 昆虫の発育零点は比較の変異の少ないパラメータであるが, 有効積算温度は, 同種内でも系統などによって異なることもあるという。上述の一連の結果もこれに一致している。

コレマンアブラバチの発育期間については, ワタアブラムシを寄主とした場合, 20°Cで 13.9 日 (Harizanova and Ekblom, 1997), 20°Cで雌 12.7 日, 雄 12.6 日, 25°Cで雌 10.0 日, 雄 9.6 日 (van Steenis, 1993), またモモアカアブラムシを寄主とした場合には, 25°Cで雌 9.5 日, 雄 9.4 日 (太田, 未発表) となっており, これらの値は, 本研究で示されたギファブラバチの 20°Cと 25°Cでの発育期間とと大きな差がないことを示している。

Hågvar and Hofsvang (1991) は, 寄生蜂の潜在的な産卵能力を評価するための実験条件として, 寄生蜂に対して, 寄生に好適な発育ステージでかつ十分な数の寄主の提供を挙げている。ギファブラバチ雌成虫の産卵数と生存期間を調べる実験では, 各成虫に対して毎日 200 頭のコモアカアブラムシ 3 日齢幼虫 (大部分が 3 齢) を死亡するまで与え続けた。この頭数は, 機能の反応の実験で, ギファブラバチ雌成虫 1 頭に与えるコモアカアブラムシの頭数として十分量であることが示されている。また, 高田 (1975) によれば, ギファブラバチは 3 齢のコモアカアブラムシ幼虫を最も好んで寄生するという。したがって, 本実験では, 適切な条件の下でギファブラバチの産卵能力が評価されたと考えられる。

寄生蜂は, 雌成虫の卵 (巣) 発育様式によって, 斉一

成熟性 (proovigenic) と逐次成熟性 (synovigenic) に分類できる。斉一成熟性の寄生蜂は, 卵巣内に多数の成熟卵を持った状態で羽化するため, 十分な数の寄主が存在すれば, 羽化直後から集中的に産卵する (Quicke, 1997), 一方, 逐次成熟性では, 羽化後に卵巣内の卵発育が活性化されて, ある程度の産卵前期間を経てから産卵を開始する。本実験では, ギファブラバチ雌成虫は羽化直後に最も多く産卵し, 以後産卵数が漸減する傾向が見られた (図-6)。これは, 高田・竹中 (1982) や福井・高田 (1988) が示した本種の産卵パターンとも一致し, ギファブラバチが斉一成熟性の寄生蜂であることを示唆している。斉一成熟性の寄生蜂を生物的防除に利用する場合, その産卵特性から, 羽化後の比較的短い期間だけ天敵として有効に作用するものと考えられる。したがって, ギファブラバチについても, 羽化後の若い雌成虫個体群が継続的に存在するような利用手法が必要であり, そのためには, ギファブラバチを数日~1 週間の間隔で複数回放飼する方法や, 予めギファブラバチの代替寄主を圃場内に設置して寄生蜂個体群の維持を図るバンカー法などが考えられる。なお, ギファブラバチ雌成虫の総産卵数は, 飼育温度 20°Cと 25°Cで有意な差は認められなかった。同様な傾向は, コレマンアブラバチやダイコンアブラバチでも示されており (van Steenis, 1993; Bernal and González, 1997), 羽化後に卵巣内での卵生産は行わない斉一成熟性の特徴を表しているものと考えられる (Bernal and González, 1997)。

ギファブラバチのような単寄生性の捕食寄生者の場合, 天敵の内的自然増加率が対象害虫 (寄主) のそれよりも高くなることは, 十分な害虫抑制効果を得るための条件とされている (van Lenteren and Woets, 1988; 矢野, 2003)。本種の内的自然増加率 r_m は 20°Cで 0.351, 25°Cで 0.462 となり, 寄主のコモアカアブラムシの内的自然増加率 r_m の 0.333 (20°C), 0.420 (25°C) よりも高くなった。したがって, ギファブラバチは, コモアカアブラムシの生物的防除資材として有用な特性を保持していると結論できる。一方, 上述の内的自然増加率は, 理想的な餌条件下で得られた値であり, ビニールハウスやガラス温室のような広い空間内に寄主がパッチ状に点在する環境下では, その最大増殖能力を発揮することは現実的には難しい (van Lenteren and Woets, 1988; 矢野, 2003)。そのため, 天敵としてのギファブラバチの能力評価においては, 広い開放空間での本種のアブラムシ探索能力を明らかにすることも重要と考えられる。

IV 低温短日がギファブラバチの休眠反応に与える影響

1 目的

温帯地域に生息するアブラムシ寄生蜂の多くは、秋季の温度や日長の変化に反応して、休眠が誘導される (Christiansen-Weniger and Hardie, 1997). 我が国では、施設でのナスやピーマンの促成栽培は9月から翌年の6月頃まで行われ、この期間の最短日長は約10時間である (国立天文台, 2010). 夜間の温度はナス栽培で10~12°C, ピーマンでは18~20°Cに管理されるため (石橋, 2004; 高橋, 2004), 低温短日となる冬期施設内の環境条件がギファブラバチの休眠を誘導し、モモアカアブラムシの天敵としての抑制効果を阻害する可能性が考えられる. Brodeur and McNeil (1989) や Christiansen-Weniger and Hardie (1997, 1999) は、エルビアブラバチ *Aphidius ervi* Haliday と *Aphidius nigripes* Ashmead の2種では、3齢もしくは終齢幼虫時にアブラムシマミーの中で休眠し、日長反応への感受性は寄主アブラムシ体内に寄生している若齢幼虫時に最も高くなるとしている. そこで、本研究では、ギファブラバチに寄生されたモモアカアブラムシを低温短日条件下に置き、得られたアブラムシマミーからの成虫の羽化状況を観察して、本種の休眠反応を明らかにした.

2 材料および方法

ギファブラバチとモモアカアブラムシの採集、飼育条件は、Ⅲ章と同じである. ギファブラバチは、羽化後24時間以内で、5%ハチミツ水溶液を与えて集団飼育中の個体群から得た雌成虫を供試した.

100頭のモモアカアブラムシ3日齢幼虫 (大部分が3齢) を予め付けておいたダイコン葉 (葉柄部分をスポンジで巻き、100 ml 容量の三角フラスコに水挿ししたもの) 4枚を、約50頭のギファブラバチ雌成虫と共に、幅30 cm, 奥行25 cm, 高さ30 cmの透明アクリル飼育容器内に入れ、自由に寄生させた. 温度25±1°C, 相対湿度60±10%の定温器内に6時間、明条件で置いた後、アブラバチを除去した. アブラムシは、ダイコン葉とともに温度15±1°C・日長14 L-10 D (低温長日), 15±1°C・10 L-14 D (低温短日), 25±1°C・14 L-10 D (高温長日), もしくは25±1°C・10 L-14 D (高温短日) に調節した4つの定温器にそれぞれ移動した. 相対湿度は全て60±10%に保った. アブラムシの状態を毎日観察し、マミー化したアブラムシは、直径2.1 cm, 深さ

4.5 cmのガラス管に個別に移し替えて、成虫が羽化するまで静置した. 最後のマミー化が観察されてから3日目以降もマミーにならなかったアブラムシは、実験から除外した. また、最後のアブラバチ羽化が認められてから3日目以降も成虫が羽化しなかったマミーは、マミーを切開してアブラバチの状態 (生死, 発育ステージ) を調べた. この実験で得られたデータから、被寄生アブラムシのマミー化率, マミーの羽化率, 羽化成虫の雌比および発育期間を求めて、異なる4条件の間で比較した (各値の求め方はⅢ章と同じ). 飼育途中で消失もしくは死亡したアブラムシの数は非常に少なかったため、データから除外した.

この実験は5回行い、反復毎に得られたマミー化率, 羽化率, 雌比の値を逆正弦変換した後に二元配置分散分析を行った. 発育期間については、15°Cと25°Cおよび雌雄間で有意差があることはすでに分かっているため (表-4), Bonferroni補正による t 検定により、温度別, 雌雄別に異なる日長間で比較した.

3 結果と考察

被寄生アブラムシのマミー化率, マミーからのアブラバチ成虫の羽化率および羽化成虫の雌比を表-8に示した. マミー化率と羽化率は、すべての飼育条件においてそれぞれ80%以上, 90%以上の高い値となった. 寄生蜂成虫が羽化しなかったマミーには、死亡したアブラバチの蛹もしくは成虫が含まれており、休眠している生存幼虫は観察されなかった. 雌比は0.60~0.64であった. 二元配置分散分析の結果, マミー化率, 羽化率, 雌比に対する温度と日長の効果は認められず, 温度と日長間の交互作用もなかった ($p>0.05$).

発育期間については、15°Cで飼育した場合のマミーから羽化までの期間が、雌雄とも長日 (14 L-10 D) よりも短日 (10 L-14 D) で有意に長くなったが (Bonferroni補正による t 検定, $p<0.05$), それ以外の条件では有意な差は認められなかった (表-9).

Christiansen-Weniger and Hardie (1999) によれば、休眠中のエルビアブラバチは、マミーから羽化までの期間が長くなる他、マミーの色も濃茶色 (普通は薄茶色) になると指摘している. さらに、休眠個体群の性比は通常よりも雄に偏るとしている. 本実験では、他とは異なった色彩を持つマミーや性比の偏りは見られなかった. また、15°Cでマミー化から羽化までに要する期間は、雌雄とも10 L-14 Dの短日条件の方が14 L-10 Dの長日条件よりも有意に長くなったが、その差は1日未満であ

表-8 異なる温度日長条件で飼育したギファブラバチ^aのマミー化率, 羽化率, 雌比

温度 (°C)	日長	供試虫数 ^b	マミー化率 ^{c, d} (%)	羽化率 ^{c, e} (%)	雌比 ^c
15	14L-10D	442	87.7	98.1	0.60
	10L-14D	425	89.8	97.3	0.64
25	14L-10D	477	92.0	96.0	0.64
	10L-14D	467	87.7	97.8	0.61
<i>p</i> ^f	温度		0.575	0.512	0.794
	日長		0.489	0.882	0.733
	温度×日長		0.125	0.475	0.064

^a 寄主: モモアカアブラムシ^b 5反復での合計頭数^c 5反復での平均値^d マミー数/(マミー数+マミー化しなかったアブラムシ数)×100^e (アブラバチ成虫が羽化したマミー数/マミー数)×100^f 各データを逆正弦変換した値による二元配置分散分析表-9 異なる温度日長条件で飼育したギファブラバチ^aの発育期間

温度 (°C)	日長	雌雄	供試虫数	発育期間 (日, 平均値±標準誤差)		
				産卵～マミー ^b	マミー～羽化 ^b	合計
15	14L-10D	♀	228	12.7±0.05 <i>ns</i>	8.9±0.05 *	21.6±0.07
	10L-14D		239	12.8±0.05	9.3±0.07	22.1±0.07
15	14L-10D	♂	152	12.9±0.06 <i>ns</i>	7.9±0.06 *	20.8±0.09
	10L-14D		132	12.8±0.07	8.5±0.07	21.2±0.10
25	14L-10D	♀	275	6.6±0.03 <i>ns</i>	3.7±0.03 <i>ns</i>	10.3±0.03
	10L-14D		245	6.5±0.03	3.6±0.03	10.1±0.02
25	14L-10D	♂	156	6.6±0.05 <i>ns</i>	3.4±0.04 <i>ns</i>	10.0±0.04
	10L-14D		156	6.5±0.05	3.3±0.04	9.8±0.05

^a 寄主: モモアカアブラムシ^b * 異なる日長間で有意差あり (Bonferroni補正による*t*検定, *p*<0.05), *ns*有意差なし (*p*>0.05)

り, その他の条件では発育期間に差はなかった. したがって, これらの結果から, モモアカアブラムシに寄生したギファブラバチは, 15°C・10L-14Dの低温短日条件下でも休眠することなく, 発育可能と考えられる.

一般に, 長日型の昆虫は短日条件下で休眠を誘導されるが, 高温時にはそれが阻害される (Tauber ら, 1986). 例えば, アブラバチの一種 *A. nigripes* は, 温度 15°C・日長 12L-12Dの条件下で飼育すると, 全個体が休眠を誘導される. しかし, 同日長下でも温度 20°Cでは休眠率が 50%となり, 25°Cでは 25%まで減少する (Brodeur and McNeil, 1989). さらに, 温度は昆虫の様々な行動にも影響を与える. Langer ら (2004) は, アブラバチの産卵, 歩行, 飛翔活動には 10°C以上の温度が必要としている. 冬期の施設内の温度は, ナス栽培の場合におよそ 10~30°C, ピーマンでは 18~30°Cの間

を変動するが (石橋, 2004; 高橋, 2004), いずれも 1日全体での平均温度は, 本実験で低温と設定した 15°Cを上回る. したがって, ギファブラバチが上述の長日型の昆虫と同じ温度反応を示すとすれば, 本種はナスやピーマンを栽培中の冬期施設内においても休眠することなく発育可能と考えられる. さらに, ナス, ピーマン栽培の施設では温度が 10°C以上に保たれることや, アブラバチ類が昼行性であることなどから, ギファブラバチ成虫の寄主探索行動や産卵行動が低温によって阻害される可能性も低い. このことから, ナス, ピーマン栽培の施設内では, 低温短日条件となる冬期間においても, ギファブラバチによるモモアカアブラムシの抑制効果は維持可能と考えられる.

昆虫の休眠反応が地域個体群によって変異することは, 多くの種で報告されている. 例えば, 低緯度の地域に生

息する個体群は短い日長条件にのみ休眠反応を示すが（場合によっては休眠しない）、高緯度の同種個体群はより長い日長でも休眠が誘導される（Tauber ら, 1986）。ギファブラバチは、日本では北海道（北緯約 34 度）から沖縄（北緯約 26 度）まで広く分布している（Takada, 2002）。本研究では、広島県福山市（北緯 34.5 度）で採集されたギファブラバチ個体群を使用した。そのため、他地域由来のギファブラバチ個体群（特に高緯度の北日本地域で採集されたギファブラバチ）を冬期施設内で利用する場合には、低温短日条件下での休眠反応を改めて調査する必要がある。

V ギファブラバチの放飼によるモモアカアブラムシの抑制効果

1 目的

生物的防除資材として天敵の有効性を評価するに当たっては、生活史パラメータや増殖率、休眠性などの生態的特性を明らかにする以外に、害虫とその寄主植物が存在する環境下で天敵を放飼して、天敵による害虫抑制効果を検証することも重要である（van Lenteren and Manzaroli, 1999）。Chao ら（1980）は、モモアカアブラムシが発生しているタバコ圃場にギファブラバチを放飼して、アブラムシ個体群の増加が低く抑えられることを示した。しかし、Chao らの試験は露地圃場で行われたものであるため、他の土着天敵や高次寄生蜂などがモモアカアブラムシやギファブラバチの個体群動態に影響を及ぼした可能性もあり、アブラバチの放飼方法の検討までには至っていない。オンシツツヤコバチ *Encarsia formosa* Gahan やハモグリバエ類の天敵寄生蜂では、天敵の放飼時期や密度、回数が、害虫の抑制効果に強く影響することが示されている（矢野, 1988; Boot ら, 1992; Heinz ら, 1993; van Roermund ら, 1997）。そこで、本研究では、小型の閉鎖系ガラス温室を用いてギファブラバチの放飼試験を行い、モモアカアブラムシの初期密度やギファブラバチの放飼回数、放飼間隔等がモモアカアブラムシの抑制効果に与える影響について検討した。また、ビニールハウスでも放飼試験を行い、ギファブラバチによるモモアカアブラムシの抑制効果を実証した。

2 材料および方法

ギファブラバチとモモアカアブラムシの採集、飼育条件は、Ⅲ章と同じである。

a ガラス温室

広さ 3.7 m × 2.8 m、最大高 4.9 m の小型ガラス温室 3 室を試験に使用した（以後それぞれをガラス温室 A, B, C と称する）。各室中央部に幅 80 cm、長さ 140 cm、高さ 50 cm の栽培棚を置き、その上に播種後約 1 ヶ月のチンゲンサイ（品種‘青帝’）1 株を植えたプラスチックポット（サイズ 1/10,000 a）24 個を 20 cm 間隔で 4 × 6 列に配置した。試験は 2000 年 9 月 19 日～10 月 23 日（試験 1）、同年 11 月 21 日～12 月 4 日（試験 2）および 2001 年 4 月 10 日～5 月 18 日（試験 3）の計 3 回行った。なお、チンゲンサイの播種から収穫までに要する日数は、温暖期の露地栽培で概ね 1.5 ヶ月、厳寒期のハウス内トンネル栽培で 3 ヶ月とされている。各ガラス温室内の温度は、温湿度データロガー（TR-72 S, 株式会社ティアンドディ）を用いて 30 分毎に測定し、防虫網（SUS 40 メッシュ）付きの天窓、側窓の開閉および空調設備により、約 15～30℃の範囲内になるように制御した。また、自然日長が 12 時間未満となる試験 1 および試験 2 では、午前 5 時から日の出までの間と日没から午後 7 時の間に室内の蛍光灯（40 W 4 本）を点灯し、長日条件（14 L-10 D）になるように調節した。

試験開始日に羽化後 24 時間以内のモモアカアブラムシ無翅胎生雌成虫をチンゲンサイ各株に一定数ずつ接種した。また、ギファブラバチは、羽化後 24 時間以内で所定の数の雌雄成虫を入れた小型ガラス管を栽培棚上の中央に置いて放飼した。試験 1～3 の各ガラス温室におけるモモアカアブラムシの接種密度やギファブラバチの放飼日、放飼数は表-10 に示した。試験開始から 3～4 日ごとに、チンゲンサイに付いているモモアカアブラムシおよびモモアカアブラムシマミーの数を全株全葉について記録した（アブラバチ成虫が脱出した後のマミーは除去した）。なお、試験期間中にガラス温室外からの他の昆虫の侵入は認められなかった。

b ビニールハウス

試験は、近畿中国四国農業研究センター（広島県福山市）内に設置したビニールハウス（幅 4.5 m、奥行き 13.5 m、最大高 2.7 m、側面部には 0.6 mm 目合いの防虫網を展張）2 棟を用いて行った。ハウス 1 棟につき幅 100 cm、長さ 12 m の畝 3 本を立てて、2000 年 3 月 1 日に各畝にチンゲンサイ（品種‘青帝’）を 2 条播きした（条間 50 cm、株間 30 cm、40 株/条、240 株/ハウス）。4 月 9 日に 2 棟のハウスの各条南端から 3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38 番目のチンゲンサイに羽化後 24 時間以

表-10 モモアカアブラムシとギファアブラバチの接種、放飼方法

試験No. (期間)	モモアカアブラムシ		ギファアブラバチ		温度 (°C) ^b
	ガラス 温室	接種数 (/株)	接種日	放飼日 ^a (/回)	
1 (2000/9/19 ~10/23)	A	3	9/19	♀12, ♂12 9/19 (0), 9/26 (7), 10/3 (14), 10/10 (21)	22.1 (14.2-29.9)
	B	3	9/19	♀12, ♂12 9/19 (0), 9/22 (3), 9/26 (7), 9/29 (10)	22.9 (16.1-29.6)
	C	3	9/19	♀48, ♂48 9/19 (0)	22.4 (16.2-32.3)
2 (2000/11/21 ~12/3)	A	6	11/21	♀12, ♂12 11/21 (0), 11/28 (7) ^c	21.6 (16.9-36.3)
	B	6	11/21	♀12, ♂12 11/21 (0), 11/24 (3), 11/28 (7), 12/1 (10)	21.8 (18.1-37.8)
	C	6	11/21	♀48, ♂48 11/21 (0)	未記録
3 (2001/4/10 ~5/18)	A	1	4/10	♀12, ♂12 4/10 (0), 4/17 (7), 4/23 (13), 5/1 (21)	21.2 (13.4-32.7)
	B	1	4/10	♀12, ♂12 4/10 (0), 4/13 (3), 4/17 (7), 4/20 (10)	21.8 (13.0-31.7)
	C	1	4/10	♀48, ♂48 4/10 (0)	21.1 (11.8-33.3)

^a 括弧内の数字は、モモアカアブラムシを接種してからの経過日数を示す。

^b 平均値 (最低値-最高値)

^c アブラバチは4回放飼する予定だったが、アブラムシ数の急増により2回目の放飼後に調査を打ち切った。

内のモモアカアブラムシ無翅成虫を1頭/株の密度で接種した。ギファアブラバチは、4月9日、20日、26日、5月1日に、1棟のハウスの中央部にマミー240個を置いて放飼した。マミーからの成虫の羽化率はそれぞれ98.8%、90.8%、87.5%、91.7%だった。別の1棟にはアブラバチは放飼しなかった。

調査はアブラムシを接種した日から3~7日ごとに行った。アブラムシ接種株のうち各条から4本ずつ系統抽出して(奇数番目の株もしくは偶数番目の株、ただし、条および調査日ごとに任意に選定)、モモアカアブラムシおよびマミーの数を記録した。アブラバチ成虫が羽化したマミーは除去した。また、モモアカアブラムシによるチンゲンサイの被害程度を明らかにするため、5月14日に全株の見取り調査を行った。目視によってアブラムシが確認された株を被害株とし、条ごとに被害株数を求めた。

3 結果

a ガラス温室

1) 試験1

全てのガラス温室において、モモアカアブラムシ個体群の増加が抑制された(図-7a)。モモアカアブラムシの個体数は、試験開始17日後の10月6日に最も多くなり、ギファアブラバチを1週間間隔で4回放飼したガラス温室Aでは株あたり平均28.3頭、3日間間隔で4回放飼したガラス温室Bでは58.0頭、4倍量のアブラバチを試験開始日にのみ1回放飼したガラス温室Cでは117.1頭まで増加したが、最終調査日の10月23日(試験開始34日後)には、ガラス温室Aでは0頭となり、ガラス温室B、Cにおいても株あたり平均1頭、5.2頭まで減少した。一方、ギファアブラバチの寄生によってできたモモアカアブラムシマミーは、ガラス温室BおよびCでは試験開始24日後(10月13日)に最も多くなり、それぞれ株あたり平均40.4個、95.3個まで増えたが、モモアカアブラムシの増加が最も抑制されたガラス温室Aでは、試験開始10日後(9月29日)に最大20.0個となり、以後漸減した(図-7b)。

2) 試験2

モモアカアブラムシの初期密度を試験1の2倍の6頭/株とした試験2では、全てのガラス温室においてモモアカアブラムシの個体数が急増し、試験開始13日後の12月4日(ガラス温室Aは試験開始10日後の12月1日)に調査を打ち切った(図-7c)。マミーは試験開始10日後から観察され始めて、13日後(12月4日)には

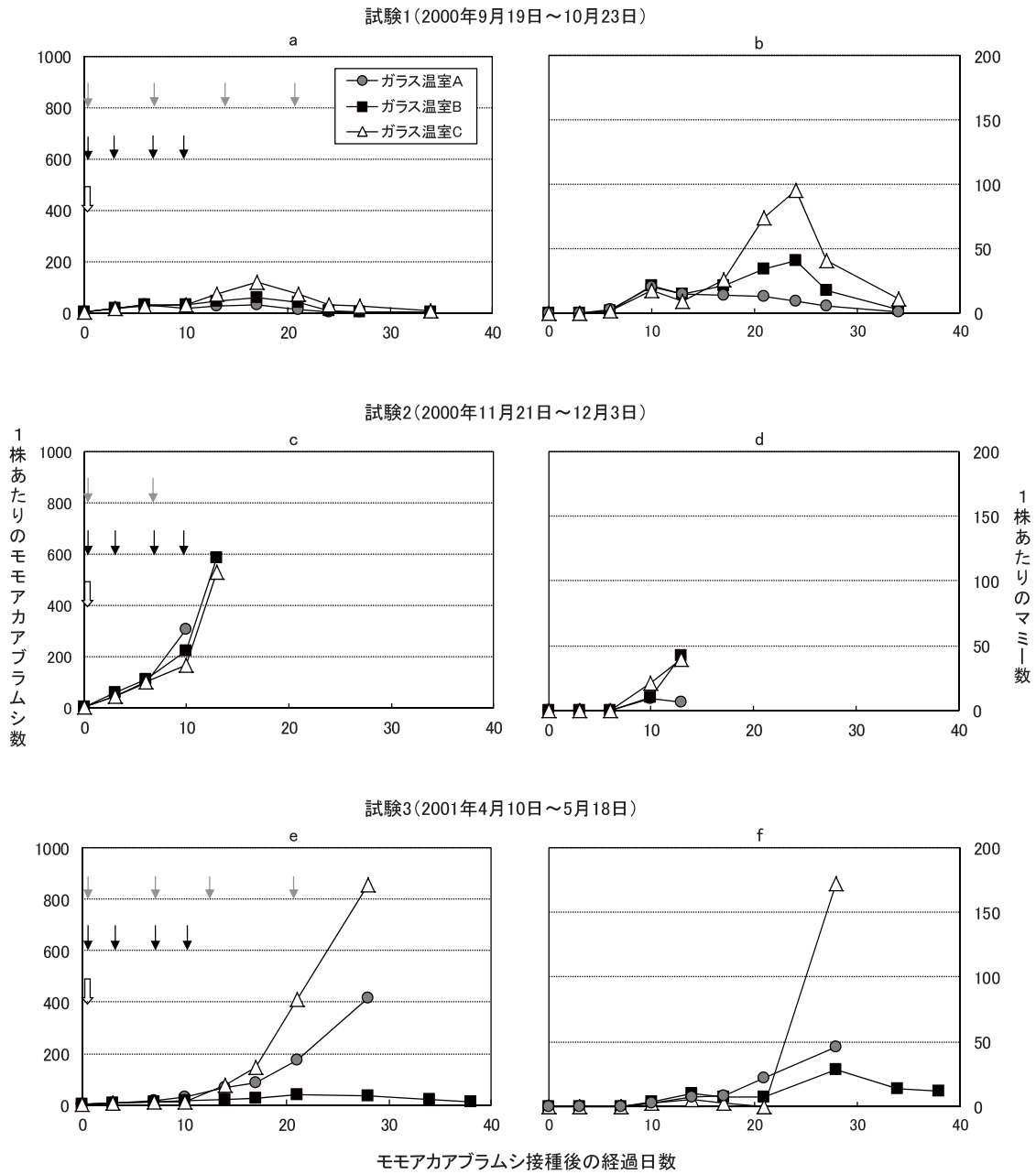


図-7 ギファブラバチ放飼によるモモアカアブラムシの増殖抑制効果(小規模ガラス温室)

左グラフ a, c, e はモモアカアブラムシ数, 右グラフ b, d, f はマミー数の推移を表す.

灰色矢印↓, 黒矢印↓, 白抜き矢印↓は, ガラス温室 A, B, C でのギファブラバチの放飼日を示す.

ガラス温室 B で株あたり平均 42.5 個, ガラス温室 C では 39.3 個まで増えたが, ガラス温室 A では逆に 5.9 個に減少した(図-7 d).

3) 試験 3

モモアカアブラムシ個体群の増加が抑制されたのはガラス温室 B のみだった(図-7 e). ガラス温室 A および C では, 試験開始 28 日後の 5 月 8 日にアブラムシの数が株あたり平均 414.2 頭と 858.3 頭まで増加したため,

その後の調査は打ち切った. マミーは試験開始 17 日後(4 月 27 日)まで, 全てのガラス温室において株あたり平均 10 個未満の少ない状態が続いたが, その後増加した. ガラス温室 C では 28 日後(5 月 8 日)にマミー数が 171.9 個に急増した(図-7 f).

b ビニールハウス

モモアカアブラムシ数とアブラムシマミー数の推移を

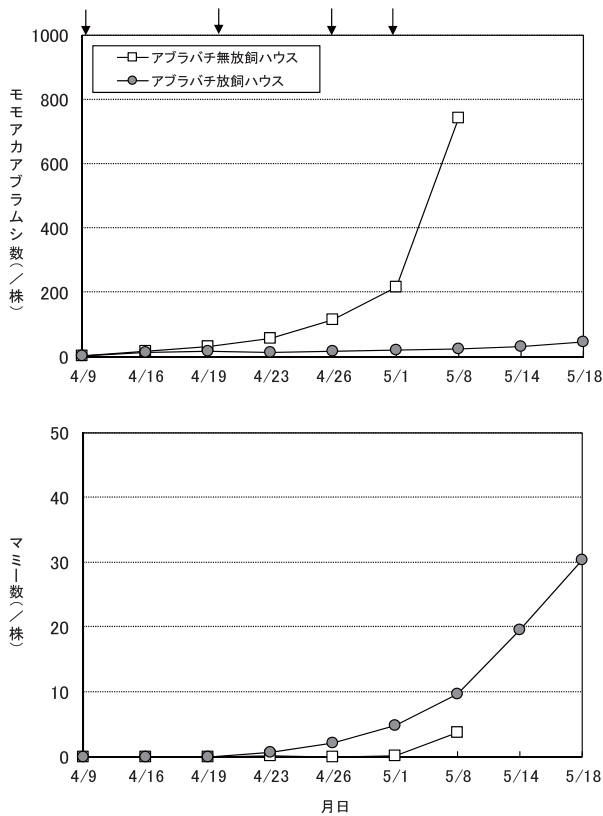


図-8 ギファブラバチ放飼によるモモアカアブラムシの増殖抑制効果（ビニールハウス）
グラフ上の矢印↓は、ギファブラバチの放飼日を示す。

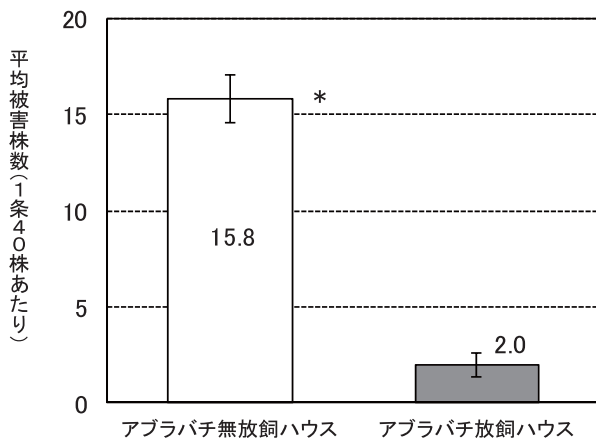


図-9 ギファブラバチの放飼とチンゲンサイのモモアカアブラムシ被害株数の関係

グラフ上に付したバーは標準誤差を示す。

* 2つのハウス間で有意差あり（マン・ホイットニーの U 検定, $p < 0.005$ ）

図-8に示した。ギファブラバチ無放飼ハウスではモモアカアブラムシの個体数が急増した（調査は5月8日で打ち切り）。一方のギファブラバチ放飼ハウスでは、モモアカアブラムシ数は大きく増加することなく、ほぼ横

ばい傾向を示した。マミー数は時間の経過とともに増加した。また、被害株数はギファブラバチ無放飼ハウスで有意に多かった（マン・ホイットニーの U 検定, $p < 0.005$ ）（図-9）。

4 考 察

ガラス温室における放飼試験では、ギファブラバチの放飼によってモモアカアブラムシ個体群の増加が抑制されたのは、試験1のガラス温室3室と試験3のガラス温室B（ギファブラバチを約3日間隔で4回放飼）だった。その他の試験区では、アブラバチ放飼によるモモアカアブラムシの抑制効果が認められず、アブラムシ数は増加した。

試験期間中のガラス温室内の平均温度は、試験1, 2, 3で21.1~22.9°Cの範囲であった（表-10）。これらの温度域におけるギファブラバチの発育期間は、表5に示された直線回帰式により、寄生からマミーまでは雌で6.7~7.4日、雄で6.7~7.5日、羽化までは雌で10.9~12.1日、雄で10.6~11.8日と推定される。また、ギファブラバチの雌成虫は、斉一成熟性（proovigentic）の産卵様式により羽化直後に集中的に産卵する傾向があり、20°Cで羽化後4日間、25°Cでは羽化後3日間に生涯総産卵数の50%以上を産卵する（図-4）。したがって、ギファブラバチ雌成虫が放飼直後からモモアカアブラムシに寄生したとすれば、アブラムシのマミーは放飼から約7~11日後に出現すると考えられる。本試験でギファブラバチの第1回放飼10日後（試験開始10日後）に確認されたマミーの数は、試験1のガラス温室Aでは株あたり平均20.0個、ガラス温室Bでは21.2個、ガラス温室Cでは17.5個、試験2ではそれぞれ9.0個、9.9個、20.9個、試験3では2.3個、3.5個、2.3個だった（図-7b, d, f）。また、アブラムシに対するマミーの存在比率（マミー数 / (アブラムシ数 + マミー数) × 100）は、試験1のガラス温室Aでは56.1%、ガラス温室Bは40.7%、ガラス温室Cは36.5%であったのに対して、試験2ではそれぞれ2.9%、4.2%、11.1%、試験3では7.4%、18.7%、14.8%となり、試験2と試験3におけるマミーの存在比率が、試験1に比べて総じて低い傾向が認められた。試験2はモモアカアブラムシの初期密度が高かったため（6頭/株）、試験開始時からギファブラバチの寄生数がモモアカアブラムシの個体数増加に追いつけず、その結果、アブラムシの増加を抑制できなかった可能性が考えられる。一方の試験3は、モモアカアブラムシの初期密度が最も低かったにもかかわらず（1頭/

株), 2つのガラス温室でアブラムシの増加を抑制できなかった。本試験では, 試験開始後17日目までマミー数が平均10個未満と非常に少ない状態が続いた点や, ガラス温室Bでのみモモアカアブラムシの増加が抑制されたこと, ガラス温室Cでは28日目にマミー数が急増したことなど, 試験1, 2では観察されなかった結果が得られており, その原因を含めて今後の再検討が必要と考えられる。

矢野(1988)は, 個体群動態モデルを用いてオンシツコナジラミ *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) に対するオンシツツヤコバチの放飼条件を検討し, 同じ放飼頭数であれば多くの回数に分けて寄生バチを放飼することによって, 害虫の抑制効果をより高めることができると推測した。試験1では, ギフアブラバチを4回に分けて放飼したガラス温室AとBが, 1回にまとめてアブラバチを放飼したガラス温室Cよりもモモアカアブラムシの増加をより低く抑えており(図-7b), 矢野(1988)の推論と一致した。

本試験の結果を総合すると, 放飼したギフアブラバチが次世代を生産し, かつアブラバチによって増殖抑制が可能なモモアカアブラムシの密度レベルが存在することが明らかになった。また, ギフアブラバチは複数回に分けて放飼する方が, 1回にまとめて放飼するよりもモモアカアブラムシの抑制効果がより高くなることも示された。なお, 放飼間隔については明瞭な違いが認められず, 今後より詳細な検討が必要と思われる。今回はポット植えのチンゲンサイを用いて放飼試験を行ったが, 同じ天敵と害虫の組み合わせでも, 植物の種類によって天敵の効果に差が生じた事例も報告されている(矢野, 2003)。したがって, チンゲンサイ以外の作物に寄生しているモモアカアブラムシに対してギフアブラバチを放飼する際には, 植物の種類がアブラムシの増殖率やアブラバチの寄主探索行動などに与える影響について予め調査しておく必要がある。

一方, ビニールハウスにおけるギフアブラバチの放飼試験では, 無処理のハウスでチンゲンサイ上のモモアカアブラムシ数が急増したのに対して, ギフアブラバチを放飼したハウスでは, モモアカアブラムシの増加や被害の発生が抑制された(図-8, 9)。前述のガラス温室の試験で示したように, 本試験でモモアカアブラムシの防除に成功した要因として, モモアカアブラムシの個体数が大きく増加していない条件でギフアブラバチを放飼したこと, アブラバチを複数回に分けて放飼したことなどが考えられる。しかし, 本試験におけるギフアブラバチ

の放飼密度(1回当たり約4頭/㎡)が, チンゲンサイにおけるモモアカアブラムシの防除に最も適した値であるかは不明である。天敵の最適放飼密度を害虫天敵両種の個体群動態シミュレーションによって明らかにする研究も進められているが(矢野, 2003), 作物の種類や栽培様式, 圃場の広さ, 気候条件などの様々な要因に大きく影響されるため, 未だ実用化までに至っていない。そのため, 実際にモモアカアブラムシが発生している作物栽培圃場でギフアブラバチを利用する場合には, いくつかの異なる密度でアブラバチを放飼してアブラムシの抑制効果を検証し, 最適な放飼密度を経験的に明らかにしていく手法が現実的と考えられる。

VI マミーの状態でのギフアブラバチの低温保存性

1 目的

天敵の低温保存は, 天敵を商業的に生産販売する際に必要とされる技術であり, 天敵の輸送や増殖量の調整などを可能にする(Abdel-Wali and Mustafa, 2006)。アブラムシマミーの中にいるアブラバチは, マミーの硬い外皮によって保護されているため, アブラバチの発育全期間を通して最も扱いやすい形態をしている。また, アブラムシマミーは, アブラバチの低温保存に最も適したステージとされており(Singh and Srivastava, 1988), いくつかのアブラバチでは, マミーを保存した温度やその時間とマミーからの成虫の羽化率との関係が明らかにされている(Abdel-Wali and Mustafa, 2006; Archer ら, 1973; Hofsvang and Hågvar, 1977; Levie ら, 2005; Scopes ら, 1973; Shalaby and Rabasse, 1979; Singh and Srivastava, 1988)。そこで, 本研究では, マミーの状態でのギフアブラバチの低温保存性を明らかにするため, 本種の寄生によって得られたモモアカアブラムシマミーを5~12.5℃の低温暗黒条件下に置き, 所定の時間が経過した後に室温25℃に戻して, マミーからのアブラバチ成虫の羽化率を明らかにした。

2 材料および方法

a 供試虫

モモアカアブラムシは, 2004年4月に三重県津市で栽培されたキャベツから採集し, ビニールポット植えのダイコン(品種‘早生四十日’)の葉を与えて増殖した。ギフアブラバチは, 2004年4月に高知県南国市のナスからモモアカアブラムシのマミーを採集し, 室内で羽化

させた成虫をもとに、上述のモモアカアブラムシを寄主として与えて増殖した。両種ともに温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、日長 14 L-10 D に調節した恒温室内で継代飼育した。なお、以下の試験には、羽化後 48 時間以内で、5%ハチミツ水溶液を与えて集団飼育したギファブラバチ成虫を使用した。

b 低温保存したモモアカアブラムシマミーからのギファブラバチ成虫の羽化率

500~800 頭のモモアカアブラムシ 3 日齢幼虫（大部分が 3 齢）が付いたビニールポット植えのダイコン（品種‘早生四十日’）と約 50 頭のギファブラバチ雌成虫を透明塩化ビニル製飼育容器（幅 30 cm，奥行き 25 cm，高さ 30 cm）内に導入し、温度 25°C 、明条件下でアブラバチに自由に寄生させた。6 時間後にアブラバチを取り除き、アブラムシはダイコンの葉に付けたままの状態に温度 25°C 、日長 14 L-10 D の条件下で保存した。アブラバチの寄生から 8 日後に、モモアカアブラムシマミーが付いたダイコンの葉を切除し、そのうち 150~200 個のマミーを温度 25°C 、全暗条件下に移した。その後、マミーから羽化した成虫の数を雌雄別に記録した。残りのマミーは、温度 5°C 、 7.5°C 、 10°C もしくは 12.5°C に調整した定温器内（全暗）に置き、7、14 もしくは 21 日後に 25°C （全暗）に戻して、マミーからの羽化成虫数を調べた。なお、定温器内の温度は、V 章に示した温湿度データロガーを用いて 30 分ごとに測定した。低温保存を行わずに 25°C で飼育したマミーからの羽化率を 100% とし、保存温度、保存期間別に補正羽化率を求めた。なお、最後の羽化が認められてから 3 日目以降も成虫が羽化しなかったマミーは、外皮を切開して内部のアブラバチの状態（生死、発育ステージ）を調べた。

3 結果と考察

各低温条件に所定の日数置いた後に 25°C に戻したモモアカアブラムシマミーからのギファブラバチ成虫の羽化率を図-10 にまとめた。温度 5°C 、 7.5°C 、 10°C および 12.5°C に調整した定温器内の平均温度は、 4.6°C 、 7.6°C 、 10.1°C 、 12.5°C だった。7 日間低温保存したマミーからの羽化率は、 4.6°C で 59.8%、 7.6°C で 76.9%、 10.1°C で 78.7%、 12.5°C では 80.9% だった。 4.6°C での羽化率がやや低かったが、他の 3 温度では 80% 前後と高かった。一方、 10°C 未満の低温下に 14 日間もしくは 21 日間保存したマミーからの羽化率は、 4.6°C で 7.6% と 0%、 7.6°C では 7.0% と 0.5% となり、いずれも 7 日間保存し

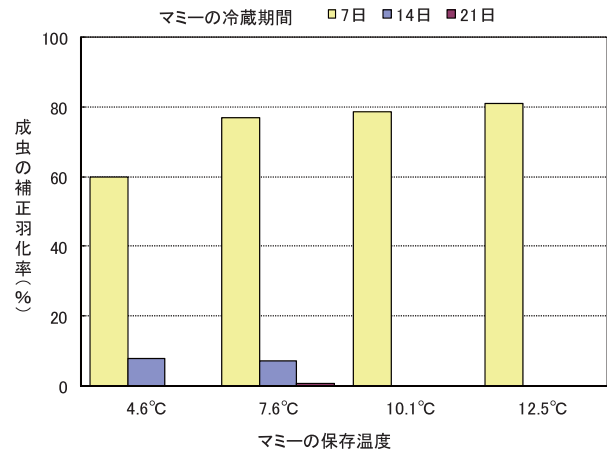


図-10 低温保存したモモアカアブラムシマミーからのギファブラバチ成虫の羽化率

温度 10.1°C と 12.5°C では、冷蔵開始から 7 日目以降にアブラバチ成虫の羽化が認められたため、冷蔵期間 14 日及び 21 日の調査は行わなかった。

た場合と比較して羽化率が大幅に減少した。アブラバチ成虫が羽化しなかったマミーの内部には、死亡したアブラバチの蛹や成虫のみが認められ、休眠している生存幼虫はなかった。なお、 10.1°C と 12.5°C では、保存開始から 7 日目以降にアブラバチ成虫が羽化するマミーが現れたため、マミーを 14 日間以上保存する試験は行わなかった。これらの結果から、マミーの状態でのギファブラバチの低温保存は、試験した $4.6\sim 12.5^\circ\text{C}$ のいずれの温度でも 7 日間以下が適当であった。一方、マミーを 10°C 未満の低温下に 14 日以上置くと、マミーの中のギファブラバチの生存や羽化に著しい悪影響を与える可能性が示唆された。

増殖した天敵昆虫を日本国内で販売する場合、現在の宅配事業を利用すれば、低温保存した状態で最長でも 3 日以内に配送できる。また、上述の試験結果より、マミーの状態でのギファブラバチの低温保存期間を最大 7 日とすれば、生産者がマミーを受け取った後に 4 日間の低温保存が可能になる。したがって、7 日間というマミーの低温保存期間は、将来、ギファブラバチを生物農薬として利用する上で実用的な値と考えられる。

アブラバチの一種 *A. matricariae*（寄主：モモアカアブラムシ）では、 7°C に 20 日間保存したマミーからの成虫羽化率が 98% と非常に高く、 4°C に 30 日間保存した場合でも 80% の羽化率だった (Scopes ら., 1973)。また、コレマンアブラバチ（寄主：モモアカアブラムシ）も、 7°C に 2 週間保存したマミーからの羽化率が 82%、 4°C に 2 週間保存でも 50% だったとしている (Hofsvang and Hågvar, 1977)。本研究では、 4.6°C

および7.6℃に14日以上保存したモモアカアブラムシマミーからのギファブラバチの羽化率が10%未満ときわめて低く、上述の他のアブラバチの結果と大きく異なっている。マミーを低温保存する前と後の飼育温度は *A. matricariae* で22℃ (Scopes ら, 1973), コレマンアブラバチでは20℃であり (Hofsvang and Hågvar, 1977), 本研究の飼育温度25℃よりも低く、飼育時と低温保存時の温度差がより小さくなっている。また、アブラムシマミーを飼育温度から目的の保存温度に直接移すのではなく、保存温度よりも少し高い温度に短時間置いてから低温下に置く「順化 (acclimation)」処理を行うことにより、マミーからの成虫の羽化率を高い状態に維持できることが知られている (Levie ら, 2005; Singh and Srivastava, 1988)。そのため、本研究で取り扱ったギファブラバチも、寄生から低温保存を行う前までと低温保存後の飼育を25℃よりも低い温度で行い、かつ、マミーの低温保存時には上記の順化処理を行うことにより、10℃未満の低温下に14日以上保存しても高い成虫羽化率が得られる可能性がある。よって、ギファブラバチが寄生したモモアカアブラムシマミーを7日以上低温保存する手法の開発は、今後に残された課題である。

VII ギファブラバチのバンカー法のための代替寄主アブラムシの選定

1 目的

一般にアブラムシ類は、害虫の中でも増殖率が高い昆虫である。そのため、作物上でアブラムシを発見した後に天敵を導入しても、天敵の捕食寄生効率がアブラムシの増殖率に追いつかず、防除に失敗することが少なくない。また、V章でも述べたように、天敵は害虫の発生初期に放飼する必要がある (矢野, 2003)。しかし、圃場での害虫密度の正確なモニタリングには多くの労力を必要とし (長坂・大矢, 2003)、農作業上、現実的に行え

る作業ではない。

「バンカー法」とは、天敵とその餌 (寄主) 昆虫、およびそれを維持するための植物を圃場内に置き、常に十分量の天敵を圃場内に維持して対象害虫を制御する技術である (van Lenteren and Woets, 1988)。害虫の侵入発生前から天敵を予防的に圃場内に導入することができ、天敵の放飼時期を決めるための害虫密度のモニタリングを必要としない。また、天敵の放飼は、経験的に1週間間隔で3回程度放飼する方法が推奨されているが (日本植物防疫協会, 2006)、バンカー法では、天敵の導入は1回で済む。バンカー法で使用する代替餌 (寄主) 昆虫には、対象作物を加害しないこと、天敵が正常に発育増殖すること、成長した天敵が害虫に対して高い捕食寄生能力を示すことが求められる。本章では、ギファブラバチ用のバンカー法を開発する目的で、代替寄主候補として取り上げたアブラムシ6種に対するギファブラバチの寄生効率や発育、各種アブラムシから羽化したギファブラバチのモモアカアブラムシに対する寄生能力を明らかにし、ギファブラバチの代替寄主アブラムシの選定を行った。

2 材料および方法

a 供試虫

試験に使用したギファブラバチとモモアカアブラムシの採集データ、飼育条件は、VI章と同じである。

本試験では、ギファブラバチの代替寄主候補として、エンドウヒゲナガアブラムシ *Acyrtosiphon pisum* (Harris), マメアブラムシ *Aphis craccivora* Koch, ソラマメヒゲナガアブラムシ *Megoura crassicauda* Mordvilko, トウモロコシアブラムシ *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), ムギクビレアブラムシ *Rhopalosiphum padi* (L.), ムギヒゲナガアブラムシ *Sitobion akebiae* (Shinji) の6種を供試した (図-11)。6種はいずれもマメ科もしくはイネ科植物を寄主とする

表-11 試験に用いた代替寄主候補アブラムシ6種

アブラムシ	採集地	採集年月	採集時の寄主植物	継代飼育 ^a と試験に使用した寄主植物	供試時のアブラムシ日齢 ^c
エンドウヒゲナガアブラムシ	岩手県盛岡市	1998年8月	エンドウ	ソラマメ	1~2
マメアブラムシ	三重県津市	2004年4月	カラスノエンドウ	ソラマメ	3~4
ソラマメヒゲナガアブラムシ	三重県津市	2004年4月	カラスノエンドウ	ソラマメ	1~2
トウモロコシアブラムシ	京都府美山町	不明	不明	オオムギ ^b	1~2
ムギクビレアブラムシ	香川県善通寺市	不明	不明	オオムギ ^b	3~4
ムギヒゲナガアブラムシ	岡山県倉敷市	2005年5月	オオムギ	オオムギ ^b	2~3

^a 20℃, 14L-10Dで飼育

^b 品種: カシマムギ

^c アブラムシ6種の体サイズがなるべく同じになるように、標記の日齢の幼虫を使用した (詳細はOhta and Honda (2010) を参照)。



ママアブラムシ *Aphis craccivora* Koch



ソラマメヒゲナガアブラムシ *Megoura crassicauda* Mordvilko



エンドウヒゲナガアブラムシ *Acyrtosiphon pisum* (Harris)



トウモロコシアブラムシ *Rhopalosiphum maidis* (Fitch)



ムギクビレアブラムシ *Rhopalosiphum padi* (L.)



ムギヒゲナガアブラムシ *Sitobion akebiae* (Shinji)

図-11 ギファブラバチの代替寄主候補アブラムシ6種

アブラムシで、ギフアブラバチの利用が想定されるアブラナ科やナス科野菜類は加害しない（日本応用動物昆虫学会，2006）．代替寄主候補アブラムシ6種の採集データや継代飼育，供試条件は表-11に示した．

b 代替寄主候補アブラムシ6種に対するギフアブラバチの寄生効率

内寸が幅15 cm，奥行25 cm，高さ30 cmの透明塩化ビニル製の飼育容器内に，予め約100頭のアブラムシを付けておいた各寄主植物（直径7.5 cm，高さ6.5 cmのビニールポット植え）と羽化後2日以内で産卵未経験のギフアブラバチ雌成虫5頭を導入し，25±1℃・明条件に調整した定温器内に置いた．6時間後にアブラバチを取り除き，アブラムシは寄主植物に付いたままの状態に温度25±1℃・日長14 L-10 Dに調整した定温器内に保存した．8日後にマミー化したアブラムシの数（マミー数）とマミー化しなかったアブラムシの数（生存虫数），さらに13日後にマミーから羽化したアブラバチ成虫の数を記録し，アブラムシ種別にギフアブラバチによるマミー化率（マミー数／（マミー数＋生存虫数））と羽化率（羽化数／マミー数）を求めた．また，比較として，モモアカアブラムシについても同条件で試験を行い，マミー化率と羽化率を求めた．試験は各アブラムシ種で5～8反復行った．

c ギフアブラバチの発育期間と体サイズ

前述の試験でギフアブラバチによる寄生が認められたエンドウヒゲナガアブラムシとムギヒゲナガアブラムシの2種について，各アブラムシに寄生したギフアブラバチの発育期間と羽化した成虫の体サイズを調べた．比較としてモモアカアブラムシも試験した．なお，トウモロコシアブラムシはごく少ない数のマミーしか得られないため，当試験から除外した．

bと同じ方法で，ギフアブラバチの寄生を受けたアブラムシを温度25±1℃，日長14 L-10 Dの条件下で飼育し，アブラムシの状態を毎日観察した．マミー化したアブラムシは直径2.1 cm，高さ4.5 cmのガラス管瓶に個別に移動し，ふたをした後に上記と同じ条件で保存した．マミーから新成虫が羽化するまでに要した期間と羽化した寄生蜂の雌雄を記録した．羽化した雌成虫は同上のガラス管瓶の中で放置し，死亡後に実体顕微鏡を用いて前翅の長さや後脚の脛節長を測定した．最後のマミー化が観察されてから3日以上経過してもマミー化しなかったアブラムシと，最後の成虫羽化が観察されてから3日以

上経過しても成虫が羽化しなかったマミーは死亡と判断した．

d ムギヒゲナガアブラムシで継代飼育したギフアブラバチのモモアカアブラムシに対する寄生効率

aで記した継代飼育中のギフアブラバチ個体群（寄主：モモアカアブラムシ）の一部にムギヒゲナガアブラムシを与えて寄生させた．ムギヒゲナガアブラムシマミーから羽化したギフアブラバチ成虫にさらに同アブラムシを与えて3世代以上飼育し，得られたアブラバチ個体群（寄主：ムギヒゲナガアブラムシ）を本試験に用いた．bに示した同じ方法でギフアブラバチ雌成虫にモモアカアブラムシを与えてマミー化率と羽化率を求めて，元のギフアブラバチ個体群（寄主：モモアカアブラムシ）によるモモアカアブラムシのマミー化率，羽化率と比較した．

e 統計解析

代替寄主候補アブラムシ6種の間でのマミー化率と羽化率の比較には Tukey-type multiple comparison test，異なるアブラムシに寄生したギフアブラバチの発育期間と羽化成虫の体サイズの比較は Tukey-Kramer test，また，ムギヒゲナガアブラムシとモモアカアブラムシで継代飼育したギフアブラバチ個体群によるモモアカアブラムシのマミー化率と羽化率は χ^2 検定で比較した．

3 結 果

a 代替寄主アブラムシ候補6種に対するギフアブラバチの寄生効率

供試した代替寄主候補のアブラムシ6種のうち，ギフアブラバチの寄生を受けてマミーの形成が認められたのは，エンドウヒゲナガアブラムシ，トウモロコシアブラムシおよびムギヒゲナガアブラムシの3種だった（表-12）．マメアブラムシ，ソラマメヒゲナガアブラムシおよびムギクビレアブラムシではマミーが観察されなかった．マミー化率はムギヒゲナガアブラムシが71.7%と最も高く，モモアカアブラムシの78.0%と有意な差がなかった（Tukey-type multiple comparison test, $p>0.05$ ）．一方，エンドウヒゲナガアブラムシ，トウモロコシアブラムシのマミー化率はそれぞれ34.7%と1.8%であり，ムギヒゲナガアブラムシやモモアカアブラムシよりも有意に低かった（ $p<0.05$ ）．マミーからのアブラバチ成虫の羽化率は，ムギヒゲナガアブラムシの96.7%が最も高かった．エンドウヒゲナガアブラムシとモモアカアブラムシの羽化率は，ムギヒゲナガアブラムシと比べて有

表-12 代替寄主候補アブラムシ6種に対するギファブラバチの寄生効率

アブラムシ	試験 反復数	各アブラムシに対する寄生効率		
		マミー数+ 生存虫数 ^a	マミー化率 (%) ^b	羽化率 (%) ^c
代替寄主候補				
エンドウヒゲナガアブラムシ	6	331	34.7 b	84.3 b
ソラマメヒゲナガアブラムシ	5	432	0 d	-
トウモロコシアブラムシ	8	573	1.8 c	77.8
マメアブラムシ	5	351	0 cd	-
ムギクビレアブラムシ	6	423	0 d	-
ムギヒゲナガアブラムシ	6	779	71.7 a	96.7 a
害虫				
モモアカアブラムシ	5	441	78.0 a	90.1 b

^a 全反復の合計値。アブラバチの寄生から8日後に計数した。

^b マミー数 / (マミー数 + 生存虫数) × 100

^c 羽化数 / マミー数 × 100

^{b, c} 同じアルファベット文字の付いた値の間では有意差なし (Tukey-type multiple comparison test, $p > 0.05$)。但し、トウモロコシアブラムシのマミー数はごく少なかったため、当アブラムシの羽化率は比較から除外した。

意に低かったが (Tukey-type multiple comparison test, $p < 0.05$)、どちらも80%以上あった。

b ギファブラバチの発育期間と体サイズ

エンドウヒゲナガアブラムシ、ムギヒゲナガアブラムシ、モモアカアブラムシに寄生したギファブラバチの発育期間と羽化成虫の体サイズを表-13に示した。エンドウヒゲナガアブラムシに寄生したギファブラバチは、発育期間がムギヒゲナガアブラムシやモモアカアブラムシに寄生した場合よりも有意に長く、羽化成虫の体サイズも有意に大きかった (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)。一方、ムギヒゲナガアブラムシとモモアカアブラムシに寄生したギファブラバチは、発育期間や羽化成虫の体サイズに有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。

c ムギヒゲナガアブラムシで継代飼育したギファブラバチのモモアカアブラムシに対する寄生効率

ムギヒゲナガアブラムシを用いて3世代以上継代飼育して得られたギファブラバチのモモアカアブラムシに対する寄生効率は、マミー化率が85.5%、マミーからの羽化率は93.2%となり、モモアカアブラムシを用いて継代飼育したギファブラバチとの間に有意な差は認められなかった (χ^2 検定, $p > 0.05$) (表-14)。

4 考 察

供試した代替寄主候補アブラムシ6種のうち、ギファブラバチが最もよく寄生したのはムギヒゲナガアブラムシだった。本アブラムシのマミー化率は71.7%、マミーからのアブラバチ新成虫の羽化率は96.7%であり、これらはモモアカアブラムシを与えた場合と同程度に高かった (表-12)。また、ムギヒゲナガアブラムシに寄生したギファブラバチが卵から成虫まで発育するのに要した期間とムギヒゲナガアブラムシのマミーから羽化したアブラバチ成虫の体サイズも、モモアカアブラムシに寄生

表-13 異なるアブラムシに寄生したギファブラバチ (雌)^a の発育期間と羽化成虫の体サイズ

アブラムシ	供試 個体数	発育期間 (日) ^b	体サイズ	
			前翅長 (mm) ^b	後脚脛節長 (mm) ^b
エンドウヒゲナガアブラムシ	136	11.6 ± 0.06 a	1.95 ± 0.007 a	0.79 ± 0.004 a
ムギヒゲナガアブラムシ	196	11.3 ± 0.06 b	1.79 ± 0.008 b	0.71 ± 0.004 b
モモアカアブラムシ	148	11.2 ± 0.04 b	1.79 ± 0.007 b	0.69 ± 0.003 b

^a 25°C, 14L-10Dで飼育

^b 平均値 ± 標準誤差, 同じアルファベット文字の付いた値の間では有意差なし (Tukey-Kramer test, $p > 0.05$)

表-14 異なるアブラムシで継代飼育したギファアブラバチのモモアカアブラムシに対する寄生効率

供試したギファアブラバチ	試験 反復数	モモアカアブラムシに対する 寄生効率		
		マミー数+ 生存虫数 ^a	マミー化率 (%) ^b	羽化率 (%) ^c
ムギヒゲナガアブラムシで 継代飼育した個体群	7	744	85.5 ns	93.2 ns
モモアカアブラムシで 継代飼育した個体群 ^d	5	441	78.0	90.1

^a 全反復の合計値、アブラバチの寄生から8日後に計数した。
^b マミー数 / (マミー数 + 生存虫数) × 100
^c 羽化数 / マミー数 × 100
^{b, c} ns アブラバチ個体群間で有意差なし (x² 検定, p > 0.05)
^d 表14のデータを使用

した場合と比べて有意差がなかった(表-13)。これらの結果は、ギファアブラバチがムギヒゲナガアブラムシを寄主として容認し、寄生したムギヒゲナガアブラムシの体内で正常に発育できることを示唆している。

アブラバチの雌成虫に異なる種類のアブラムシを与えると、自分が発育した同種のアブラムシに好んで寄生する場合がある(Storeck ら, 2000)。イギリスでは、エルビアブラバチはアルファルファ上のエンドウヒゲナガアブラムシやイラクサ上のアブラムシの一種 *Metopolophium dirhodum* (Walker) に寄生しているが、室内でエンドウヒゲナガアブラムシを寄主として継代飼育したエルビアブラバチは、*M. dirhodum* にほとんど寄生しない(Cameron ら, 1984)。これは、バンカー法に用いる代替寄主アブラムシの価値が、害虫アブラムシと代替寄主アブラムシに対するアブラバチの寄主選好性に影響されることを意味している(Powell and Wright, 1988)。本試験では、寄主としてムギヒゲナガアブラムシを与えて継代飼育したギファアブラバチ個体群が、害虫のモモアカアブラムシに高率で寄生し、モモアカアブラムシを与えて継代飼育したアブラバチ個体群と比べて、その寄生効率が低下することはなかった(表-14)。このことは、ムギヒゲナガアブラムシを代替寄主として増殖したギファアブラバチが、作物上で発生した害虫のモモアカアブラムシにも十分に寄生できることを示している。以上、本章で示した三つの試験結果から、ギファアブラバチのバンカー法に用いる代替寄主としてムギヒゲナガアブラムシが最も適していると結論した。

導入天敵のコレマンアブラバチはムギクビレアブラムシに寄生するが、ムギヒゲナガアブラムシには寄生しない(太田, 未発表)。そのため、ムギヒゲナガアブラムシを用いたギファアブラバチ用のバンカーは、コレマンア

ブラバチに利用できない。また、ギファアブラバチはムギクビレアブラムシに寄生しないため(表-12)、コレマンアブラバチ用のバンカーをギファアブラバチに利用することもできない。したがって、ギファアブラバチとコレマンアブラバチの2種の天敵をそれぞれのバンカーと共に圃場内に設置すれば、同じアブラムシを巡って寄生競争が発生する可能性は低く、アブラバチ2種は共存可能と推察される。一方で、上述のムギヒゲナガアブラムシとムギクビレアブラムシはどちらもムギ類に付くアブラムシであり、同じ寄主植物上で種間競争が発生する可能性がある。そのため、ギファアブラバチとコレマンアブラバチをそれぞれのバンカーと共に導入して、複数種の野菜害虫アブラムシを同時に防除する技術の開発には、さらに検討が必要である。

VIII 総合考察

本研究では、アブラナ科およびナス科野菜類を加害するモモアカアブラムシとその天敵寄生蜂ギファアブラバチに関して、モモアカアブラムシを寄主として与えた場合の寄生蜂の様々な生態的特性を明らかにすることにより、モモアカアブラムシの生物的防除資材としてのギファアブラバチの有効性を検討した。また、ガラス温室やビニールハウスを利用して、モモアカアブラムシを発生増殖させた作物上にギファアブラバチを放飼する試験を行い、本種によるモモアカアブラムシの抑制効果を検証した。さらに、ギファアブラバチを生物農薬として生産販売する際に必要となる低温保存技術や、圃場でより安定的な防除効果を得るために有効なバンカー法の開発も行った。

II章では、対象害虫であるモモアカアブラムシについて、発育期間や生存率、産子数などの生活史パラメータ

から増殖率を明らかにした。Ⅲ章では、ギファブラバチがモモアカアブラムシに高率で産卵（寄生）し、アブラムシ体内に寄生したギファブラバチ幼虫も正常に発育できることを示した。また、ギファブラバチの雌成虫は生涯に500頭以上のモモアカアブラムシに寄生する能力を持ち、本種個体群の内的自然増加率も寄主のモモアカアブラムシよりも高くなることを示した。このことから、ギファブラバチはモモアカアブラムシの生物的防除に用いる天敵として有望であることを確認した。Ⅳ章では、ギファブラバチは低温短日の環境下でも休眠が誘導されずに正常に発育し、秋から翌春まで行われる野菜の施設栽培でもモモアカアブラムシの天敵として活動可能と判断した。Ⅴ章では、ガラス温室やビニールハウス内に放飼したギファブラバチが作物上のモモアカアブラムシの増加を抑制することを実証し、ギファブラバチの放飼回数や放飼間隔、放飼開始時のアブラムシの密度が、アブラムシ防除の成否に大きく影響することを示した。Ⅵ章では、ギファブラバチはアブラムシマミーの状態でも低温保存できることを示し、保存する温度や期間とアブラバチの生存率の関係を明らかにした。Ⅶ章では、ギファブラバチの増殖に適した代替寄主としてムギヒゲナガアブラムシを見出し、寄主植物のコムギやオオムギ上で本アブラムシを増殖させたものをギファブラバチ用のバンカーとして利用できることを示した。以上の一連の結果から、本研究は、土着のアブラムシ寄生蜂であるギファブラバチが、野菜の施設栽培で発生する害虫モモアカアブラムシの生物的防除資材として利用できることを初めて明らかにし、ギファブラバチを生物農薬として市販する場合に必要な飼育、増殖、保存技術や、野菜栽培圃場における本種の放飼方法を提示する成果が得られた。本研究は、過去の論文、知見などから有望とされた天敵昆虫一種に着目し、基礎的な生態的特性の解明から応用的な利用方法の開発まで行ったものであり、今後の我が国において、土着天敵昆虫利用の促進にも大きく貢献する成果と考えられる。

ギファブラバチはジャガイモヒゲナガアブラムシ *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) にも寄生することが知られている (Takada, 2002; Ohta and Honda, 2010)。小野ら (2004) は、ダイズ圃場で発生したジャガイモヒゲナガアブラムシの主要な天敵としてギファブラバチを挙げている。ジャガイモヒゲナガアブラムシは、モモアカアブラムシと同様に多くの野菜類を加害するが (日本応用動物昆虫学会, 2006)、近年は、天敵利用を中心とした害虫管理を行っている施設栽培のピーマンで多

く発生している。ピーマンを加害するアザミウマやハダニの防除のために放飼した天敵への影響を避けるため、アブラムシ防除に効果のある殺虫剤や他の農薬の散布を最小限に抑えたことが原因の一つと考えられている (柿元, 私信)。また、生物農薬として市販されているコレマンアブラバチは、ジャガイモヒゲナガアブラムシに寄生しない (太田, 未発表)。そのため、ジャガイモヒゲナガアブラムシによる被害が増加している施設栽培ピーマンの産地においても、ギファブラバチの導入が期待されている。

我が国では、天敵昆虫や天敵微生物を農作物の病害虫防除に使用する目的で市販する場合、農薬取締法上、一般的な化学合成殺虫剤や殺菌剤と同様に農薬として登録する必要がある。2010年5月現在、18種の天敵昆虫・ダニ類が生物農薬として登録されている。当初は海外から輸入された外来種が多かったが、圃場内に放した個体が野外に逃亡した場合、生態系に与える影響が不明である。このため、土着の天敵から有望な種を探索して開発試験を行い、農薬登録に至る事例が増加している。現在では登録天敵18種中11種が日本在来の土着種になっている。ギファブラバチも日本国内に広く分布する寄生蜂であるため、採集が容易であり、流通に関わるコストも海外産の導入天敵を輸入する場合に比べて低く抑えることが可能と考えられる。また、アブラムシ防除のために放飼した本種個体群が、圃場周辺の生態系を攪乱する可能性も外来種に比べてきわめて低いと推測される。大韓民国では、既にギファブラバチが天敵として販売されており、野菜害虫アブラムシ類の防除資材として普及し始めている。そのため、我が国においても、ギファブラバチがモモアカアブラムシやジャガイモヒゲナガアブラムシの生物農薬として早期に登録、販売されることが望まれる。また、土着の天敵は、採集地と同じ都道府県内で増殖、放飼（使用）する場合に限って“特定防除資材”の指定を受けることができ、農薬登録の義務がない（農薬取締法第2条第1項）。したがって、生産者やそのグループ、農業法人などが自らギファブラバチを採集して増殖し、同じ都道府県内の野菜栽培圃場で“特定防除資材”として使用する方法も考えられる。

ギファブラバチをモモアカアブラムシやジャガイモヒゲナガアブラムシの生物的防除資材として実用化するためには、いくつかの解決すべき問題点が残されている。

1つめの問題点は、ギファブラバチの天敵である二次寄生蜂の存在である。

ギファブラバチは、寄生したアブラムシから栄養源を

搾取し、最終的に寄主を死亡させる昆虫であるため(図4)、食物連鎖の上では、本種はアブラムシの天敵と位置付けられる。しかし、ギフアブラバチにもいくつかの天敵生物が存在する。特に、アブラバチを用いてアブラムシの生物的防除を行う際、寄生蜂の防除効果を著しく低下させる有害な天敵は二次寄生蜂である(高田・巽, 2002)。二次寄生蜂とは、アブラムシ体内に寄生中の一次寄生蜂(ギフアブラバチなど)幼虫の体内や、一次寄生蜂が寄生しているアブラムシの体内に特異的に産卵し、孵化した幼虫が一次寄生蜂幼虫から栄養源を摂取して死亡させる昆虫である。ギフアブラバチには、ヒメタマバチ科 *Alloxysta* 属、コガネコバチ科 *Asaphes* 属、*Pachynueron* 属、トビコバチ科 *Syrphophagus* 属、オオクロモンコバチ科 *Dendroserus* 属などの二次寄生蜂が寄生する(太田, 未発表)。長坂(2005)は、導入天敵のコレマンアブラバチを用いた施設栽培ナスでのアブラムシ防除において、外気温が上昇する春以降に防除効果が低下する事例を報告しており、その原因の一つとして、野外から施設圃場内に侵入した二次寄生蜂によるアブラバチ密度の低下を挙げている。二次寄生蜂の寄生から一次寄生蜂を保護する手法は未だ確立されておらず、ギフアブラバチを用いた野菜害虫アブラムシの生物的防除技術の普及においても、今後に残された課題である。

2つめは、ギフアブラバチに対する農薬の影響である。

天敵を利用した害虫防除法は、農薬を主体とした従来の害虫防除法に比べて、環境負荷の軽減や防除作業の省力化などのメリットがある。しかし、野菜類で発生する害虫は多種多様であり、天敵だけですべての病害虫を制御することは困難であるため、殺虫剤、殺菌剤との併用が現実的である。そのため、天敵を組み入れた害虫防除を行う際には、他の害虫や病害に対して散布される農薬が天敵に与える影響を予め理解しておく必要がある。ギフアブラバチに対する農薬の影響は Kobori and Amano (2004) が明らかにしているが、供試薬剤が8種類と少なく、最近10年ほどの間に登録された新規の殺虫剤、殺ダニ剤、殺菌剤は含まれていない。また、日本バイオリジカルコントロール協議会は、コレマンアブラバチに対する各種農薬の影響評価を公表している(<http://www.biocontrol.jp/index.html>)、ギフアブラバチの利用が想定されるアブラナ科、ナス科野菜類での登録農薬がすべて網羅されていない。そのため、施設栽培のアブラナ科、ナス科野菜類でよく使用される各種薬剤についても、ギフアブラバチに対する影響を明らかにしておく必要がある。

3つめは、ギフアブラバチの地域個体群間差異である。

本研究で使用したギフアブラバチは、II~V章が広島県福山市で採集された個体群、VI, VII章は高知県南国市で採集された個体群由来のものである。III章とIV章の考察でも述べたように、昆虫の発育期間や休眠反応などの生態的特性は、同種であっても地域個体群によって異なる可能性がある。そのため、各地域に生息するギフアブラバチ個体群を特定防除資材として利用する際には、増殖に利用するアブラムシも含めて、本研究で示された生活史パラメータとは若干異なる可能性も考慮に入れる必要がある。特に、北日本などの高緯度地域で採集されたギフアブラバチ個体群は、低温短日下で休眠が誘導される可能性が高く、冬期施設内での利用には留意する必要がある。

現在、生物農薬として登録のある18種の天敵昆虫・ダニ類が使用できる対象作物は、一部を除いて施設栽培の野菜類や花き類であり、露地で栽培する農作物への利用はほとんど進んでいない。これは、露地圃場に人為的に天敵を放飼しても、天候の変動や他の天敵との競争、圃場外への逃亡など天敵の活動や個体群動態に大きな影響を与える要因が多く、安定した害虫防除効果を得ることが難しいためである。本研究においても、ギフアブラバチの利用対象となる作物は、モモアカアブラムシが加害する施設栽培のアブラナ科、ナス科野菜類を想定している。しかし、近年、土着天敵昆虫の餌や隠れ場所となる植物を圃場の周囲に配置して天敵の活動を積極的に保護、増強し、他の物理的・化学的防除手法と組み合わせ、露地圃場で害虫制御を試みる研究も行われている。Heimpel and Jervis (2005) は、露地圃場において寄生蜂の生存、定着に有効な蜜源植物としてソバを挙げている。したがって、圃場周辺の植生管理などを工夫することにより、露地栽培においてもモモアカアブラムシなどの天敵として本寄生蜂を有効に活用できる可能性があり、今後の研究の進展が期待される。

IX 摘要

本研究は、アブラムシの捕食寄生性天敵であるギフアブラバチの生物学的特性を明らかにし、本寄生蜂を活用した野菜害虫モモアカアブラムシの生物的防除技術の確立を目的として行われた。得られた研究結果の概要は、以下の通りである。

モモアカアブラムシを15~30℃の定温条件下で個体別に飼育し、幼虫期の生存率(誕生直後の幼虫で成虫まで

に発育した個体の割合)、発育期間(幼虫が成虫に羽化するまでに要した期間)、成虫の生涯総産子数、生存期間(成虫に羽化してから死亡するまでの期間)および個体群の増殖率を明らかにした。

チンゲンサイを与えて飼育したモモアカアブラムシ幼虫の生存率は90%以上と高く、発育期間は温度が高くなるにしたがって短くなった。有効積算温度の法則にもとづき、発育零点は5.6℃、有効積算温度は113.1日度となった。成虫1頭あたりの生涯総産子数と生存期間は20℃で最大となったが、個体群の増殖率を示す内的自然増加率は25℃の0.420が最も高かった。

モモアカアブラムシに寄生中のギファブラバチを15~30℃の定温条件下で飼育し、アブラバチが成虫に羽化するまでの間の生存率と発育期間、雌成虫の産卵成功率(1回の産卵行動でモモアカアブラムシの体内に卵を産み付ける確率)、機能の反応(1頭の雌成虫が1日あたりに寄生できるモモアカアブラムシの頭数)、生涯総産卵数、生存期間を明らかにした。また、これらのデータをもとに内的自然増加率を求めて、モモアカアブラムシと比較した。

ギファブラバチの発育期間は、飼育温度が高いほど短くなる傾向が認められた。しかし、30℃での発育期間は25℃より約1日長くなり、高温による発育遅延が認められた。発育零点は雌5.5℃、雄5.7℃、有効積算温度は雌188.6日度、雄181.0日度となった。モモアカアブラムシに寄生したギファブラバチの生存率は、飼育温度20℃と25℃で90%以上と非常に高く、15℃と30℃でも80%台だった。

モモアカアブラムシに対するギファブラバチ雌成虫の産卵成功率は84.9%だった。機能の反応では、ギファブラバチ雌成虫1頭が1日に寄生できるモモアカアブラムシの頭数は、最大で150~200頭だった。ギファブラバチ雌成虫は、羽化直後にモモアカアブラムシに最も多く産卵し、以後その数は減少した。1雌あたりの生涯総産卵数は平均500個余り、生存期間は12日程度だった。内的自然増加率は20℃で0.351、25℃で0.463となり、同温度でのモモアカアブラムシよりも高く、ギファブラバチはモモアカアブラムシの生物的防除資材として有用と結論した。

ギファブラバチを秋~冬期の施設圃場内で利用することを想定して、低温短日の環境条件が本種の休眠反応に与える影響を調べた。ギファブラバチに寄生されたモモアカアブラムシ幼虫を温度15℃・日長10L-14Dの低温短日下に置いた結果、成虫の羽化率は90%以上と高

く、14L-10Dの長日条件で飼育した場合と差はなかった。さらに、マミーが形成されてから成虫が羽化するまでの期間は、長日条件より短日条件下で有意に長くなったが、その差は約1日未満であり、休眠の誘導は観察されなかった。このことから、ギファブラバチは低温短日となる秋~冬期の施設内でも発育、増殖が可能であり、モモアカアブラムシの天敵として利用可能と推測した。

チンゲンサイを置いたガラス温室やビニールハウス内にギファブラバチを放飼して、寄生蜂によるモモアカアブラムシの抑制効果を検証した。試験は、モモアカアブラムシの初期密度やギファブラバチの放飼間隔、放飼回数などを変えて行った。

モモアカアブラムシの初期密度を3頭/株とした場合、ギファブラバチの放飼によってアブラムシの増加が抑制された。アブラムシの初期密度が6頭/株では、アブラムシ数はアブラバチ放飼後も急増し、防除に失敗した。一方、アブラムシの初期密度を最も少ない1頭/株とした試験では、アブラバチを3日間隔で4回放飼した場合にのみアブラムシ数の増加が抑制された。これらの結果から、放飼したギファブラバチが次世代を生産し、かつアブラバチによって増殖抑制が可能なモモアカアブラムシの密度レベルが存在することが明らかになった。また、アブラバチは複数回に分けて放飼する方が、1回にまとめて放飼するよりもアブラムシの抑制効果が高くなる傾向も認められた。なお、3番目の試験結果については、再検討が必要と考えられた。

チンゲンサイを植えたビニールハウスでギファブラバチを放飼する試験も行った。ギファブラバチを導入したハウスでは、モモアカアブラムシの増加が抑制されたが、アブラバチを放飼しなかったハウスでは、アブラムシ数が増加した。この結果から、モモアカアブラムシに対するギファブラバチの防除効果は、圃場スケールの空間においても実証された。

アブラムシマミーの中にあるギファブラバチは、マミーの硬い外皮によって保護されているため、輸送や圃場で放飼する際に最も扱いやすい形態をしている。また、アブラムシマミーは、アブラバチの低温保存に最も適したステージとされている。そこで、ギファブラバチの寄生によって形成されたモモアカアブラムシマミーを4.6~12.5℃の低温下に7~21日間保存した後で室温25℃に戻し、アブラムシマミーからのアブラバチ成虫の羽化率を調べた。

7.6℃、10.1℃および12.5℃の低温下に7日保存した場合、羽化率は約80%と高く、4.6℃でも60%だった。

一方、低温下に14日もしくは21日保存した場合、羽化率は10%未満に低下した。成虫が羽化しなかったマミーの中には、死亡したアブラバチの蛹や成虫が観察され、休眠している生存幼虫は認められなかった。以上の結果から、ギフアブラバチが寄生中のモモアカアブラムシマミーは、温度4.6~12.5°Cの低温下で最大7日間保存可能と推測した。

「バンカー法」とは、天敵とその餌（寄主）昆虫、およびそれを維持するための植物を圃場内に置き、常に十分量の天敵を圃場内に維持して対象害虫を制御する技術である。増殖率の非常に高いアブラムシには、害虫の侵入発生前から天敵を圃場内に導入することができるため、効率的なアブラムシ防除が可能になる。そこで、ギフアブラバチ用のバンカー法を構築するため、野菜類を加害せず、ギフアブラバチの増殖が可能なモモアカアブラムシに代わるアブラムシを探索した。供試した6種の候補アブラムシのうち、ギフアブラバチの寄生効率が最も高かったのは、ムギヒゲナガアブラムシだった。ムギヒゲナガアブラムシに寄生したギフアブラバチは、モモアカアブラムシを与えた場合と同程度に発育できた。また、ムギヒゲナガアブラムシで継代飼育したギフアブラバチは、害虫のモモアカアブラムシに高率で寄生した。これらの結果から、ギフアブラバチの代替寄主としてムギヒゲナガアブラムシを選定し、ムギヒゲナガアブラムシを増やしたムギ類の株をギフアブラバチ用のバンカーとした。

引用文献

- 1) Abdel-Wali, M. I. and T. M. Mustafa (2006) : Response of *Aphidius matricariae* Haliday (Hym.: Aphidiidae) from mummified *Myzus persicae* Sulzer (Hom.: Aphididae) to short term cold storage. *Int. Pest Cont.*, **48**, 262-265.
- 2) Archer, T. L., C. L. Murray, R. D. Eikenbary, K. J. Starks and R. D. Morrison (1973) : Cold storage of *Lysiphlebus testaceipes* mummies. *Environ. Entomol.*, **2**, 1104-1108.
- 3) Barlow, C. A. (1962) : The influence of temperature on the growth of experimental populations of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas). *Can. J. Zool.*, **40**, 145-156.
- 4) Bernal, J. and D. González (1997) : Reproduction of *Diaeretiella rapae* on Russian wheat aphid hosts at different temperatures. *Entomol. Exp. Appl.*, **82**, 159-166.
- 5) Bi, Z. and Z. Ji (1993) : Bionomics of *Aphidius gifuensis* Ashmead I. Development stages and morphology of larval stage. *J. Hebei Agr. Univ.*, **16** (2), 1-6 (in Chinese with English summary).
- 6) Bi, Z. and Z. Ji (1996) : Bionomics of *Aphidius gifuensis* IV. Fertility, intrinsic rate of increase, functional response and population suppression of peach green aphids. *J. Hebei Agr. Univ.*, **19** (3), 1-6 (in Chinese with English summary).
- 7) Birch, L. C. (1948) : The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.*, **17**, 15-26.
- 8) Blackman, R. L. (1974) : Life-cycle variation of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hom., Aphididae) in different parts of the world, in relation to genotype and environment. *Bull. Entomol. Res.*, **63**, 595-607.
- 9) Blackman, R. L. and V. F. Eastop (2000) : Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide. Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.
- 10) Boot, W. J., O. P. J. M. Minkenberg, R. Rabbinge and G. H. de Moed (1992) : Biological control of the leafminer *Liriomyza bryoniae* by seasonal inoculative releases of *Diglyphus isaea*: simulation of a parasitoid-host system. *Neth. J. Plant Pathol.*, **98**, 203-212.
- 11) Brodeur, J. and J. N. McNeil (1989) : Biotic and abiotic factors involved in diapause induction of the parasitoid, *Aphidius nigripes* (Hymenoptera: Aphidiidae). *J. Insect Physiol.*, **35**, 969-974.
- 12) Cameron, P. J., W. Powell and H. D. Loxdale (1984) : Reservoirs for *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae), a polyphagous parasitoid of cereal aphids (Homoptera: Aphididae). *Bull. Entomol. Res.*, **74**, 647-656.
- 13) Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierrez and M. Mackauer (1974) : Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.*, **11**, 431-438.
- 14) Campbell, A. and M. Mackauer (1975) : Thermal constants for development of the pea aphid (Homoptera: Aphididae) and some of its parasites. *Can. Entomol.*, **107**, 419-423.
- 15) Chao, W., C. Ting, T. Dong and Y. Wang (1980) : The bionomics of *Aphidius gifuensis* Ashmead and its utilization for the control of tobacco aphid *Myzus persicae* Sulzer. *Zool. Res.*, **1** (3), 405-415.
- 16) Christiansen-Weniger, P. and J. Hardie (1997) : Development of the aphid parasitoid, *Aphidius ervi*, in asexual and sexual females of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*, and the blackberry-cereal aphid, *Sitobion fragariae*. *Entomophaga* **42**, 165-172.
- 17) Christiansen-Weniger, P. and J. Hardie (1999) : Environmental and physiological factors for diapause induction and termination in the aphid parasitoid, *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiidae). *J. Insect Physiol.*, **37**, 699-702.
- 18) van Emden, H. F., V. F. Eastop, R. D. Hughes and M. J. Way (1969) : The ecology of *Myzus persicae*. *Ann. Rev. Entomol.*, **14**, 197-270.
- 19) Fox, P. M., B. C. Pass and R. Turston (1967) : Laboratory studies on the rearing of *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Braconidae) and its parasitism of *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **60**, 1083-1087.
- 20) 深津武馬 (2000) : 分類と系統進化. 石川 統 編, アブラ

- ムシの生物学, 15-34, 東京大学出版会, 東京.
- 21) 福井昌夫・高田 肇 (1988) : モモアカアブラムシを寄主とする2種のアブラバチ *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) と *Aphidius gifuensis* Ashmead の産卵数, 産卵期間および寿命. 応動昆., **32**, 331-333.
 - 22) Giri, M. K., B. C. Pass and K. V. Yeargan (1983) : The effects of temperature on the rate of development of *Aphidius matricariae* Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae). *Trans. Ky. Acad. Sci.*, **44**, 145-147.
 - 23) Hågvar, E. B. and T. Hofsvang (1991) : Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae) : biology, host selection and use in biological control. *Biocontrol News and Information*, **12**, 13-41.
 - 24) 浜 弘司 (2000) : 殺虫剤抵抗性. 石川 統 編, アブラムシの生物学, 74-94, 東京大学出版会, 東京.
 - 25) Harizanova, V. and B. Ekbom (1997) : An evaluation of the parasitoid, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) and the predator *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) for biological control of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. *J. Entomol. Sci.*, **32**, 17-24.
 - 26) Heimpel, G. E., and M. A. Jervis (2005) : Does floral nectar improve biological control by parasitoids? F. L. Wäckers, P. C. van Rijn and J. Bruin eds., Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: a protective mutualism and its application, 267-304, Cambridge University Press, Cambridge.
 - 27) Heinz, K. M., L. Nunney and M. P. Parella (1993) : Toward predictable biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) infesting greenhouse cut chrysanthemums. *Environ. Entomol.*, **22**, 1217-1233.
 - 28) Hofsvang, T. and E. B. Hågvar (1977) : Cold storage tolerance and supercooling points of mummies of *Ephedrus cerasicola* Stary and *Aphidius colemani* Viereck (Hym.: Aphidiidae). *Norw. J. Ent.*, **24**, 1-6.
 - 29) 石橋泰之 (2004) : 温度管理. 農山漁村文化協会編, 野菜園芸大百科 (第2版) 6 ナス, 285-286, 農山漁村文化協会, 東京.
 - 30) 金子順一・菅原信治・遠藤知二 (1992) : *Aphidius gifuensis* による寄生時のモモアカアブラムシの日齢がその後の産子数に及ぼす影響. 応動昆., **36**, 137-139.
 - 31) 桐谷圭治 (1997) : 日本産昆虫, ダニ, 線虫の発育零点と有効積算温度. 農業環境技術研究所資料, **21**, 1-72.
 - 32) Kobori, Y. and H. Amano (2004) : Effects of agrochemicals on life-history parameters of *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae). *Appl. Entomol. Zool.*, **39**, 255-261.
 - 33) Kocourek, F. and J. Berankova (1989) : Temperature requirements for development and population growth of the green peach aphid *Myzus persicae* on sugar beet. *Acta Entomol. Bohemoslov.*, **86**, 349-355.
 - 34) 国立天文台 (編) (2010) : 理科年表 (平成22年版). 国立天文台, 東京.
 - 35) 国本佳範・井上雅央・谷川元一 (1995) : 夏秋ナスの薬剤散布作業に影響を及ぼす要因の抽出. 奈良農試研報, **26**, 39-46.
 - 36) Kuo, M. H. (1995) : Development of green peach aphid parasitoid *Aphidius gifuensis* Ashmead and hyperparasitoid *Pachyneuron aphidis* (Bouche) at various temperatures. *Plant Prot. Bull.*, **37**, 393-401 (in Chinese with English summary).
 - 37) Langer, A., G. Boivin and T. Hance (2004) : Oviposition, flight and walking capacity at low temperatures of four aphid parasitoid species (Hymenoptera: Aphidiinae). *Eur. J. Entomol.*, **101**, 473-479.
 - 38) van Lenteren, J. C. (1986) : Parasitoids in the greenhouse: Successes with seasonal inoculative releases systems. J. Waage and D. Greathead eds., *Insect Parasitoids*, 341-374, Academic Press, London.
 - 39) van Lenteren, J. C. and J. Woets (1988) : Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annu. Rev. Entomol.*, **33**, 239-269.
 - 40) van Lenteren, J. C. and G. Manzaroli (1999) : Evaluation and use of predators and parasitoids for biological control of pests in greenhouses. R. Albajes, M. Lodovica Gullino, J. C. van Lenteren and Y. Elad eds., *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*, 183-201, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
 - 41) Levie, A., P. Vernon and T. Hance (2005) : Consequences of acclimation on survival and reproductive capacity of cold-stored mummies of *Aphidius rhopalosiphii* (Hymenoptera: Aphidiidae). *J. Econ. Entomol.*, **98**, 704-708.
 - 42) Liu, S. (1991) : The influence of temperature on the population increase of *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi*. *Acta Entomologica Sinica*, **34** (2) , 189-197 (in Chinese with English summary).
 - 43) Liu, S. and X. Meng (1999) : Modeling development time of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) at constant and natural temperatures. *Bull. Entomol. Res.*, **89**, 53-63.
 - 44) Lu, H., B. Shi, Y. Niu and Z. Zhang (1994) : Development thresholds and thermal constants of *Aphidius gifuensis* and *Diaeretiella rapae*. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, **9** (3) , 72-75 (in Chinese with English summary).
 - 45) 松崎征美 (1972) : ハウスにおけるアブラムシ類の発生とその問題点. 植物防疫, **28**, 241-246.
 - 46) 森下正彦・東勝千代 (1990) : 合成ピレスロイド剤に対するモモアカアブラムシの感受性低下. 応動昆, **34**, 163-165.
 - 47) 村井 保・積木久明 (1996) : モモアカアブラムシとワタアブラムシの個体群増殖. 岡大資生研報, **4**, 59-65.
 - 48) 長坂幸吉・大矢慎吾 (2003) : バンカー植物の活用: アブラバチ類. 植物防疫, **57**, 505-509.
 - 49) 長坂幸吉 (2005) : アブラムシ対策としての「バンカー法」技術マニュアル2005年版. (独) 農業・生物系特定産業技術研究機構 近畿中国四国農業研究センター編, 京都.
 - 50) 日本応用動物昆虫学会 (編) (2006) : 農林有害動物・昆虫名鑑 (増補改訂版). 日本応用動物昆虫学会, 東京.
 - 51) 日本施設園芸協会 (編) (2003) : 施設園芸ハンドブック (5訂版). 日本施設園芸協会, 東京.
 - 52) 日本植物防疫協会 (編) (2006) : 生物農薬+フェロモンガイドブック2006. 日本植物防疫協会, 東京.
 - 53) Ohta, I. and K. Honda (2010) : Use of *Sitobion akebiae* (Hemiptera: Aphididae) as an alternative host aphid for a banker-plant system using and indigenous parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae). *Appl. Entomol. Zool.*, **45**, 233-238.
 - 54) 小野 亨・城所 隆・小山 淳・大場 淳司 (2004) : ダイズにおけるジャガイモヒゲナガアブラムシの発生とギョファブラバチの影響. 北日本病虫研報, **55**, 180-185.

- 55) Powell, W. and A. F. Wright (1988) : The abilities of the aphid parasitoids *Aphidius ervi* Haliday and *A. rhopalosiphii* De Stefani Perez (Hymenoptera: Braconidae) to transfer between different known host species and the implications for the use of alternative hosts in pest control strategies. *Bull. Entomol. Res.*, **78**, 683-693.
- 56) Quicke, D. L. J. (1997) : Parasitic Wasps. Chapman & Hall, London.
- 57) Rabasse, M. J. and F. F. Shalaby (1980) : Laboratory studies on the development of *Myzus persicae* Sulz. (Hom., Aphididae) and its primary parasite, *Aphidius matricariae* Hal. (Hym., Aphidiidae) at constant temperatures. *Acta Oecologica / Oecologica Applicata*, **1**, 21-28.
- 58) van Roermund, H. J. W., J. C. van Lenteren and R. Rabbinge (1997) : Biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa* on tomato: An individual-based simulation approach. *Biol. Control*, **9**, 25-47.
- 59) Scopes, N. E. A., S. M. Biggerstaff and D. E. Goodall (1973) : Cool storage of some parasites used for pest control in greenhouses. *Pl. Path.*, **22**, 189-193.
- 60) Shalaby, F. F. and J. M. Rabasse (1979) : Effect of conservation of the aphid parasite *Aphidius matricariae* Hal. (Hymenoptera: Aphidiidae) on adult longevity, mortality and emergence. *Annals of Agric. Sc., Moshtohor*, **11**, 59-73.
- 61) Singh, R. and M. Srivastava (1988) : Effect of cold storage of *Aphis craccivora* Koch subjected to different pre-storage temperature on per cent emergence of *Trioxys indicus* Subba Rao & Sharma. *Insect Sci. Applic.*, **9**, 655-657.
- 62) Solomon, M. E. (1949) : The natural control of animal population. *J. Anim. Ecol.*, **18**, 1-35.
- 63) Starý, P. (1975) : A checklist of the Far East Asian Aphidiidae (Hymenoptera). *Beitr. Entomol.*, **25**, 53-76.
- 64) van Steenis, M. J. (1993) : Intrinsic rate of increase of *Aphidius colemani* Vier. (Hym., Braconidae) , a parasitoid of *Aphis gossypii* Glov. (Hom., Aphididae) , at different temperatures. *J. Appl. Entomol.*, **116**, 192-198.
- 65) Storeck, A., G. M. Poppy, H. F. van Emden and W. Powell (2000) : The role of plant chemical cues in determining host acceptance in the generalist aphid parasitoid *Aphidius colemani*. *Entomol. Exp. Appl.*, **97**, 41-46.
- 66) 高田 肇 (1975) : 2種の寄生蜂 *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) と *Aphidius gifuensis* Ashmead のモモアカアブラムシに対する選好性の差異. 応動昆., **19**, 260-266.
- 67) 高田 肇 (1976) 十字花蔬菜, 馬鈴薯のアブラムシおよびその寄生蜂に関する研究: I. アブラムシの寄生蜂群構成. 昆虫, **44**, 234-253.
- 68) 高田 肇 (1983) : モモアカアブラムシの生活環と寄主植物: クローンレベルの動きに注目して. ポテトサイエンス, **3**, 57-64.
- 69) Takada, H. (1986) : Genotypic composition and insecticide resistance of Japanese populations of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hom., Aphididae). *J. Appl. Entomol.*, **102**, 19-38.
- 70) 高田 肇 (1991) : モモアカアブラムシ. 湯島 健・釜野静也・玉木佳男 編, 昆虫の飼育法, 71-74, 日本植物防疫協会, 東京.
- 71) Takada, H. (1992) : Aphid parasitoids as biological control agents of vector aphids of papaya ring spot virus and banana bunchy top virus. *FFTC Tech. Bull.*, **132**, 1-11.
- 72) Takada, H. (2002) : Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae; Aphelinidae) of four principal pest aphids (Homoptera: Aphididae) on greenhouse vegetable crops in Japan. *Appl. Entomol. Zool.*, **37**, 237-249.
- 73) 高田 肇・竹中洋治 (1982) : タバコを寄主とするモモアカアブラムシの寄生蜂群構成. 昆虫, **50**, 556-568.
- 74) 高田 肇・巽えり子 (2002) アブラムシの一次および二次捕食寄生バチ. 植物防疫, **56**, 415-420.
- 75) 高橋英生 (2004) 環境管理. 農山漁村文化協会 編, 野菜園芸大百科 (第2版) 7 ピーマン, トウモロコシ, オクラ, 174-176, 農山漁村文化協会, 東京.
- 76) Tang, Y. and Z. Chen (1984) : Preliminary study on the biology and the ecology of *Aphidius gifuensis* (Ashmead). *J. Fujian Agr. College*, **13** (2), 119-125 (in Chinese with English summary).
- 77) Tauber, M. J., C. A. Tauber and S. Masaki (1986) : Seasonal Adaptations of Insects. Oxford University Press, Oxford.
- 78) van Tol, S. and M. J. van Steenis (1994) : Host preference and host suitability for *Aphidius matricariae* Hal. and *A. colemani* Vier. (Hym.: Braconidae) , parasitizing *Aphis gossypii* Glov. and *Myzus persicae* Sulz. (Hom.: Aphididae). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, **59/2 a**, 273-279.
- 79) 白谷三郎 (1991) : ハウス病. 日農医誌, **40** (特別号), 36-37.
- 80) Wang, W. and Q. Li (1996) : Effect of host density on reproductive rate of *Aphidius gifuensis*. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, **11** (4), 52-57 (in Chinese with English summary).
- 81) 山本雅則 (1997) : 施設栽培ナスのアブラムシ類の寄生蜂群に関する研究. 滋賀農試特研報, **20**, 1-70.
- 82) 矢野栄二 (1988) : オンシツコナジラミとその寄生蜂 *Encarsia formosa* GAHAN の個体群動態に関する研究. 野菜茶試研報., **A 2**, 143-200.
- 83) 矢野栄二 (2003) : 天敵: 生態と利用技術. 養賢堂, 東京.
- 84) 安松京三 (1970) : 天敵: 生物的防除へのアプローチ. 日本放送協会, 東京.

Practical Evaluation of an Indigenous Aphid Parasitoid,
Aphidius gifuensis (Hymenoptera, Braconidae) as a
Biological Control Agent against Green Peach Aphid,
Myzus persicae (Heteroptera, Aphididae) and Its
Effective Applications in Greenhouses

Izumi Ohta

Summary

Apterous viviparous nymphs and adults of *M. persicae* on qing-geng-cai were kept at constant temperatures of 15, 20, 25 and 30°C under a 16 L-8 D photoperiod. Mean developmental times from first instar to adult emergence decreased as the temperature increased. Survival rates were over 90% at all temperatures and showed no significant difference between each temperature. The lower developmental threshold and total effective temperature were calculated as 5.6°C and 113.1 degree-days. The adult fertility and longevity reached a maximum at 20°C, but the intrinsic rate of population increase was highest as 0.420 at 25°C.

Micro-dissection of *M. persicae* attacked by *A. gifuensis* showed that all parasitized aphids contained one parasite progeny in their bodies; no superparasitism occurred by single attacking. The rate of successful parasitization was 84.9%. The survival rates and developmental times of immature *A. gifuensis* were examined at four constant rearing temperatures of 15, 20, 25 and 30°C with a photoperiod of 16 L-8 D. The survival rates from egg to adult emergence were more than 80% at all temperatures tested. The developmental times decreased with increasing temperatures in both sexes, except that the periods at 30°C were slightly longer than those at 25°C. The lower developmental threshold and total effective temperature were 5.5°C and 188.6 degree-days for the females, and 5.7°C and 181.0 degree-days for the males. Single female parasitoids of *A. gifuensis* produced 529.0 progenies at 20°C and 536.7 at 25°C during their life spans. Longevities were 12.8 days and 12.3 days at 20°C and 25°C, respectively. The number of eggs laid by the female wasps peaked on the first days after the emergence at the two temperatures tested, indicating their proovigenic status. Intrinsic rates of natural increase for *A. gifuensis* were calculated as 0.350 at 20°C and 0.462 at 25°C. These values are higher than those for *M. persicae*, suggesting a significant character of *A. gifuensis* that indicates its great potential for use as a biological control agent for *M. persicae*.

Developmental responses of *A. gifuensis* were compared when incubated at a low or high temperature and a short or long day length. Host aphid mummification and parasitoid emergence from mummies were observed with very high probabilities of over 80% and 90%, respectively, at all treatments. Sex ratios of emerged parasitoids remained constant at approximately 0.6. Developmental periods of parasitoid progenies reared with a short day length (10 D-14 L) were approximately equal to those with a long day length (14 L-10 D) for both sexes, although the duration from mummy to emergence at 15°C significantly differed between short and long day lengths. These results were summarized as *A. gifuensis* completed development under low temperature and short day length conditions of 15°C and 10 L-14 D instead of entering larval diapause as mummies. I thus

Accepted: August 5, 2011

Vegetable Pest Management and Postharvest Division
360 Kusawa, Ano, Tsu, Mie, 514-2392 Japan

conclude that *A. gifuensis* populations introduced into domestic greenhouses can increase and work effectively as biological control agents against pest aphids even during the hibernal season with low temperature and short day length conditions.

A. gifuensis were released on qing-geng-cai plants infested with *M. persicae* in greenhouses. The tests were conducted from September to October 2000 (Trial 1), from November to December 2000 (Trial 2) and from April to May 2001 (Trial 3). Three, six and one adult aphids per plant were put on the first days of trials 1, 2 and 3, respectively. Each trial consisted of three treatments: four-time releases of one female and one male adult parasitoid per plant with 7-day intervals in Greenhouse A, four-time releases of one female and one male per plant with 3-day intervals in Greenhouse B and a single release of four females and four males per plant in Greenhouse C. In Trial 1, aphid populations were suppressed in all of the greenhouses. Trial 2 resulted in an exponential increase of the aphid populations in all of the greenhouses. In Trial 3, the aphid population was controlled only in Greenhouse B. These results suggest that *A. gifuensis* should be released in greenhouses to control *M. persicae* at the right aphid-density: *A. gifuensis* introduction at high population density of *M. persicae* may result in failure of aphid control. And a multiple releasing of parasitoid wasps with an interval of days should be more effective to suppress aphid population increase than the single releasing.

A. gifuensis in *M. persicae* mummies were placed under low temperatures to evaluate cold storage capability of the parasitoids. Adult emergence rates of parasitoids from aphid mummies kept at 7.6°C, 10.1°C or 12.5°C during 7 days were all approximately 80%. The emergence rate was 59.8% at 4.6°C. On the other hand, successful emergence of *A. gifuensis* from mummies exposed to low temperatures during 14 and 21 days were rarely observed with emergence rates of less than 10%. I conclude that *M. persicae* mummies with *A. gifuensis* progenies can be stored under low temperatures to maximum of a week.

Six species of legume or cereal-feeding aphids, *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis craccivora*, *Megoura crassicauda*, *Rhopalosiphum maidis*, *Rhopalosiphum padi* and *Sitobion akebiae* were tested as candidates for alternative hosts of *A. gifuensis*. *A. pisum*, *R. maidis* and *S. akebiae* were accepted by *A. gifuensis*. *S. akebiae* showed the most successful parasitism by *A. gifuensis* among the six aphid species tested, with a mummification rate of 71.7% and emergence rate of 96.7%. No parasitism was observed on *R. padi*, an alternative host available in the banker-plant system with an exotic parasitic wasp, *Aphidius colemani*. *A. gifuensis* females reared on *S. akebiae* had the same developmental period and body size as those reared on *M. persicae*, with no significant differences. They also demonstrated successful parasitic performance in *M. persicae*. These results suggest that *S. akebiae* should be a promising alternative host for use in a banker-plant system with *A. gifuensis*.

うどんこ病・つる割病・ワタアブラムシ抵抗性 アールス系メロン (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*), ‘アルシス’の育成

坂田 好輝*・杉山 充啓・吹野 伸子**・吉岡 洋輔
小原 隆由・下村 晃一郎・小島 昭夫***・野口 裕司
橋本 友秀****・野村 毅****・原田 守****

(平成 23 年 8 月 22 日受理)

Development of an Earl's-Type Melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*), ‘Arsis’, with Resistance to Powdery Mildew, Fusarium Wilt and Cotton-Melon Aphid

Yoshiteru Sakata, Mitsuhiro Sugiyama, Nobuko Fukino, Yosuke Yoshioka,
Takayoshi Ohara, Koichiro Shimomura, Akio Kojima, Yuji Noguchi,
Tomohide Hashimoto, Tsuyoshi Nomura and Mamoru Harada

I 緒 言

アールス系メロン産地では、うどんこ病 (*Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & N. Shishkoff) の発生抑制が栽培上の大きな課題である。特に、秋季を中心としてその被害は大きい。また、頻度は少ないものの、ワタアブラムシ (*Aphis gossypii* Glover) による生育障害やウイルス病媒介が問題である。そのため、うどんこ病やワタアブラムシなどの病虫害に対して高度な抵抗性 (以下、複合病虫害抵抗性とする) を有し、かつ高品質なメロン品種の育成が強く要望されている。

そこで、野菜茶業研究所と愛知県農業総合試験場は、うどんこ病およびワタアブラムシ抵抗性の ‘AR 5’ (McCreight ら, 1984) を育種素材に用い、それらに対する高度な抵抗性と優れた果実品質を兼ね備えたアールス系メロン F₁ 品種 ‘アールス輝’ を共同育成し、2004 年に品種登録出願した (坂田ら, 2005)。しかし、‘アールス輝’ は果実の適食期間が収穫後 3~7 日程度と短いこと、栽培

条件によってはネット発現がやや弱く、果実が小振りになりやすいことから、品種の普及は限定的であった。

そのため、複合病虫害抵抗性と優れた果実品質に加え、日持ち性と果実肥大性を兼ね備えたアールス系メロン F₁ 品種の育成を目的に、2005 年、野菜茶業研究所は株式会社萩原農場 (以下、萩原農場) との共同研究を開始した。その中で作出したいいくつかの交配組合せの中で、試交 F₁ 系統 VIHG-205 は、2006 年から 2010 年度の果実特性評価を主とする生産力検定試験、病虫害抵抗性に関する特性検定試験ならびに現地試験の結果、当初の育種目標を備えていると判断されたことから、改めて ‘アルシス’ と命名し、2011 年 6 月に品種登録出願した (出願番号第 26036 号)。ここに、育成経過と特性の概要を報告する。

なお、‘アルシス’ の育成にあたり、野菜茶業研究所研究支援センターの山下大介氏、堀文明氏には多大な業務支援を頂き、また、野菜病虫害・品質研究領域の太田泉博士には、ワタアブラムシの提供を頂いた。ここに記し、深く感謝する。

〒514-2392 三重県津市安濃町草生 360

野菜育種・ゲノム研究領域

*九州沖縄農業研究センター暖地野菜花き研究調整監

**企画管理部業務推進室

***企画管理部長

****株式会社萩原農場生産研究所

II 育成経過

2005年に、野菜茶業研究所が選抜した複合病虫害抵抗性メロン固定系統と萩原農場が保有する優良メロン固定系統を利用して試交 F₁ 系統を作出し、複合病虫害抵抗性ととも日持ち性および果実肥大性を兼ね備えた高品質アールス系 F₁ 品種を育成する共同研究を開始した。いくつかの交配組合せの中で、萩原農場育成の HGMP-2 を種子親とし、野菜茶業研究所育成の 'AnMP-5' を花粉親とする試交 F₁ 系統 VIHG-205 (図-1) は当初の育種目標に達したと判断し、2006年から2010年度にかけて、果実特性評価を主とする生産力検定試験、病虫害抵抗性に関する特性検定試験ならびに現地試験に供した。その結果、VIHG-205は、うどんこ病およびつる割病 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* (Leach et Currence) Snyder et Hansen) に抵抗性である、ワタアブラムシに対する抵抗性を有する、果実の外部品質および内部品質ともに実用品種並みに優れる、日持ち性を有する等、アールス系メロン実用品種として有望であると評価された。そこで、改めて 'アルシス' と命名し、2011年6月に品種登録出願した (出願番号第26036号)。

なお、'アルシス' の種子親として用いた HGMP-2 は、萩原農場が育成した外観や内部品質が優良な種子親用の固定系統である。また、花粉親として用いた 'AnMP-5' は、複合病虫害抵抗性メロン品種 'アールス輝' の自殖後代から選抜・固定した系統で、うどんこ病・つる割病 (レース2) ・ワタアブラムシ抵抗性を有し、また、果実の肥大性が良好で、日持ち性を有する系統である。2011年8月に試験系統名のままで品種登録出願 (出願番号第26242号) した。

2001年

2005年

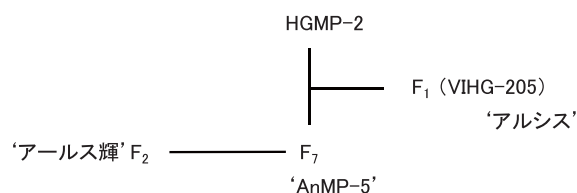


図-1 'アルシス' および花粉親 'AnMP-5' の育成系統図

(HGMP-2は、株式会社萩原農場育成の系統)

III 品種特性

育成地 (野菜茶業研究所) の抑制栽培で得られた試験データをもとに、'アルシス' の品種特性を、植物体特性、果実特性、病虫害抵抗性に分け、下記にまとめた。

なお、植物体および果実特性を評価するための生産力検定試験は2006年から2009年に野菜茶業研究所 (三重県津市) のガラス温室で実施した (表-1)。標準品種はアールス系メロン '雅春秋系' (横浜植木株式会社) とし、また、参考品種は病虫害抵抗性アールス系メロン 'アールス輝' とした。仕立て法はすべて主枝1本仕立ての立体栽培とした。13~15節の側枝に着果させ、最終的に1株1果とした。

病虫害抵抗性評価は2008年および2010年に実施した。うどんこ病抵抗性は栽培時の自然発病、あるいはうどんこ病菌 (*Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & N. Shishkoff) の分生孢子懸濁液噴霧接種法 (森下ら、2002) により、また、つる割病抵抗性はつる割病菌 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* (Leach et Currence) Snyder et Hansen) の孢子懸濁液を用いた断根灌注接種 (坂田ら、2007) により、それぞれ評価した。ワタアブラムシ (*Aphis gossypii* Glover) 抵抗性

表-1 育成地 (野菜茶研) における各試験年次の試験設計及び耕種概要

年度	作型	施設	播種 (月日)	定植 (月日)	栽植距離		施肥 (kg/a) (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	試験規模
					畝間	株間		
					(cm)	(cm)		
2006	抑制	ガラス室	6/10	7/4	150	40	1.2-1.2-1.2	5株 2反復
2007	抑制	ガラス室	6/17	7/4	150	45	1.2-1.2-1.2	4株 3反復
2008	抑制	ガラス室	6/17	7/4	150	45	1.2-1.2-1.3	6株 3反復
2009	抑制	ガラス室	7/16	8/3	150	45	1.2-1.2-1.2	4株 4反復

表-2 ‘アルシス’の抑制栽培における植物体特性

品種名	子葉長 (mm)	子葉長/ 子葉幅	胚軸長 (mm)	胚軸径 (mm)	節間長 (cm)	茎径 (mm)	葉幅 (cm)
アルシス	40.6 b ²	2.05 a	39.5 b	2.63 a	7.6 a	8.6 a	25.2 a
雅春秋系	39.3 b	1.79 b	39.3 b	2.20 b	7.4 a	9.1 a	24.9 a
アールス輝	45.2 a	1.75 b	45.2 a	2.58 a	7.1 a	8.7 a	24.2 a

子葉および胚軸は播種8日後に調査した (2008年).

節間長, 茎径および葉幅は, 摘芯期に調査した. 2006~2009年の4回の栽培の平均値.

² 同一列内の異なる文字間で有意差があることを示す: Tukey 多重検定 ($p < 0.05$)

は, 幼植物へ成虫 (10 頭程度) を接種後, 新たに展開する葉に現れる縮葉症状の有無により判定し, 縮葉症状が現れる個体去感受性個体とした.

1 植物体特性

‘アルシス’は, 標準品種の‘雅春秋系’および参考品種‘アールス輝’に比べ, 子葉の長さは同等からやや短い, 子葉幅が狭いため, 形としてはやや細長い (表-2). 胚軸径は, ‘アールス輝’と同様に太い. 節間長, 茎径および葉幅は‘雅春秋系’や‘アールス輝’と同等であり, 草姿は‘雅春秋系’や‘アールス輝’と類似し, いわゆるアールス系メロンと同等である.

‘アルシス’の雌花着生率および着果率は, ‘雅春秋系’や‘アールス輝’と同等に高く, 安定している (表-3).

表-3 ‘アルシス’の抑制栽培における雌花着生率および着果率

品種名	雌花着生率 (%)	着果率 (%)
アルシス	95.6	95.6
雅春秋系	97.6	97.6
アールス輝	97.8	94.5

2008年抑制栽培

18個体の11~15節側枝の雌花を調査対象とした.

2 果実特性

a 果実外観

‘アルシス’の果実外観は, 標準品種‘雅春秋系’とほぼ同等で, 良好である (表-4, 図-2, 図-3). 果皮は緑がかかった灰色であり, また, ネットの発現は密度・盛り上がり共に充分で, ‘雅春秋系’以上に優れる.

‘アルシス’の果実重は1,800 g程度で, 果形は正球である.



図-2 ‘アルシス’果実の外観および内部のようす (白線は10 cm)

b 果実内部品質・果実日持ち性

‘アルシス’の果実内部品質ならびに果実の日持ち性は, ‘雅春秋系’と同等かやや優れ, 良好である (表-4). 果肉は40 mm程度の厚みがあり, やや緑がかかった淡黄色で温室メロン‘アールスフェボリット’様の高級感がある. 糖度は果肉中央部で11 (Brix%), 内壁部で15 (Brix%)程度と高い. 繊維感はほとんど感じられない. ‘アルシス’は‘雅春秋系’と同程度の十分な日持ち性を有する. また, 果肉の発酵も僅かである.

c 参考品種‘アールス輝’対比

参考品種の‘アールス輝’に比べ, 果皮の緑色が薄く, また, ネット発現が優れるため, 外観品質は大きく優れる (表-4, 図-3). また, 果実はやや大きい. 糖度等の内部品質は同等である. 果実の日持ちは長い.

3 病虫害抵抗性

a うどんこ病抵抗性

‘アルシス’は, うどんこ病に対して高度な抵抗性を有する (表-5, 表-6). 育成地における生産力検定他

表-4 ‘アルシス’の抑制栽培における果実特性

品種名	果皮色	ネット密度	ネット盛上	果重 (g)	果高 (mm)	果径 (mm)
アルシス	緑がかった灰	密	やや高	1816 a ²	157.6 a	151.8 a
雅春秋系	緑がかった灰	やや密	中	1797 a	155.0 a	151.9 a
アールス輝	灰緑	中	やや低	1676 a	141.0 b	152.7 a

2006～2009年までの4回の抑制栽培で得られた値の平均を示す。

² 同一列内の異なる文字間で有意差があることを示す：Tukey 多重検定 ($p < 0.05$)

表-4 ‘アルシス’の抑制栽培における果実特性 (続き)

品種名	果形比 (果高/果径)	果梗径 (mm)	果梗長 (mm)	花落ち (mm)	果肉厚 (mm)	果径に占める果肉割合
アルシス	1.04 a	8.9 a	17.8 a	14.9 a	40.7 a	0.54 a
雅春秋系	1.02 a	9.1 a	16.6 ab	17.0 a	42.1 a	0.56 a
アールス輝	0.92 b	9.8 a	11.1 b	19.0 a	40.6 a	0.53 a

表-4 ‘アルシス’の抑制栽培における果実特性 (続き)

品種名	果肉色	糖度中央 (Brix %)	糖度内壁 (Brix %)	繊維	果実の日持ち	発酵
アルシス	やや緑がかった淡黄	11.0 a	15.0 a	微	7日程度	僅か
雅春秋系	やや緑がかった淡黄	9.8 a	13.8 a	微	6日程度	僅か
アールス輝	やや緑がかった淡黄	11.3 a	15.5 a	微	3日程度	やや低～中

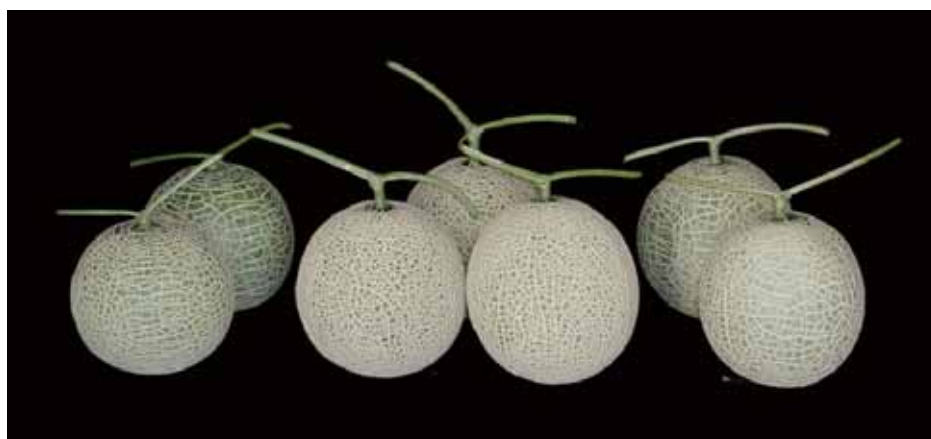


図-3 収穫果実 (左から ‘アールス輝’, ‘アルシス’, ‘雅春秋系’)

表-5 ‘アルシス’ のうどんこ病抵抗性

品種名	うどんこ病抵抗性 ^z	供試数	平均発病評点 ^y	判定
アルシス	—	18	1.00 a ^x	抵抗性
雅春秋系	罹病性 対照品種	18	2.28 b	
アールス輝	抵抗性 対照品種	18	1.00 a	

^z ガラス温室内自然発生 (2008年8月5日調査)

^y 発病評点: 0=無病徴~4=激甚

^x 同一列内の異なる文字間で有意差があることを示す: Steel-Dwass検定 ($p < 0.05$)

表-6 ‘アルシス’ と花粉親 ‘AnMP-5’ のうどんこ病抵抗性

品種名	うどんこ病抵抗性 ^z	切離子葉			第1本葉 (リーフディスク)			判定
		供試数	抵抗性	罹病性	供試数	抵抗性	罹病性	
アルシス	—	6	6	0	6	6	0	抵抗性
AnMP-5	—	6	6	0	6	6	0	抵抗性
雅春秋系	罹病性対照品種	6	0	6	6	0	6	
アールス輝	抵抗性対照品種	6	6	0	6	6	0	
久留米MP-4	抵抗性対照品種	6	6	0	6	6	0	
春系3号	罹病性対照品種	6	0	6	6	0	6	

2010年3月に本葉約1~2葉展開した幼植物に分生孢子懸濁液を接種後、25°C14時間日長の恒温器にて培養し、接種1週間後の観察時、菌糸・胞子の発達がみられるものを罹病性、発達が抑制されているものを抵抗性とした。

^z うどんこ病菌 (レースpxA: レース1類似) の接種検定。

の‘アルシス’の栽培において、うどんこ病の発病が認められることは極めて希であり、また、発生した場合でも症状は極めて軽かった(表-5)。また、うどんこ病菌(レースpxA: レース1に類似; Fukinoら, 2008)による接種検定の結果、高度な抵抗性を有する‘アールス輝’と同様に、‘アルシス’は抵抗性を示した(表-6)。レース1による接種検定も同様であった(データ略)。なお、‘アルシス’の花粉親である‘AnMP-5’も抵抗性である(表-6)。

b つる割病抵抗性

‘アルシス’は、わが国において一般的に蔓延しているレース2によるつる割病に対して抵抗性を示す(表-7)。つる割病(レース2)接種検定の結果、‘雅春秋系’や‘アールス輝’と同様に、‘アルシス’は罹病しなかった(表-7)。育成経過から判断すると、つる割病抵抗性遺伝子 *Fom-1* を有すると推定される。なお、*Fom-1* を

有するメロンはレース2に加え、レース0に対しても抵抗性を示す。レース1には罹病性である(データ略)。なお、花粉親の‘AnMP-5’も(レース2)に対して抵抗性である。

c ワタアブラムシ抵抗性

‘アルシス’は、ワタアブラムシ抵抗性を有する(表-8, 図-4)。幼植物へのワタアブラムシ接種による抵抗性検定の結果、抵抗性の指標である寄生による縮葉症状が‘アルシス’では認められなかったことから、‘アールス輝’と同様に、ワタアブラムシ抵抗性を有すると推定される。また、同様に花粉親の‘AnMP-5’も抵抗性であると推定される。

表-7 ‘アルシス’ と花粉親 ‘AnMP-5’ のつる割病（レース2）抵抗性

品種名	つる割病抵抗性	供試数	平均発病評点 ^z	判定
アルシス	—	6	0.0	抵抗性
AnMP-5	—	6	0.0	抵抗性
雅春秋系	抵抗性 対照品種	6	0.0	
アールス輝	抵抗性 対照品種	6	0.0	
Charantais (Fom-1)	抵抗性 対照品種	6	0.0	
Charantais (Fom-2)	罹病性 対照品種	6	1.8	
ダブルガード	抵抗性 対照品種	6	0.0	

地温を25℃に設定した土壌恒温接種検定装置を用い、2010年3月14日に本葉約1葉展開した幼植物に接種し、4月3日に調査した。

^z 発病評点：0＝無病徴～4＝枯死

表-8 ‘アルシス’ と花粉親 ‘AnMP-5’ のワタアブラムシ抵抗性

品種名	ワタアブラムシ抵抗性	供試個体数	健全個体数	縮葉個体数	判定
アルシス	—	6	6	0	抵抗性
AnMP-5	—	6	6	0	抵抗性
雅春秋系	感受性 対照品種	6	0	6	
アールス輝	抵抗性 対照品種	6	6	0	
久留米MP-4	抵抗性 対照品種	6	6	0	

2010年2月16日に個体当たり約10頭のワタアブラムシを第1本葉展開時の幼植物に接種し、8日後の第1本葉の縮葉程度を判定した。なお、縮葉耐性はアブラムシ抵抗性の指標である。

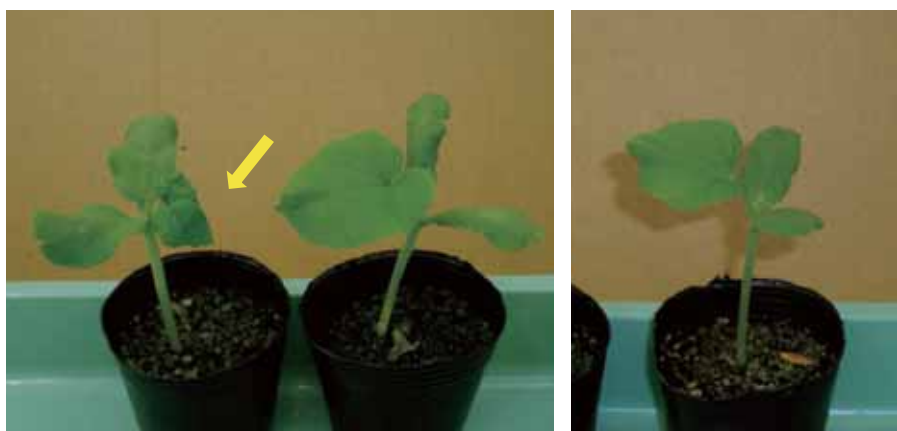


図-4 ワタアブラムシ寄生幼植物

(左：‘雅春秋系’，中：‘アルシス’，右：‘AnMP-5’)

(‘雅春秋系’は寄生により矢印部分の本葉が縮葉症状を呈している。一方、‘アルシス’および花粉親の‘AnMP-5’は健全。)

表-9 ‘アルシス’の現地抑制栽培における果実特性

品種名	果皮色	ネット密度	ネット盛上	果重 (g)	果高 (mm)	果径 (mm)
アルシス	灰緑	密	やや高	1813	158	149
ミラノ夏 I	灰緑	密	やや高	1752	149	147

JA大浜①で生産された果実について、品種あたり5果を調査した。

表-9 ‘アルシス’の現地抑制栽培における果実特性 (続き)

品種名	果形比 (果高/果径)	果肉厚 (mm)	果径に占める果肉割合	果肉色	糖度中央 (Brix %)
アルシス	1.06	46	0.62	やや緑がかった黄	13.6
ミラノ夏 I	1.01	45	0.61	やや緑がかった黄	13.8

表-9 ‘アルシス’の現地抑制栽培における果実特性 (続き)

品種名	糖度内壁 (Brix %)	果肉質	果肉硬さ	食味	日持
アルシス	16.0	やや溶質	やや軟	良	8日以上
ミラノ夏 I	14.9	溶質	軟	良	8日以上

IV 現地試験 (熊本県) における評価

1 栽培概要および生育

2010年度、熊本県のメロン産地 (JA 大浜管内) において生産農家に栽培を委託し、現地試験を行った。連棟ハウス内の隔離床栽培で、8月6日に30株定植し、10月21日に収穫した。対照品種として‘ミラノ夏 I’ (八江農芸株式会社) を用いた。‘アルシス’は、初期生育が遅いことから着果節位は低くなったが、果実の肥大は良好であった。雌花の着生は良かった (データ略)。うどんこ病ならびにワタアブラムシは、対照品種を含め、発生しなかった。

2 果実特性および評価・感想

果実外観は‘ミラノ夏 I’とほぼ同等で、良好であった (表-9)。果形は正球で、果皮は灰緑色、果実は1800g程度であった。

‘アルシス’の内部品質ならびに日持ち性は‘ミラノ夏 I’と同等からやや優れた。果肉は46mmの厚みがあり、やや緑がかった黄色で高級感があった。糖度は果肉中央部で13.6 (Brix%) で、内壁部では16.0 (Brix%) と‘ミラノ夏 I’に比べ、1.1 (Brix%) 高

かった。食味は良好であった。収穫8日後に果実を調査したが、果実の発酵やうるみ果はなく、十分な日持ち性を有すると推定された。

生産者から、「‘アルシス’は作りやすい。」「熟期は‘ミラノ夏 I’より早い。」「次年度は作付けを増やしたい。」との感想・評価を得た。

V 用途、適応作型および栽培上の注意点

‘アルシス’の用途は青果用であり、減農薬生産が可能であることから、「安全・安心」なメロンの生産を目的とした立ち作り栽培に適する。適応作型は抑制栽培である。半促成から早熟作型では、果実肥大や果形が安定せず、適さない。栽培適地は東海以西の暖地・温暖地である (三重県より東での地域での栽培試験は実施していない)。

なお、‘アルシス’は、メロンえそ斑点病には抵抗性を有しないため、発生が懸念される圃場では抵抗性台木を用いる。また、うどんこ病の激発地域、あるいは菌のレース分化により罹病する可能性がある。

引用文献

VI 摘 要

- 1) ‘アルシス’は、株式会社萩原農場育成のHGMP-2を種子親とし、農研機構野菜茶業研究所育成の‘AnMP-5’を花粉親とするアールス系メロン新F₁品種である。
- 2) ‘アルシス’の果実品質は、外観・内部品質ともに標準品種の‘雅春秋系’と同等かやや優れ、良好である。また、十分な果実の日持ち性を有する。
- 3) ‘アルシス’は、うどんこ病・つる割病（レース2）・ワタアブラムシ抵抗性を有する。
- 4) ‘アルシス’の適応作型は、抑制栽培である。

- 1) Fukino N, Ohara T, Monforte A, Sugiyama M, Sakata Y, Kuniyama M, and Matsumoto S. (2008): Identification of QTLs for resistance to powdery mildew resistance genes in melon (*Cucumis melo* L.). *Theor Appl Genet*, **118**, 165-175.
- 2) McCreight D, Kishaba N. and Bohn W. (1984) : AR Hale's Best Jumbo, AR 5 and AR Topmark: aphid resistant muskmelon breeding lines. *HortScience*, **19**, 309-310.
- 3) 森下昌三・杉山慶太・齊藤猛雄・坂田好輝 (2002) : キュウリのうどんこ病抵抗性検定法の改良と抵抗性素材の検索. *園学雑*, **71**, 94-10.
- 4) 坂田好輝・大藪哲也・矢部和則・杉山充啓・森下昌三・菅原真治・齊藤猛雄 (2005) : ワタアブラムシ・うどんこ病・つる割病抵抗性メロン‘アールス輝’の育成とその特性. *野菜茶研報*, **4**, 15-28.
- 5) 坂田好輝・小原隆由・杉山充啓 (2007) : 効率的なメロンつる割病抵抗性検定方法の開発. *園学研* **6** (別 1), 118.

Development of an Earl's-type Melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*),
‘Arsis’, with Resistance to Powdery Mildew,
Fusarium Wilt and Cotton-Melon Aphid

Yoshiteru Sakata, Mitsuhiro Sugiyama, Nobuko Fukino, Yosuke Yoshioka,
Takayoshi Ohara, Koichiro Shimomura, Akio Kojima, Yuji Noguchi,
Tomohide Hashimoto, Tsuyoshi Nomura and Mamoru Harada

Summary

‘Arsis’, an Earl's-type melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) with resistance to powdery mildew (*Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & N. Shishkoff), Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Leach et Currence) Snyder et Hansen, race 2), and cotton-melon aphid (*Aphis gossypii* Glover) was developed. It is a new hybrid cultivar from a cross between HGMP-2 and ‘AnMP-5’. The fruit weight is around 1800 g, the shape is spherical, the rind color is greenish gray, and the skin is finely netted. The flesh is greenish yellow, and the taste is equal or superior to common Earl's-type cultivars, with the Brix value of 15 degrees. The shelf life is 7 days or more after harvest. ‘Arsis’ is suitable for summer-autumn cultivation under greenhouse conditions.

短側枝性・単性花性を有するメロン新品種 ‘フェーリア’の育成とその特性

杉山 充啓・小原 隆由・坂田 好輝*・吹野 伸子**
吉岡 洋輔・下村 晃一郎・小島 昭夫***・野口 裕司

(平成 23 年 8 月 26 日受理)

‘Feria’, a New Melon (*Cucumis melo* L.) Cultivar with Suppressed-branching and Monoecious Traits

Mitsuhiro Sugiyama, Takayoshi Ohara, Yoshiteru Sakata, Nobuko Fukino,
Yosuke Yoshioka, Koichiro Shimomura, Akio Kojima and Yuji Noguchi

I 緒 言

我が国のメロン (*Cucumis melo* L.) 栽培では、草勢を適正に管理して着果の安定性や果実の品質を向上させるため、また、過繁茂による作業性の低下や病害虫の蔓延を防ぐ目的で、側枝摘除等の整枝作業が行われている。この作業には多大な時間と労力が必要であり、整枝作業の省力化が望まれている。ウリ科野菜において、省力化を目的とした品種育成は重要な課題の 1 つである。

整枝・誘引作業の省力化を図る上で、側枝の伸長が抑制される短側枝性はきわめて有用な形質である。そこで、野菜・茶業試験場（現野菜茶業研究所）では、側枝摘除作業の省力化を目的に、旧ソ連から導入した雑草メロン (*Cucumis melo* L. var. *agrestis*) を素材として、発生する側枝の大部分が途中で伸長を停止する短側枝性を有する‘メロン中間母本農 4 号’を育成した（小原ら，2001）。しかし，‘メロン中間母本農 4 号’は育種に用いるための中間母本であり，その果実形質は市販品種に比べて劣っていることから，本品種をそのまま実用品種として栽培に用いることはできなかった。

一方，一般的なメロンの性表現（花性）には，両性花

と単性の雄花を着生する両性花雄花同株型と，単性の雌花と雄花を着生する雌雄同株型の 2 通りがある。日本で栽培されているほとんどのメロン品種は両性花雄花同株型である。両性花には雌蕊と雄蕊が併存することから自然着果しやすく，余剰に着果した果実の摘果に労力を要する。それに対し，単性の雌花（以下単性花とする）を着生する雌雄同株型のメロンは，両性花に比べて自然着果しにくい。

そこで，整枝・摘果作業の省力化を目的として，短側枝性と単性花性を併せ持つ実用品種の育成に取り組み，省力栽培が可能な‘フェーリア’を育成した。その育成経過と特性について報告する。

‘フェーリア’の育成にあたり，特性検定試験の実施にあたっては奈良県農業総合センターの担当者各位に，系統適応性検定試験の実施にあたっては秋田県農林水産技術センター農業試験場，神奈川県農業技術センターおよび鳥取県農林総合研究所園芸試験場の担当者各位に，また，参考試験にあたっては茨城県農業総合センターの担当者各位に多大な御協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。さらに，野菜茶業研究所研究支援センター業務第 1 科の方々には多大な業務支援をいただき，深く感謝する。また，本品種の育成は，2001～2005 年には

〒514-2392 三重県津市安濃町草生 360

野菜育種・ゲノム研究領域

*九州沖縄農業研究センター暖地野菜花き研究調整監

**企画管理部業務推進室

***企画管理部長

農林水産省プロジェクト研究「新鮮でおいしい『ブランド・ニッポン』農産物提供のための総合研究」(ブランド6系)により実施した。

II 育成経過

単性花性の素材として雑草メロン Jmu-15 を用い、1997年に固定品種‘夏系6号’と交雑した。その後、交雑後代と‘夏系6号’、‘メロン久留米MP-4’ (農研機構野菜茶業研究所) および F₁ 品種‘雅春秋系’ (横浜植木株式会社) を交雑し、単性花性の F₂ 個体を得た。また、短側枝性の素材として‘メロン中間母本農4号’ (野菜茶業研究所) の兄弟系統で強い短側性を有する ELE 20-9-10 B と、F₁ 品種‘ホワイトローザ’ および F₁ 品種‘アンデス’ (両品種ともに株式会社サカタのタネ) を交雑し、短側枝性を有する F₃ 個体を得た。2002年に、上記の単性花性 F₂ 個体に短側枝性 F₃ 個体を交雑し、後代から短側枝性および単性花性を有する個体を選抜し固定化を図った。2005年に F₇ 世代で強い短側枝性および単性花性を有し果実品質が優れた系統を選抜し、‘AnSB-4’ と系統名を付した。

一方、野菜茶業研究所と愛知県農業総合研究所で共同育成した複合病害抵抗性メロン品種‘アールス輝’ (坂田ら、2005) の自殖後代からうどんこ病およびつる割抵抗性を有する個体を選抜し固定化を図った。2005年に F₉ 世代からうどんこ病抵抗性を有し、両性花性で中程度の短側枝性を有する系統を得たことから、本系統に‘AnMP-1’ と系統名を付与した。

‘AnMP-1’ を‘AnSB-4’ に交雑した F₁ 系統は、短側枝性および単性花性を有し、果実形質が優れたことから本系統にメロン安濃交12号と地方系統名を付した (図-1)。2008~2010年の特性検定・系統適応性検定試験において、メロン安濃交12号は短側枝性および単性

花性を示し、多くの検定地で整枝作業の省力性を有することが認められた。また、その果実品質は実用品種と同等と評価された。これらのことから、メロン安濃交12号は実用品種として有望であると判断し、2011年に‘フェーリア’として品種登録出願した (品種登録出願番号第25784号、2011年4月1日)。

III 品種特性

1 育成地における試験成績

育成地においては、生産力検定試験ならびに特性検定試験を半促成栽培で3回実施した (表-1)。野菜茶業研究所 (三重県津市安濃町) 内の加温 PO フィルムハウス内 (間口6m×長さ20m) で行い、全て子つる2本仕立て4果穫りの地這栽培とし、第11~15節着果を目標に交配した。施肥は基肥のみとした。生産力検定試験の標準品種として‘アンデス5号’ (サカタのタネ)、参考品種として‘タカミ’ (財団法人日本園芸生産研究所) を供試した。生産力検定試験では、葉身長、節間長、果重等、39項目 (一部データ省略) を調査した。特性検定試験では、側枝形態および側枝長、単性花着生率について調査した。側枝形態および側枝長は、子つる第11~20節に発生した側枝について調査した。側枝形態は、無側枝 (側枝が全く発生しない)、短側枝 (側枝長30cm未満)、伸長抑制側枝 (側枝の伸長が抑制されている側枝; 側枝長30cm以上)、普通側枝 (通常通りに伸長している側枝; 側枝長50cm以上) の4型に分類した。単性花着生率は、子つる第11~15節に発生した側枝の第1節に着生した雌花により評価した。なお、短側枝性については、対照品種として短側枝性の‘メロン中間母本農4号’および普通側枝性の‘アンデス5号’を用いた。同様に花性については、単性花性の‘マルセイユ’ (株式会社サカタのタネ) および両性花性の‘ア

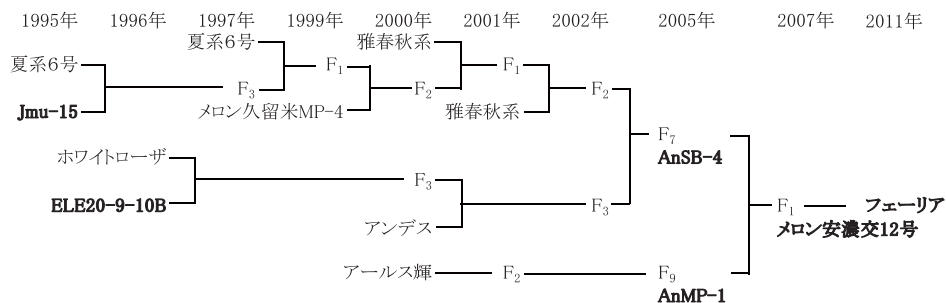


図-1 'フェーリア'の育成系統図

Jmu-15: 単性花型, ELE 20-9-10 B: 'メロン中間母本農4号'の兄弟系統で短側枝性を有する。

表-1 育成地における生産力検定および特性検定試験の概要

検定年	作型	土質	播種 月日	定植 月日	畦幅 (cm)	株間 (cm)	栽植密度 (株/a)	施肥量(kg/a) (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	栽培	試験規模
2008年		非火山	2/21	3/18	250	60	56	1.3-1.3-1.3	2本4果	3株×3
2009年	半促成	灰性黒	2/24	3/23	250	60	56	1.3-1.3-1.3	2本4果	5株×2
2010年		ぼく土	2/2	3/3	250	60	56	1.3-1.3-1.3	2本4果	5株×2

表-2 ‘フェーリア’の側枝形態・側枝長および省力性

検定年	品種名	第11~20節の 側枝形態(%) ^z				側枝長(cm)			短側 枝性	整枝・誘 引時間 (h/10a)	整枝 労力	余剰 果 (個/ 株)	摘果 作業	省力 性
		無側 枝	短側 枝	伸張 抑制 側枝	普通 側枝	第11 ~15 節	第16 ~20 節	第11 ~20 節						
2008年	フェーリア	0.0	70.0	22.8	7.2	29.4	17.9	23.7	○	-	少	0.3	少	高
	アンデス5号	0.0	0.0	0.0	100.0	50.0	50.0	50.0	×	-	多	1.9	中	低
	メロン中間母本農4号	7.8	88.3	3.3	0.6	14.8	8.0	11.5	○	-	極少	3.3	多	高
2009年	フェーリア	0.0	95.5	4.0	0.5	16.8	15.5	16.2	○	27.1	少	0.8	少	高
	アンデス5号	0.0	0.0	2.0	98.0	49.5	50.0	49.7	×	52.3	多	1.7	中	低
	メロン中間母本農4号	14.0	86.0	0.0	0.0	9.4	9.8	9.7	○	21.2	極少	5.7	多	高
2010年	フェーリア	1.0	93.5	5.5	0.0	18.9	16.5	17.7	○	-	少	0.2	少	高
	アンデス5号	0.0	0.0	0.0	100.0	50.0	50.0	50.0	×	-	多	0.4	中	低
	メロン中間母本農4号	18.0	82.0	0.0	0.0	3.1	2.8	3.0	○	-	極少	11.1	多	高

^z側枝形態:無側枝(側枝が全く発生しない),短側枝(側枝長30cm未満),伸張抑制側枝(側枝の伸張が抑制されている側枝,側枝長30cm以上),普通側枝(通常通りに伸張している側枝,側枝長50cm以上).

ンデス5号’を対照品種とした。‘フェーリア’および‘メロン中間母本農4号’においては、着果枝より下位節から発生する側枝を摘除し、着果枝より上位節の側枝は摘除せず放任した。その他の品種においては着果枝と上位節から発生する2~3本の側枝を除き全ての側枝を摘除した。

a 側枝形態および側枝長

‘フェーリア’における第11~20節の平均側枝長は16.2~23.7cmで、対照品種‘アンデス5号’の49.7~50.0cmに比べ短かった(表-2)。「フェーリア」の側枝形態は短側枝が大部分であり(図-2)、50cm以



図-2 ‘フェーリア’の側枝
矢印は側枝の先端を示す。

上伸長した普通側枝の発生率は、「アンデス5号」の98.0~100%に比べ明らかに低い0~7.2%であった。以上の結果より、「フェーリア」は短側枝性を有することが明らかとなった。

b 単性花着生率

‘フェーリア’の単性花着生率は、78.8~100%で多くの雌花が単性花となった(表-3)。一方、「アンデス5号」の単性花着生率は0%で、全ての雌花が両性花と

表-3 ‘フェーリア’の単性花着生率

検定年	品種名	単性花 着生率 (%) ^z
2008年	フェーリア	100.0
	アンデス5号	0.0
	マルセイユ	100.0
2009年	フェーリア	78.8
	アンデス5号	0.0
	マルセイユ	91.0
2010年	フェーリア	97.8
	アンデス5号	0.0
	マルセイユ	89.1

^z第11~15節における側枝第1節に着生した雌花が単性花であった割合。

表-4 ‘フェーリア’の植物体特性

検定年	品種名	つる長 (cm)	葉数 (枚)	節間 長 (cm)	つる径 (mm)	葉長 (cm)	葉柄 長 (cm)	葉幅 (cm)	葉色	草勢	雌花(両 性花)着 生率 ^z (%)	着果率 ^y (%)
2008年	フェーリア	104.7	17.4	6.8	13.3	43.4	20.8	26.8	緑	中	95.6	97.5
	アンデス5号	123.9	15.4	8.2	12.2	49.8	26.5	31.8	濃緑	強	97.8	87.6
	タカミ	157.7	18.2	8.8	10.3	44.8	22.6	26.9	緑	中	96.7	85.6
2009年	フェーリア	109.1	17.8	6.0	13.0	44.8	21.0	27.4	緑	中	92.0	74.4
	アンデス5号	122.4	14.6	8.6	11.3	46.6	22.3	28.4	濃緑	強	99.0	94.8
	タカミ	151.4	18.6	9.0	9.0	40.0	19.3	24.2	緑	弱	98.0	73.5
2010年	フェーリア	95.8	15.6	5.6	13.5	36.6	16.5	25.0	緑	やや強	92.0	74.5
	アンデス5号	118.1	14.4	8.3	13.4	40.4	20.4	28.1	やや濃緑	強	94.0	82.2
	タカミ	127.6	16.1	8.3	11.2	36.3	16.7	24.8	緑	中	72.0	57.9

^z 第11～15節における側枝第1節に着生した雌花(両性花)の着生率。

^y 第11～15節における側枝第1節に着生した雌花(両性花)の着果率。

なった。単性花性の対照品種‘マルセイユ’の単性花着生率は、89.1～100%であった。以上の結果より、‘フェーリア’の単性花性は‘マルセイユ’と同程度と判定された。

c 作業時間および余剰果発生個数

2009年に10aあたりの整枝・誘引作業に要する時間を測定した結果、‘フェーリア’では27.1時間、慣行栽培の‘アンデス5号’では52.3時間となり、‘フェーリア’において、整枝・誘引作業時間が慣行栽培に比べて5割程度短縮され、整枝作業の省力化が認められた(表-2)。一方、両性花性の‘メロン中間母本農4号’では、側枝を放任したために3.3～11.1個と多くの余剰果が着生した。これに対し、単性花性の‘フェーリア’では、側枝を放任したにもかかわらず余剰果は0.2～0.8個と少なかった。この値は側枝の大部分を摘除した両性花性の‘アンデス5号’に比べても少なく、余剰果の摘果作業の省力性が認められた。以上の結果より、‘フェーリア’は実用上十分な省力性を有することが明らかとなった。



図-3 ‘フェーリア’の草姿

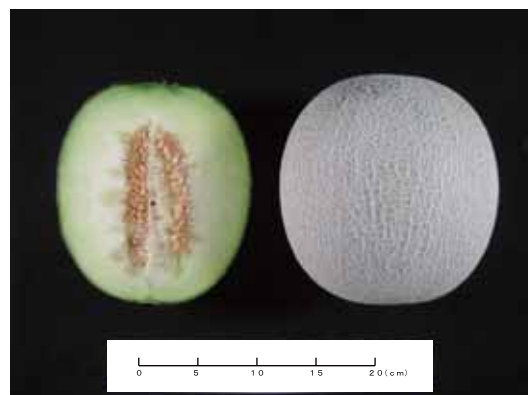


図-4 ‘フェーリア’の果実

d 植物体特性

3年間の試験において標準品種‘アンデス5号’に比べ、‘フェーリア’のつる長および節間長は短く、葉長、葉柄長は小さかった(表-4)。葉色は緑色、草勢は中からやや強く、‘アンデス5号’に比べ弱かった(図-3)。雌花着生率は92.0～95.6%で‘アンデス5号’に比べわずかに低かったものの、雌花の着生は安定していた。着果率は74.4～97.5%で‘アンデス5号’に比べやや劣ったが、参考品種‘タカミ’に比べ高く、十分な着果性を有すると判断された。

e 収量および果実特性

‘フェーリア’の1果重は1385～1433gで、‘アンデス5号’の1489～1727gに比べ軽く、収量性は劣った(表-5)。成熟日数は‘アンデス5号’と同程度からやや短かった。2008年には裂果が認められたが、‘アンデス5号’の裂果率に比べ、低かった。果実は高球形で、果皮色は灰緑、ネットの発現は優れた(図-4)。果肉色は淡緑から黄緑、果肉厚は‘アンデス5号’に比べやや薄かっ

表-5 ‘フェーリア’の果実特性

検定年	品種名	成熟日数(日)	追熟日数(日)	着果節位(節)	裂果率(%)	可販果率(%)	果実重(g)	果高(cm)	果径(cm)	果形比(果高/果径)	花痕部(mm)	果皮色	果実の揃い	へた離れ
2008年	フェーリア	54.6	7.0	12.5	17.1	82.9	1385	14.4	12.9	1.14	10.2	灰緑	中	難
	アンデス5号	55.6	7.0	11.7	50.0	50.0	1489	14.3	13.8	1.02	15.7	灰緑	中	難
	タカミ	56.3	7.0	11.8	2.8	97.2	1566	15.9	13.9	1.14	25.7	やや濃緑	中	易
2009年	フェーリア	54.1	7.0	13.9	0.0	100.0	1399	13.8	13.6	1.01	12.4	灰緑	やや悪	難
	アンデス5号	53.4	7.0	11.6	5.0	95.0	1620	14.4	14.2	1.01	18.3	灰緑	中	難
	タカミ	53.7	7.0	11.9	0.0	100.0	1375	14.6	13.3	1.10	19.0	やや濃緑	やや悪	易
2010年	フェーリア	50.5	7.0	16.1	0.0	78.4	1433	14.5	12.2	1.19	10.0	灰緑	不良	難
	アンデス5号	54.6	7.0	12.2	35.9	64.1	1727	14.8	14.4	1.03	16.1	灰緑	良	難
	タカミ	55.3	7.0	12.2	0.0	58.8	1640	16.9	13.9	1.22	27.1	やや濃緑	不良	易

表-5 ‘フェーリア’の果実特性(つづき)

検定年	品種名	ネット密度	ネット盛り上がり	果肉厚(mm)			糖度(Brix)			果肉色	果肉質	溶肉程度	発酵果の発生(%)	日持ち性(日)	食味	果実総合判定
				果頂部	中間部	下部	胎座部	中心部	果皮部							
2008年	フェーリア	密	やや低	29.4	42.1	18.8	15.4	13.5	8.6	黄緑	溶質	高	30.4	5	良	中
	アンデス5号	やや密	低	35.1	42.2	21.2	16.8	12.4	6.3	黄緑	やや溶質	やや高	0.0	10	中	不良
	タカミ	密	低	34.5	39.2	24.5	16.2	13.6	8.0	淡緑	粘質	中	0.0	10	良	良
2009年	フェーリア	やや密	中	27.9	42.1	20.6	16.1	13.7	7.9	黄緑	やや溶質	やや高	18.8	5	良	良
	アンデス5号	中	やや低	34.3	41.6	22.4	17.0	11.8	6.9	黄緑	やや溶質	高	0.0	10	良	良
	タカミ	密	低	31.3	38.5	25.2	16.5	14.2	8.2	淡緑	粘質	中	0.0	10	極良	極良
2010年	フェーリア	やや密	中	28.3	41.4	18.9	15.1	12.5	8.1	淡緑	やや溶質	中	0.0	11	良	やや良
	アンデス5号	やや密	やや低	35.0	43.7	22.0	15.8	10.1	6.0	黄緑	溶質	やや高	0.0	11	中	中
	タカミ	密	低	32.7	38.1	24.6	15.7	13.2	7.8	淡緑	粘質	やや低	0.0	15	良	やや良

た、胎座部の糖度は‘アンデス5号’に比べ低かったが、中心部および果皮部では高く、食味は優れた。2008および2009年の試験では発酵果の発生が認められ、日持ち性は‘アンデス5号’に比べ同等またはやや劣った。

f 病害抵抗性

‘フェーリア’はうどんこ病(*Podospheara xanthii* (Castagne) U. Braun & N. Shishkoff) レース1に対し抵抗性、レース5には罹病性であった(表-6)。つ

表-6 ‘フェーリア’のうどんこ病およびつる割病抵抗性検定結果

品種名	うどんこ病 ^z		つる割病 ^y	
	レース1	レース5	レース0	レース2
フェーリア	0.0	4.5	0.0	0.0
夏系6号	4.0	4.8	4.0	4.0
雅春秋系	0.0	5.0	0.0	0.0
AR 5	0.0	0.0	-	-

^z 発病度:0(無病徴)~5(葉全体に菌層認められる)。

^y 発病度:0(無病徴)~4(枯死)。

る割病(*Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* (Leach et Currence) Snyder et Hansen) レース0およびレース2に対しては、抵抗性を示した(表-6)。

2 特性検定試験場所における試験成績

特性検定試験は奈良県農業総合センター(奈良農総セ)において実施し、側枝形態および側枝長、単性花着生率について調査した。対照品種、仕立て方法および調査項目は育成地における特性検定試験と同様に行った(表-7)。

a 側枝形態および側枝長

‘フェーリア’における第11~20節の平均側枝長は15.3~30.1 cmで、‘アンデス5号’に比べ大幅に短かった(表-8)。「フェーリア」の側枝形態は短側枝および伸長抑制側枝を示し、普通側枝の発生率は、0~7.2%で短側枝性を示した。

表-7 特性検定地における試験概要

検定場所	検定年	作型	播種月日	定植月日	畦幅(cm)	株間(cm)	施肥量(kg/a)(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	栽培	試験規模
奈良農総セ	2008年		3/10	4/9	250	70	1.0-1.0-1.0	2本4果	5株×2
	2009年	半促成	3/9	4/13	250	70	0.6-0.6-0.6	2本4果	5株×2
	2010年		3/13	4/1	250	70	1.0-1.0-1.0	2本4果	5株×2

表-8 特性検定地における側枝形態および側枝長（奈良農総セ）

検定年	品種名	第11～20節の側枝形態(%) ^z				側枝長(cm) 第11～20節	短側枝性
		無側枝	短側枝	伸張抑制	普通側枝		
2008年	フェーリア	0.0	78.4	6.3	15.3	21.0	○
	アンデス5号	0.0	6.0	5.0	89.0	48.0	×
	メロン中間母本農4号	4.0	77.0	8.0	11.0	17.0	○
2009年	フェーリア	2.5	55.3	40.6	31.6	30.1	○
	アンデス5号	0.0	5.5	7.0	87.5	47.4	×
	メロン中間母本農4号	5.0	46.0	20.0	29.0	29.1	○
2010年	フェーリア	3.0	83.5	6.0	7.5	15.3	○
	アンデス5号	0.5	8.0	5.5	85.9	46.5	×
	メロン中間母本農4号	10.3	76.9	7.2	5.6	14.3	○

^z側枝形態:無側枝(側枝が全く発生しない),短側枝(側枝長30cm未満),伸張抑制側枝(側枝の伸張が抑制されている側枝,側枝長30cm以上),普通側枝(通常通りに伸張している側枝,側枝長50cm以上).

表-9 特性検定地における単性花性（奈良農総セ）

検定年	品種名	単性花 着生率 単性花性 (%) ^z	
		着生率	単性花性
2008年	フェーリア	94.2	△
	アンデス5号	0.0	×
	マルセイユ	100.0	○
2009年	フェーリア	93.2	○
	アンデス5号	0.0	×
	マルセイユ	93.9	○
2010年	フェーリア	86.9	○
	アンデス5号	0.0	×
	マルセイユ	81.3	○

^z第11～第15節における側枝第1節に着生した雌花が単性花であった割合.

b 単性花着生率

‘フェーリア’の単性花着生率は、86.8～94.2%で、単性花性の対照品種‘マルセイユ’の単性花着生率と同程度であった(表-9).

3 系統適応性検定試験場所における試験成績

系統適応性検定試験は秋田県農林水産技術センター農業試験場(秋田農技セ農試), 神奈川県農業技術センター

三浦半島事務所(神奈川農技セ(三浦))および鳥取県農林総合研究所園芸試験場(鳥取農総研園試)において実施した. なお, 参考試験は茨城県農業総合センター園芸研究所(茨城農総セ)において実施した. 標準品種として‘アンデス5号’を用い, 仕立て方法および調査項目は育成地における生産力検定試験と同様とした(表-10).

a 植物体特性

多くの検定場所において, ‘フェーリア’のつる長および節間長は標準品種‘アンデス5号’に比べ短かった(表-11). 葉長は‘アンデス5号’と同程度からやや小さく, 葉柄長は短かった. 草勢は‘アンデス5号’に比べ同程度かやや弱かった. 雌花着生性および着果性は, 多くの場所において‘アンデス5号’と同程度と判定された.

b 収量および果実特性

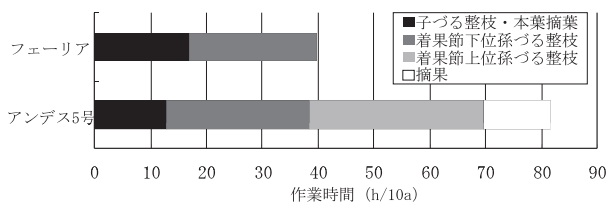
‘フェーリア’の1果重は, ‘アンデス5号’と同程度から軽く, 裂果の発生が認められる場合があった(表-12). 成熟日数は‘アンデス5号’と同程度からやや短かった. 果実は球形からやや高球形で, 果皮色は灰緑,

表-10 系統適応性検定地における試験概要

検定場所	検定年	作型	土質	播種 月日	定植 月日	畦幅 (cm)	株間 (cm)	栽植密度 (株/a)	施肥量(kg/a) (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	栽培	試験規模
秋田農技セ農試	2008年	半促成	非アロ	3/17	4/16	240	70	60	1.0-1.0-1.0	2本4果	10株×2
	2009年		フェン質	3/9	4/9	240	50	74	1.4-1.5-0.8	2本4果	5株×2
	2010年		黒ぼく土	3/15	4/16	240	70	60	2.0-2.3-1.2	2本4果	5株×2
神奈川農技セ(三浦)	2008年	半促成	多腐植	3/3	4/7	320	60	52	1.2-1.2-0.2	2本4果	10株×2
	2009年		質黒ぼく	3/1	4/3	320	60	52	1.2-1.2-0.2	2本4果	10株×2
	2010年		土	3/1	4/1	320	60	52	1.2-1.2-0.2	2本4果	10株×2
鳥取農総研園試	2008年	半促成	淡色黒	2/26	3/27	270	80	46	0.8-1.0-0.6	2本4果	5株×2
	2009年		ぼく土	2/26	3/24	360	60	46	1.0-1.2-0.8	2本4果	5株×2
	2010年			2/26	3/24	360	60	46	1.0-1.1-0.2	2本4果	5株×2
茨城農総セ(参考場所)	2008年	半促成	淡色黒	2/22	3/24	120	50	74	0.8-1.9-0.8	2本4果	5株×2
	2009年		ぼく土	1/19	2/26	120	50	74	1.0-2.4-1.0	2本4果	5株×2
	2010年			2/5	3/18	120	50	74	1.0-2.4-1.0	2本4果	5株×2

表－11 系統適応性検定地における植物体特性

検定場所	検定年	品種名	つる長 (cm)	節間 長	つる径 (mm)	葉長 (cm)	葉柄 長	葉幅 (cm)	葉色	草勢	雌花 着生	着果 性
秋田農技セ農試	2008年	フェーリア	短	5.1	12.3	22.3	17.8	22.5	緑	中	良	良
		アンデス5号	中	6.7	10.7	23.3	20.3	23.3	緑	中	良	良
		こまちクイーン	やや高	7.4	9.7	21.6	17.0	22.6	淡緑	やや弱	良	良
	2009年	フェーリア	110.0	7.0	12.3	29.7	20.1	29.0	緑	やや強	良	良
		アンデス5号	153.0	9.4	11.2	31.0	28.7	29.7	緑	中	良	良
		こまちクイーン	150.0	8.7	10.3	26.3	31.1	25.7	淡緑	やや弱	良	やや良
	2010年	フェーリア	94.0	4.6	12.8	27.7	18.3	25.7	緑	中	良	良
		アンデス5号	158.0	8.1	12.6	26.8	22.2	26.5	濃緑	やや強	良	良
		こまちクイーン	161.0	8.2	12.1	22.2	18.4	23.3	緑	中	良	やや良
神奈川農技セ (三浦)	2008年	フェーリア	23.6	6.5	13.0	27.0	19.3	23.7	濃緑	強	良	良
		アンデス5号	23.5	10.3	12.7	21.0	26.1	22.0	緑	強	良	良
		マルセイユ	20.2	9.5	10.2	24.6	22.7	26.0	緑	中	中	不良
	2009年	フェーリア	30.0	6.6	15.0	23.0	19.0	24.0	濃緑	強	良	良
		アンデス5号	44.0	9.6	14.0	26.0	27.0	26.0	極濃緑	中弱	良	良
		マルセイユ	18.0	10.6	12.0	25.0	23.0	23.0	極濃緑	弱	良	中
	2010年	フェーリア	34.3	6.0	17.0	23.1	26.3	29.3	淡緑	強	不良	不良
		アンデス5号	31.1	8.6	13.0	30.1	28.3	27.6	緑	極強	中	中
		マルセイユ	17.2	8.9	11.0	23.6	15.3	22.2	濃緑	中	中	中良
鳥取農総研園試	2008年	フェーリア	118.9	5.6	14.8	21.6	17.6	27.1	緑	強	良	中
		アンデス5号	169.5	7.6	13.7	23.3	22.4	30.6	濃緑	極強	良	中
		ペルル	181.4	9.0	10.8	20.8	19.8	26.3	中	強	中	中
	2009年	フェーリア	116.8	6.1	13.9	25.8	18.5	24.8	緑	強	良	中
		アンデス5号	175.9	8.3	12.1	26.1	22.7	25.6	濃緑	強	中	中
		タカミ	180.4	9.5	9.4	23.3	18.1	22.3	淡緑	弱	中	中
	2010年	フェーリア	121.0	6.7	9.6	16.8	16.1	21.3	緑	中	中	中
		アンデス5号	148.8	7.0	12.6	24.9	22.1	25.0	濃緑	強	良	中
		タカミ	153.6	7.8	10.0	23.0	18.6	22.2	淡緑	弱	中	中
茨城農総セ (参考場所)	2008年	フェーリア	短	7.5	13.0	22.4	23.8	27.5	淡緑	弱	極良	良
		アンデス5号	-	10.3	12.8	22.1	30.3	31.0	濃緑	強	極良	極良
	2009年	フェーリア	127.0	6.7	11.3	19.8	19.9	22.8	淡緑	弱	極良	良
		アンデス5号	162.0	9.3	11.0	19.6	23.2	23.5	濃緑	強	-	-
	2010年	フェーリア	121.0	6.7	9.6	16.8	16.1	21.3	緑	中	中	中
		アンデス5号	-	9.0	12.1	21.3	22.9	27.2	濃緑	強	極良	極良



図－5 ‘フェーリア’の整枝・誘引等における作業時間(2008年 茨城農総セ 園研)

ネットの発現は同程度からやや優れた。果肉色は淡緑から黄緑、果肉厚は‘アンデス5号’に比べ同程度からやや厚かった。胎座部の糖度は‘アンデス5号’に比べ低かったが、中心部および果皮部では高い傾向が認められた。果肉質はやや粘質から溶質で、秋田農技セ農試では発酵果が発生したが、その他の検定場所では認められなかった。日持ち性は5から12日で‘アンデス5号’と同程度であった。果実の総合評価では茨城農総セでは不良、その他の検定場所では良から不良と判定された。

c 側枝形態および作業時間

‘フェーリア’の側枝形態は、2008年の鳥取農総研の試験結果を除き、多くの側枝で短側枝あるいは伸長抑制側枝となり、‘フェーリア’は短側枝性を示した(表－13)。秋田農技セ農試および参考場所である茨城農総セでは、整枝作業の軽減および余剰果の減少による摘果作業の軽減が認められ、これら2場所では省力性が高いと判定された。また、‘フェーリア’の整枝・誘引における作業時間は、‘アンデス5号’に比べ半分以下の10aあたり約40時間となり(図－5)、極めて高い省力性が認められた。一方、神奈川農技セおよび鳥取農総研園試では、‘フェーリア’の節間長が短いことから茎葉が込み合い、整枝作業がやりにくく、作業強度は‘アンデス5号’と同程度と判定された。

d 各検定場所における総合判定

3年間にわたり、参考場所も含め5場所、15回の系統

表-12 系統適応性検定地における果実特性

検定場所	検定年	品種名	成熟 日数 (日)	追熟 日数 (日)	裂果 率 (%)	可販 果率 (%)	果実 重 (g)	果高 (cm)	果径 (cm)	果形 比 果高/ 果径	花痕 部 (mm)	果皮 色	果実 の揃 い	ネット 密度	ネット 盛り 上げ 高さ
秋田農技セ農試	2008年	フェーリア	58.0	5.0	14.3	85.7	1188	13.3	13.0	1.02	13.0	灰緑	良	中	高
		アンデス5号	58.0	5.0	0.0	100.0	1138	13.1	12.8	1.03	13.0	灰緑	良	やや粗	やや低
		こまちクイーン	58.0	5.0	0.0	100.0	1680	15.2	14.5	1.05	19.0	緑	良	やや密	中
	2009年	フェーリア	54.0	5.0	0.0	100.0	1179	13.9	12.9	1.08	13.0	灰緑	良	密	高
		アンデス5号	54.0	7.0	0.0	100.0	1222	14.3	13.6	1.05	23.0	灰緑	極良	やや粗	低
		こまちクイーン	56.0	7.0	0.0	100.0	1616	15.0	14.4	1.04	23.0	緑	やや良	密	やや高
	2010年	フェーリア	50.0	7.0	0.0	100.0	932	12.8	11.5	1.11	11.0	灰緑	良	密	高
		アンデス5号	50.0	7.0	0.0	100.0	1108	13.0	12.5	1.04	14.0	灰緑	良	やや粗	低
		こまちクイーン	50.0	7.0	0.0	100.0	1500	15.1	13.8	1.09	23.0	緑	良	密	やや高
神奈川農技セ (三浦)	2008年	フェーリア	55.0	3.0	11.5	73.1	1386	14.0	13.1	1.07	11.2	灰緑	中	密	中
		アンデス5号	55.0	3.0	0.0	96.2	1365	13.9	13.2	1.05	15.0	淡緑	良	密	中
		マルセイユ	48.0	0.0	5.6	84.2	1118	13.1	12.4	1.06	14.7	灰緑	中	密	中
	2009年	フェーリア	52.0	3.0	8.0	92.0	1278	13.1	12.9	1.02	12.0	緑	良	密	高
		アンデス5号	52.0	5.0	0.0	90.0	1490	14.0	13.9	1.01	3.0	灰緑	中	中	中
		マルセイユ	47.0	3.0	3.0	75.0	1238	14.0	12.7	1.10	24.0	灰緑	中	密	低
	2010年	フェーリア	55.0	7.0	0.0	69.2	1566	14.4	13.6	1.06	10.0	淡緑	良	中	低
		アンデス5号	53.0	5.0	2.5	52.5	1526	13.3	14.1	0.94	9.0	淡緑	不良	粗	低
		マルセイユ	49.0	0.0	2.5	55.0	1378	14.3	13.0	1.10	11.0	淡緑	不良	中	中
鳥取農総研園試	2008年	フェーリア	52.6	6.9	32.5	82.5	1390	13.9	13.3	1.05	12.6	淡緑	不良	中	中
		アンデス5号	52.6	7.0	27.5	70.0	2020	15.8	15.2	1.04	17.5	灰緑	中	密	中
		ペルル	49.5	7.0	25.0	92.5	2370	18.2	15.6	1.17	17.4	濃緑	中	密	中
	2009年	フェーリア	53.4	4.8	0.0	90.0	1343	13.9	12.9	1.07	11.9	淡緑	中	密	高
		アンデス5号	51.5	7.0	2.5	80.0	1359	13.3	13.5	0.98	16.9	灰緑	中	中	中
		タカミ	50.4	7.3	0.0	67.5	1500	15.7	13.5	1.16	22.4	濃緑	中	粗	低
	2010年	フェーリア	52.0	9.0	22.0	78.0	1221	13.4	12.7	1.06	8.0	灰緑	良	密	中
		アンデス5号	49.9	6.7	25.8	52.5	1626	14.7	14.1	1.04	18.5	淡緑	中	中	中
		タカミ	50.6	7.0	0.0	82.5	1795	16.3	14.9	1.09	25.6	濃緑	中	極粗	極低
茨城農総セ (参考場所)	2008年	フェーリア	52.0	7.0	0.0	92.0	1220	13.1	12.5	1.05	8.0	灰緑	良	中	中
		アンデス5号	55.0	7.0	0.0	100.0	1541	13.4	14.0	0.96	-	灰緑	良	中	低
	2009年	フェーリア	52.0	9.0	13.0	81.0	1070	12.2	12.4	0.98	11.0	灰緑	良	中	中
		アンデス5号	56.0	9.0	0.0	100.0	1438	13.3	13.8	0.96	-	灰緑	良	中	低
	2010年	フェーリア	52.0	9.0	22.0	78.0	1211	13.4	12.7	1.06	8.0	灰緑	良	密	中
		アンデス5号	55.0	9.0	0.0	100.0	1496	13.8	13.9	1.00	-	灰緑	良	中	低

適応性検定試験で判定が示された(表-14)。標準品種対比とした総合評価では26.7%の試験で優れる、53.3%の試験で同等、20%の試験で劣ると判定された。また、各検定場所の所在する地域における実用品種としての評価については、13.3%の試験で有望、80%の試験で同等、6.7%の試験で見込み無しと判定された。

‘フェーリア’が優れると判定された項目は、整枝作業の省力性、ネットの発現、果肉質および食味であった。一方、‘フェーリア’の評価を下げた項目は、果実重量の低さ、すなわち果実が検定地で普及している品種の大きさに達しないことであった。

4 用途、適応作型および栽培上の注意点

‘フェーリア’は省力化が強く求められている地這栽培に利用できる。高温・強光条件では側枝が伸長し、短側枝性が発揮されないことから、生育期間が比較的低温である促成および半促成作型に適し、普通作型には適さない。着果枝より下位節から発生する側枝は伸長しやす

いので早めに摘除し、着果枝および着果枝より上位節から発生する側枝を放任する栽培方法が推奨される。訪花昆虫による余剰果の発生を減少させるため、交配期間の終了後にすみやかにミツバチを搬出し、ハウスには防虫ネットを展開することが望ましい。

IV 考 察

本研究では、整枝作業および余剰果の摘果作業の省力化を目的にメロンの新品種育成に取り組み、短側枝性・単性花性を有し整枝および摘果作業を大幅に短縮可能な‘フェーリア’を育成するに至った。小原ら(2001)が育成した‘メロン中間母本農4号’は、安定した短側枝性を有し、整枝作業の低減に有効であったが、実用品種としては果実形質が劣り、両性花を着生するため余剰果の発生が多い等の欠点を有した。‘フェーリア’の果実形質は、‘メロン中間母本農4号’に比べ格段に向上し、さらに、単性花性を導入することで余剰果の発生を減少

表-12 系統適応性検定地における果実特性 (つづき)

検定場所	検定年	品種名	果肉厚(mm)			糖度(Brix)			果肉色	果肉質	発酵果の発生 (%)	日持ち性 (日)	食味	果実総合判定
			果頂部	中間部	下部	胎座部	中心部	果皮部						
秋田農技セ農試	2008年	フェーリア	30.0	42.0	18.0	15.0	14.2	11.1	白緑	やや粘質	100.0	7	中	中
		アンデス5号	31.0	40.0	18.0	16.5	13.1	9.9	黄緑	やや粉質	100.0	7	中	中
		こまちクイーン	31.0	44.0	19.0	16.4	12.6	9.1	黄緑	粘質	0.0	14	良	良
	2009年	フェーリア	30.0	42.0	20.0	15.9	14.3	12.5	黄緑	やや溶質	17.0	12	良	中
		アンデス5号	37.0	41.0	23.0	17.7	14.8	10.6	黄緑	やや粘質	0.0	12	中	中
		こまちクイーン	31.0	39.0	23.0	16.9	14.4	10.3	白緑	粘質	0.0	14	良	良
	2010年	フェーリア	24.0	34.0	15.0	14.2	13.2	10.4	黄緑	やや粘質	0.0	12	中	中
		アンデス5号	28.0	35.0	20.0	16.3	13.6	9.8	黄緑	やや粘質	0.0	12	良	良
		こまちクイーン	30.0	37.0	22.0	16.5	13.9	9.4	白緑	粘質	0.0	12	良	良
神奈川農技セ (三浦)	2008年	フェーリア	33.0	41.0	22.0	14.8	13.9	10.2	淡緑	やや粘質	0.0	5	良	中
		アンデス5号	31.0	36.0	29.0	18.0	13.7	9.6	黄緑	粘質	0.0	5	良	中
		マルセイユ	36.0	37.0	31.0	15.2	13.8	12.5	鮮橙	粘質	80.0	1	良	中
	2009年	フェーリア	21.0	33.0	20.0	13.1	12.9	9.5	黄緑	やや粉質	0.0	5	良	良
		アンデス5号	29.0	33.0	14.0	11.6	11.6	10.2	黄緑	粉質	0.0	8	不良	中
		マルセイユ	29.0	42.0	22.0	14.5	14.5	12.7	鮮橙	やや粘質	11.0	3	良	良
	2010年	フェーリア	22.0	35.0	22.0	14.0	12.3	9.3	淡緑	粉質	0.0	8	良	良
		アンデス5号	27.0	35.0	15.0	14.2	10.2	6.1	淡緑	粘質	0.0	5	不良	不良
		マルセイユ	19.0	31.0	20.0	13.5	12.2	11.8	明橙	粘質	0.0	2	不良	良
鳥取農総研園試	2008年	フェーリア	28.4	42.8	23.5	14.9	13.7	11.6	淡緑	溶質	0.0	10	良	不良
		アンデス5号	37.7	47.4	25.8	16.9	14.8	10.4	黄緑	溶質	0.0	7	極良	良
		ベルル	34.6	50.4	32.2	16.0	14.2	10.5	淡緑	粘質	0.0	7	良	良
	2009年	フェーリア	30.2	42.7	20.9	15.9	14.6	11.3	淡緑	溶質	0.0	12	極良	良
		アンデス5号	34.9	39.8	19.7	15.9	13.2	9.9	黄緑	溶質	0.0	7	中	中
		タカミ	34.5	39.1	28.5	14.1	13.0	10.0	淡緑	粘質	0.0	8	良	不良
	2010年	フェーリア	25.0	41.0	12.0	15.5	13.9	10.3	黄緑	溶質	0.0	9	中	不良
		アンデス5号	38.5	42.6	23.8	16.3	12.9	9.6	黄緑	溶質	0.0	7	不良	不良
		タカミ	37.5	42.1	28.3	16.0	14.7	11.0	淡緑	粘質	0.0	7	良	良
茨城農総セ (参考場所)	2008年	フェーリア	27.0	38.0	16.0	15.7	-	-	黄緑	溶質	0.0	中	良	不良
		アンデス5号	-	41.0	-	15.2	-	-	黄緑	脆質	0.0	中	中	中
	2009年	フェーリア	21.0	38.0	12.0	16.8	15.7	12.3	黄緑	溶質	0.0	良	良	不良
		アンデス5号	-	41.0	-	17.3	-	-	黄緑	脆質	0.0	中	中	中
	2010年	フェーリア	25.0	41.0	12.0	15.5	13.9	10.3	黄緑	溶質	0.0	良	中	不良
		アンデス5号	-	43.0	-	16.0	-	-	黄緑	脆質	0.0	中	中	中

させることが可能となった。このような短側枝性および単性花性を有する省力栽培が可能なメロン実用品種の育成は、世界初の報告である。ウリ科野菜における整枝作業の省力化を可能とする形質としては、セイヨウカボチャ (*Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam.) およびペポカボチャ (*C. pepo* L.) の短節間 (Denna・Munger, 1963), スイカ (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) の短節間 (Liu・Loy, 1972), メロンの短節間 (Parisら, 1984) および無側枝 (Foster・Bond, 1967) 等の報告があり、少側枝性のスイカ品種 (Linら, 1992) および短節間性のセイヨウカボチャ品種 ‘TC 2 A’ (商品名: ほっとけ栗たん, 杉山ら, 2009) 等が育成されている。

我が国におけるメロン栽培では、一般に着果枝以外の側枝を摘除する栽培が行われ、側枝の摘除作業には多くの時間と労力を必要とする (金子ら, 2006)。巻きひげ

が無い ‘TL タカミ’ (財団法人日本園芸生産研究所) は、‘フェーリア’と同様に、整枝作業等の省力化を目的として育成された品種である (平林ら, 2007)。「TL タカミ」では、巻きひげが互いに、また茎葉に巻き付くことが無いことから、従来の品種に比べ20~40%の整枝作業の軽減が可能である。しかし、「TL タカミ」では、巻きひげが葉または側枝となることから、着果枝以外の側枝と巻きひげ由来の葉あるいは側枝を摘除する必要がある。一方、「フェーリア」では、短い側枝の摘除作業が不要であることから、さらなる整枝作業の軽減が期待される。本試験において「フェーリア」の整枝および誘引作業に要する時間は、従来の品種に比べ5割程度削減可能であることが示された。なお、一部の系統適応性検定試験場所では、「フェーリア」の節間長は短すぎて整枝作業がしにくいと評価されたことから、栽植密度および仕立て方法等の検討が必要である。

表-13 系統適応性検定地における側枝形態および省力性

検定場所	検定年	品種名	側枝形態 ² (%)				整枝 労力	余剰果 (個/ 株)	摘果 作業	省力 性
			無側枝	短側枝	伸張抑制 側枝	普通側枝				
秋田農技七農試	2008年	フェーリア	0.0	97.0	0.0	3.0	極少	0.5	少	高
		アンデス5号	-	-	-	-	中	2.8	中	中
		こまちクイーン	-	-	-	-	中	1.8	中	中
	2009年	フェーリア	0.0	95.0	4.0	1.0	極少	1.1	少	高
		アンデス5号	-	-	-	-	中	1.8	中	中
		こまちクイーン	-	-	-	-	中	0.5	少	やや高
	2010年	フェーリア	0.0	100.0	0.0	0.0	極少	4.2	中	高
		アンデス5号	-	-	-	-	中	4.4	中	中
		こまちクイーン	-	-	-	-	中	1.8	少	やや高
神奈川農技セ (三浦)	2008年	フェーリア	0.0	100.0	0.0	0.0	中	0.8	中	中
		アンデス5号	0.0	43.7	56.3	0.0	中	2.4	多	高
		マルセイユ	5.0	7.5	65.0	22.5	多	2.2	多	高
	2009年	フェーリア	0.0	100.0	0.0	0.0	多	16.1	多	低
		アンデス5号	0.0	35.0	65.0	0.0	多	12.3	多	低
		マルセイユ	0.0	0.0	0.0	95.0	中	26.1	極多	中
	2010年	フェーリア	20.0	80.0	0.0	0.0	多	3.4	少	低
		アンデス5号	0.0	8.0	42.0	50.0	多	6.2	中	低
		マルセイユ	0.0	0.0	10.0	90.0	中	10.2	多	低
鳥取農総研園試	2008年	フェーリア	0.0	33.0	2.0	65.0	少	9.9	多	低
		アンデス5号	-	-	-	-	多	0.5	少	低
		ペルル	-	-	-	-	多	1.4	少	低
	2009年	フェーリア	4.4	37.2	16.3	42.2	少	1.1	中	中
		アンデス5号	-	-	-	-	多	1.7	中	低
		タカミ	-	-	-	-	多	1.1	中	低
	2010年	フェーリア	0.8	59.5	6.7	33.0	少	0.9	中	中
		アンデス5号	-	-	-	-	多	0.3	中	低
		タカミ	-	-	-	-	多	0.4	中	低
茨城農総セ (参考場所)	2008年	フェーリア	-	-	-	-	少	0.0	少	高
		アンデス5号	-	-	-	-	-	-	-	-
	2009年	フェーリア	-	-	-	-	少	0.4	少	高
		アンデス5号	-	-	-	-	-	-	-	-
	2010年	フェーリア	-	-	-	-	少	1.2	中	高
		アンデス5号	-	-	-	-	-	-	-	-

²側枝形態:無側枝(側枝が全く発生しない),短側枝(側枝長30cm未満),伸張抑制側枝(側枝の伸張が抑制されている側枝,側枝長30cm以上),普通側枝(通常通りに伸張している側枝,側枝長50cm以上).

小原ら(2000)は,‘メロン中間母本農4号’の兄弟系統であるELE-20-9-20 A-5-7の短側枝性は,高温・強光により抑制され,側枝が伸長することを報告した.

‘フェーリア’の短側枝性は,おもに‘メロン中間母本農4号’の兄弟系統ELE 20-9-10 Bに由来することから,ELE-20-9-20 A-5-7と同様に高温・強光条件となる早熟作型および普通作型には適さないと推察される.‘メロン中間母本農4号’に由来する短側枝性を有する‘AnSB-4’と‘アールス輝’に由来する中程度の短側枝性を有する‘AnMP-1’とのF₁品種である‘フェーリア’の短側枝性は,両親の中間を示すことから,短側枝性は,‘メロン中間母本農4号’に比べやや弱い.‘メロン中間母本農4号’が有する短側枝性は1つの主要遺伝子

(sb)に支配される劣性または不完全優性の形質であり,交配親の対立遺伝子あるいは遺伝的背景や環境要因の影響を受けることが報告されている(小原ら,2001).従って,sb遺伝子を保有すれば常に安定した短側枝性を示すわけではなく,遺伝的背景が異なる系統間において,短側枝性の程度に差が生じることが推測される.

‘フェーリア’では,着果枝および着果枝より上位節から発生する側枝を放任する栽培方法が推奨される.従来の両性花性品種の側枝を放任した場合,側枝に自然着果による余剰果が発生する.一方,‘フェーリア’は単性花を着生することから,着果枝より上位節から発生する側枝に自然着果による余剰果は発生しにくい.側枝を放任した場合の余剰果の発生抑制に単性花性は極めて有

表-14 系統適応性検定地における形質別評価および総合判定

検定場所	形質 ^{a)}																		総合判定 ^{b)}	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	I	II
2008年																				
秋田農技セ農試	B	B	A	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	B	A	B	B	B	○	△
神奈川農技セ(三浦)	B	B	B	A	A	B	A	C	C	B	B	B	B	C	B	B	B	B	△	△
鳥取農総研園試	B	B	A	C	B	B	B	C	C	C	B	B	B	B	B	C	B	B	△	△
野菜茶研	C	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	C		△	△
A(○)	0	1	3	3	3	2	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
B(△)	3	3	1	0	1	2	3	2	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4
C(×)	1	0	0	1	0	0	0	2	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
茨城農総セ(参考)	C	B	A	A	A	B	A	C	B	C	B	B	A	B	A	B	A	B	×	△
2009年																				
秋田農技セ農試	A	B	A	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	B	A	B	A	B	○	△
神奈川農技セ(三浦)	A	B	C	B	B	C	A	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	△	△
鳥取農総研園試	B	B	A	B	B	B	A	B	B	B	B	A	A	B	A	C	A	B	△	△
野菜茶研	A	B	A	A	A	B	A	C	C	B	B	A	B	B	A	B	C		△	△
A(○)	3	0	3	2	2	1	4	0	0	0	1	1	2	0	1	0	2	0	1	0
B(△)	1	4	0	2	2	2	0	3	3	4	3	3	2	4	3	3	2	3	3	4
C(×)	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
茨城農総セ(参考)	C	B	A	B	A	B	A	C	B	B	B	B	A	B	A	B	A	A	×	△
2010年																				
秋田農技セ農試	B	B	A	B	A	A	A	C	B	B	B	A	A	B	B	B	C	B	△	×
神奈川農技セ(三浦)	C	C	B	A	B	B	B	C	A	A	B	A	B	B	A	C	A	A	○	○
鳥取農総研園試	B	B	A	B	B	B	B	C	B	B	B	A	A	B	A	C	B	B	○	△
野菜茶研	B	B	A	A	A	A	A	C	C	B	B	B	A	B	B	C	A	B	○	○
A(○)	0	0	3	2	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2	0	2	1	3	2
B(△)	3	3	1	2	2	2	2	0	2	3	4	1	1	4	2	1	1	3	1	1
C(×)	1	1	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1
茨城農総セ(参考)	B	B	A	B	A	B	A	C	B	B	B	A	A	B	A	C	B	A	×	△

^{a)} 1:草勢, 2:着果性, 3:整枝作業, 4:摘果作業, 5:省力性, 6:栽培のし易さ, 7:早生性, 8:収量性, 9:果実の揃い, 10:果実の形, 11:果皮色, 12:ネット密度, 13:ネット盛上, 14:果肉色, 15:肉質, 16:香り, 17:食味, 18:日持ち性。
^{b)} I 標準品種(アンデス5号)比, II 実用品種として ○:優れる(有望), △:同等(再検討・保留), ×:劣る(見込みなし)。

効な形質である。

‘フェーリア’はうどんこ病レース1に対し抵抗性、つる割病レース0およびレース2に対して抵抗性を有する。‘フェーリア’の花粉親である‘AnMP-1’は、複合病害抵抗性‘アールス輝’の自殖後代からうどんこ病とつる割病抵抗性を有する個体の選抜によって得られた系統であり、うどんこ病レース1およびレースpxA、つる割病レース0およびレース2に抵抗性を有する(データ略)。従って、‘フェーリア’が有するうどんこ病およびつる割病抵抗性は、‘AnMP-1’由来であり、抵抗性の強度は、‘アールス輝’と同程度である。

以上の結果より、‘フェーリア’はメロンの省力栽培に貢献できるものと期待される。‘フェーリア’の特性に合わせた栽培技術を早期に確立し、本品種の普及を図る予定である。

V 摘 要

- 1) ‘フェーリア’は、短側枝性で単性花性の固定系統‘AnSB-4’を種子親とし、中程度の短側枝性を有する固定系統‘AnMP-1’を花粉親とするF₁品種である。
- 2) ‘フェーリア’における整枝・誘引作業に要する時

間は、従来の市販品種を用いた慣行栽培に比べて4~5割程度短縮される。‘フェーリア’は、短側枝性を有し、多くの側枝が途中で伸長を停止するため、短い側枝の摘除作業は不要である。

- 3) ‘フェーリア’は単性花性であるため、自然着果による余剰果の発生個数が少なく、余剰果の摘果作業は軽減される。
- 4) ‘フェーリア’の果実はやや高球形で、‘アンデス5号’に比べやや小さい。果皮は灰緑色でネットが密に発生する。果肉は淡緑色で、中心部のBrixは比較的高く、食味に優れる。
- 5) ‘フェーリア’はうどんこ病レース1、つる割病レース0およびレース2に抵抗性である。
- 6) ‘フェーリア’は、省力化を図るメロンの生産を目的とした地這栽培に適するが、高温・強光条件では側枝が伸長し、短側枝性が発揮されないことから、促成および半促成作型に適し、普通作型には適さない。

引用文献

- 1) Denna, D. W. and H. M. Munger. (1963) : Morphology of the bush and vine habits and the allelism of the bush genes in *Cucurbita maxima* and *C. pepo* squash. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82, 370-377.

- 2) Foster, R. E. and W. T. Bond. (1967) : Abrachiate, an androecious mutant muskmelon. *J. Hered.* **58**, 13-14.
- 3) 平林哲夫・大泉利勝・佐藤京子・古手敏治・吉田俊郎・松尾多恵子・駒塚富男 (2007) : 巻きひげのないメロン‘TLタカミ’の育成とその特性. *園学研*, **6**, 313-316.
- 4) 金子賢一・宮城慎・佐久間文雄 (2006) : 短側枝性メロンの地這い栽培における整枝および摘果管理の省力効果. *茨城農総七園芸研究所研究報告*, **14**, 9-14.
- 5) Lin, D., T. Wang, Y. Wang, X. Chang and B. B. Rhodes. (1992) : The effect of the *branch less* gene *bl* on plant morphology in watermelon. *Cucurbit Gentisc Coop. Rept.* **15**, 74-75.
- 6) Lin, P. B. W. and J. B. Loy. (1972) : Inheritance and morphology of two dwarf mutants in watermelon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **97**, 745-748.
- 7) 小原隆由・小島昭夫・若生忠幸・石内傳治 (2000) : メロン短側枝性遺伝および他の形質との関係. *園学雑*, **70**, 341-345.
- 8) 小原隆由・小島昭夫・若生忠幸・石内傳治 (2000) : メロン短側枝性の発現に關与する環境要因. *野菜茶試研報*, **15**, 63-69.
- 9) 小原隆由・吉田建実・若生忠幸・石内傳治・小島昭夫 (2001) : 短側枝性‘メロン中間母本農4号’の育成経過とその特性. *野菜茶試研報*, **16**, 69-78.
- 10) Paris, H. S., H. Nerson and Z. Karchi. (1984) : Genetics of internode length in melons. *J. Hered.* **75**, 403-406.
- 11) 坂田好輝・大藪哲也・矢部和則・杉山充啓・森下昌三・菅原眞治・齊藤猛雄 (2005) : ワタアブラムシ・うどんこ病・つる割病抵抗性メロン‘アールス輝’の育成とその特性. *野菜茶研研報*, **4**, 15-28.
- 12) 杉山慶太・森下昌三・野口裕司・伊藤喜三男・室崇人・渡邊春彦・早坂良晴・浜田佳子・嘉見大助 (2009) : 省力性と良食味のかぼちゃ新品種「TC2A」の育成とその特性. *北海道農研研報*, **190**, 1-19.

‘Feria’, a New Melon (*Cucumis melo* L.) Cultivar with Suppressed-branching and Monoecious Traits

Mitsuhiro Sugiyama, Takayoshi Ohara, Yoshiteru Sakata, Nobuko Fukino,
Yosuke Yoshioka, Koichiro Shimomura, Akio Kojima and Yuji Noguchi

Summary

‘Feria’, a new hybrid melon cultivar with suppressed-branching and monoecious traits, was developed from a cross between ‘AnSB-4’ as the seed parent and ‘AnMP-1’ as the pollen parent. Production of most lateral shoots is suppressed in ‘Feria’, thus obviating the need for the labor of removing suppressed branches. Use of ‘Feria’ gives a 40% to 50% saving in labor during vine-pruning over the use of other cultivars. Because ‘Feria’ is monoecious, the number of extra fruits produced by natural pollination is low, and the labor required to remove extra fruits is saved.

The fruit of ‘Feria’ is a slightly oblong and the same size as, or slightly smaller than, those of common cultivars. It has a greenish green rind that is densely netted. The flesh is greenish white. The Brix value of the central part of the flesh ranges from 12% to 14%, and the taste is good. ‘Feria’ is resistant to powdery mildew (*Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & N. Shishkoff) race 1, and fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Leach et Currence) Snyder et Hansen) races 0 and 2.

‘Feria’ can be used as a labor-saving cultivar in horizontally trained cultivation of melons. Because its suppressed-branching trait is suppressed under relatively high temperatures and light intensities, it is suitable for forcing and semi-forcing culture.

さび病抵抗性を有する ‘ねぎ中間母本農 1 号’ の育成とその特性

若生 忠幸・山下 謙一郎・塚崎 光・小原 隆由
小島 昭夫*・野口 裕司

(平成 23 年 8 月 29 日受理)

Development of ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’, a Bunching Onion (*Allium fistulosum* L.) Parental Line with Rust Resistance

Tadayuki Wako, Ken-ichiro Yamashita, Hikaru Tsukazaki,
Takayoshi Ohara, Akio Kojima and Yuji Noguchi

I 緒 言

近年、ネギの生産では安価な輸入品に対抗するため、コスト低減や高品質化が重要な課題となっている。また、消費者の信頼を得るための安全性確保や環境保全型農業への関心の高まりとともに、生産現場では化学合成農薬の使用量低減に向けた取り組みが求められている。その一方で、周年栽培や連作などにより、病害の多発が深刻化している。

ネギさび病は、糸状菌 *Puccinia allii* (de Candolle) Rudolphi によって発病し、ネギ葉身部の表面に楕円形ないし紡錘形のやや盛り上がった橙黄色の小斑点が多数形成され、ネギの商品価値を著しく低下させる重要な地上部病害である。秋季から梅雨季の長期にわたり発生するため、栽培期間中殺菌剤による防除が高頻度に行われており、延防除面積はネギの病害では最も大きく、3万3千haにのぼる(日本植物防疫協会, 2009)。殺菌剤散布の労力・コストの低減のため抵抗性品種の育成が望まれているが、ネギさび病に強度な抵抗性をもつ育種素材は明らかになっていない。著者らは、国内外のネギ遺伝資源 133 品種・系統についてさび病菌の接種による抵抗性素材の検索を行ったところ、本病に強い抵抗性を持つ

素材は認められなかったものの、発生した病斑数に品種・系統間差が存在することを確認した(若生ら, 1999)。さらに、発病程度が比較的lowだった複数の品種を基本集団として、抵抗性に関する遺伝子頻度を高める循環選抜を試みたところ、そのサイクルを進めるにしたがって、抵抗性を向上させることが可能であることを明らかにした(Yamashitaら, 2005)。そこで、循環選抜後のさび病抵抗性改良集団から抵抗性および一般形質を固定することにより、既存品種よりも強い抵抗性を示す‘ねぎ中間母本農 1 号’を育成したので、その経過と特性を報告する。

‘ねぎ中間母本農 1 号’の育成に際し、特性検定試験の実施にあたっては、青森県産業技術センター野菜研究所および千葉県農林総合研究センター育種研究所の担当者各位に多大な御協力を頂いた。また、野菜茶業研究所研究支援センター業務第 1 科の方々には選抜系統の栽培管理等に多大な業務支援を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

II 育成経過

‘ねぎ中間母本農 1 号’の育成経過を図-1に示す。ネギ遺伝資源 133 品種・系統の中から、さび病接種検定

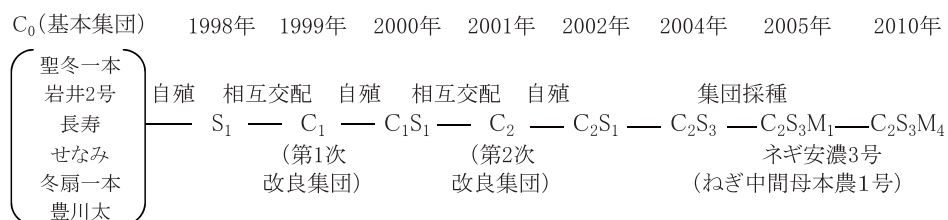


図-1 ‘ねぎ中間母本農1号’の育成系統図

Sは自殖，Cは相互交配，Mは集団交配後の世代を示す

において発病程度が比較的良かった‘聖冬一本’，‘岩井2号’，‘長寿’，‘せなみ’，‘冬扇一本’および‘豊川太’の6品種を基本集団(C₀)として選定し，1998年にこれらの自殖次代を得た。その後，接種検定による自殖系統の選抜とそれらの相互交配・母株別採種による母系系統集団の育成および母系選抜を1サイクルとする選抜を2サイクル行い，さび病抵抗性改良集団(C₂)を育成した。C₂の選抜個体から自殖系統選抜を3回繰り返し，抵抗性および主要形質を固定させた系統を育成した。その後，集団交配により採種し，ネギ安濃3号の系統名を付して特性検定試験(2008~2010年度)を実施した結果，本系統は既存品種に比べて強度のさび病抵抗性を示し，また，その抵抗性は後代に遺伝することが確認された。そこで，2011年3月31日に‘ねぎ中間母本農1号’として品種登録出願し(出願番号第25781号)，6月28日に出願公表された。

Ⅲ 特 性

1 育成地における試験成績

a さび病抵抗性

さび病抵抗性検定は，Yamashitaら(2005)の方法に従い，ビニルハウス内に定植後5~6か月栽培したネギにさび病菌夏孢子懸濁液(5×10⁸個孢子/ml)を噴霧接種し，接種約1~4か月後に発病程度を調査した。表-1に各年次の抵抗性検定における播種，定植，接種および調査時期を示した。抵抗性程度は，調査日における病斑発生程度に基づいて設定した発病評点，もしくは調査日ごとの発病評点の累積値として算出した発病度(area under the disease progress curve: AUDPC)に基づいて判定した。2010年度は，植物体の発育段階が抵抗性に及ぼす影響を調べるため，播種時期を約1か月ずつずらして生育が3段階に異なる植物を用いて，同時に抵抗性を検定した。試験規模は，供試品種・系統あたり10個体を5反復栽植し，栽植密度は畝間70cm，株間4

cmとした。施肥量は，N:P₂O₅:K₂O=15:17.5:15kg/10aとした。標準品種として，秋冬どり作型に適応する代表的な根深ネギ品種‘吉蔵’を用い，対照品種としては，さび病に中程度の抵抗性を有する‘長寿’およびさび病に罹病性の‘東国’を用いた。さらに，2009年度からは‘長寿’よりやや強度の抵抗性を有する‘夏扇3号’を対照品種に加えた。接種源には，2008年度は新潟県で採取したさび病菌を野菜茶研で経年増殖した夏胞子を用い，2009年度および2010年度は，青森県で採取した菌を野菜茶研で増殖した夏胞子を用いた。

2008年度の検定では，接種後1~2か月は全体的に発病が緩慢であった。試験区により発病程度に差がみられたものの，7月3日の調査日には標準・対照品種の80%以上が発病したのに対し，‘ねぎ中間母本農1号’の発病株率は56%にとどまった(表-2)。罹病性の‘東国’では激しい病徴が見られ，発病評点は3.8に達し，中程度抵抗性の‘長寿’では発病評点2.2であったのに対し，‘ねぎ中間母本農1号’では0.6と低い数値にとどまった。本結果より，‘ねぎ中間母本農1号’は標準・対照品種に対して明らかに強い抵抗性を示した。

2009年度は，より高い発病条件での抵抗性の比較を行うため，発病評点の定義を表-3脚注の通り変更した。4月17日には全供試品種で発病株率が100%となったが，‘ねぎ中間母本農1号’の平均発病評点は1.6と標準品種(3.9)および中程度抵抗性の対照品種(3.3)と比べ低い値であった(表-3)。以上の結果，‘ねぎ中間母本農1号’は青森県で採取された菌に対しても明らかに強い抵抗性を示した。

2010年度第1回播種の試験では，接種約3週間後の3月1日に‘吉蔵’，‘長寿’，‘東国’に発病がみられ(データ略)，3月10日にはすべての供試品種・系統に病徴が認められた(表-4)。「ねぎ中間母本農1号」では病徴の進展が遅く，4月7日および22日の調査では，標準・対照品種は発病評点4以上と高い発病程度を示したのに対し，‘ねぎ中間母本農1号’の発病評点は

2.4~2.6 と比較的軽微のまま経過した。発病度 (AUDPC) については 66 と対照品種‘夏扇3号’ (142) の半分以下の数値であった。

本試験では、播種時期の異なる植物を用いて同一調査日に発病程度を比較したところ、いずれの播種期においても、‘ねぎ中間母本農1号’は標準・対照品種と比べ明らかに発病度が低く、異なる発育段階でも安定した抵抗性を発揮した。

表-1 育成地における‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定実施時期

年度	播種日	定植日	接種日	調査日	接種源採取地
2008	2007年8月24日	10月10日	2008年3月4日	7月3日	新潟
2009	2008年7月15日	9月3日	2009年3月6日	4月17日	青森
2010	2009年7月1日	8月28日	2010年2月8日	3月10日~4月22日	青森
2010	2009年7月31日	9月16日	2010年2月8日	3月10日~4月22日	青森
2010	2009年8月31日	10月22日	2010年2月8日	3月10日~4月22日	青森

表-2 ‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定結果 (2008年度)

系統・品種	発病評点 ^z	発病株率 (%)
ねぎ中間母本農1号	0.6 a	56 a
吉蔵	2.6 bc	80 b
長寿	2.2 bc	92 b
東国	3.8 c	100 b

^z発病評点: 0 無病徴

- 1 1葉あたり病斑1~3個
- 2 1葉あたり病斑4~10個
- 3 1葉あたり病斑11~30個
- 4 1葉あたり病斑31個以上

異なるアルファベット間にはTukeyの多重比較検定により5%水準で有意差あり

表-3 ‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定結果 (2009年度)

系統・品種	発病評点 ^z	発病株率 (%)
ねぎ中間母本農1号	1.6 a	100
吉蔵	3.9 b	100
夏扇3号	3.3 b	100
長寿	3.3 b	100
東国	4.4 b	100

^z発病評点: 0 無病徴

- 1 1葉あたり病斑1~5個
- 2 1葉あたり病斑6~20個
- 3 1葉あたり病斑21個~葉の半分程度を覆う状態
- 4 病斑が葉の半分程度~全体を覆う状態
- 5 葉全体が病斑に覆われ、大量に胞子を放出

異なるアルファベット間にはTukeyの多重比較検定により5%水準で有意差あり

表-4 ‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定結果 (2010年度)

系統・品種	草丈 ^z (cm)	葉鞘径 ^z (mm)	調査日および発病評点 ^y				発病度 (AUDPC) ^x
			3月10日	3月24日	4月7日	4月22日	
第1回播種 (2009年7月1日)							
ねぎ中間母本農1号	73.5	16.7	0.4 a	0.7 a	2.4 a	2.6 a	66 a
吉蔵	83.4	20.5	1.7 b	3.2 b	4.7 b	5.0 b	163 c
夏扇3号	78.6	19.1	1.6 b	2.6 b	4.1 b	4.6 b	142 b
長寿	86.1	21.4	2.0 b	3.3 b	4.7 b	5.0 b	166 c
東国	85.2	18.9	1.8 b	3.3 b	4.6 b	5.0 b	162 c
第2回播種 (2009年7月31日)							
ねぎ中間母本農1号	67.1	11.2	0.3 a	0.6 a	2.2 a	2.1 a	58 a
吉蔵	74.5	15.6	1.1 b	2.2 b	4.0 b	4.5 b	131 bc
夏扇3号	73.3	14.6	1.3 b	2.1 b	3.7 b	4.3 b	125 b
長寿	81.4	14.3	1.4 b	2.7 b	4.2 b	4.7 b	144 bc
東国	83.3	15.6	1.7 b	3.0 b	4.3 b	4.6 b	151 c
第3回播種 (2009年8月31日)							
ねぎ中間母本農1号	38.2	5.8	0.0 a	0.4 a	1.0 a	1.3 a	30 a
吉蔵	49.8	7.5	0.9 b	2.1 bc	3.8 c	4.0 bc	121 c
夏扇3号	46.2	7.1	0.5 b	1.3 b	3.1 b	3.4 b	93 b
長寿	54.2	7.9	0.7 b	1.9 bc	3.6 bc	4.3 c	115 c
東国	54.4	7.4	0.8 b	2.2 c	4.0 c	4.1 c	125 c

^z2010年2月5日調査

^y発病評点: 表-3脚注参照

^x発病度 (AUDPC) = $\sum \{(t_{i+1} - t_i) \times (DS_{i+1} + DS_i) / 2\}$

($t_{i+1} - t_i$): i回目の調査とi+1回目の調査の間の日数

DS_{i+1}: i+1回目の調査における平均発病評点

DS_i: i回目の調査における平均発病評点

異なるアルファベット間にはTukeyの多重比較検定により5%水準で有意差あり

b さび病抵抗性の遺伝解析

‘ねぎ中間母本農1号’とさび病に罹病性の短葉性ネギ育成系統、短葉 26-4 s-2 s-2 s との交雑による F₂ 分離集団を自殖して得た F₃ 100 系統を供試した。2008年7月5日に播種、9月3日に抵抗性検定用ハウスに各系統10個体ずつ5反復となるように定植した。2009年3月6日に夏孢子懸濁液を接種し、4月17日に発病評点

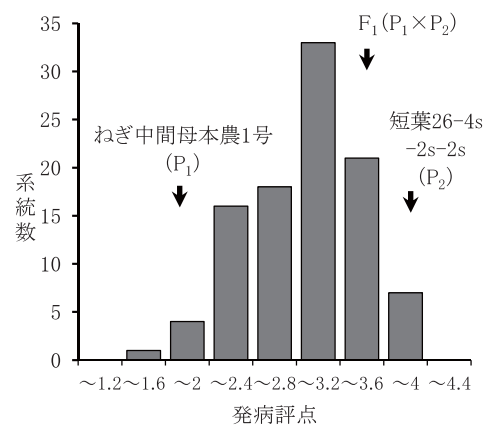


図-2 ‘ねぎ中間母本農1号’と短葉 26-4 s-2 s-2 s との交雑 F₃ 系統群におけるさび病の発病評点の分布

発病評点: 0 無病徴

- 1 1葉あたり病斑1~5個
- 2 1葉あたり病斑6~20個
- 3 1葉あたり病斑21個~葉の半分程度を覆う状態
- 4 病斑が葉の半分程度~全体を覆う状態
- 5 葉全体が病斑に覆われ、大量に胞子を放出

を調査した。

‘ねぎ中間母本農1号’と短葉26s-4s-2s-2sとの交雑F₁の発病評点は罹病性親にやや近い値を示し、交雑F₃系統群の発病評点は、抵抗性親に近いものから罹病性親に近いものまで連続的な分布を示した(図-2)。このことから、‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性は複数の遺伝子に支配され、部分優性に発現すると考えられ、後代における抵抗性の発現には、交雑親の抵抗性程度も関与することが示唆された。

c 一般特性

‘ねぎ中間母本農1号’を2006年4月5日にセルトレイに1穴あたり2粒播種し、6月1日に畝間100cm、株間2.5cmで各系統50個体2反復になるように露地圃場に定植した。施肥量は、N:P₂O₅:K₂O=16:20.3:16kg/10aとした。農業生物資源研究所ジーンバンクの植物特性調査マニュアル(農業生物資源研究所, 1997)に準拠して生育中の特性を調査するとともに、11月22日に収穫し、収穫物の諸特性を調査した。標準品種は‘吉蔵’、対照品種として‘夏扇3号’を用いた。

‘ねぎ中間母本農1号’の栽培中の生育特性は、草姿、葉色およびろう質については‘吉蔵’と同程度であった(表-5, 図-3)。収穫物特性については、襟部の縮まりや収穫物の揃いは‘吉蔵’と同程度であったが、草勢は劣り、収穫物の葉鞘長、葉鞘径、地上部生重については、‘吉蔵’および‘夏扇3号’より小さかった(表-6, 図-4)。分け



図-3 ‘ねぎ中間母本農1号’の栽培中の草姿
(2010年11月18日撮影)



図-4 ‘ねぎ中間母本農1号’の収穫物
バーは20cm
(2011年1月13日撮影)

表-5 ‘ねぎ中間母本農1号’の春まき栽培における生育特性

系統・品種名	草姿 ^z	葉色 ^y	葉折れ ^x 程度	ろう質 ^w
ねぎ中間母本農1号	7	7	3	5
吉蔵	7	7	5	5
夏扇3号	8	7	3	5

^z草姿:1(開張性)~9(立性), ^y葉色:1(淡)~9(濃)

^x葉折れ程度:1(少)~9(多), ^wろう質:1(少)~9(多)

表-6 ‘ねぎ中間母本農1号’の春まき秋どり栽培における収穫物特性

系統・品種名	襟部の ^z 縮まり	収穫物の ^y 揃い	最大葉身長 ^x (cm)	葉身折径 ^x (mm)	葉鞘長 ^x (cm)	葉鞘径 ^x (mm)	地上部生重 ^x (g)	分けつ発生率 ^x (%)	欠株率 ^x (%)	葉身の ^x 硬さ	葉鞘の ^x 硬さ
ねぎ中間母本農1号	5	5	50.2	30.8	29.0	18.5	127.2	0.0	2.6	7	8
吉蔵	5	5	51.7	33.5	36.0	21.4	205.9	2.8	5.3	7	8
夏扇3号	7	7	49.8	34.3	34.3	20.0	194.5	0.0	0.0	9	9

^z襟部の縮まり:1(劣)~9(優), ^y収穫物の揃い:1(劣)~9(優), ^x葉身・葉鞘の硬さ:1(軟)~9(硬)

表-7 特性検定場所における試験設計

検定場所	年度	播種日	定植日	調査日	試験規模	採植密度		施肥量(kg/10a)		
						畝間 (cm)	株間 (cm)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
青森県産業技術センター野菜研究所	2008	5月7日	7月8日	9月4日	40株 3反復	100	2.5	20.0	20.0	20.0
	2009	3月23日	5月19日	7月14日～9月2日	40株 3反復	100	2.5	20.0	20.0	20.0
	2010	3月23日	6月2日	7月15日～11月5日	40株 3反復	100	2.5	20.0	18.0	20.0
千葉県農林総合研究センター育種研究所	2008	6月25日	8月25日	3月28日	30株 3反復	100	2.5	13.5	22.5	13.5
	2009	6月19日	8月27日	3月31日	30株 3反復	90	2.0	13.5	22.5	13.5

つの発生はなく、葉身及び葉鞘部は比較的硬かった。

以上の結果、‘ねぎ中間母本農1号’は、既存の根深ネギ品種に比べ収量性は劣るものの、根深ネギとして必要な形質は概ね備わっており、さび病抵抗性の育種素材として有望とみなされた。

2 特性検定試験場所における試験成績

青森県産業技術センター野菜研究所および千葉県農林総合研究センター育種研究所で実施した特性検定試験の設計概要を表-7に示す。標準品種として‘吉蔵’、対照品種としてさび病に中程度～やや強い抵抗性を示す‘夏扇3号’、中程度抵抗性を示す‘長寿’および罹病性の‘東国’を用いた。いずれの検定地でも自然発病によるさび病の発生程度に基づき抵抗性を調査した。

2008年度における青森県の検定では、‘ねぎ中間母本農1号’は‘夏扇3号’および‘長寿’とくらべて有意に発病評点が高く、罹病性の‘東国’と同程度の発病程度を示し、抵抗性は認められなかった(表-8)。

なお、本検定地では夏季にさび病に罹病したニンニクからの伝搬により菌密度が高く、発生程度が大きくなりやすいため、本試験で設定された発病評点では抵抗性を比較しにくいと考えられた。このことから、2009年度からは発病評点を野菜茶研と同様の基準に見直した(表-9脚注)。

2009年度の検定では、7月上旬から発病が認められ、対照品種‘夏扇3号’では8月10日に発病評点が最も高くなった(表-9)。一方、‘ねぎ中間母本農1号’の発病評点は、標準・対照品種と比べ極めて低く推移した。

2010年度は平年より夏季が高温であったため、いずれの品種においても9月まで病徴の進展は緩慢であったが、その後やや進展した。11月5日までの発病度(AUDPC)は、‘ねぎ中間母本農1号’では極めて低い値を示し、他の品種とくらべて明らかな抵抗性を示した(表-10)。

表-8 青森県における‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定結果(2008年度)

系統・品種	発病評点 ^z	発病株率(%)
ねぎ中間母本農1号	2.8 c	100 b
吉蔵	2.2 c	97 b
夏扇3号	0.4 a	37 a
長寿	1.5 b	80 b
東国	2.9 c	100 b

^z発病評点: 0 無病徴

- 1 1葉あたり病斑1～3個
- 2 1葉あたり病斑4～10個
- 3 1葉あたり病斑11～30個
- 4 1葉あたり病斑31個以上

異なるアルファベット間にはTukeyの多重比較検定により5%水準で有意差あり

表-9 青森県における‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定結果(2009年度)

系統・品種	調査日および発病評点 ^y				発病度 ^y (AUDPC)
	7月14日	7月28日	8月10日	9月2日	
ねぎ中間母本農1号	0.4 a	0.3 a	0.5 a	0.1 a	17 a
吉蔵	1.6 c	1.6 b	2.6 b	1.0 b	92 b
夏扇3号	1.0 b	1.2 b	2.5 b	0.2 a	70 b
長寿	1.5 c	2.7 c	4.0 c	1.8 c	139 c
東国	1.6 c	3.1 c	4.6 c	1.5 c	154 c

^y発病評点: 0 無病徴

- 1 1葉あたり病斑1～5個
- 2 1葉あたり病斑6～20個
- 3 1葉あたり病斑21個～葉の半分程度を覆う状態
- 4 病斑が葉の半分程度～全体を覆う状態
- 5 葉全体が病斑に覆われ、大量に胞子を放出

^y発病度(AUDPC) = $\sum \{ (t_{i+1} - t_i) \times (DS_{i+1} + DS_i) / 2 \}$
 $(t_{i+1} - t_i)$: i回目の調査とi+1回目の調査の間の日数
 DS_{i+1} : i+1回目の調査における平均発病評点
 DS_i : i回目の調査における平均発病評点

異なるアルファベット間にはTukeyの多重比較検定により5%水準で有意差あり

表-10 青森県における‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定結果(2010年度)

系統・品種	調査日および発病評点 ²⁾							発病度 ³⁾ (AUDPC)
	7月15日	8月3日	8月23日	9月13日	10月1日	10月19日	11月5日	
ねぎ中間母本農1号	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 a	0.2 a	1 a
吉蔵	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3 a	0.9 b	18 a
夏扇3号	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3 a	0.9 b	16 a
長寿	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1 a	1.3 b	19 a
東国	0.3	0.5	0.1	0.0	0.1	2.0 b	3.1 c	77 b

²⁾発病評点の基準, 発病度(AUDPC)の算出方法については表-9と同様

異なるアルファベット間にはTukeyの多重比較検定により5%水準で有意差あり

表-11 千葉県における‘ねぎ中間母本農1号’のさび病抵抗性検定結果

年度	系統・品種	発病評点 ²⁾	発病株率 (%)
2008	ねぎ中間母本農1号	0.0	0
	吉蔵	0.0	0
	長寿	0.1	3
	東国	0.2	10
2009	ねぎ中間母本農1号	0.0	0
	吉蔵	0.1	7
	長寿	0.2	16
	東国	0.6	33

²⁾発病評点: 0 無病徴

- 1 1葉あたり病斑1~3個
- 2 1葉あたり病斑4~10個
- 3 1葉あたり病斑11~30個
- 4 1葉あたり病斑31個以上

千葉県の検定では, 2008, 2009年度ともにさび病の発生が少なく, 標準・対照品種でも発病評点, 発病株率ともに総じて低かったが, ‘ねぎ中間母本農1号’にはさび病の病徴は全く現れなかった(表-11)。

以上の結果, いずれの検定地においても‘ねぎ中間母本農1号’は, 複数年次の試験で既存品種に比べてさび病の発生が少なく, 強度の抵抗性を有すると判定された。

IV 考 察

ネギさび病の発生生態については, 発病と温度, 湿度, 土壌肥料条件等との関係について明らかにされている(竹内, 1986), 品種抵抗性に関して十分な知見は得られていない。筆者らは, 133品種・系統のネギ遺伝資源を供試し, ビニルハウス栽培による接種検定を実施した結果, 感染初期の発病程度に品種間差を認めしたが, その後の症状の進行とともに, 発病程度の差は判別できなくなったことから, 強度の抵抗性素材は存在しないと判断した

(若生ら, 1999)。さび病はネギの重要病害であるが, 有効な抵抗性素材が見出されていないことから, これまで抵抗性育種はほとんど行われていなかった。また, さび病菌は絶対寄生菌のため, 年次変動の大きい(竹内, 1986)自然発病に基づく検定が行われることが多く, これまでの育種操作においては, 選抜の効果は十分得られていなかったと考えられる。そこで本研究では, さび病菌の接種検定による抵抗性評価と循環選抜法によりネギ種内のさび病抵抗性に関わる遺伝子頻度を高めた集団を育成し, 既存品種より抵抗性の強い中間母本の育成を試みた。循環選抜は, 集団内の無作為交配と人為選抜を繰り返す行い, 組換えを促進することにより, 集団内の有用遺伝子の頻度を向上させるのに有効であり, トウモロコシなどの主に他殖性作物において遺伝率の低い量的形質の改良に用いられる(Allard, 1960)。野菜の育種では一般的ではないが, キュウリの収量増加(Wehnerら, 1996)やトウガラシの半身萎ちょう病抵抗性向上(Palloxら, 1990)に本育種法が効果的であったとの報告がある。本研究では2サイクルの循環選抜を行った結果, 選抜世代を経るごとに発病度(AUDPC)の値が減少し, C₂S₂世代のAUDPCは基本集団(C₀)の38%と有意に低い値となった(Yamashitaら, 2005)。本結果により, 循環選抜法がネギさび病抵抗性の改良に有効であり, たとえネギ種内に強い抵抗性素材が存在しなくても, 抵抗性系統の育成が可能であることが実証された。循環選抜の手法に関して本研究では, トウモロコシの収量向上に大きな効果が実証されているS₁系統選抜法(Weyhrichら, 1998)を用いた。これは, 素材集団の選抜個体から自殖次代を得, それらの特性を系統単位で選抜し, その後放任受粉して遺伝的組換えを促す方法で, 選抜効果が高く, 遺伝率の低い形質にも適する(鶴飼,

2003). 一般的に、循環選抜の初期世代では選抜効果は低いとされているが (Kanbe ら, 1997), ネギさび病抵抗性の選抜では比較的早い世代から大きな抵抗性の向上が認められた。循環選抜により育成した改良集団 C_1 および C_2 の抵抗性を比較したところ、両集団間での遺伝率は 0.81 と高く (若生ら, 2005), このことが高い選抜効果を得た原因と考えられる。

‘ねぎ中間母本農1号’は、さび病による病斑の発生が既存の品種にくらべて明らかに少なく、強い抵抗性を有すると判断される。また、植物体の発育段階が変わってもその抵抗性は安定して発揮されることが確認された。接種検定では、青森県および新潟県で採取された菌に対して抵抗性を示し、青森県および千葉県における自然発病による特性検定ではいずれも複数年次でも抵抗性が認められた。2008年度の青森県における特性検定では、‘ねぎ中間母本農1号’は抵抗性を示さなかった (表-8) が、その罹病植物から採取したさび病菌を用いて接種検定を行ったところ、‘ねぎ中間母本農1号’は抵抗性を示した (表-3)。また、本試験では定植後間もない幼齢期から発病が始まったとみられるが、‘ねぎ中間母本農1号’の発育段階による抵抗性の変動は認められていないことから、本試験における‘ねぎ中間母本農1号’の罹病の原因は不明である。

ネギさび病菌のレース分化は明らかになっていないが、接種検定および特性検定の結果より、本品種は国内に広く分布するネギさび病菌に対して効果を発揮すると思われる。遺伝解析の結果、本品種の抵抗性は量的に発現し、部分優性を示すことから、真性抵抗性ではなく、ポリジーンに支配される圃場抵抗性であると考えられる。近年、千葉県農業総合研究センターにおいて育成された坊主不知ネギ品種‘足長美人’は、自然発病下では従来の坊主不知品種とくらべさび病の発生が少ないことが報告されている (桑田ら, 2006)。¹ ‘足長美人’も圃場抵抗性を持つと考えられるが、‘ねぎ中間母本農1号’との抵抗性程度の違いについては不明であり、今後検討する必要がある。

‘ねぎ中間母本農1号’は、根深ネギの主力となっている千住群品種の形態的特性を示し、立性で襟じまりが良く、分けつはほとんど発生しない。一般形質の揃いについては市販の自然受粉 (OP) 品種と同程度と考えられる。ただし、本品種は循環選抜の過程で自殖を2回、その後形質固定のための自殖を3回経ており、自殖弱勢の影響から生育がやや遅く、市販品種より収量性は低い。しかし、本系統を片親とした F_1 組合せでは、市販品種

と同程度の生育量が確認されている (未公表データ)。このことから、今後本品種を育種素材として優良 F_1 親系統を育成することにより、実用性の高いさび病抵抗性品種を育成することが可能となる。なお、‘ねぎ中間母本農1号’の抵抗性は部分優性に遺伝すると推定されるため、さび病抵抗性 F_1 品種を育成する場合には、両親に抵抗性を持たせることが望ましい。

循環選抜法によって育成した‘ねぎ中間母本農1号’を素材として、本研究で行った接種検定に基づく選抜により、今後より効率的にさび病抵抗性育種が行われることを期待する。

V 摘 要

- 1) ‘ねぎ中間母本農1号’は、ネギ 133 品種・系統の中から選定した、発病程度の比較的低い‘聖冬一本’、‘岩井2号’、‘長寿’、‘せなみ’、‘冬扇一本’および‘豊川太’の6品種を基本集団として、循環選抜を2サイクル行った後、自殖系統選抜を3回繰り返して抵抗性および主要形質を固定させた品種である。
- 2) ‘ねぎ中間母本農1号’は、循環選抜の基本集団の一つとした‘長寿’や比較強い抵抗性を持つ市販品種‘夏扇3号’が激しく発病する条件下でも、さび病の病斑数が少なく、病徴の拡大も遅いことから、既存のネギ品種に比べて明らかに強い抵抗性を示す。
- 3) ‘ねぎ中間母本農1号’の抵抗性は、植物の発育段階が異なっても、安定して発現する。
- 4) ‘ねぎ中間母本農1号’と罹病性短葉系統の 26-4s-2s-2s との交雑 F_1 は、‘ねぎ中間母本農1号’より抵抗性が弱く、 F_2 の自殖により得た F_3 系統群では幅広い抵抗性の変異が認められることから、さび病抵抗性は複数の遺伝子に支配されており、部分優性に遺伝すると推定される。
- 5) ‘ねぎ中間母本農1号’は、生育がやや遅く、市販品種より収量性は低いものの、千住群品種の形態的特性を示し、立性で襟じまりが良く、分けつはほとんど発生しないため、さび病抵抗性品種を育成するための育種素材として有効である。

引用文献

- 1) Allard, R. W. (1960) : Recurrent selection. Principle of plant breeding, 282-302. John Wiley & Sons, Inc., New York and London.

- 2) Kanbe, M., F. Fujimoto, Y. Mizukami, S. Inami and K. Fukaya (1997): Increase of resistance of alfalfa to *Sclerotinia* crown and stem rot through recurrent selection. *Breed. Sci.*, **47**, 347-351.
- 3) 桑田主税・町田剛史・湯橋勤・本居聡子 (2006): 坊主不知ネギ新品種「足長美人」の育成とその特性. 千葉農総研研報, **5**, 33-40.
- 4) 日本植物防疫協会編集 (2009): 農薬要覧-2009-, 621. 日本植物防疫協会, 東京.
- 5) 農業生物資源研究所 (1997): 植物特性評価マニュアル, 野菜類, ねぎ, http://www.gene.affrc.go.jp/manuals-plant_characterization.php
- 6) Palloix, A., E. Pochard, T. Phaly and A. M. Daubeze (1990): Recurrent selection for resistance to *Verticillium dahliae* in pepper. *Euphytica*, **47**, 79-89.
- 7) 竹内妙子 (1986): ネギさび病の発生生態と防除. 植物防疫, **40**, 583-586.
- 8) 鶴飼保雄 (2003): S₁ 系統選抜法, 植物育種学 交雑から遺伝子組換えまで, 185-186, 東京大学出版会, 東京.
- 9) 若生忠幸・小原隆由・小島昭夫 (1999): ネギさび病抵抗性の成植物および幼苗における品種間差. 園学雑, **68** (別1), 80.
- 10) 若生忠幸・山下謙一郎・塚崎光・小原隆由・小島昭夫 (2005): 循環選抜によるネギさび病抵抗性の選抜効果. 園学雑, **74** (別2), 455.
- 11) Wehner, T. C. and C. S. Cramer (1996): Ten cycles of recurrent selection for fruit yield, earliness, and quality in three slicing cucumber populations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **121**, 362-366.
- 12) Weyhrich, R. A., K. R. Lamkey and A. R. Hallauer (1998): Responses to seven methods of recurrent selection in the BS 11 maize population. *Crop Sci.*, **38**, 308-321.
- 13) Yamashita, K., T. Wako, T. Ohara, H. Tsukazaki, A. Kojima (2005): Improvement of rust resistance in bunching onion (*Allium fistulosum* L.) by recurrent selection. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **74**, 444-450.

Development of ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’, a Bunching Onion (*Allium fistulosum* L.) Parental Line with Rust Resistance

Tadayuki Wako, Ken-ichiro Yamashita, Hikaru Tsukazaki,
Takayoshi Ohara, Akio Kojima and Yuji Noguchi

Summary

A bunching onion parental line, ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’, which has the highest rust resistance so far found in this crop, was developed by using a recurrent selection program. After rust inoculation of 133 bunching onion accessions, six slightly resistant cultivars, ‘Seitou Ippon’, ‘Iwai 2’, ‘Chouju’, ‘Senami’, ‘Fuyuougi Ippon’ and ‘Toyokawa Futo’, were selected as the foundation population (C₀) for recurrent selection. A rust inoculation test was conducted in every generation during the recurrent selection and in the subsequent selfed-line selection. ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’ was selected from the self-pollinated progeny (S₃) of a second-cycle improved population (C₂). The symptom severity rated according to Yamashita et al. (2005) was less in ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’ than in ‘Chouju’ and ‘Natsuougi 3’, which were rated as moderately resistant to rust, indicating that the spread of disease was very slow in ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’. Rust resistance in this cultivar was expressed stably at different growth stages. Rust inoculation of the progeny of a cross between ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’ and a susceptible line suggested that the resistance is controlled by several genes with partial dominance. Although less vigorous and lower in yield than commercial cultivars, ‘Negi Chuukanbohon Nou 1’ will be useful for developing rust-resistant cultivars of the “nebuka negi” type.

Accepted: August 29, 2011

Vegetable Breeding and Genome Division
360 Kusawa, Ano, Tsu, Mie, 514-2392, Japan

ユビキタス環境制御システム通信実用規約に基づいた 施設園芸用管理ソフトウェアの開発[†]

安場 健一郎・黒崎 秀仁・高市 益行・鈴木 克己

(平成 23 年 8 月 31 日受理)

Development of a Management Software for Protected Horticulture Based on the Practical Protocol of Ubiquitous Environment Control System

Ken-ichiro Yasuba, Hidehito Kurosaki,
Masuyuki Takaichi and Katsumi Suzuki

I 緒 言

ユビキタス環境制御システム (Ubiquitous Environment Control System: UECS) は、集中管理用のコンピュータ無しで統合環境制御が可能な、環境制御機器自身にコンピュータを搭載して自律的に環境制御するシステムである (Hoshi ら, 2004)。UECS では、各環境制御機器に搭載されたマイコンボードがローカルエリアネットワーク (LAN) を利用して情報通信を行い、各機器は所有する情報を共有し、環境制御している (林ら, 2004)。UECS で使用する通信文のことを共用通信子 (CCM) と呼び、UECS 対応機器のことをノードと呼ぶ。各ノードは自身が保有する情報を他のすべての機器に対して送信し、情報を共有している。各ノードは、数多くの得られた情報のうち、自身の動作に必要な情報のみを利用して動作している。気象ノードでは気温を表す CCM を他のすべての機器に送信するが、暖房機ノードでは、受信情報のうち気温に関するものを解釈し、暖房機の動作方法を決定する。また、動作情報を示す CCM を LAN に送信している。また、複雑な制御を実施する場合には、一般的なパーソナルコンピュータ (PC) から遠隔操作の CCM を送信して、一部もしくはすべてのノードを管理することが可能である。

UECS を利用した統合環境制御により、CO₂ 施用、気温、湿度調節を実施すると、トマトの長期多段栽培で 10 a 当たり 40 t の収量を得ることが可能であった (安場ら, 2011)。また、温室内空気のエンタルピを指標とした換気制御と細霧噴霧を利用した気温湿度同時制御法など、複雑な環境制御が簡単に実施可能であり (安場ら, 2010 b)、UECS の有用性を検証してきた。

UECS では CCM を収集することで、機器の動作情報、気温や湿度などの気象観測情報を把握可能である。そのため、UECS 機器の情報を記録するとともに簡易コンソール機能を有するソフトウェア (安場, 2010 a) や警報メール機能などを搭載したソフトウェア (黒崎ら, 2006) が開発されている。

しかし近年、今まで使用してきた通信ルールの不具合を解消するため、UECS の通信実用規約がバージョン 1.00-E 10 として改正された。2011 年 7 月現在、UECS 研究会の WEB ページ (<http://www.uecs.jp/>) からこの規約はダウンロード可能である。しかし、上記のソフトウェアは新しい規約に対応していない。また、UECS 導入温室で効率的に環境制御を実施するためには、機能的にもより高度なソフトウェアが必要である。

機能強化が望まれることの 1 つに、湿り空気に関する計算がある。湿り空気の最も一般的な測定項目は気温と相対湿度である。ただ、これらの情報のみでは、温室内

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1

野菜生産技術研究領域

† 本報告の一部は 2011 年度計測自動制御学会大会で講演した。

の湿り空気の状態を把握するには不完全である。潜熱を利用した加湿冷却時には、エンタルピは冷却限界を知る上で重要な情報となる。また、絶対湿度や飽差は、それぞれ、除湿量の推定や植物が乾燥状態にさらされている程度を示す指標として重要である。一方、細霧の運用にとって、また、省エネルギーにとって有用な情報である換気率を計算するノードが開発されている（安場ら、2009）。管理ソフトウェアで計算が可能であれば、ノードを利用することなく簡単に換気率が把握できるようになる。本研究で開発した管理ソフトウェアでは、気温や相対湿度などの受信情報からこれらの数値を計算し、温室内の湿り空気や換気率を簡便に把握できるよう試みた。

近年は、インターネットを利用した情報利用サービスが一般的に用いられている。このようなサービスでは、データベースソフトで各種のデータを保存し、必要に応じて様々な切り口からデータを取り出して利用するのが一般的である。UECS 温室で収集したデータもデータベースに蓄積していくことで、データの新たな利用方法が開発されるかもしれない。そこで、管理ソフトウェア

を用いて、ライセンスや2次利用が自由でオープンソースのデータベースである PostgreSQL にデータを保存することを試みた。

既開発のソフトウェアにも日報機能があるが、運用上必要な最低限のデータしか把握できなかった（黒崎ら、2006）。温室内で1日の情報で知りたい項目には最大値、最小値、平均値などがあり、日報メールで把握できれば温室の管理上有用であるため、これらの計算値を日報メールで送信する機能の実装を試みた。

以上のように本研究では、UECS の通信実用規約バージョン 1.00-E 10 導入温室で利用可能な、データ収集と収集データの活用および解析が簡便化することを目的として、新たな機能を実装した管理ソフトウェアを開発した。

II 材料および方法

1 管理ソフトウェア開発環境と動作環境

UECS の通信実用規約バージョン 1.00-E 10 に準拠し

```
<?xml version="1.0"?>
<UECS ver="1.00-E10">
  <DATA type="SoilTemp.mIC" room="1" region="1" order="1" priority="29">23.0</DATA>
  <IP>192.168.1.64</IP>
</UECS>
```

図-1 UECS の通信文のフォーマット

UECS での情報通信と環境制御にはこのフォーマットの通信文が利用される。通信文は LAN を利用してすべての機器に対して送信される。xml で記載された通信文の UECS タグではさまれた間の情報を有効な情報とする。UECS タグの ver 属性には、通信実用規約のバージョンを示す文字列が挿入される。type 属性は情報の種類を示し、この場合、SoilTemp.mIC（この場合地温をイメージ）が 23.0 であることを示す通信文である。type 属性値の意味、単位は UECS 対応機器開発者によって定義される。room、region、order の各属性値はこの通信文が影響を及ぼす環境制御機器の範囲を指定するための数値、priority 属性はこの情報の優先順位を指定するための数値である。IP タグの値は自身の IP アドレスを表す。

表-1 開発した管理ソフトウェアを利用するために必要なライブラリ

ライブラリ名 (ファイル名)	ライブラリ作成元
jfreechart-1.0.13.jar	Object Refinery Limited
jcommon-1.0.16.jar	Object Refinery Limited
mail.jar	Oracle
activation.jar	Oracle
commons-net-ftp-2.0.jar	Apache Software Foundation
postgresql-8.4-701.jdbc3.jar	PostgreSQL Global Development Group
uecs_1_00_E10_03.jar	

開発した管理ソフトウェアの直下に lib フォルダを作成し、その中にこれらのライブラリを配置する必要がある。

uecs_1_00_E10_03.jar は管理ソフトウェア作成時に並行して開発を行ったライブラリである。

(A) test.xml

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ROOT>
  <PRESET_CCM>
    <DATA type="InAirTemp" room="1" region="1" order="0" priority="15" name="室内気温"/>
    <DATA type="InAirHumid" room="1" region="1" order="0" priority="15" name="室内湿度"/>
    <DATA type="WAirTemp" room="0" region="0" order="0" priority="15" name="屋外気温"/>
    <DATA type="WAirHumid" room="0" region="0" order="0" priority="15" name="屋外湿度"/>
    <DATA type="WRadiation" room="0" region="0" order="0" priority="15" name="屋外日射"/>
    <DATA type="SoilTemp.nTC" room="1" region="2" order="3" priority="29" name="培地温"/>
  </PRESET_CCM>
  <ABSHUMID temp="温室内気温" rh="温室内湿度"/>
  <DATA type="InAbshumid" room="1" region="1" order="0" priority="29" name="室内絶対湿度"/>
</ABSHUMID>
<VENTILATION>
  <CONST lightThrRate="0.7" lightRefRate="0.15" thermoThrRate="5.8" ratioFilmToFloor="2.6"/>
  <RECVALLIE inAirTemp="室内気温" inAirHumid="室内湿度" wAirTemp="屋外気温" wAirHumid="屋外湿度" wRadiation="屋外日射"/>
  <VENTI>
    <DATA name="室内換気率" type="VentiRate.xOC" room="1" region="1" order="0" priority="29"/>
  </VENTI>
  <EVAPD>
    <DATA name="室内蒸発乾燥速度" type="EvapoRate.xOC" room="1" region="1" order="0" priority="29"/>
  </EVAPD>
</VENTILATION>
<GRAPH>
  <GRAPH_MIN title="気温・湿度" rangeleft="0" rangeright="3" width="400" height="300">
    <DATA axis="left">室内気温</DATA>
    <DATA axis="left">屋外気温</DATA>
    <DATA axis="right">室内湿度</DATA>
  </GRAPH_MIN>
  <GRAPH_DAILY title="気温" range="0" width="400" height="300">室内気温</GRAPH_DAILY>
</GRAPH>
<DAILYREPORT>
  <REPORT name="室内気温"/>
  <REPORT name="室内湿度"/>
</DAILYREPORT>
<ALERT>
  <LEVEL name="室内気温" thread="over" value="35" min="10"/>
</ALERT>
</ROOT>

```

(B) SendSchedule.xml

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ROOT>
  <SEND_ONE_TIME year="2011" month="3" day="10" hour="18" minute="0">
    <DATA type="MinVentiMark" room="0" region="0" order="0" priority="29" name="換気窓設定温度">23</DATA>
    <DATA type="AHOrderTemp" room="0" region="0" order="0" priority="29" name="暖房設定温度">14</DATA>
  </SEND_ONE_TIME>
  <SEND_ROUTINE hour="18" minute="0">
    <DATA type="HFHeatTemp.afP" room="0" region="0" order="0" priority="29" name="HF暖房設定温度">18</DATA>
  </SEND_ROUTINE>
</ROOT>

```

図-2 管理ソフトウェアの設定ファイルの記載例

(A) の test.xml は UECS の LAN で受信した情報の処理方法を記載する。(B) の SendSchedule.xml は UECS の LAN に通信文を送信するための処理方法を記載する。SendSchedule.xml が更新されると、管理ソフトウェアは変更されたことを認識して、自動的に新しい設定内容に従って LAN に送信する。

た CCM を解釈することを管理ソフトウェアの開発目的の1つとした。この規約のデータ通信の CCM は図-1の形式である。UECS の開発当初から利用されてきた CCM に UECS の通信実用規約のバージョンおよび機器の IP アドレスの情報が付与されている。

開発にはプログラミング言語として JAVA™ SE Development Kit 6 (Oracle) を使用した。管理ソフトウェアは JAVA™ SE Runtime 6 (Oracle) をインストールした PC 上で、表-1 で示したソフトウェアライブラリを利用して動作するようにした。また、管理ソフトウェアはイーサネットの UDP 16520 番ポートを占有する仕様とした。そのため、同じ PC で、このポートを利用するソフトウェアを同時に利用できない。

管理ソフトウェアには 1) 通信文のログ機能、2) グラフ作成機能、3) 日報メール機能、4) 警報メール機能、5) 湿り空気に関する計算機能、6) 簡易コンソール機能を搭載した。

2 ユーザー設定ファイルに関して

ユーザー設定ファイルは、管理ソフトウェアと同じフォルダ内に world wide web consortium で勧告されたマークアップ言語である xml で記載される。管理ソフトウェアは情報の処理方法を記した test.xml と CCM を送信する方法を記した SendSchedule.xml という2つのユーザー設定ファイルに従って動作する。これらのファイルの記載例を図-2に示す。test.xml を用意しない場合には下記 4.a で示す、通信文記録機能のみが利用できる。

test.xml ファイルには ROOT タグを1つだけ記述し、<ROOT>と</ROOT>の間に記載された内容によって管理ソフトウェアは動作する(図-2 (A))。ROOT タグ内には PRESET_CCM タグ、ALERT タグ、DAILYREPORT タグ、GRAPH タグをそれぞれ1つ、ABSHUMID タグ、VAPDEF タグ、ENTHALPY タグ、VENTILATION タグを複数個記述できる。

SendSchedule.xml ファイルには ROOT タグを1つ

だけ記述し、ROOT タグ内に SEND_ONE_TIME タグ、SEND_ROUTINE タグを複数個記述できる (図-2 (B))。これらのタグの記述方法に関しては後述する。

3 別名の登録に関して

test.xml ファイル内 ROOT タグ内の PRESET_CCM タグは受信した CCM に別名を登録するために使用する。ここで別名登録した CCM はグラフの作成、日報などの管理ソフトウェアの他の機能を利用するために使用する。

図-1 で示した CCM の DATA タグの type, room, region, order, priority の各属性値が、別名登録用の DATA タグ内の type 以下の属性値と一致した場合には、name 属性値で表した情報として認識することとした。例えば、

```
<DATA type="SoilTemp.mIC" room="1" region="1" order="1" priority="29" name="培地温"/>
```

と、記述があれば、図-1 で示した通信文は別名“培地温”で表される情報として、管理ソフトウェアで解釈され、その別名はその他の機能を利用する際に利用する。

なお、CCM の type 属性値はデータの種類が記載され、room, region, order の各属性値は 0 以上の整数値が記載される。環境制御機器はこれらの値がすべて一致した場合には自身と関係のある情報として解釈する。0 の場合は該当する属性すべてに関連のある情報として解釈する。priority 属性値は 0~30 の値をとり、情報の優先順位を表す。

4 管理ソフトウェアの機能

a 通信文記録機能に関して

管理ソフトウェアを起動すると、起動したフォルダ直下に DATA という名前のフォルダ (DATA 保存フォルダ) が作成され、そのフォルダ内にコンマ区切りフォーマット (csv) のテキストファイルを作成する。管理ソフトウェアが受信した値のうち 1 分ごとの最新の値をテキストファイルに追記する。ファイル名は uecslog_YYYYmmDD_HHmms.csv で、ファイル名の中の YYYYmmDD_HHmms の部分は起動した時間を表す。例えば、2011 年 2 月 11 日 10 時 27 分 35 秒に起動した場合には uecslog_20110211_102735.csv という名前のファイルにデータを保存する。

また、通信文の受信状況をリアルタイムに閲覧可能とするために、1 分ごとの最新の情報を示した html 形式のファイル uecstable.html および xml 形式のファイル recivedata.xml を作成する。これらのファイルは DATA

保存フォルダに作成され、1 分ごとに更新される。

b グラフ作成機能について

管理ソフトウェアは test.xml ファイル内の GRAPH タグ内に記述があった場合には、グラフを作成する。作成可能なグラフは 2 種類あり、1 つは 1 分ごとの最新の受信値を 24 時間分、もう 1 つは毎日 23 時 59 分に 1 日の受信した最大値、平均値、最小値を 30 日分プロットするグラフが作成可能である。これらの描画条件はそれぞれ、GRAPH タグ内の GRAPH_MIN タグおよび GRAPH_DAILY タグで記載する。また、これらのタグは GRAPH タグ内に複数個記載できる。

図-2 の GRAPH_MIN タグの title 属性値には作成するグラフのタイトルを、rangeleft, rangeright 属性値にはグラフの左右縦軸に示す文字列、width, height 属性値には作成するグラフのサイズ (横と縦のピクセル数) を記載する。GRAPH_MIN タグ内の DATA タグの axis 属性には left, right のいずれかを記述することで左、右軸どちらを基準に作図するかを設定し、タグの値は PRESET_CCM タグであらかじめ登録した別名を記載する。つまり、図-2 の例であれば、CCM の type, room, region, order, priority の各属性値の値が InAirTemp, 1, 1, 0, 15 である通信文を受信したら温室内気温、WAirTemp, 0, 0, 0, 15 であれば屋外気温として左軸を基準とし、InAirHumid, 1, 1, 0, 15 であれば温室内湿度として右軸を基準とした時系列グラフが 1 分ごとに作成される。GRAPH_MIN タグ内の DATA タグは複数個記述できる。

図-2 の GRAPH_DAILY タグは 1 日の最大、平均、最小値をプロットするための設定を記すが、タグの title, width, height 属性の値は、GRAPH_MIN タグのそれと同義であり、range タグは縦軸に表す文字列を示す。GRAPH_DAILY タグの値は PRESET_CCM タグで登録した CCM の別名を記述する。図-2 の GRAPH_DAILY タグの例では温室内気温の最大、平均、最小値を示した時系列グラフが作成される。

グラフは DATA 保存フォルダに保存、更新される。

c 日報メール機能について

管理ソフトウェアは test.xml 内の DAILYREPORT タグの内容に従って、日報メールを 23 時 59 分に送信する。DAILYREPORT タグ内の REPORT タグの name 属性で示した文字列が別名登録されていれば、その値の 1 日の最大、平均、最小値と受信回数を電子メールにて

送信する。

図-2の例では、DAILYREPORT タグ内に REPORT タグが2つあり、それぞれ name 属性が温室 内気温と温室湿度であり PRESET_CCM タグ内で別 名登録されているため、これらの1日の最大、平均、最 小値を計算し電子メールにて送信する。また、電子メー ルには1日間の管理ソフトウェアの動作情報も同時に記 載される。

d 警報機能に関して

管理ソフトウェアは test.xml の ALERT タグ内の LEVEL タグの設定に従って、警報メールを送信する。 LEVEL タグ内の name 属性値に対応する別名登録がさ れている CCM があれば（警報対照 CCM とする）、モ ニターする。LEVEL タグ内の value 属性値には数値を 入力し、thread 属性には over もしくは under の文字 列を入力する。thread 属性値が over の場合は受信した CCM の値が value 属性値を上回った時、under の場合 は下回った時、警報状態であると判断する。警報状態が LEVEL タグ内の min 属性値で設定した分以上続いた 場合には警報状態であると判断し、警報メールを送信す る。例えば、図-2の場合には ALERT タグ内の name, thread, value, min 属性値がそれぞれ、温室 内気温, over, 35, 10 であるため、温室 内気温が 35℃以上の状 態が 10 分以上続くと警報メールを送信する。

e 湿り空気の計算に関して

管理ソフトウェアは test.xml ファイルの ROOT タグ 内の ABSHUMID, ENTHALPY, VAPDEF タグに記 載した内容に従って、絶対湿度、エンタルピ、飽差の計 算を1分ごとに行う。絶対湿度の場合 ABSHUMID タ グの temp, rh 属性に気温と相対湿度を示す別名を入力 する。ABSHUMID タグ内の DATA タグを利用して、 絶対湿度を示す CCM 及び別名を登録する。登録方法は CCM の別名を登録するのと同じである。ABSHUMID タグ内で別名登録した CCM は GRAPH, ALERT, DAILYREPORT タグの中で使用することができる。 図-2では ABSHUMID タグの使用例を示したが、 ENTHALPY タグ, VAPDEF タグも同様の書式で記載 すれば計算が自動的に行われる。

また、ROOT タグ内の VENTILATION タグに記述 した内容に従って、温室内外の熱収支から温室の換気率 と蒸発散速度を計算する。VENTILATION タグ内には CONST, RECVALUE, VENTI, EVAPO タグをそれ

ぞれ1つずつ記載する。CONST タグ内の属性値として lightThrRate, lightRefRate, thermoThrRate, ratioFilmToFloor があり、それぞれ、被覆日射透過率、 床日射反射率、被覆資材熱貫流率、被覆面積/床面積の 値を記載する。各属性値の意味は、既報（安場ら、 2009）に記載した内容と同じとした。RECVALUE タ グには inAirTemp, inAirhumid, wAirTemp, wAir Humid, wRadiation 属性値があり、それぞれ、温室 内気温、温室 内相対湿度、屋外気温、屋外相対湿度、屋外 日射を表す CCM の別名を記載する。これらの設定から、 1分おきに既報（安場ら、2009）と同様の方法で、換 気率と蒸発散速度の計算を行った。ただし、床面への熱 フラックスとカーテン開度の温室 内日射量への反映は省 略した。

計算した換気率と蒸発散速度はそれぞれ VENTI, EVAPO タグ内の DATA タグによって別名登録し、登 録方法は CCM の別名を登録するのと同じである。

f 簡易コンソール機能について

SendSchedule.xml ファイルの ROOT タグ内に記載 した内容に従って、CCM を LAN 内に送信する。 ROOT タグ内には SEND_ONE_TIME タグと SEND_ROUTINE タグをそれぞれ複数個記述できる。

SEND_ONE_TIME タグを利用すると、送信する日 時を指定して CCM を送信できる。タグ内の year, month, day, hour, minute 属性に年、月、日、時、 分を入力するとその時間に CCM が送信される。送信さ れる CCM は SEND_ONE_TIME タグ内の DATA タグ の内容となる。DATA タグの属性値の書式は test.xml の PRESET_CCM タグ内の DATA タグの書式と同じ である。それに加えて、通信したい送信文の値を DATA タグの値として記述する。

SEND_ROUTINE タグに記載された内容に従って毎 日定時に通信文を送信する。タグ内の hour, minute 属性に送信時刻を記述する。DATA タグの書式も SEND_ONE_TIME タグのそれと同じである。

例えば、図-2の例では 2011 年 3 月 10 日 18 時 0 分 に2つ、毎日 19 時 0 分に1つの通信文が管理ソフトウェ アから送信される。19時に送信される通信文の例を示 すと、動作している PC の IP アドレスが 192.168.1.11 の場合には、

```
<?xml version=1.0?>
<UECS ver="1.00-E 10">
<DATA type="HPHeatTemp.aHP" room="0" region=
```



図-3 管理ソフトウェア起動時の様子

ソフトウェア起動すると5つのタブ画面を持つ起動画面が現れる。コンソール画面ではソフトウェアの動作状況を表示。メール送信設定、FTP設定、PostgreSQL設定画面はそれぞれ、外部へのデータ送信に利用するアカウントなどの設定を行う。標準出力は、デバッグ用の画面であり、管理ソフトウェアで解析できない異常が発生した時に原因を解析するために利用する。

```
"0" order="0" priority="29">18</DATA>
<IP>192.168.1.11</IP>
</UECS>
となる。
```

g 外部へのデータ転送について

管理ソフトウェアの利用により、インターネットを通じて外部にデータ転送が可能である。先に示した日報と警報の電子メールを送信する機能はその1つである。

また、ファイルトランスファプロトコル (FTP) を利用して外部にデータ転送可能である。DATA保存フォルダ内の任意のファイルを10分おきに、外部で運用されているFTPサーバーに接続して転送することができる。

データベース接続機能は、リレーショナルデータベースの1つであるPostgreSQL (The PostgreSQL Global Development Group) にデータを保存する機能である。インターネット上で運用されているPostgreSQLに1分ごとに最新の受信値を転送する。

h その他の機能について

管理ソフトウェアを立ち上げると、コンソール、メール送信設定、FTP設定、PostgreSQL設定、標準出力(デバッグ用)の5つのウィンドウを持つ画面が現れる。

コンソール画面はPRESET_CCMで登録されていない通信文を受信した場合や、SendSchedule.xmlで記載

された内容に従ってCCM送信した場合などにその内容が表示される。また、日付変更時に画面がクリアされ、uecslog.txtファイルにその内容が追記される。管理ソフトウェアは、UECSの各機器に対して時間を送信する機能を有しており、ログ表示用画面の、“時間をLANに送信”というボタンをチェックすると、1秒ごとに現在時を、1分ごとに日付を示す通信文を送信する。

メール設定、FTP設定、PostgreSQL設定画面はそれぞれ、外部へのデータ送信に利用するアカウントなどの設定を行う。

標準出力(デバッグ用)画面は管理ソフトウェアで解析できない、何らかの異常が発生したときの原因解明に利用する。

V 結果および考察

a 管理ソフトウェアの動作状況

開発した管理ソフトウェアは愛知県武豊町にある野菜茶業研究所内のUECS導入温室2カ所で動作させた。Windows XP (日本マイクロソフト) を導入したPCで動作させ、少なくとも1ヶ月以上安定的に動作することを確認した。

b 収集データの表示機能について

図-4に管理ソフトウェアが作成したhtmlファイル

(A)

CCM受信状況
受信日時: 2011/03/16 10:27:00

CCM名	値	type/属性	room/region/order/priority/属性	アドレス(1分ごとのCCMからの情報)	UECSバージョン
温室北気温	19	InAirTemp	1/2/0/10	/192.168.1.50/none!	
温室北湿度	87	InAirHumid	1/2/0/10	/192.168.1.50/none!	
COP(ダイキンHP)	30	COP.mHP	8/0/0/30	/192.168.1.100/192.168.1.100!	100-E10
温室南気温	18.3	InAirTemp	1/1/0/10	/192.168.1.50/none!	
温室南湿度	99	InAirHumid	1/1/0/10	/192.168.1.50/none!	
屋外気温	7.5	WAirTemp	1/0/0/10	/192.168.1.50/none!	
屋外湿度	54	WAirHumid	1/0/0/10	/192.168.1.50/none!	
温室内CO2(SenseAir)	1013	InCO2Dens	1/0/0/29	/192.168.1.20/none!	
温室北CO2	1580	InCO2Dens	1/2/0/29	/192.168.1.50/none!	
温室南CO2	1755	InCO2Dens	1/1/0/29	/192.168.1.50/none!	
屋外CO2	400	WCO2Dens	1/0/0/29	/192.168.1.50/none!	
屋内WBG	20.8	InWBGTemp	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
屋外WBG	20.4	OutWBGTemp	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
日射量	18.7	InWBGTemp	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
日球温度	17.7	WBGTemp	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
地球温度	23.4	GlobalTemp	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	

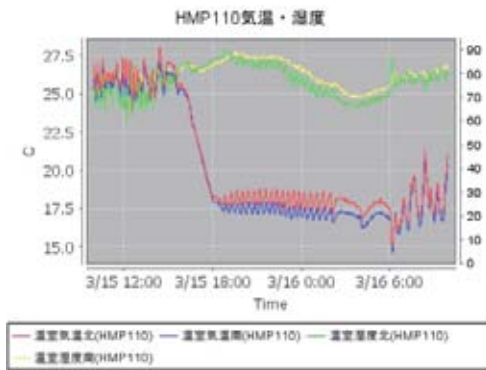
(B)

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<UECS>
- <DATASERIES year="2011" month="3" day="16" hour="10" minute="29">
<DATA name="温室北気温" type="InAirTemp" room="1" region="2" order="0" priority="10">19.4</DATA>
<DATA name="温室北湿度" type="InAirHumid" room="1" region="2" order="0" priority="10">81</DATA>
<DATA name="COP(ダイキンHP)" type="COP.mHP" room="8" region="0" order="0" priority="30">0</DATA>
<DATA name="温室南気温" type="InAirTemp" room="1" region="1" order="0" priority="10">18.7</DATA>
<DATA name="温室南湿度" type="InAirHumid" room="1" region="1" order="0" priority="10">99</DATA>
<DATA name="屋外気温" type="WAirTemp" room="1" region="0" order="0" priority="10">7.5</DATA>
<DATA name="屋外湿度" type="WAirHumid" room="1" region="0" order="0" priority="10">54</DATA>
<DATA name="温室内CO2(SenseAir)" type="InCO2Dens" room="1" region="0" order="0" priority="29">1003</DATA>
```

図-4 管理ソフトウェアが1分ごとに作成する最新の受信情報を示したファイル

(A) html ファイル (B) xml ファイル. いずれもブラウザで表示した. いずれも下部の表示は省略している.

(A)



(B)

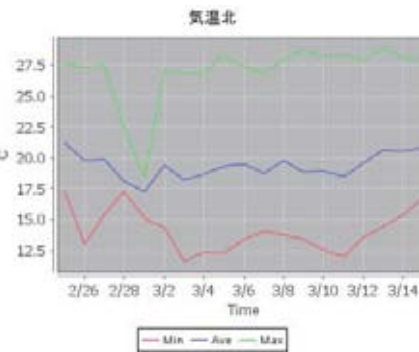


図-5 管理ソフトウェアが作成したグラフ

(A) 1分ごとの値をプロットしたグラフ (B) 1日の最大値, 平均値, 最小値をプロットするグラフ. jpeg 形式の画像ファイルとして作成された.

と xml ファイルをブラウザで表示した例を示す. 1分ごとにこれらのファイルが更新され, 最新の受信状況が把握可能であった. 管理ソフトウェアが作成したグラフを図-5に示した. 管理ソフトウェアを導入した PC に Web サーバソフトウェアの1つである Apache HTTP Server (Apache Software Foundation) をインストールし, DATA 保存フォルダのファイルを閲覧可能となるように設定を行うことで, 同一 LAN 内の他の PC から作成したグラフや html ファイルを閲覧する

ことが可能であった.

c データ収集機能に関して

管理ソフトウェアが作成した csv ファイルを表計算ソフトの Excel (Microsoft) で表示した例を図-6に示す. データ保存の標準的な形式である csv フォーマットで1分ごとのデータを保存できるため, 表計算ソフトウェアなどを利用してデータ解析が簡単に実施可能である. 管理ソフトウェアは UECS の通信文をデータログのよ

Time	Date	InAirTemp	InAirHumid	InAirTemp	InAirHumid	WAirTemp	WAirHumid	InCO2	DensCO2	DensCO2	DensCO2	DensCO2	WBGTT	WBGTT	WBGTT	WBGTT
2011/3/15 14:18	141755	26.4	76	25.8	100	17.9	45	368	506	565	346	281	27.7	26.4		
2011/3/15 14:19	141955	26.6	74	25.9	106	17.9	46	369	502	564	355	281	27.8	26.4		
2011/3/15 14:20	141955	26.6	78	25.8	97	17.9	45	363	502	565	352	283	27.9	26.6		
2011/3/15 14:21	142055	26.7	79	26.2	102	18.1	45	363	487	560	338	285	28.1	26.8		
2011/3/15 14:22	142155	26.9	92	26.3	88	18	46	362	493	558	355	287	28.3	27		
2011/3/15 14:23	142255	27	80	26.3	88	17.9	45	368	490	555	348	289	28.5	27.1		
2011/3/15 14:24	142355	27.1	82	26.4	98	17.9	45	361	489	555	350	291	28.7	27.3		
2011/3/15 14:25	142455	27.1	71	25.7	90	17.9	45	361	485	548	348	29	29.5	27.1		
2011/3/15 14:26	142555	26.9	81	25.6	79	17.9	46	361	487	571	358	288	29.2	26.7		
2011/3/15 14:27	142655	26.7	75	25.7	81	17.9	45	361	486	574	348	286	29.1	26.5		
2011/3/15 14:28	142755	26.7	77	25.8	82	17.9	45	362	507	573	345	284	27.9	26.2		
2011/3/15 14:29	142855	26.8	80	25.9	83	18	46	363	511	570	348	283	27.7	26		
2011/3/15 14:30	142955	26.4	78	25.7	90	18.3	46	366	516	574	343	281	27.6	25.8		
2011/3/15 14:31	143055	26.2	69	25.3	89	18.3	44	366	517	570	343	27.8	27.2	25.9		
2011/3/15 14:32	143155	26	82	25.3	80	18.2	44	369	524	584	349	27.7	27	25.2		
2011/3/15 14:33	143255	26	70	25.3	85	18.1	45	371	524	586	346	27.5	27	25.1		
2011/3/15 14:34	143355	25.8	72	25.3	86	18.1	45	371	525	586	345	27.6	27	25.2		
2011/3/15 14:35	143455	25.9	72	25.2	83	18.2	45	371	526	586	350	27.6	27	25.2		
2011/3/15 14:36	143555	25.9	69	25.3	85	18.2	45	374	527	588	349	27.4	26.9	25.1		
2011/3/15 14:37	143655	25.5	70	24.6	83	18.2	44	374	533	587	346	27	26.4	24.6		
2011/3/15 14:38	143755	25	61	24.3	75	18.1	44	376	543	605	348	26.7	26	24.2		
2011/3/15 14:39	143855	24.8	69	24.2	78	18.1	45	379	546	609	342	26.2	25.8	23.7		
2011/3/15 14:40	143955	24.7	68	24.1	81	18.1	45	384	546	609	346	26.1	25.6	23.7		
2011/3/15 14:41	144055	24.7	69	24	81	18.3	45	387	547	608	350	26.1	25.5	23.7		
2011/3/15 14:42	144155	24.7	62	24.2	87	18.3	45	390	546	608	352	26.2	25.7	24		

図-6 管理ソフトウェアが作成した1分ごとの最新の値を記録したファイル
表計算ソフトで表示した。test.xml ファイル中の PRESET_CCM で登録が行われている
CCM に関しては1行目に別名が表示されるが、登録が無いものは1行目が空欄となる。

うに収集している。一般的なデータログのような入力点数の制限が事実上無く、UECS 機器を LAN に接続するだけで、管理ソフトウェアの利用により様々な情報を簡単に入手可能となると考えられた。

また、データベースである PostgreSQL をインストールした PC を設置すると、管理ソフトウェアを利用して UECS のデータ保存が可能であった。インターネット上に設置された PostgreSQL と管理ソフトウェアを利用することで、複数の UECS 導入温室で収集したデータを1つのデータベースで保存が可能となり、温室間のデータ比較が簡単になると考えられる。また、気温や湿度などの環境条件が厳しい温室内で PC を運用すると故障の危険が高くなる。外部のデータベースで運用可能になると、比較的安全にデータ保存が可能になると考えられる。また、管理ソフトウェアを動作させる PC の能力には制限があり、作成するグラフのデザイン性などは限界がある。しかし、インターネット上のデータベースに保存し、より能力の高いコンピュータからデータを利用することで、視覚的にもすぐれたグラフの作成も可能となろう。その他、日報、警報メールサービスなども、洗練されたものが開発可能となるであろう。今後、データベースを利用する温室の管理に有益なソフトウェアが開発されれば、今回開発した管理ソフトウェアは低能力のコンピュータを用いてデータの転送のみを実施すればよく、インターネット上から高度なサービスを受けることが可能になると考えられた。

d 湿り空気に関する計算機能に関して

空気の飽差、絶対湿度、エンタルピは、設定ファイルに計算元となる気温と相対湿度を記述することで、html ファイルやグラフなどを利用して情報を閲覧可能であることを確認した。例えば、飽差は温室内の乾燥程度を空気に含まれる水蒸気圧の観点から示したもので、値が大きいと乾燥状態となり、作物管理上有益な情報である。飽差の日変化のグラフを確認した結果、飽差が大きい温室では、加湿処理を行うことで、作物が受ける水ストレスを軽減したりすることが可能となろう。

換気率や蒸発散速度も飽差などと同様の取り扱いが可能となる。計算が煩雑である換気率と蒸発散速度を計算するノードが開発されているが(安場ら,2009)、温室で PC を利用できる環境であれば、管理ソフトウェアの利用により、同様の計算を行うことが可能である。計算された換気率は、一定期間のデータを見て温室の隙間換気率を推定したり、換気率の大きい時には CO₂ 施用を控えたりする利用方法が考えられる。

e 電子メールを利用した機能に関して

日報メールを受信した内容を図-7に示す。設定ファイルに日報メール送信に関する設定を行えば、毎日温室内の状況を確認可能で、UECS 導入温室での日常管理を行う上で有用であると考えられた。例えば、トマトのロックワール栽培で灌水を行う場合には、廃液の量は灌水量を決める重要な情報となる。図-7の日報の情報から確認可能なことは、廃液(系統1)をカウントするノードからの受信がなく、廃液が1日無かった状態である。

```

UECSコンソールからのSYSLOG送信サービスです。
*** UECS日報サービス ***
培地含水率：最大(87)，最小(84)，平均(85.879)，1分ごと受信回数(1440回)。
天空東開度：最大(20)，最小(0)，平均(0.308)，1分ごと受信回数(1440回)。
天空西開度：最大(20)，最小(0)，平均(0.304)，1分ごと受信回数(1440回)。
腐液(系統1)：受信数は本日0でした。
腐液(系統2)：最大(29)，最小(0)，平均(14.929)，1分ごと受信回数(14回)。
腐液(系統3)：最大(25)，最小(0)，平均(13.286)，1分ごと受信回数(14回)。
腐液(系統4)：最大(510)，最小(0)，平均(271.6)，1分ごと受信回数(5回)。
温室内CO2(SenseAir)：最大(1080)，最小(337)，平均(698.338)，1分ごと受信回数(1440回)。
温室気温北(HMP110)：最大(26.9)，最小(14.1)，平均(18.761)，1分ごと受信回数(1440回)。
温室気温南(HMP110)：最大(26.4)，最小(14.3)，平均(18.29)，1分ごと受信回数(1440回)。
量水機東1(系統1)：最大(95)，最小(0)，平均(48.333)，1分ごと受信回数(45回)。
量水機東3(系統2)：最大(101)，最小(0)，平均(49.44)，1分ごと受信回数(50回)。
量水機東4(系統3)：最大(97)，最小(0)，平均(48.886)，1分ごと受信回数(44回)。
量水機東6(系統4)：最大(89)，最小(0)，平均(44.083)，1分ごと受信回数(48回)。
*** 日報サービスここまで ***
*** 以下、本日のシステムログです ***
2011/03/07 00:00:00 syslog.txtを更新しました。
2011/03/07 00:00:00 データ送信：<DATA type="ResetPulse" room="0" region="0" order="0"
priority="29">0.0</DATA>
2011/03/07 00:40:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 00:50:12 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 02:10:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 03:00:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 03:20:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 04:30:14 FTPエラーが発生しました(2)
2011/03/07 05:10:12 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 05:30:12 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 13:40:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 13:50:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 14:20:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 14:40:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 15:30:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 17:00:11 FTPエラーが発生しました(102)

```

図-7 管理ソフトウェアが送信した日報に関する電子メールの内容

毎日、test.xmlで指定した内容に従って、受信した通信文の最大値、最小値、平均値、受信回数を示したメール送信される。ソフトウェアが把握しているエラー情報や、ソフトウェアから発信される通信文の情報も同様に送信される。

このような情報から、灌水量を増やすといった判断が可能となる。UECSの通信実用規約にあった情報であれば、管理ソフトウェアで日報として送信可能である。拡張性の高いUECSと管理ソフトウェアを組み合わせることで、ユーザーが栽培管理上知りたい情報を自由にカスタマイズして、日報メール機能を利用して収集可能になると考えられる。同様のことは警報メール機能にもあてはまる。

f まとめ

通信実用規約 1.00-E 10 制定以前に利用されていた通信ルールは、通信文の定義に曖昧な部分があり、実際にUECSを運用する上でいくつかの問題があった。そのような不具合を解消するために通信実用規約が制定されたため、今後のこの規約の利用拡大が期待されている。新しい規約に速やかに移行させるためには、新しい規約に対応したソフトウェアが必要であり、開発した管理ソフトウェアは、不具合の少ない通信実用規約に移行するために有用であると考えられた。

管理ソフトウェアは最新の通信実用規約に対応しているだけでなく、湿り空気の計算機能、データベース保存

機能、日報機能などが搭載されており、UECS導入温室やUECS導入の植物工場でのデータ収集や温室内環境の管理に有効活用されることが期待される。

V 摘要

自律分散型の環境制御システムである、ユビキタス環境制御システム(UECS)の通信実用規約 1.00-E 10 に対応した管理ソフトウェアの開発を行った。開発した管理ソフトウェアはUECS対応機器から送信された情報を解析して1分ごとにデータをcsvフォーマットで保存可能である。湿り空気に関する計算を、受信した情報を元を実施し、データを保存できる。管理ソフトウェアは1分ごとに最新の受信情報を示したhtmlおよびxml形式のテキストファイルを作成する。また、1分ごとの受信情報や、1日の最高、平均、最低値を示したグラフを作成する。これらの情報をFTPによってアップロードすることが可能である。また、データベース接続機能を搭載した。電子メールを利用した、日報や警報情報の送信機能も搭載している。また、スケジュールを示した設定ファイルに従って、UECS機器に通信文を送信す

ることが可能である。開発した管理ソフトウェアは、UECS 導入温室でデータ収集や環境制御をするのに有用であると考えられた。

引用文献

- 1) 林泰正・星岳彦・高市益行・山口浩明・相原祐輔 (2004) : 施設におけるユビキタス環境制御システムの提案. 農及園. 70, 845-853.
- 2) Hoshi, T., Y. Hayashi and H. Uchino. (2004) : Development of a decentralized, autonomous greenhouse environmental controlling system in a ubiquitous computing and internet environment. *Proc. Of 2004 AFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture*. 490-495.
- 3) 黒崎秀仁・林泰正・星岳彦・高市益行 (2006) : ユビキタス環境制御システムに対応した温室監視ソフトウェア. 農業環境工学関連学会 2006 年合同大会発表要旨. 30.
- 4) 安場健一郎・黒崎秀仁・高市益行・大森弘美・川嶋浩樹・星岳彦 (2009) : 自律分散型環境制御システムを利用した細霧冷房支援のための温室換気率および蒸発散速度計算ノードの開発. 植物環境工学. 21, 162-168.
- 5) 安場健一郎 (2010 a) : 水の潜熱を利用した根圏および地上部冷却による施設生産における作物生育環境の改善に関する研究. 野菜茶研研報. 9, 211-270.
- 6) 安場健一郎・黒崎秀仁・高市益行・大森弘美・川嶋浩樹・星岳彦 (2010 b) : エンタルピ調節と細霧の噴霧を利用した温室内気温および湿度の同時制御システムの開発. 植物環境工学. 22, 29-35.
- 7) 安場健一郎・鈴木克己・佐々木英和・東出忠桐・高市益行 (2011) : トマト長期多段栽培における多収のための統合環境制御下での温室環境と収量の推移. 野菜茶研研報. 10, 85-92.

Development of Management Software for Protected Horticulture Based on the Practical Protocol of the Ubiquitous Environment Control System

Ken-ichiro Yasuba, Hidehito Kurosaki,
Masuyuki Takaichi and Katsumi Suzuki

Summary

We developed management software corresponding to practical protocol version 1.00-E 10 of the Ubiquitous Environment Control System (UECS), which is a kind of decentralized autonomous system. The software can be used to analyze the information sent from UECS nodes and saves the latest information as CSV-format files. Useful parameters for moist air are calculated from the information received and saved as files. The software also produces html- and xml-format files that record the latest information every minute. It makes trend graphs that show each of the values received every minute and the maximum, average, and minimum values for each day. These files and graphs can be uploaded by the software to an FTP server via the Internet. Daily reports and alert information can be distributed by e-mail. The software also transmits correspondence in accordance with the transmission schedule described in the configuration file. The new software is useful for data collection and environment control in greenhouses in which UECS has been installed.

炭疽病・輪斑病複合抵抗性のやや早生緑茶用品種 ‘さえあかり’の育成†

吉田 克志・根角 厚司・田中 淳一*・武田 善行**
佐波 哲次・谷口 郁也・荻野 暁子・松永 明子
大前 英***・武弓 利雄****・和田 光正*****・吉富 均*****

(平成 23 年 9 月 16 日受理)

A Semi-Early Budding New Green Tea Cultivar ‘Saeakari’ with Resistance to Anthracnose and Gray Blight

Katsuyuki Yoshida, Atsushi Nesumi, Junichi Tanaka, Yoshiyuki Takeda,
Tetsuji Saba, Fumiya Taniguchi, Akiko Ogino, Akiko Matsunaga,
Hide Ohmae, Toshio Takyu, Kosei Wada and Hitoshi Yoshitomi

I 緒 言

チャ (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) の主要品種 ‘やぶきた’ は日本の茶園の約 75% で栽培されている。‘やぶきた’ は民間育種家の杉山彦三郎氏により、20 世紀初頭ごろに在来種の実生茶園から選抜され、1953 年には茶農林 6 号に登録、‘やぶきた’ と命名された (武田, 2008) 。 ‘やぶきた’ は挿し木発根性、初期生育の良さ、製茶適性の広さ、栽培適地の広さなどの多くの優れた栽培加工特性を持つため、1970 年代に全国的に普及し、日本の茶業を支える基幹品種となった。しかしながら、炭疽病 (*Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato, comb. nov.) や輪斑病 (*Pestalotiopsis longiseta* (Spegazzini) Dai et Kobayashi) に対して罹病性であるため、これら病害に対する防除が必須であり、病害抵抗性品種の開発が必要とされた。また、1970 年代に定植された ‘やぶきた’

茶園が老朽化しつつあり、改植が必要とされる時期になっている。さらに、‘やぶきた’ 単一栽培による摘採期の集中、製茶工場の稼働日数の短さと、それによる生産費の高騰、香味の単一化により、消費者の嗜好の多様化に対応できなくなる等、多くの問題が生じており、‘やぶきた’ に替わる有望品種の育成が期待された。一方、流通上有利に取引される早生品種に対する要望も強く、高品質な早生品種の ‘さえみどり’ (武田ら, 1991) は、近年急速に栽培面積が増えている。しかしながら、‘さえみどり’ は凍霜害に弱く、栽培地域が限定される欠点があった。また、ドリンク需要が高まる中で、夏茶に対しても安定した品質や収量が求められた。そこで、野菜茶業研究所では、炭疽病と輪斑病に抵抗性を持ち、‘やぶきた’ よりも摘採時期がやや早く、高品質で ‘さえみどり’ より栽培可能な地域が広い、病害抵抗性・高品質・多収のチャ品種育成に取り組んだ。

農林水産省が平成 18 年 (2007 年) 4 月に策定した「農林水産研究基本計画」において、茶部門では平成 22

〒898-0087 鹿児島県枕崎市瀬戸町 87

茶業研究領域

* 作物研究所

** 元茶業研究官

*** 国際農林水産業研究センター

**** 農業生物資源研究所

***** 元野菜・茶業試験場

***** 元茶業研究監

† 本報告の一部は平成 21 年度野菜茶業研究成果情報として発表された。

年度（2010年）の期別達成目標として、摘採期が‘やぶきた’より3~4日早い、あるいは遅い炭疽病抵抗性を有する系統の開発が定められている。こうした中、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所枕崎茶業研究拠点（以下、育成地とする）において、炭疽病と輪斑病に抵抗性で、暖地では摘採期が‘やぶきた’より5日程度早い、高品質・多収の緑茶用品種‘さえあかり’が育成された。‘さえあかり’は2010年4月8日に品種登録出願（品種登録出願番号：第24796号）を行い、2010年7月21日に品種登録出願公表されるとともに、2011年3月28日に茶農林55号として、農林認定された。本報では‘さえあかり’の育成経過ならびに栽培・加工特性について、とりまとめて報告する。

‘さえあかり’の育成に当たって、系統適応性検定試験を担当された三重県農業研究所茶業研究室、京都府農林水産技術センター農林センター茶業研究所、高知県農業技術センター茶業試験場、熊本県農業研究センター茶業研究所、特性検定試験と県単試験を担当された静岡県農林技術研究所茶業研究センター（もち病抵抗性）、鹿児島県農業開発総合センター茶業部（裂傷型凍害）、県単試験を担当された埼玉県農林総合研究センター茶業特産研究所、滋賀県農業技術振興センター茶業指導所、奈良県農業技術センター茶業振興センター、香川県農業試験場満濃分場、福岡県農業総合試験場八女分場、佐賀県茶業試験場、長崎県農林技術開発センター農産園芸研究部門茶業研究室、宮崎県総合農業試験場茶業支場の関係者諸氏には試験へご協力いただくと同時に、多くの有益なご助言をいただいた。ここに記して深甚の謝意を表す。

II 育成経過

1 育成経過

‘さえあかり’の育成には交配から品種登録まで21年を要した（図-1）。

‘さえあかり’の育成系統図を図-2に示す。‘さえあかり’は、炭疽病中度抵抗性（池田・安間，2004）かつ輪斑病抵抗性（武田，2002）で樹勢が強い‘たまみど

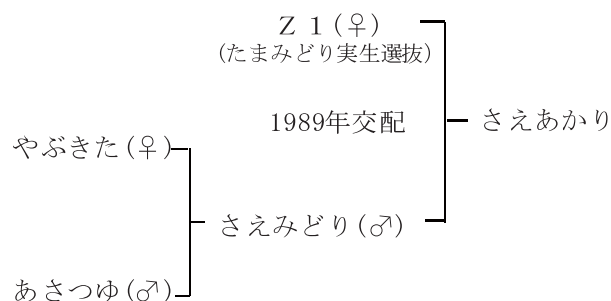


図-2 ‘さえあかり’の育成系統図

り’実生選抜の‘Z1’を種子親、炭疽病中度抵抗性（吉田・武田，2004）で製茶品質に優れる‘さえみどり’（武田ら，1991）を花粉親として、1989年に交配されたF₁実生群の61個体の中から選抜し、育成された栄養系品種である。1992年から1996年までの5年間は枕F₁71513として個体選抜試験を行い、生育、早晚性、耐病性ならびに50g微量製茶機による製茶試験を行い、1997年に苗床選抜試験を行った。その後、1998年から2005年まで栄養系比較試験第46群において‘枕系46-11’として試験に供試し、栽培加工適性に優れることから、2002年から系統適応性検定試験（以下、系適試験）第9群に‘枕崎30号’として供試された。三重、京都、高知および熊本の4府県では国費による系適試験、静岡県（もち病抵抗性）と鹿児島県（裂傷型凍害）では特性検定試験が行われ、配布を希望する8県でも県単試験による系適試験が開始された。2009年までの試験成績で、やや早生で耐病性、収量性および製茶品質に優れることが認められたので、‘さえあかり’と命名し、2010年4月8日に品種登録出願（出願番号24796）を行い、2010年7月21日出願公表された。さらに、2011年3月28日には茶農林55号として、農林認定された。

2 命名の由来

‘さえあかり’の命名は、花粉親の高品質煎茶品種‘さえみどり’の特徴を引き継いだ、冴えた明るい色沢および水色を実現できる品種の特性に由来しており、また、夏の明るい陽射しの下でも、‘さえみどり’に優る高い品質を実現できる品種の特性にも同時に由来している。

年度																						
1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
交配	個体養成	個体選抜					苗床選抜	栄養系比較試験					系統適応性検定試験				品種登録出願公表	農林認定茶農林55号				

図-1 ‘さえあかり’の育成経過

表-1 系適・県単場所における‘さえあかり’の有望度

場所	有望度	場所	有望度
三重	5	香川	4
京都	4	福岡	3
高知	4	佐賀	3
熊本	3	長崎	5
埼玉	3	宮崎	3
滋賀	4	鹿児島	4

有望度は系適最終年度の評価を示す。
有望度：1(劣る)－5(有望)。

3 有望度

系適試験および県単試験を実施した各府県の‘さえあかり’に対する評価は、「有望(5)」もしくは「やや有望(4)」とした府県が10府県中7県であった(表-1)。

III 品種特性

1 形態的特性

樹姿はやや開帳型で、樹勢は強、株張りは大である(表-2, 図-3)。枝条の分枝程度はやや多く、節間長は

‘やぶきた’よりやや長く、太さは‘やぶきた’と同程度である。着葉角度は中で‘さえみどり’と同程度である(表-2)。

新葉の形質は長楕円形で、大きさおよび葉厚は‘さえみどり’と同程度で、葉幅は‘さえみどり’や‘やぶきた’より大きく、葉色は明るい緑である(図-4, 図-5)。光沢は中、葉質は軟で‘さえみどり’と同程度である。新葉の葉裏の毛茸密度は‘さえみどり’や‘やぶきた’より多く、長さはこれら二品種と同程度である(表-3)。

成葉の形質は長楕円であり、葉色は緑だが‘やぶきた’よりは明るく、光沢はやや多である。葉面のしわは少なく、葉面の波はやや少、内折度は中、反転度はやや少である(表-4)。また、成葉の外観は‘Z1’と‘さえみどり’の中間型である(図-6)。

2 生育特性

育成地における‘さえあかり’の活着率は98.1%と、‘さえみどり’や‘やぶきた’より優れており、樹高と株張りから推定される生育量も‘やぶきた’より大きい(表-5)。

系適試験、県単試験および育成地における試験条件は場所により大きく異なるため、参考のために表-6に栽培概要をとりまとめて記した。系適・県単試験における

表-2 育成地における‘さえあかり’の一般特性

品種名	樹姿	樹勢	株張り	葉層の厚さ	枝条の分枝程度	枝条の形質		着葉角度
						節間長(cm)	太さ(mm)	
さえあかり	やや開張	強	大	中	やや多	5.19	3.69	中
さえみどり	中	やや弱	中	中	中	4.63	3.32	中
やぶきた	やや直立	やや弱	中	中	中	4.78	3.65	やや鋭

a) 一般特性の調査は2009年に調査し、枝条の形質は一番茶硬化枝条の中央部を20カ所測定した。

表-3 育成地における‘さえあかり’の新葉特性

品種名	形状	葉長(cm)	葉幅(cm)	葉形指数	葉厚(mm)	葉色	光沢	葉質	毛茸の多少	毛茸の長さ
さえあかり	長楕円	5.79	2.24	2.58	0.19	緑	中	軟	多	やや長
さえみどり	棒楕円	5.86	1.94	3.01	0.20	緑	やや多	軟	やや多	やや長
やぶきた	棒楕円	5.17	2.06	2.51	0.19	淡緑	やや多	やや軟	やや多	やや長

a) チャ育種要項に準じて2009年に3年生の20葉を調査し、葉形指数は葉長/葉幅で算出した。

表-4 育成地における‘さえあかり’の成葉特性

品種名	形状	葉長(cm)	葉幅(cm)	葉形指数	葉面積(cm ²)	葉厚(mm)	葉色	光沢	葉面のしわ	葉縁の波	内折度	反転度
さえあかり	長楕円	10.03	3.76	2.67	22.4	0.29	緑	やや多	やや少	少	中	やや少
さえみどり	長楕円	10.00	3.58	2.80	21.8	0.29	緑	中	やや多	やや多	中	中
やぶきた	長楕円	10.50	3.91	2.69	26.2	0.31	緑	やや多	中	やや多	中	中

a) 2009年にチャ育種要項に準じて、3年生の茶樹で計測した。葉形指数は葉長/葉幅で算出した。

b) 葉面積はスキャナーにより成葉の画像を直接取り込み、画像解析により算出した10葉の平均値を示す。



図-3 ‘さえあかり’の一番茶期の園相
2009年4月17日鹿児島県農業開発総合センター茶業部圃場（南九州市）にて撮影。



図-4 ‘さえあかり’の一番茶新芽
2009年4月17日鹿児島県農業開発総合センター茶業部圃場（南九州市）にて撮影。



図-5 一番茶摘採期の‘さえあかり’（左）と
‘やぶきた’（右）の新芽
新葉は鹿児島県農業開発総合センター茶業部圃場（南九州市）において、摘採期である2009年4月17日に撮影した。‘やぶきた’は撮影3日後の4月20日に摘採された。

‘さえあかり’の挿し木平均生存率は85.4%，5段階評価における挿し木均整度は3.7，生育の良否は3.8であった（表-7）。定植2年目の活着率，樹高，生育の良否の全国平均値は‘やぶきた’と同等であり，株張りは‘ゆたかみどり’と同等であった。試験最終年度の樹高と株

張りの全国平均値は‘やぶきた’より大きく，‘ゆたかみどり’と同等であり，生育は良好であった（表-7）。

3 早晚性

育成地の系適試験における一番茶萌芽期と摘採期は，早生の‘さえみどり’と中生の‘やぶきた’の間であり，二番茶と三番茶の摘採期は‘さえみどり’と同様に，‘やぶきた’より8日早かった（表-8）。萌芽期の全国平均は‘やぶきた’より3日早く，‘さえみどり’と‘やぶきた’の間であった。‘さえあかり’摘採期の全国平均は‘やぶきた’より1日早く，暖地の鹿児島県における摘採期は5日早かった（表-9）。

4 収量特性

育成地の系適試験における‘さえあかり’の生葉収量は，2006年～2009年（5年生～8年生）の平均値で一番茶が384 kg/10 a，二番茶が406 kg/10 a および三番茶が339 kg/10 a であり，いずれも‘さえみどり’と‘やぶきた’より多かった（表-10）。また，‘さえあかり’の一番茶摘採新芽の特性は摘芽重，芽数はともに‘さえみどり’と‘やぶきた’より大きく，葉色が優れていた（表-11）。二番茶と三番茶についても，立毛における芽揃いと葉色は比較品種より優れていた（表-12）。

系適・県単試験における‘さえあかり’の生葉収量（kg/10 a）を，‘やぶきた’を100とした指数で評価したところ，全国平均で一番茶では117，二番茶は154と比較3品種より多く，多収であった（表-9）。また，生育年数が少なく樹勢が異なる茶樹では，生葉収量（kg/10 a）を比較するよりも，摘採面あたり収量（g/m²）を比較する方が実態を反映することが多い。そこで，摘採面あたりの収量（g/m²）を，‘やぶきた’を100とした指数で同様に比較したところ，一番茶では125，二番茶では146であり，比較3品種より多収であった。各場所における10 aあたりの‘さえあかり’の生葉収量は，14場所のうち一番茶は10場所で，二番茶では13場所で‘やぶきた’より多かった（表-9）。

5 耐寒性

育成地における‘さえあかり’の赤枯れ抵抗性は，1月中旬に切り枝20本を-10～-14℃で2時間処理し，2日間室温に静置した後に，低温障害の程度を目視で判定した。‘さえあかり’の赤枯れ抵抗性は「やや強」の‘やぶきた’よりは弱く，「やや弱」の‘さえみどり’よりは強い「中」と判定された。



図-6 成葉形態の品種間差異

左から‘やぶきた’，‘Z1’，‘さえみどり’，‘さえあかり’．育成場所の一番茶徒長枝から採集し，2010年6月16日に撮影した．各品種の葉長は10cm程度．

表-5 育成地における‘さえあかり’の生育の推移

品種	活着率 (%)	樹勢	樹高 (cm)							株張り (cm)						
			2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	7年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	7年生		
			さえあかり	98.1	強	62	118	63	72	75	84	80	110	122	162	154
さえみどり	91.4	弱	55	96	52	62	-	-	54	78	80	100	-	-		
やぶきた	76.7	やや弱	54	113	56	67	67	79	64	94	102	124	141	147		

a) 生育調査は栄養系比較試験の秋芽生育停止後に実施した。

b) 乗用型管理機により管理し，3年生の秋整枝で摘採面を作り，その後は中切りや深刈りは行っていない。

表-6 系適・県単場所および育成地における‘さえあかり’の栽培概要

場所	挿し木苗	定植年	試験最終年の樹齢	栽植密度・栽植法				年間施肥量 N-P-K (kg/10a)	摘採法	製茶機械	チャ育種上の気候区分および土壌
				うね幅	株間 (条間)	定植	1区株数				
系適試験地											
三重	1年生	2003	7年生	175	30	単条	17	55-25-25	可搬型	1kg機	温暖地・細粒黄色土
京都	1年生	2003	7年生	150	30	単条	21	56-24-24	可搬型	2kg機	温暖地(冬季寒冷)・細粒黄色土
高知	1年生	2003	7年生	150	30	単条	15	50.2-12.2-15.6	可搬型	2kg機	温暖地(中山間)・褐色森林土
熊本	1年生	2002	8年生	180	30	単条	23	49.4-20.9-14.8	手鋏	2kg機	温暖地(中山間)・赤黄色土壌
県単試験地											
埼玉	1年生	2003	7年生	180	30(30)	複条千鳥	20	45-22.5-22.5	可搬型	500g機	寒冷地・多腐植質黒ぼろ土
静岡	1年生	2002	6年生	180	30(50)	複条千鳥	22	40-14-20	可搬型	2kg機	温暖地・細粒赤黄色土
滋賀	2年生	2004	6年生	150	30	単条	20	44.9-13.6-19.4	可搬型	2kg機	温暖地(冬季寒冷)・赤黄色土
奈良	2年生	2005	4年生	180	45(30)	複条千鳥	26	51.8-16-8	可搬型	2kg機	温暖地・色粘質壤土
香川	2年生	2004	6年生	150	30	単条	16	51.3-18.4-19.2	可搬型	1kg機	温暖地(夏季少雨)・洪積層堆積土
福岡	2年生	2004	6年生	180	30	単条	17	52.6-20.8-20.4	可搬/乗用	2kg機	温暖地・強粘質赤黄色土壌
佐賀	1年生	2003	7年生	180	30	単条	19	46-22-10	乗用型	1kg機	温暖地・頁岩/黄色土壌
長崎	1年生	2003	7年生	180	30	単条	16	45-21-21	可搬型	2kg機	温暖地・玄武岩/細粒質黄色土
宮崎	1年生	2003	7年生	170	30	単条	15	50.4-16.4-21.8	手摘み	50g機	温暖地・多腐植質黒ぼろ土
鹿児島	2年生	2003	7年生	180	45(50)	複条千鳥	35	50-24-24	乗用型	2kg機	暖地・多腐植質黒ぼろ土
育成地											
枕崎	1年生	2002	8年	180	50	単条	12	40.1-16.8-7.8	乗用型	2kg機	暖地・多腐植質黒ぼろ土

a) 試験最終年は静岡(2007年)を除き，2009年であるが，奈良は2003年の定植後に，イノシシの被害甚大のため，2005年に2年生苗を再定植した。

b) 年間施肥量は試験最終年の施肥量を示し，製茶機械は試験最終年に使用した機械を示す。

表-7 系適・県単場所における‘さえあかり’の挿し木、定植2年目および調査最終年度の生育

場所	品種名	挿し木			定植2年目				調査最終年	
		生存率 (%)	均整度	生育の良否	活着率 (%)	樹高 (cm)	株張り (cm)	生育の良否	樹高 (cm)	株張り (cm)
三重	さえあかり	98.0	4.3	5.0	89.0	61.0	40.0	5.0	73.3	124.5
	ゆたかみどり	98.0	2.7	4.0	98.0	49.0	40.0	4.0	65.0	125.0
	やぶきた	99.0	3.3	4.0	89.0	45.0	31.0	3.0	76.4	123.5
京都	さえあかり	94.2	3.0	3.0	98.0	71.0	53.0	4.0	82.9	117.2
	ゆたかみどり	93.6	4.0	4.0	97.0	-	-	-	-	-
	やぶきた	91.3	4.0	4.0	95.0	74.0	51.0	4.0	72.3	99.7
高知	さえあかり	59.0*	-	3.0	100.0	136.0	79.0	4.0	90.0	135.0
	ゆたかみどり	57.0*	-	4.0	100.0	115.0	85.0	4.0	82.0	131.0
	やぶきた	95.0	-	4.0	100.0	106.0	57.0	3.0	78.0	125.0
熊本	さえあかり	22.0*	-	4.0	100.0	147.0	98.0	5.0	81.7	166.8
	ゆたかみどり	48.0*	-	3.0	76.0	107.0	64.0	4.0	78.3	170.2
	やぶきた	54.0*	-	5.0	100.0	145.0	59.0	5.0	81.0	160.3
埼玉	さえあかり	100.0	4.3	3.0	-	61.0	54.5	3.5	98.8	143.0
	やぶきた	98.0	3.3	5.0	-	74.0	63.0	4.0	94.7	142.5
静岡	さえあかり	68.0*	-	-	-	52.5	47.3	2.0	131.0	168.0
	ゆたかみどり	64.0*	-	-	-	51.5	52.0	4.0	124.0	182.0
	やぶきた	59.0*	-	-	-	56.8	50.5	5.0	121.0	152.0
滋賀	さえあかり	97.0	4.0	4.0	100.0	82.0	56.0	4.0	69.4	118.0
	ゆたかみどり	98.0	4.0	5.0	100.0	65.0	44.0	4.0	62.6	94.3
	やぶきた	100.0	5.0	4.0	100.0	83.0	44.0	5.0	60.9	89.1
奈良	さえあかり	98.0	5.0	5.0	100.0	-	-	-	64.5	124.0
	やぶきた	100.0	4.0	4.0	100.0	-	-	-	61.0	132.5
香川	さえあかり	98.3	3.0	-	100.0	122.4	72.5	4.5	83.6	127.5
	ゆたかみどり	99.2	2.0	-	100.0	106.0	77.5	4.3	73.8	131.0
	やぶきた	96.7	3.0	-	100.0	124.8	58.5	4.5	68.8	116.5
福岡	さえあかり	100.0	4.0	4.0	100.0	129.0	79.0	5.0	86.0	160.0
	ゆたかみどり	99.0	4.0	4.0	100.0	106.0	86.0	4.0	80.0	163.0
	やぶきた	99.0	5.0	5.0	100.0	128.0	73.0	4.5	68.0	134.0
佐賀	さえあかり	98.0	3.0	3.0	100.0	48.0	35.0	3.0	69.8	165.8
	やぶきた	100.0	5.0	5.0	100.0	59.0	39.0	5.0	71.5	164.3
長崎	さえあかり	98.8	-	-	-	41.9	32.4	3.5	81.8	152.3
	ゆたかみどり	96.3	-	-	-	37.8	32.9	4.0	-	-
	やぶきた	98.8	-	-	-	42.8	25.3	3.0	68.0	131.8
宮崎	さえあかり	98.0	4.5	5.0	100.0	96.0	71.0	5.0	108.3	-
	ゆたかみどり	100.0	3.0	4.0	100.0	96.0	77.0	4.0	91.7	-
	やぶきた	100.0	3.5	4.0	100.0	96.0	66.0	5.0	96.7	-
鹿児島	さえあかり	67.0*	2.0	3.0	83.0	77.0	55.0	-	108.0	185.0
	ゆたかみどり	25.0*	3.0	3.0	100.0	74.0	60.0	-	109.0	198.0
	やぶきた	33.0*	2.0	3.0	100.0	81.0	62.0	-	100.0	179.0
平均	さえあかり	85.4	3.7	3.8	97.3	86.5	59.4	4.0	87.8	145.2
	ゆたかみどり	79.8	3.2	3.9	96.8	80.7	61.8	3.6	85.2	149.3
	やぶきた	87.4	3.8	4.3	98.5	85.8	52.3	4.3	79.9	134.6

a) 表中の*は夏季少雨もしくは人為的要因により低生存率となったデータを示し、-は欠測を示す。

b) 均整度と生育の良否はそれぞれで5段階評価で、1(劣)～3(中)～5(良)。

c) 試験最終年度は静岡(2007年)を除き、2009年の調査結果を示す。

表-8 育成地における‘さえあかり’の萌芽期および摘採期

品種名	一番茶 萌芽期	摘採期		
		一番茶	二番茶	三番茶
さえあかり	3/17(-5)	4/14(-4)	5/31(-8)	7/6(-8)
さえみどり	3/12(-10)	4/10(-8)	5/30(-8)	7/7(-7)
やぶきた	3/22(0)	4/18(0)	6/8(0)	7/14(0)

a) 数値は2006～2009年(5年生～8年生)の平均値を示す。

b) -nはやぶきたよりn日早いことを示す。

表-9 系適・県単場所における‘さえあかり’の萌芽・摘採期および生葉収量

場所	品種名	萌芽期 ^{a)}		摘採期 ^{a)}		生葉収量 ^{c)}		摘採面当り収量 ^{d)}	
		月日	比較 ^{b)} (日)	月日	比較 ^{b)} (日)	一番茶 (指数)	二番茶 (指数)	一番茶 (指数)	二番茶 (指数)
三重	さえあかり	3/30	-2	5/1	-4*	78	89	105	119
	ゆたかみどり	3/28	-4	5/1	-4	52	63	-	92
	やぶきた	4/1	0	5/5	0	100	100	100	100
京都	さえあかり	3/28	-7	5/5	-3	120	192	124	180
	さえみどり	3/27	-8	5/5	2	93	137	93	130
	やぶきた	4/4	0	5/3	0	100	100	100	100
高知	さえあかり	3/28	-3	4/29	-1	168	300	170	253
	ゆたかみどり	3/26	-5	4/25	-5	97	145	-	128
	やぶきた	3/31	0	4/30	0	100	100	100	100
熊本	さえあかり	3/27	0	4/27	-2	69	122	117	128
	ゆたかみどり	3/22	-5	4/22	-7	74	92	87	90
	やぶきた	3/27	0	4/29	0	100	100	100	100
埼玉	さえあかり	4/14	-3	5/13	1	74	127	78	131
	やぶきた	4/17	0	5/12	0	100	100	100	100
静岡	さえあかり	3/28	-6	5/1	-1	124	159	111	142
	さえみどり	3/28	-6	5/1	-1	74	89	69	83
	やぶきた	4/3	0	5/2	0	100	100	100	100
滋賀	さえあかり	4/16	4	5/20	1	145	141	288	96
	ゆたかみどり	4/14	2	5/19	0	63	131	-	48
	やぶきた	4/12	0	5/19	0	100	100	100	100
奈良	さえあかり	4/20	1	5/27	0	93	108	43	108
	やぶきた	4/19	0	5/27	0	100	100	100	100
香川	さえあかり	3/28	-3	5/1	0	154	199	128	170
	ゆたかみどり	3/25	-7	4/29	-3	134	172	-	135
	やぶきた	4/1	0	5/1	0	100	100	100	100
福岡	さえあかり	3/31	-1	5/5	2	167	175	163	143
	ゆたかみどり	3/29	-3	5/4	1	111	136	110	96
	やぶきた	4/1	0	5/3	0	100	100	100	100
佐賀	さえあかり	3/29	-9	4/30	1	119	149	159	149
	さえみどり	3/28	-11	4/28	-1	102	106	131	73
	やぶきた	4/7	0	4/29	0	100	100	100	100
長崎	さえあかり	4/2	-2	4/30	-3	174	339	103	315
	ゆたかみどり	4/8	4	5/3	1	78	143	-	98
	やぶきた	4/4	0	5/2	0	100	100	100	100
宮崎	さえあかり	3/25	-2	4/24	-2	115	144	114	148
	ゆたかみどり	3/23	-4	4/21	-5	126	127	115	126
	やぶきた	3/27	0	4/26	0	100	100	100	100
鹿児島	さえあかり	3/20	-8	4/21	-5	118	141	238	140
	ゆたかみどり	3/17	-11	4/17	-9	96	106	93	103
	やぶきた	3/28	0	4/26	0	100	100	100	100
平均	さえあかり	4/1	-3	5/3	-1	117	154	125	146
	ゆたかみどり	3/28	-6	4/29	-5	96	130	94	104
	さえみどり	3/28	-6	5/1	-3	68	93	81	88
	やぶきた	4/4	0	5/4	0	100	100	100	100

a) 数値は2007~2009年の平均値を示し、-は欠測値を示す（静岡のデータのみ2006~2007年）。

b) ‘やぶきた’より早いものを-n日、遅いものを-n日で表示。三重*では早摘みが行われた。

c) 生葉収量は10a当たり収量で、2007~2009年の平均値を‘やぶきた’を100として表示。平均は各府県の実数の平均値を指数で表示。

d) 摘採面当たり収量はg/m²で、2007~2009年の平均値を‘やぶきた’を100として表示。平均は各府県の実数の平均値を指数で表示。

表-10 育成地における‘さえあかり’の生葉収量

品種名	一番茶		二番茶		三番茶		年間収量	
	面積当たり (kg/10a)	摘採面当たり (g/m ²)	面積当たり (kg/10a)	摘採面当たり (g/m ²)	面積当たり (kg/10a)	摘採面当たり (g/m ²)	面積当たり kg/10a	やぶきた 比
さえあかり	384	467	406	491	339	440	1130	196
さえみどり	226	293	256	339	197	221	679	118
やぶきた	252	308	176	220	148	179	577	100

a) 乗用型摘採機で摘採を行い、数値は2006~2009年(5年生~8年生)の平均値を示す。

表-11 育成地の一番茶における‘さえあかり’の摘採新芽特性(2006~2009年)

品種名	収量構成要素と立毛における新葉特性							
	摘芽重 (g)	芽数 (本)	百芽重 (g)	出開度 (%)	芽長 (cm)	葉数 (枚)	芽揃い	葉色
さえあかり	65.8	151.6	43.4	23.4	5.3	3.1	3.0	4.0
さえみどり	54.1	128.7	42.0	26.9	4.8	3.3	3.8	3.3
やぶきた	46.6	129.8	35.9	32.1	5.7	3.4	2.3	3.0

a) 収量構成要素は30cm枠内の新芽を手鋏で摘採して調査した。

b) 芽長・葉長は40芽の平均値を示す。

c) 芽揃い：1(不良)~5(良), 葉色：1(緑黄), 2(黄緑), 3(淡緑), 4(緑), 5(濃緑)。

表-12 育成地における‘さえあかり’二番茶及び三番茶の摘採新芽特性(2006~2009年)

品種名	二番茶の収量構成要素と立毛における新葉特性						三番茶の収量構成要素と立毛における新葉特性					
	百芽重 (g)	出開度 (%)	芽長 (cm)	葉数 (枚)	芽揃い	葉色	百芽重 (g)	出開度 (%)	芽長 (cm)	葉数 (枚)	芽揃い	葉色
さえあかり	40.3	34.5	4.6	3.0	3.5	3.5	33.6	64.1	4.0	3.2	3.8	4.0
さえみどり	42.6	31.7	4.1	2.9	3.3	2.5	33.6	54.1	3.1	3.0	2.0	2.0*
やぶきた	45.9	39.8	4.1	3.2	2.0	2.3	43.2	46.6	3.9	3.1	2.3	2.5

a) 収量構成要素は摘採葉100gを用いて計測し, 芽長・芽数は40芽の平均を示す。

b) 芽揃い：1(不良)~5(量), 葉色：1(緑黄), 2(黄緑), 3(淡緑), 4(緑), 5(濃緑)。*赤芽。

赤枯れ抵抗性の系適・県単試験における‘さえあかり’の赤枯れの指数の最大値は3.0で, ‘やぶきた’の4.0や‘ゆたかみどり’の4.0に比較すると小さかった(表-13)。青枯れの発生が多く認められる, 寒冷地の埼玉における‘さえあかり’の青枯れの発生程度は, ‘やぶきた’と同等であった(表-13)。鹿児島県における特性検定試験の結果, 裂傷型凍害抵抗性は「中」と判定され, ‘やぶきた’と同等の裂傷型凍害抵抗性を有すると判定された(表-14)。

以上の結果から, ‘さえあかり’は‘やぶきた’に準じる耐寒性を持ち, ‘やぶきた’が栽培できる地域での栽培は可能であるが, やや早生の特性であるため, 寒冷地では晩霜害の影響を受ける可能性が高く, 栽培適地は静岡以南の温暖地から暖地と判断される。

6 病虫害抵抗性

a 炭疽病抵抗性

系適・県単場所における‘さえあかり’の炭疽病の発生程度の指数の最大値は2.5であり, 中度抵抗性の‘ゆたかみどり’の3.7, ‘さえみどり’の3.0よりも少なかった。発生最大値の全国平均は2.0であり, これは, 炭疽病がわずかに散見される程度の発生率であることから, 抵抗性は「強」と判定された(表-13)。育成地における炭疽病自然発生を調査したところ, ‘さえあかり’は罹病性の‘さやまかおり’に隣接して植栽され, 常に接種源に暴露されているにもかかわらず, 炭疽病の発生は

極めて少なく, 圃場抵抗性は「強」と判定された(表-15, 図-7)。また, 炭疽病の付傷接種検定(吉田・武田, 2004)を用いて‘さえあかり’の炭疽病拡大抵抗性を調査したところ, 炭疽病抵抗性は「やや強」と判定された(表-15)。以上の結果から, 総合的に判断して, ‘さえあかり’の炭疽病抵抗性は「強」と判定され, 通常の下では防除は不要である。

b 輪斑病抵抗性

系適・県単場所における‘さえあかり’の輪斑病発生程度の指数の最大値は2.0であり, ‘やぶきた’の3.0より少ない(表-13)。また, 育成地と宮崎県で築瀬・武田(1987)の方法に準じて, チャ輪斑病の付傷接種による輪斑病抵抗性判定が行われ, 育成地では「強」, 宮崎県では「やや強」と判定された(表-16, 図-8)。以上の結果から, ‘さえあかり’の輪斑病抵抗性は「強」と判定され, 通常の下では防除は不要である。

c もち病抵抗性

もち病抵抗性は, 罹病性の‘くらさわ’, やや弱の‘やぶきた’ならびにやや抵抗性の‘おくひかり’を対照品種として, 静岡県における特性検定において調査された。その結果, ‘さえあかり’のもち病発生程度は‘やぶきた’より多いが, ‘くらさわ’よりは少なく, もち病抵抗性は「やや弱」と判定された(表-17)。従って, 中山間の発生地では防除が必要である。

表-13 系適・県単場所および育成地における‘さえあかり’の寒害と病虫害の発生程度

場所	品種名	寒害		炭疽病		輪斑病	クワシロカイガラムシ
		赤枯れ	青枯れ	平均	最大値		
三重	さえあかり	-	-	1.0	1.0	1.0	-
	ゆたかみどり	-	-	1.3	2.0	-	-
	やぶきた	-	-	1.0	1.0	1.0	-
京都	さえあかり	1.7	1.0	1.0	1.3	1.0	4.0
	さえみどり	2.0	1.0	1.1	1.3	1.0	5.0
	やぶきた	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	5.0
高知	さえあかり	-	-	1.3	2.0	-	-
	ゆたかみどり	-	-	1.5	2.0	-	-
	やぶきた	-	-	2.3	3.0	-	-
熊本	さえあかり	-	-	1.0	1.0	2.0	2.0
	ゆたかみどり	-	-	1.0	1.0	-	1.7
	やぶきた	-	-	1.3	2.0	2.0	2.0
埼玉	さえあかり	3.0	2.0	1.5	2.0	-	-
	やぶきた	3.0	2.0	2.6	4.0	-	-
静岡	さえあかり	2.0	-	1.8	2.0	1.0	4.0
	さえみどり	2.0	-	1.0	1.0	-	4.0
	やぶきた	2.0	-	2.5	3.0	1.0	4.0
滋賀	さえあかり	1.7	1.0	1.3	1.7	1.0	2.7
	ゆたかみどり	3.3	1.0	1.6	3.7	-	3.0
	やぶきた	4.0	1.0	1.7	2.0	2.0	2.7
奈良	さえあかり	1.5	1.0	2.0	2.0	-	4.0
	やぶきた	2.5	1.0	1.5	2.0	-	2.5
香川	さえあかり	2.3	-	1.0	1.0	-	-
	ゆたかみどり	4.0	-	1.0	1.0	-	-
	やぶきた	3.8	-	1.0	1.0	-	-
福岡	さえあかり	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0
	ゆたかみどり	1.0	1.0	1.0	2.0	-	2.0
	やぶきた	1.0	1.0	1.3	2.0	2.0	3.0
佐賀	さえあかり	-	-	1.5	2.0	1.0	3.0
	さえみどり	-	-	2.0	3.0	1.0	3.0
	やぶきた	-	-	3.5	4.0	3.0	5.0
長崎	さえあかり	-	-	1.2	1.5	-	2.0
	ゆたかみどり	-	-	1.3	1.5	-	1.0
	やぶきた	-	-	3.0	3.5	-	2.0
宮崎	さえあかり	2.0	-	1.4	2.5	-	-
	ゆたかみどり	2.6	-	1.3	1.8	-	-
	やぶきた	2.7	-	3.8	5.0	-	-
鹿児島	さえあかり	-	-	1.8	2.0	-	2.0
	ゆたかみどり	-	-	1.8	2.0	-	2.5
	やぶきた	-	-	3.3	4.0	-	2.3
枕崎	さえあかり	1.0	1.0	1.7	2.0	1.0	2.0
	さえみどり	1.0	1.0	2.5	3.0	1.0	3.0
	やぶきた	1.0	1.0	4.3	5.0	2.0	3.0

a) 病虫害や障害の発生・障害程度：1(無)～3(中)～5(多)。

b) 炭疽病の平均値データは2006～2009年の平均値を示す。

c) 静岡のデータのみ2006～2007年。

表-14 人為低温処理による‘さえあかり’の裂傷型凍害発生率

品種名	2006年	2002年	2003年		2004年		2005年		平均		抵抗性 総合評価
	(挿し木1年目)	(挿し木2年目)	(定植1年目)		(定植2年目)		(定植3年目)		11月	11月中・	
	11月中旬	11月中旬	11月上旬	11月下旬	11月上旬	11月下旬	11月上旬	11月下旬	下旬	下旬	
さえあかり	80 (3)	0 (1)	85 (5)	20 (2)	35 (2)	15 (5)	50 (3)	65 (5)	56.7 (3)	36.0 (3)	中
ゆたかみどり	100 (5)	50 (5)	75 (5)	70 (5)	95 (5)	10 (5)	80 (5)	60 (5)	83.3 (5)	58.0 (5)	弱
やぶきた	90 (4)	20 (3)	65 (4)	25 (2)	15 (1)	15 (5)	30 (2)	15 (2)	36.7 (3)	33.0 (3)	中

a) 鹿児島県農業開発総合センター茶業部における裂傷型凍害特性検定試験結果より抜粋し、数値は凍害発生率(%)を示す。

b) ()内の数値は裂傷型凍害抵抗性指数：1(強)～5(弱)を示し、平均の()は各年の指数平均を示す。

c) 2006年の検定材料は2005年10月に挿し木したものを供試した。



図-7 秋芽生育停止期におけるチャ炭疽病発病の品種間差異（育成地）

赤破線の左側は罹病性の‘さやまかおり’，右側は‘さえあかり’，2008年10月1日に撮影した。部分的に茶色に変色した茶葉が炭疽病罹病葉。



図-8 チャ輪斑病接種検定における病斑拡大の品種間差異（育成地）

付傷接種2週間後に撮影した。左側は罹病性の‘さえみどり’，右側は‘さえあかり’であり，スケールはmmを示す。

表-15 育成地における‘さえあかり’のチャ炭疽病に対する病害抵抗性

品種名	炭疽病自然発病 ^{a)}		炭疽病接種試験 ^{b)}		抵抗性総合判定
	発病葉数/m ²	判定	病斑長径(mm)	判定	
さえあかり	1.3	強	5.1	やや強	強
さえみどり	2.9	強	6.0	中	中
やぶきた	73.2	弱	18.4	弱	弱
さやまかおり	422.0	極弱	-	-	-

a) 炭疽病自然発病区は‘さえあかり’と‘さやまかおり’を隣接して植栽。

b) 数値は2008年と2009年の秋季生育停止期における平均値を示す。

c) 接種試験は吉田・武田(2004)の室内検定法で調査した。

表-16 ‘さえあかり’のチャ輪斑病に対する病害抵抗性

品種名	枕崎		判定	宮崎県判定
	病斑長径(mm)			
	2008年	2010年		
さえあかり	3.3	3.2	強	やや強
さえみどり	6.5	8.6	弱	-
やぶきた	7.1	8.6	弱	弱

a) 抵抗性の判定は築瀬・武田(1987)の方法に準じて行った。

表-17 特性検定試験場所における‘さえあかり’のもち病発生状況

品種名	発病葉数					平均	抵抗性判定
	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年		
さえあかり	89	78	26	53	20	53	やや弱
やぶきた	43	30	20	29	0	24	やや弱
くらすわ	100	100	100	100	100	100	弱
おくひかり	0	4	6	15	0	5	やや強

a) 静岡県農林技術研究所茶業研究センターにおけるもち病特性検定試験成績より抜粋。

b) 供試品種は静岡県川根本町須山に2002年に定植。

c) 発病葉数は10株あたり(2003~2005年)もしくは1m²当たり(2006~2007年)のもち病発病葉数を‘くらすわ’を100とした指数で表示。

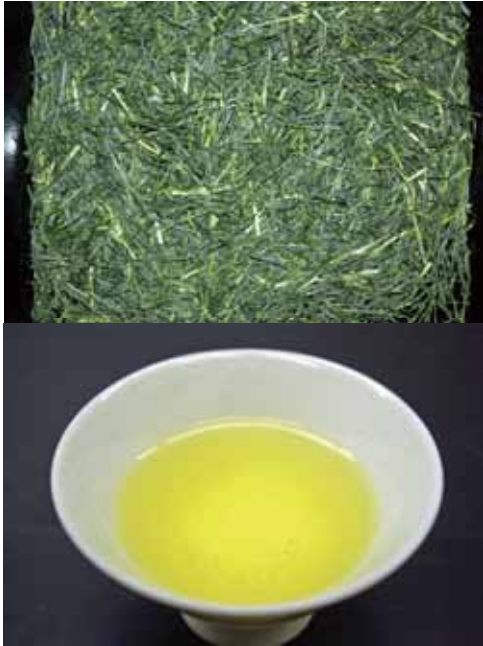


図-9 育成地における‘さえあかり’一番茶荒茶の外観と水色

d クワシロカイガラムシ抵抗性

系適・県単場所における‘さえあかり’のクワシロカイガラムシ発生程度の指数の最大値は4.0であり、全国平均では3.0と、‘やぶきた’並に発生が認められた。従って、‘さえあかり’はクワシロカイガラムシに感受性であるため、発生時は防除が必要である(表-13)。

7 製茶品質

育成地における一番茶荒茶の形状と水色を図-9に示す。荒茶の外観は、色沢は鮮緑で、形状は細よれする。また、水色は鮮やかな緑色を呈する。香気は花粉親の‘さえみどり’に類似しており、時として、溫和で、甘い、蒸かしたサツマイモ様の品種香を呈する。滋味は旨味が強い。育成地における‘さえあかり’一番茶の製茶品質は‘さえみどり’と同等で、‘やぶきた’より優れていた。また、夏茶である二番茶から四番茶における製茶品質は、‘さえみどり’より優れていた(表-18)。

系適・県単場所における‘さえあかり’の製茶品質は、‘やぶきた’と同等、または優れるとした試験地が、一番茶では14場所中7場所あった。二番茶では14場所中13場所が‘やぶきた’より優れ、1場所が‘やぶきた’と同等であった(表-19)。

育成地および系適・県単場所における製茶品質の総合的な評価から、‘さえあかり’は一番茶のみならず、二番茶以降の夏茶においても優れていることが確認された。

また、熊本県と宮崎県では、釜炒り茶の製茶品質が試験された。‘さえあかり’の釜炒り茶の製茶品質は、熊本県では‘やぶきた’より優れており、総合的な評価は高く、宮崎県では‘やぶきた’にわずかに劣るとの試験結果であった(表-20)。これらの結果から、‘さえあかり’は‘やぶきた’と同程度に、釜炒り茶に適していることが確認された。

8 化学成分含有率

‘さえあかり’の一番茶化学成分含有率は、系適場所、県単場所ならびに育成地の計8か所で近赤外分光分析計を用いて調査された。‘さえあかり’の遊離アミノ酸量は‘やぶきた’より多く、タンニン量は‘やぶきた’より少ない傾向が認められた。その傾向は二番茶で顕著であり、二番茶化学成分含有率を調査した全ての場所で‘やぶきた’より遊離アミノ酸量が多く、タンニン量が少ないことが確認された(表-21)。

IV 考 察

茶の用途は、以前は飲料としての用途が中心であり、チャの育種も良質・多収が最大の育種目標であったが(武田, 2007)、現在では、農薬使用量や施肥量の削減を前提とした環境保全型茶業に合致する病虫害抵抗性品種の育成が重要な育種目標の一つになっている。

野菜茶業研究所では、前身の茶業試験場時代から交配育種による優良緑茶品種の育成を行っている。1970年に茶農林30号として登録された‘かなやみどり’を始め、良質・多収とともに摘採期の分散化に寄与する‘さえみどり’の様な早生品種ならびに‘おくみどり’や‘はるみどり’の様な晩生品種が育成されたが、病害抵抗性の緑茶品種の育成の課題が残されていた。武田(2007)は炭疽病と輪斑病に抵抗性を持つ代表的な品種として、‘やまとみどり(奈良県育成)’、‘みなみかおり(宮崎県育成)’および‘みなみさやか(宮崎県育成)’をあげている。また、近年、宮崎県が育成した‘はるのなごり’も炭疽病と輪斑病に抵抗性を持つ(吉留ら, 2011)。しかしながら、これらの品種は‘やぶきた’よりも摘採期が遅い品種であり、早生から中生の実用的な複合病害抵抗性品種は育成されてこなかった。

‘さえあかり’の最大の特徴は、早晩性がやや早生で、炭疽病と輪斑病に抵抗性を持つことにある。そのため、本品種は罹病性の‘やぶきた’と異なり、これらの病害に対する薬剤防除の必要は無く、殺菌剤費用と散布の労

表-18 育成地における‘さえあかり’の製茶品質

品種名	一番茶					二番茶					三番茶					四番茶				
	色沢	香り	水色	滋味	合計	色沢	香り	水色	滋味	合計	色沢	香り	水色	滋味	合計	色沢	香り	水色	滋味	合計
さえあかり	7.2	7.3	7.3	7.5	29.3	7.2	6.3	6.8	7.3	27.7	7.3	6.8	6.2	7.7	28.0	7.5	7.0	8.0	8.0	30.5
さえみどり	7.2	7.8	7.5	7.3	29.8	5.5	7.8	5.3	6.2	24.8	6.0	7.2	6.0	7.5	26.7	6.0	7.5	7.0	7.0	27.5
やぶきた	5.7	6.7	6.5	6.8	25.7	4.0	6.0	6.2	5.3	21.5	4.7	4.7	6.7	5.0	21.0	-	-	-	-	-

a) 製茶品質は各茶期ごとに審査し、色沢は形状・色沢の点数を表し、各項目10点満点で評価した。

b) 数値は2007～2009年(6年生～8年生)の3年間の平均値を示し、四番茶のデータのみ2009年単年度のデータを示す。

表-19 系適・県単場所における‘さえあかり’の製茶品質

場所	品種名	一番茶						やぶきた比	二番茶						やぶきた比
		形状	色沢	香り	水色	滋味	合計		形状	色沢	香り	水色	滋味	合計	
三重	さえあかり	9.8	9.3	9.2	9.0	8.8	46.2	102.2	9.7	9.3	9.7	9.5	8.7	46.8	103.7
	ゆたかみどり	9.2	8.3	8.5	8.3	8.7	42.9	95.0	9.3	8.5	9.8	8.0	8.5	44.0	97.4
	やぶきた	9.2	8.8	9.3	9.2	8.7	45.2	100.0	9.0	8.3	9.3	9.2	9.3	45.2	100.0
京都	さえあかり	7.3	6.0	7.0	7.0	7.7	35.0	89.7	6.7	7.0	6.7	8.0	8.0	36.3	106.9
	さえみどり	7.4	7.0	7.0	7.7	7.2	36.3	93.0	7.0	7.4	7.2	7.7	7.0	36.3	106.8
	やぶきた	7.3	6.7	8.0	9.0	8.0	39.0	100.0	6.0	7.3	6.3	7.7	6.7	34.0	100.0
高知	さえあかり	7.7	9.0	8.0	9.7	9.0	43.3	101.6	8.5	9.8	7.5	9.0	8.3	43.0	102.4
	ゆたかみどり	9.3	8.5	9.0	6.7	7.0	40.5	94.9	8.8	8.3	8.5	7.5	9.0	42.0	100.0
	やぶきた	8.0	8.0	8.7	9.0	9.0	42.7	100.0	9.0	8.3	8.8	7.8	8.3	42.0	100.0
熊本	さえあかり	8.7	9.7	8.0	7.3	7.0	40.7	95.3	9.0	9.8	8.3	9.5	8.8	45.3	109.0
	ゆたかみどり	8.7	9.0	7.3	7.7	6.7	39.3	92.2	8.5	8.8	7.8	7.8	7.3	40.0	96.4
	やぶきた	8.3	9.0	8.7	8.0	8.7	42.7	100.0	9.5	9.0	8.0	7.8	7.3	41.5	100.0
埼玉	さえあかり	7.5	8.2	7.0	9.2	7.2	39.0	100.9	8.0	8.3	8.0	8.5	8.5	41.3	105.3
	やぶきた	8.0	8.2	8.0	8.0	6.5	38.7	100.0	8.0	8.0	7.5	8.0	7.8	39.3	100.0
静岡	さえあかり	9.8	9.3	8.8	9.3	9.5	46.5	100.5	7.0	7.8	7.3	7.8	7.5	37.3	113.7
	さえみどり	9.5	9.0	9.5	8.5	8.0	44.5	96.2	7.5	8.0	8.0	7.5	8.0	39.0	119.1
	やぶきた	9.3	9.3	9.0	9.3	9.5	46.3	100.0	6.3	6.0	7.0	7.3	6.3	32.8	100.0
滋賀	さえあかり	8.0	-	8.0	9.0	8.5	33.5	90.5	8.5	-	9.0	9.5	8.5	35.5	100.0
	ゆたかみどり	7.0	-	9.0	8.0	9.0	33.0	89.2	-	-	-	-	-	-	-
埼玉	やぶきた	8.0	-	9.5	9.5	10.0	37.0	100.0	9.0	-	10.0	7.0	9.5	35.5	100.0
	さえあかり	9.0	-	5.0	8.0	8.0	30.0	78.9	10.0	-	9.0	8.0	8.0	35.0	106.1
	やぶきた	9.0	-	9.0	10.0	10.0	38.0	100.0	7.0	-	9.0	9.0	8.0	33.0	100.0
香川	さえあかり	9.5	8.3	7.3	8.7	9.0	42.8	105.8	9.0	9.5	7.8	8.2	8.0	42.5	104.9
	ゆたかみどり	7.0	7.5	6.3	6.2	7.0	34.0	84.0	8.2	7.0	7.5	7.3	7.5	37.5	92.6
	やぶきた	9.2	8.5	8.2	6.8	7.8	40.5	100.0	8.2	7.5	8.2	8.2	8.5	40.5	100.0
福岡	さえあかり	8.5	8.8	7.5	8.9	8.0	41.6	96.2	7.8	9.8	6.5	9.8	9.3	43.0	113.9
	ゆたかみどり	8.0	7.8	7.8	9.5	6.8	39.8	91.9	7.8	7.5	8.0	8.8	8.0	40.0	106.0
	やぶきた	8.8	8.3	9.3	8.8	8.3	43.3	100.0	7.5	6.8	8.0	8.5	7.0	37.8	100.0
佐賀	さえあかり	9.3	8.3	8.0	7.7	7.7	40.9	102.3	5.5	5.9	6.1	5.9	5.3	28.6	117.4
	さえみどり	8.2	8.1	7.7	8.0	7.5	39.5	98.8	5.4	5.1	5.2	5.6	5.0	26.2	107.4
	やぶきた	8.2	8.2	7.8	7.8	8.0	40.0	100.0	4.6	4.6	4.8	5.5	4.9	24.4	100.0
長崎	さえあかり	6.7	5.8	6.7	7.2	7.5	33.8	103.3	5.3	4.8	5.0	4.7	4.7	24.5	132.4
	ゆたかみどり	5.3	5.3	5.3	5.8	5.0	26.8	81.9	3.8	3.3	3.0	4.3	3.8	18.0	97.3
	やぶきた	6.5	6.3	6.8	6.5	6.7	32.8	100.0	4.2	3.3	3.3	4.0	3.7	18.5	100.0
宮崎	さえあかり	7.6	7.3	7.3	6.8	7.2	36.1	97.2	6.3	6.1	6.2	6.0	6.3	31.0	108.9
	ゆたかみどり	7.2	6.6	6.9	5.8	6.6	33.1	89.1	6.0	5.9	5.4	5.4	5.2	28.0	98.3
	やぶきた	7.5	7.5	7.7	6.7	7.7	37.2	100.0	6.3	6.2	5.4	5.2	5.3	28.4	100.0
鹿児島	さえあかり	9.0	9.0	6.7	8.0	6.3	39.0	89.3	9.0	10.0	7.0	8.5	8.0	42.5	120.6
	ゆたかみどり	8.3	6.7	9.0	7.0	6.3	37.3	85.5	7.8	6.8	7.5	7.5	6.5	36.0	102.1
	やぶきた	8.3	8.7	9.7	7.7	9.3	43.7	100.0	6.8	6.5	7.3	7.3	7.5	35.3	100.0

製茶品質は各項目10点満点、合計50点満点で評価し、2006～2009年(静岡のみ2005～2007年)の平均値を示す。

力を削減可能である。炭疽病抵抗性が‘やぶきた’より強い、野菜茶業研究所が育成した既存品種として、‘かなやみどり’や‘めいりょく’がある。しかしながら、育成地で、これらの品種を炭疽病極弱の‘さやまかおり’や‘おくみどり’の隣に植栽した場合には、炭疽病の顕著な発生増加が認められる。これに対し、‘さえあかり’

を‘さやまかおり’の隣に植栽した場合は、炭疽病の発病はほとんど認められず、炭疽病抵抗性が強いことが確認された。

炭疽病抵抗性の遺伝について、鳥屋尾ら(1976)は、単純なメンデル遺伝ではなく、複数の遺伝子座が関与し、その遺伝力が高いことを明らかにした。また、池田・安

表-20 ‘さえあかり’釜炒り茶の製茶品質

場所	品種名	一番茶製茶品質						備考
		色沢	香気	水色	滋味	合計	やぶきた比	
熊本	さえあかり	10.0	9.0	10.0	8.0	37.0	106	清香(香気)
	やぶきた	9.0	8.0	9.0	9.0	35.0	100	-
宮崎	さえあかり	7.6	7.2	6.8	7.6	29.3	93	芋臭・味
	やぶきた	7.1	7.7	7.1	8.0	31.4	100	やや銚色, 温和香

a) 製茶品質は、各項目10点満点、合計40点満点で評価した。

b) 熊本では2009年に1kg小型製茶機で製茶して試験し、宮崎では2005, 2007, 2009年に100g微量炒り葉機で製茶して試験し、数値はその平均値を示す。

表-21 系適・県単場所・育成地における近赤外分光分析計による‘さえあかり’の化学成分含有率分析

場所	品種名	一番茶					二番茶				
		全窒素	遊離 アミノ酸	NDF ^{b)}	カフェ イン	タンニン	全窒素	遊離 アミノ酸	NDF	カフェ イン	タンニン
熊本	さえあかり	5.0	2.5	19.7	-	16.2	4.0	0.9	24.4	-	17.4
	ゆたかみどり	5.3	2.4	17.2	-	17.1	4.0	0.5	21.1	-	22.0
	やぶきた	5.3	3.0	18.6	-	15.1	3.9	0.4	22.9	-	19.4
埼玉	さえあかり	4.9	2.7	20.9	2.8	14.1	3.9	1.2	24.9	2.7	16.5
	やぶきた	4.8	2.4	20.2	3.0	15.1	3.5	0.5	25.3	2.8	19.7
福岡	さえあかり	6.5	4.4	18.6	2.7	8.4	-	-	-	-	-
	ゆたかみどり	6.0	4.1	19.8	2.7	10.7	-	-	-	-	-
	やぶきた	6.1	3.8	19.0	2.9	10.2	-	-	-	-	-
佐賀	さえあかり	5.4	3.3	18.4	2.9	13.3	4.4	1.8	21.5	2.7	15.5
	さえみどり	5.6	3.4	17.4	3.0	13.6	4.3	1.4	21.9	2.8	16.1
	やぶきた	5.2	3.0	18.6	2.9	14.0	3.9	0.8	23.1	2.4	17.9
長崎	さえあかり	5.6	3.7	18.7	2.7	13.4	4.9	2.1	21.0	3.0	15.9
	ゆたかみどり	5.4	2.9	18.7	2.7	14.6	4.3	0.8	22.0	2.9	17.8
	やぶきた	5.6	3.7	19.0	2.6	13.2	4.0	0.4	23.8	2.9	19.0
宮崎	さえあかり	5.3	3.7	17.6	3.2	14.2	5.3	2.7	18.4	3.4	16.1
	ゆたかみどり	5.9	3.7	17.3	3.1	13.9	4.7	1.5	18.9	3.4	19.5
	やぶきた	5.5	2.7	17.2	3.2	16.7	4.9	1.9	19.1	3.6	18.2
鹿児島	さえあかり	6.0	3.9	16.9	2.8	12.7	5.3	2.7	18.9	2.9	14.2
	ゆたかみどり	5.9	3.6	16.6	2.8	13.8	4.8	1.8	19.7	2.9	17.1
	やぶきた	5.8	4.1	17.3	2.7	12.5	4.6	1.7	20.7	2.8	17.0
枕崎	さえあかり	6.0	4.2	17.0	2.8	13.0	4.6	1.6	21.0	2.8	16.7
	さえみどり	6.3	4.4	16.4	2.8	12.7	4.1	2.3	17.0	3.1	14.4
	やぶきた	5.7	3.6	17.7	2.6	13.5	3.8	0.8	23.7	2.6	18.7

a) 鹿児島(2008~2009年), 福岡(2009年)以外は2007~2009年の平均値を示し、数値は乾燥重%を示す。

b) NDF: 中性デタージェント繊維。

間(2004)は、炭疽病抵抗性の異なる5品種の正逆総あたり交雑の後代を用いたダイアレル分析により、チャの炭疽病抵抗性は量的形質で、ほとんど相加効果により決まり、遺伝率は高いことを明らかにした。‘さえあかり’の交雑親の‘Z1’と‘さえみどり’の炭疽病抵抗性は中度抵抗性であるが、両者の交配による量的抵抗性遺伝子の相加効果により、‘さえあかり’の炭疽病抵抗性が両親よりも強くなったと推察される。

チャの輪斑病抵抗性の遺伝は、武田(2002)により精力的に研究が行われ、遺伝様式と主な品種・系統の抵抗性の遺伝子型が明らかにされた。‘さえあかり’の種子親の‘Z1’は輪斑病に高度抵抗性であり、その遺伝子

型は高度抵抗性遺伝子 *Pl1* をヘテロに、中度抵抗性遺伝子 *Pl2* をホモに持つ *Pl1 pl1 Pl2 Pl2* である。一方、‘さえみどり’は輪斑病抵抗性遺伝子を持っておらず、遺伝子型は *pl1 pl1 pl2 pl2* である。武田(2002)は‘Z1’×‘さえみどり’交雑 F_1 の152個体を調査し、輪斑病抵抗性分離の観察値が高度抵抗性：中度抵抗性：罹病性=77:75:0(期待される分離比=1:1:0, $P < 0.95$, χ^2 値=0.026)であることを明らかにしている。接種検定による‘さえあかり’の輪斑病抵抗性は強と判定されることから、その抵抗性遺伝子型は高度抵抗性の *Pl1 pl1 Pl2 pl2* と推定され、高度抵抗性遺伝子 *Pl1* を持つために、‘さえあかり’は輪斑病抵抗性を持つと考えられ

る。

輪斑病は‘やぶきた’普及に伴い、1970年代に全国的に発生が広まったが、*P. longisetata*の生理・生態学的研究の進展(安藤, 1993)と、治療効果の高いストロビリン系殺菌剤の開発により、茶園における発生はほとんど認められなくなった。しかし、基幹防除剤として使用されてきた、ストロビリン系殺菌剤に耐性の輪斑病菌の発生が近年確認され(富濱ら, 2009)、『やぶきた』などの罹病性品種の輪斑病防除に、重大な支障をきたしている。‘やぶきた’に替えて輪斑病抵抗性である‘さえあかり’を栽培することにより、輪斑病防除の必要は無くなり、耐性菌問題も容易に解決できる。

‘さえあかり’は、‘やぶきた’に比較して樹勢が強く、生育力が旺盛であり、収量が多い。1970年代に定植された‘やぶきた’園では、近年樹勢の低下が認められ、収量減や製茶品質の低下、炭疽病や輪斑病に加えて褐色円星病などの他の病害の発生も多くなる傾向があり、改植の必要性が高くなっている。また、系適試験などで、試験終了後の茶樹を抜根後に‘やぶきた’を再定植した場合、活着率や初期生育が不良で、成園化が遅れる事例が認められる。‘おくみどり’を同様に再定植した場合は、‘やぶきた’ほどの生育遅延は認められない。このような‘やぶきた’の初期生育不良は、農家の改植茶園でもしばしば発生が確認され、問題となっている。病害対策だけでなく、改植のコスト面やその後の栽培管理を考えた場合でも、‘やぶきた’の後に‘さえあかり’を導入することは、改植茶園で早期に収入を回復させる点で重要である。

‘さえあかり’は一番茶の製茶品質に優れるが、二番茶以降の夏茶の品質は特に優れており、育成地では二番茶以降の製茶品質は高品質品種の‘さえみどり’より優れていた。圃場における‘さえあかり’新芽の葉色は明るい緑であり、二番茶以降も葉色は明るく、それが製茶した場合の外観に反映され、優れた色沢を呈し、葉が柔らかいことから形状も細よれする。また、‘さえあかり’の一番茶の製茶品質の特長として、水色が明るく、滋味も良好であることがあげられる。二番茶以降も葉色が明るいこと、‘やぶきた’と比較すると、遊離アミノ酸量が多く、タンニン量が少ないことから、それが製茶品質に反映され、色沢、水色および滋味が良好である。

‘さえあかり’特有の香気として、花粉親の‘さえみどり’に類似した、溫和で、甘い、蒸かしたサツマイモ様の品種香を呈することがある。これは、いわゆるレトルト臭に似た、嫌みな芋臭とは異なる。‘さえあかり’

の一番茶の香気が、‘やぶきた’より劣ると評価した場所が多く認められたが、これは‘やぶきた’と異なる‘さえあかり’特有の品種香を特異香と判定し、減点したためと推察される。‘さえみどり’で時々感じられる、サツマイモ様の品種香は、仕上げ加工の過程で薄まるため、同様の‘さえあかり’の品種香も、欠点にならないと推察される。

‘やぶきた’などは、二番茶以降の夏茶では独特の夏茶臭と渋みを感じられ、香気や滋味が低く評価される場合が多い。‘さえあかり’は二番茶以降も夏茶臭はほとんど感じられず、渋みも少ない良好な滋味が維持される。近年、茶価の低迷が続き、特に二番茶以降の夏茶の低価格が問題となっている。‘さえあかり’は一番茶のみならず二番茶以降の夏茶の製茶品質・収量に優れることから、本品種の導入により、夏茶の茶価を維持することが可能になると期待される。

以上のように‘さえあかり’は炭疽病と輪斑病に抵抗性であり、一番茶のみならず、夏茶の品質にも優れ、収量の多い、やや早生品種であり、‘やぶきた’に替わる有望品種として今後の普及が期待される。

V 適地および栽培上の注意点

‘さえあかり’の耐寒性は‘やぶきた’に準じており、全国の茶産地で栽培が可能と考えられるが、やや早生品種であることから、静岡県以南の温暖地および暖地での栽培が適している。また、炭疽病と輪斑病には強いが、もち病には「やや弱」であるので、発生地では防除が必要である。あわせて、クワシロカイガラムシ感受性であるため、発生時は防除が必要である。

VI 摘 要

- 1) 炭疽病・輪斑病複合抵抗性で収量および製茶品質が優良な、やや早生の緑茶用品種‘さえあかり’を育成した。‘さえあかり’は樹勢強で輪斑病抵抗性の‘Z1’を種子親、早生で高品質の‘さえみどり’を花粉親とした、1989年交配の実生群から選抜された品種である。‘さえあかり’は2010年7月21日に品種登録出願公表されるとともに、2011年3月28日に茶農林55号として、農林認定された。
- 2) 育成地における‘さえあかり’の萌芽期と摘採期は‘やぶきた’より4~5日早く、全国平均の摘採期は‘やぶきた’より1日早いやや早生品種である。

- 3) 樹姿はやや開帳型，樹勢は強であり，株張りは‘やぶきた’より大きい。
- 4) 耐病性は炭疽病と輪斑病に強，もち病にやや弱である。
- 5) 新芽は明るい緑色で，柔らかく製造しやすい。生葉収量は‘やぶきた’よりも多い。
- 6) 製茶品質は，一番茶は‘さえみどり’と同等で外観・内質ともに優良であり，二番茶以降の夏茶品質は‘さえみどり’よりも優れる。

引用文献

- 1) 安藤康雄 (1993) : *Pestalotiopsis longiseta* によるチャ輪斑病の生理・生態学的研究. 野茶試研報 B (茶業) 6, 21-64.
- 2) 池田奈実子・安間舜 (2004) : チャ炭疽病抵抗性に関するダイアレル分析. 育種学研究, 6, 135-141.
- 3) 武田善行・和田光正・根角厚司・池田奈実子・近藤貞昭・八戸三千男・築瀬好光 (1991) : 煎茶用早生品種‘さえみどり’の育成. 野茶試研報 B (茶業) 4, 1-15.
- 4) 武田善行 (2002) : わが国チャ遺伝資源の多様性とその育種への利用に関する研究. 野菜茶研研報, 1, 97-180.
- 5) 武田善行 (2007) : チャの育種 100 年の回顧と今後の方向. 茶研報 103, 1-39.
- 6) 武田善行 (2008) : 主要品種と栽培特性. 茶大百科 I. 農文協編. 農文協. Pp 569-615.
- 7) 富浜毅・野中壽之・尾松直志・西八東 (2009) : チャ輪斑病菌における QoI 剤耐性菌の発生. 九病虫研報, 55, 83-88.
- 8) 鳥屋尾忠之・武田善行・松下繁 (1976) : チャ炭疽病抵抗性の品種間差異と遺伝力. 茶技研, 50, 1-8.
- 9) 築瀬好光・武田善行 (1987) : チャの育種における輪斑病抵抗性の検定法. 野菜茶試研報 B (金谷), 1, 1-9.
- 10) 吉田克志・武田善行 (2004) : 新しい付傷接種法を用いたチャ炭疽病抵抗性検定法. 野菜茶研研報, 3, 137-146.
- 11) 吉留浩・佐藤健一郎・長友博文・水田隆史・佐藤邦彦・古野鶴吉・上野貞一・平川今夫・安部二生 (2011) : 炭疽病および輪斑病に抵抗性を有する煎茶用品種‘はるのなごり’の育成. 茶研報, 111, 1-13.

A Semi-Early Budding New Green Tea Cultivar, 'Saeakari', with Resistance to Anthracnose and Gray Blight

Katsuyuki Yoshida, Atsushi Nesumi, Junichi Tanaka, Yoshiyuki Takeda,
Tetsuji Saba, Fumiya Taniguchi, Akiko Ogino, Akiko Matsunaga,
Hide Ohmae, Toshio Takyu, Kosei Wada and Hitoshi Yoshitomi

Summary

The green tea cultivar 'Yabukita' has been cultivated since the 1970s and is grown in about 75% of all tea fields in Japan. However, monoculture cultivation of 'Yabukita' has resulted in severe disease problems, such as outbreaks of tea anthracnose caused by *Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato, comb. nov. and tea gray blight caused by *Pestalotiopsis longiseta* (Spegazzini) Dai et Kobayashi. Therefore, there is a need to develop a tea cultivar with disease resistance superior to that of 'Yabukita'. We bred a new green tea cultivar, 'Saeakari', which has disease resistance, semi-early budding, and high yield and makes a high-quality green tea.

'Saeakari' originated at the Makurazaki Tea Research Station of NARO Institute of Vegetable and Tea Science in 1989 from a cross between seedlings of 'Z1' (with vigorous growth and gray blight resistance) and 'Saemidori' (of high quality and with early budding). 'Saeakari' was selected as 'Makura-kei 46-11' in 1997, and was then tested for clonal plants in the tea fields at Makurazaki. Since 1992 it has been distributed as 'Makurazaki No. 30' to 14 prefectural experimental stations in the tea-growing districts for local adaptability testing. It was registered by Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries as "Cha Norin No. 55" on 28 March 2011.

'Saeakari' is semi-early budding, and at Makurazaki the plucking period of the first crop is 4 or 5 days earlier than that of 'Yabukita'. The plant has a semi-spreading shape, and growth is vigorous. 'Saeakari' is resistant to both anthracnose and gray blight, and its use could therefore reduce the need to apply fungicides. The yield of 'Saeakari' is consistently higher than that of 'Yabukita' and 'Saemidori'. The green tea quality of the first crop of this cultivar was equal to that of the high-quality cultivar 'Saemidori' and was superior to that of 'Yabukita'. The green tea quality of the second and third crops of 'Saeakari' was superior to those of 'Saemidori' and 'Yabukita'. Cutting propagation of 'Saeakari' is easy, and the plants grow vigorously.

These results suggest that 'Saeakari' is superior to 'Yabukita' in terms of cultivation characteristics, disease resistance, yield, and green tea quality. Similar results were obtained in local adaptability tests at the 14 prefectural experimental stations. 'Saeakari' is suitable for cultivation in the Tokai, Kinki, Shikoku, and Kyushu regions of Japan and is expected to replace 'Yabukita'.

暖地向け緑茶用極早生品種 ‘しゅんたろう’ の育成とその特性

根角 厚司・吉田 克志・田中 淳一*・谷口 郁也
 荻野 暁子・佐波 哲次・武田 善行**・吉富 均***
 大前 英****・武弓 利雄*****・和田 光正*****

(平成 23 年 9 月 26 日受理)

‘Shuntaro’, a New Extremely Early Budding Green Tea Cultivar (*Camellia sinensis*) Suitable for a Warm Region

Atsushi Nesumi, Katsuyuki Yoshida, Junichi Tanaka, Fumiya Taniguchi,
 Akiko Ogino, Tetsuji Saba, Yoshiyuki Takeda, Hitoshi Yoshitomi,
 Hide Omae, Toshio Takyu and Kosei Wada

I 緒 言

市場における一番茶の取引価格は、品質だけでなく収穫時期によって大きな影響を受けることが多く、収穫が早いほど高値で取引される傾向があるため、早生品種を導入しようとする生産者が多い。一方、早生品種は冬季の休眠が浅く、休眠覚醒も早いことから（八戸ら，1988年：根角ら，1995年：梁瀬ら，1999年），中生や晩生品種に比べ凍霜害を受けるリスクが高い。収穫時期が早いにもかかわらず比較的寒害のリスクが小さい鹿児島県などの暖地では、早生品種の栽培が盛んであるが、中でも特に暖かい鹿児島県南部の海岸地域や種子島などでは、鹿児島県本土の主力早生品種である‘ゆたかみどり’や‘さえみどり’よりも更に早く収穫できる極早生品種の栽培が盛んであり、4月上旬に出荷される茶は「走り新茶」として高値で取引されてきた。

現在、種子島の主要品種となっている極早生の‘くりたわせ’は、静岡県から種子島に移住した松下茂三郎氏

が明治42年に静岡県から移入した在来実生から選抜した品種である。1966年には鹿児島県の奨励品種となり、種子島や鹿児島県本土の南部海岸地帯を中心に約50ヘクタールが栽培されている。しかし、定植後40年以上経過した茶園が多く、樹勢の弱った茶園が増えていること、新芽の伸長期に気温が低いと葉が黄色みを帯びやすく、葉色の改善のため長期間の被覆が必要となり、強風で被覆資材が揺れることによる葉傷みのリスクが高いことなどから、‘くりたわせ’に替わる極早生品種の育成が期待されていた。

野菜茶業研究所枕崎茶業研究拠点（以下枕崎茶業研究拠点と略す）では、‘やぶきた’よりも10日以上早く収穫できる優良な極早生品種の育成に取り組み、平成21年4月23日に品種‘しゅんたろう’として品種登録出願を行い、同年6月29日に受理されたので、その特性と育成概要を報告する。

本品種の育成にあたり、地域適応性の検定にご協力いただいた鹿児島県農業開発総合センター茶業部、鹿児島県熊毛支庁農政普及課および種子島の西之表市において

〒898-0087 鹿児島県枕崎市瀬戸町 87

茶業研究領域

* 作物研究所

** 元茶業研究官

*** 元茶業研究監

**** 国際農林水産研究センター

***** 農業生物資源研究所

***** 元野菜・茶業試験場

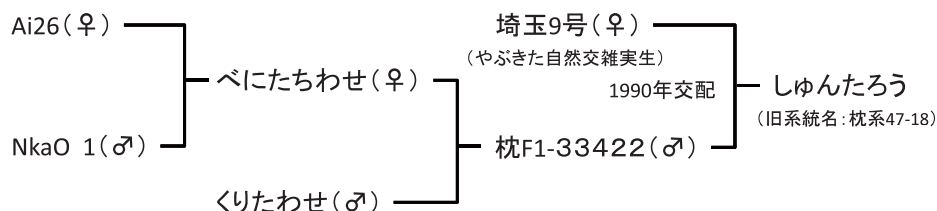


図-1 ‘しゅんたろう’の育成系統図

栽培試験のための圃場を提供していただき、さらにその管理、製茶試験にご協力いただいた射場勇治氏に深く謝意を表す。

II 育成経過

本品種は、1990年に枕崎茶業研究拠点において、栽培しやすく品質が良好な極早生品種の育成を目的に交配され、埼玉9号×枕F₁-33422との交雑集団の中から選抜された栄養系品種である。種子親の埼玉9号は、品質に優れた‘やぶきた’の自然交雑実生である。花粉親の枕F₁-33422は、炭疽病および輪斑病に強い極早生の紅茶用品種‘べにたちわせ’と、品質が良い極早生品種の‘くりたわせ’の交雑後代である(図-1)。

1991年に採種し、1992年4月にビニールハウス内に播種、育苗した実生個体群を1993年3月に圃場に定植して個体選抜試験を開始した。品質が良好であった個体(個体番号:枕F₁-80867)を1998年に苗床検定試験に供試した。1999年3月から栄養系比較試験第47群に編入して2006年まで枕系47-18の系統番号で栄養系比較試験を行い、2007年からは第47群としての栄養系比較試験は終了したが、地域適応性試験の一環として同一試験圃場において‘くりたわせ’および‘やぶきた’を比較品種とした試験を継続した。また、地域適応性を検定するため、2005年から鹿児島県農業開発総合センター茶業部(南九州市知覧町)および種子島(射場勇治氏茶園:西之表市)の2ヶ所に試験圃場を設置して生育特性を調査した(鹿児島県との協定研究契約による)。鹿児島

県農業開発総合センターでは、1区7.65m、株間45cm、条間50cmの二条植え、2反復の地域適応性検定試験第11群と同一試験圃場において調査を行った。種子島では、2005年11月に射場氏の茶園2aに110mの畝(株間50cm、条間50cm、二条植え)を3畝設置し、畝の中に6mの‘やぶきた’と‘くりたわせ’の試験区を2反復設置した。その結果、種子島に代表される暖地に適した極早生品種として有望と判断されたため‘しゅんたろう’と命名し、2009年4月23日に品種登録出願(品種登録出願番号:第23693)を行い、2009年6月29日に品種登録出願公表に及んだ。

III 品種の特性

1 形態的特性

a 新葉および成葉の特性

‘しゅんたろう’の新葉の形状は長楕円に分類されるが、‘くりたわせ’よりもやや細長く、葉色は淡緑で‘くりたわせ’よりも緑が濃い(表-1)。

成葉は、‘くりたわせ’よりも長い長楕円であり葉形指数がやや高い。葉面のしわは小さいが、葉縁の波がやや多い特徴を有しており、節間は‘くりたわせ’よりも長い(表-2、図-2)。

b 生育特性

樹姿はやや開張型で(図-3)、樹勢は中、挿し木活着率は‘やぶきた’と同等で、‘くりたわせ’よりも優れるが、挿し床での生育は‘やぶきた’よりも緩慢である。

表-1 育成地(枕崎)における新葉の形質(2010年)

品種名	形状	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	葉形 ^{a)} 指数	葉厚 (mm)	葉色	光沢	葉質	毛茸の多少	毛茸の長さ
しゅんたろう	長楕円	4.14 ^a	1.40 ^a	2.96 ^{ab}	0.208 ^a	淡緑	中	中	多	やや長
くりたわせ	長楕円	4.03 ^a	1.52 ^b	2.65 ^c	0.195 ^{ab}	黄緑	中	中	多	やや長
やぶきた	長楕円	4.97 ^b	2.05 ^c	2.42 ^{bc}	0.189 ^b	淡緑	やや多	やや軟	やや多	やや長

a)葉形指数=葉長/葉幅

数値に付した同一アルファベットには有意差がない(Tukey 5%)

表-2 育成地（枕崎）における成葉の形質

品種名	形状	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	葉形指数 ^{a)}	葉厚 (mm)	葉色	光沢
しゅんたろう	長楕円	8.18 ^a	3.04 ^a	2.69 ^a	0.309 ^a	緑	やや多
くりたわせ	楕円	7.92 ^a	3.23 ^b	2.45 ^a	0.308 ^a	緑	やや多
やぶきた	長楕円	9.85 ^b	3.61 ^c	2.72 ^a	0.306 ^a	緑	やや多

品種名	葉面のしわ	葉縁の波	内折度	反転度	節間 (cm)	茎経 (mm)
しゅんたろう	やや小	やや多	中	中	4.63	0.357
くりたわせ	中	やや小	中	中	2.93	0.319
やぶきた	中	やや多	中	中	4.59	0.354

a)葉形指数=葉長/葉幅

2010年6月8日調査

数値に付した同一アルファベットには有意差がない(Tukey 5%)



図-2 ‘しゅんたろう’成葉の形態

左：やぶきた，中央：くりたわせ，右：しゅんたろう

撮影年月日：2010年6月16日

撮影場所：野菜茶業研究所枕崎茶業研究拠点試験圃場

育成地における定植4年目の‘しゅんたろう’の株張りは‘やぶきた’より大きく‘くりたわせ’と同程度であったが、種子島では定植後の生育は‘くりたわせ’よりも旺盛であった（表-3）。一番茶摘採適期における新芽の伸びは‘くりたわせ’よりも優れる（図-4）。

2 早晩性

一番茶の萌芽期は‘やぶきた’より2週間以上早く、‘くりたわせ’より1日程度早い。また、育成地での一番茶摘採期は‘やぶきた’より2週間以上早く、定植4年目の2008年には‘くりたわせ’より2日程度早かった。摘採期前の気温が高く、早生品種の摘採時期が全体的に早まった定植5年目の2009年は、‘くりたわせ’よりも7日早い摘採であった。種子島における摘採は2010年から開始され、一番茶の摘採日は2010年では3月27日で枕崎よりも6日早く、強い霜害を受けた2011年は4月5日で枕崎よりも1日早かった（表-4）。2010年および2011年の2ヶ年とも種子島における‘しゅんたろう’と‘くりたわせ’の摘採日が同日となった。これは、一番茶における最初の製造では、製茶機械の調整を行う必要があり、生産量が少なく1回しか製造できない‘しゅんたろう’による機械調整を避けるため、最も生育の進んだ‘くりたわせ’の製造日に摘採日を合わせたためである。



図-3 ‘しゅんたろう’の樹姿

左：2007年4月6日撮影（枕崎茶業研究拠点圃場，定植2年目）

中央：2008年4月7日撮影（種子島試験圃場，定植3年目）

右：2010年8月13日撮影

（鹿児島県農業開発総合センター茶業部圃場（南九州市），定植4年目）

表-3 育成地(枕崎)および種子島(西之表)における幼木期の‘しゅんたろう’の生育

品種名	枕崎(定植4年目) ^{a)}					種子島(定植2年目) ^{b)}		
	樹姿 ^{c)}	樹勢 ^{d)}	樹高(cm)	株張り(cm)	挿し木 ^{e)} 活着率(%)	樹高(cm)		株張り(cm)
						6/16	12/13	12/13
しゅんたろう	5.5	4.0	89.5	168.0	93.9	18.8	33.0	35.6
くりたわせ	6.0	4.0	86.5	170.5	71.7	15.1	24.9	29.5
やぶきた	4.0	3.0	103.0	140.0	94.8	—	—	—

a)2009年10月12日調査(2反復平均)

b)2006年6月および12月に調査(2反復平均)

c)樹姿:2(極直立)~5(中間)~8(開張)

d)樹勢:2(極弱)~5(中間)~8(極強)

e)挿し木活着率は2008年育成地における挿し床で調査



図-4 ‘しゅんたろう’の一番茶新芽の伸び

左 : くりたわせ 右 : しゅんたろう

撮影日: 2008年4月7日, 撮影場所: 種子島試験圃場

表-4 ‘しゅんたろう’の萌芽期および摘採日

品種名	2008年(定植4年目) ^{a)}		2009年(定植5年目) ^{a)}			2010年 ^{b)}	2011年 ^{b)}	
	一番茶		一番茶	二番茶	三番茶	一番茶	一番茶	
	萌芽期	摘採日						萌芽期
しゅんたろう	3/12	4/9	2/20	3/25	5/18	6/30	3/27	4/5
くりたわせ	3/13	4/11	2/23	4/1	5/20	7/4	3/27	4/5
やぶきた	3/28	4/24	3/14	4/16	6/8	7/13	—	—

a) 2008年および2009年は育成地(枕崎茶業研究拠点)試験圃場での結果

b) 種子島現地試験圃場におけるデータ。2010年(定植5年目)および2011年(定植6年目)の現地における‘しゅんたろう’は、射場氏所有の茶園で摘採適期が最も早く、両年とも‘くりたわせ’よりも2日程度早いと推定されたが、工場の稼働開始日は機械設定等の必要があることから、最も生育の進んだ‘くりたわせ’と同日に収穫し、‘くりたわせ’で機械の設定、試運転を行った後に‘しゅんたろう’の製茶を行った。

3 品質特性

製茶品質は、育成地において2007年は50g微量製茶機、2008年は1kg少量製茶機で製造し、色沢、香気、水色、滋味についての4項目、2009年は形状、色沢、香気、水色、滋味についての5項目を各10点満点で‘くりたわせ’および‘やぶきた’と比較した。その結果、いずれの年も品質の総合評価は‘くりたわせ’よりも優れた。2007年および2008年の品質の総合評価は

‘やぶきた’と同等であり、色沢と香気が良好であったが、滋味は‘やぶきた’よりも劣る傾向があった。2009年は、一番茶は‘やぶきた’と同等、二番茶は‘くりたわせ’と同等であったが、三番茶は両品種よりも良好であった(表-5)。育成地では、‘やぶきた’の夏茶品質は劣る傾向があり、本試験においても‘やぶきた’の二番茶および三番茶において製茶品質が著しく劣る結果となった。

表－5 ‘しゅんたろう’の製茶品質

品種名	一番茶(2007年)						一番茶(2008年)						二番茶(2008年)					
	形状	色沢	香気	水色	滋味	合計	形状	色沢	香気	水色	滋味	合計	形状	色沢	香気	水色	滋味	合計
しゅんたろう	—	7.3	6.5	6.3	6.3	26.4	—	5.5	6.0	5.5	6.0	23.0	—	4.0	6.0	6.0	6.5	22.5
くりたわせ	—	6.5	6.5	5.5	6.0	24.5	—	5.0	6.0	5.0	6.0	22.0	—	4.0	5.0	5.5	5.0	19.5
やぶきた	—	6.5	6.0	6.5	6.5	25.5	—	5.0	6.0	7.5	5.0	23.5	—	5.0	5.0	6.0	6.5	22.5

品種名	一番茶(2009年)						二番茶(2009年)						三番茶(2009年)					
	形状	色沢	香気	水色	滋味	合計	形状	色沢	香気	水色	滋味	合計	形状	色沢	香気	水色	滋味	合計
しゅんたろう	6.0	5.5	6.5	6.0	6.5	30.5	6.0	5.0	6.5	7.0	6.5	31.0	6.5	5.5	6.5	7.0	6.3	31.8
くりたわせ	5.0	4.0	4.0	6.0	6.0	25.0	6.5	5.0	6.0	7.0	6.5	31.0	5.5	4.0	6.0	6.0	7.0	28.5
やぶきた	5.5	5.0	7.5	5.0	6.5	29.5	5.5	5.0	6.0	5.5	4.0	26.0	5.0	4.0	4.0	6.0	4.0	23.0

育成地における2005年定植圃場の製茶品質を5名により官能審査を行った結果

各茶期の審査評点は、それぞれの茶期における相対的評価

2007年は50g微量製茶機、2008年は1kg少量製茶機による中揉仕上げで製茶し、色沢、香気、水色、滋味の4項目、各10点満点、合計40点満点で評価

2009年は1kg少量製茶機により製茶し、形状、色沢、香気、水色、滋味の5項目、各10点満点、合計50点満点で評価

表－6 ‘しゅんたろう’の生葉収量

品種名	2008年 ^{a)}		2009年 ^{b)}						年間収量 kg/10a
	一番茶	二番茶	一番茶		二番茶		三番茶		
	kg/10a	kg/10a	kg/10a	g/m ²	kg/10a	g/m ²	kg/10a	g/m ²	
しゅんたろう	106	145	310	359	334	386	193	223	836
くりたわせ	59	82	193	227	221	261	176	208	589
やぶきた	118	94	198	240	126	153	66	80	390

品種名	2010年 ^{c)}				2011年 ^{d)}				一番茶(種子島) ^{e)}	
	一番茶		二番茶		一番茶		二番茶		2010年	2011年
	kg/10a	g/m ²	kg/10a	g/m ²	kg/10a	g/m ²	kg/10a	g/m ²	kg/10a	kg/10a
しゅんたろう	201	228	279	317	300	362	223	269	350	300
くりたわせ	74	84	149	161	130	152	113	137	208	217
やぶきた	128	142	107	119	241	311	211	273	—	—

a) 育成地における定植4年目圃場の調査結果

b) 育成地における定植5年目圃場の調査結果

c) 育成地における定植6年目圃場の調査結果

d) 育成地における定植7年目圃場の調査結果

e) 「しゅんたろう」は種子島における試験圃場(2005年11月定植)、「くりたわせ」は射場氏所有の茶園中最も早く摘採した茶園(成園)の収量

表－7 ‘しゅんたろう’の収量構成要素

品種	一番茶					二番茶					三番茶				
	芽数/m ²	百芽重 (g)	出開度 (%)	芽長 (cm)	葉数 (枚)	芽数/m ²	百芽重 (g)	出開度 (%)	芽長 (cm)	葉数 (枚)	芽数/ m ²	百芽重 (g)	出開度 (%)	芽長 (cm)	葉数 (枚)
しゅんたろう	597.5	54.4	50.2	4.6	3.5	1007.5	43.5	54.5	4.2	3.0	1087.5	31.2	74.0	2.8	3.0
くりたわせ	937.5	48.9	14.5	3.9	3.3	562.5	48.9	71.6	3.3	3.2	1370.0	43.0	95.9	2.2	3.4
やぶきた	862.5	55.9	63.2	4.7	3.3	675.0	56.4	62.6	3.5	3.3	1000.0	30.4	41.3	2.5	2.9

品種	一番茶(種子島) ^{a)}				
	芽数/m ²	百芽重 (g)	出開度 (%)	芽長 (cm)	葉数 (枚)
しゅんたろう	644.4	48.5	27.9	5.6	3.5
くりたわせ	450.0	41.4	9.7	3.9	3.0

調査は30cm×30cmの枠内の新芽を採種して調査した(2反復)

調査は2009年(定植5年目)の育成地圃場で行った

a) 種子島における調査は2008年4月7日に行った

4 収量特性

育成地における定植4年目から7年目の生葉収量は、4ヶ年とも全茶期を通して‘くりたわせ’より優れた。‘やぶきた’と比較すると、定植4年目は同等であったが、定植5年目から7年目までは‘やぶきた’よりも優れた。育成地における‘やぶきた’の生育は比較的不良である。また、‘やぶきた’は直立性が強い摘採面

の広がりが開張性の品種に比べて遅い傾向がある。本試験においても‘やぶきた’は摘採面の広がり小さく、収量は少なかった。

種子島における‘しゅんたろう’の一番茶摘採は定植5年目の2010年から開始され、2010年の収量は350 kg/10 a、霜害を受けた2011年は300 kg/10 aであったが、両年ともに‘くりたわせ’の収量(2010年208

表-8 ‘しゅんたろう’の耐病虫性

品種名	炭疽病抵抗性		輪斑病抵抗性		赤焼病自然発生株率(%)		クワシロ カイガラムシ 抵抗性
	発病葉数/m ²	判定	病斑長径 (mm)	判定	2006年	2007年	
しゅんたろう	64	やや強	3.2	強	10.8	14.3	弱
くりたわせ	132	中	3.5	強	0	6.9	弱
やぶきた	336	弱	7.1	弱	0	11.8	弱

調査年:2008年(定植4年目)

調査場所:野菜茶業研究所枕崎茶業研究拠点内試験圃場

炭疽病抵抗性は秋芽生育停止期の自然発病を調査、輪斑病は室内接種検定の結果

クワシロカイガラムシ抵抗性は2009年に圃場における自然発生により検定した

赤焼病自然発生は鹿児島県農業総合開発センター茶業部(知覧)におけるデータ



図-5 種子島における‘しゅんたろう’の炭疽病発生程度

A: しゅんたろう B: くりたわせ C: やぶきた

撮影日時: 2008年12月14日

撮影場所: 種子島試験圃場

kg/10 a, 2011年217 kg/10 a)を大幅に上回った(表-6)。幼木期における収量構成要素を比較するため、30 cm×30 cm (900 cm²)の枠を用いて枠摘み調査を行った結果、一番茶期においては‘しゅんたろう’は‘くりたわせ’に比べて芽重型になる傾向が認められ、種子島でも同様の傾向であった(表-7)。

5 病虫害抵抗性

a 炭疽病

炭疽病抵抗性は枕崎茶業研究拠点における秋季の自然発生程度の調査により、‘くりたわせ’よりも抵抗性が強いことが確認されたことから、炭疽病抵抗性は「やや強」と判定された(表-8)。また、種子島現地圃場にお

ける‘しゅんたろう’の炭疽病自然発生は明らかに‘くりたわせ’や‘やぶきた’よりも少なかった(図-5)。

b 輪斑病

輪斑病抵抗性は枕崎茶業研究拠点において、硬化した成葉を用いた接種検定を行い、‘しゅんたろう’は病斑拡大がほとんど認められないことから、輪斑病抵抗性は「強」と判定された(表-8)。

c 赤焼病

鹿児島県農業総合開発センター茶業部(知覧)において幼苗期の赤焼病自然発生が調査され、‘しゅんたろう’は‘くりたわせ’や‘やぶきた’より赤焼病の発生が多

表-9 ‘しゅんたろう’の耐寒性

品種名	赤枯れ抵抗性 ^{a)}		裂傷型凍害抵抗性 ^{b)}						判定 ^{e)}		
	グレード ^{c)}	判定	2006年 (定植1年目)		2007年 (定植2年目)		2008年 (定植3年目)			3ヶ年平均	
			11月上旬	11月下旬	11月中旬	11月下旬	11月中旬	11月下旬			11月上旬
しゅんたろう	3	弱	95(3) ^{d)}	95(5)	100(5)	35(5)	25(1)	40(5)	73.3(3)	56.7(5)	弱
くりたわせ	6	やや強	85(1)	85(4)	75(4)	20(4)	40(2)	25(1)	66.7(2)	43.3(3)	中
やぶきた	7	強	70(1)	55(3)	55(3)	40(5)	95(5)	55(5)	73.3(3)	50.0(4)	やや弱

a) 2009年育成地(枕崎)における人為低温処理検定の結果

b) 2006年~2008年に鹿児島県農業総合開発センター茶業部における人為低温処理検定の結果

c) 2(極弱)~5(中)~8(極強)

d) ()内の数値は発生率を指数化したもの:1(強)~5(弱)

指数化は同一ほ場に定植している弱の‘ゆたかみどり’、強の‘かなやみどり’、さやまかおり’の発生率から判定した

e) 裂傷型凍害の判定は人為低温処理検定に加え、定植2年目の幹割れが原因と思われる枯死率も考慮した



図-6 老朽化した‘くりたわせ’の茶園

撮影年月日：2008年4月7日

撮影場所：西之表市古田（種子島）

いことが確認された。また、枕崎茶業研究拠点ならびに種子島の現地圃場においても‘しゅんたろう’における赤焼病の発生が認められることから、赤焼病に対する抵抗性は‘くりたわせ’より劣ると判断された（表-8）。

d クワシロカイガラムシ

圃場観察の結果、難防除害虫であるクワシロカイガラムシに対する抵抗性は‘やぶきた’および‘くりたわせ’と同様に「弱」と判定された（表-8）。

6 耐寒性

a 赤枯れ

育成地において人為低温処理による赤枯れ抵抗性を調査した結果、‘しゅんたろう’は抵抗性が強の‘やぶきた’や抵抗性がやや強の‘くりたわせ’より劣り、「やや弱」と判定され、赤枯れ抵抗性が低いことが確認された（表-9）。

b 裂傷型凍害

裂傷型凍害抵抗性は、鹿児島県の特許検定に準じた試験の結果、人為検定では‘くりたわせ’に劣る「弱」と評価された。また、裂傷型凍害の自然発生を調査したところ、凍害発生率ならびに枯死率は‘くりたわせ’や‘やぶきた’より高く、裂傷型凍害抵抗性が低いことが確認された（表-9）。

IV 考察

早晩性の異なる品種の導入は、労働力の分散を可能に

し、製茶工場の稼働率向上にとって極めて重要である。摘採期間の拡大だけでなく晩霜害等のリスク軽減を目的として、これまでに‘おくみどり（勝尾ら、1975、武田ら2006）、おくゆたか（安間ら、1983）、りょうふう（近藤ら1999）、はるみどり（武田ら2002）、みやまかおり（長友ら、2003）’などの晩生品種が育成されている。その一方で、販売上は早期に市場に出荷できる早生品種の方が有利であるため、最近では多くの地域で早生化を進める傾向があり、茶の育種においても1990年代から高品質な早生品種の選抜が盛んに行われ、‘しゅんめい（武田ら、1988）、さえみどり（武田ら、1991）、さきみどり（古野ら、1999）、さいのみどり（内野ら、2003）、そうふう（近藤ら、2003）、ゆめかおり（長友ら、2007）’など多くの品種が育成されている。

ところが、国費による育種事業では、国が指定した公設試による系統適応性検定試験および特性検定試験を経た後に品種登録を行うこととなっており、系統適応性試験のための試験圃場がない関東以北や九州本土以南の地域を対象とした品種育成は行われてこなかった。枕崎以南の産地としては、古くから種子島、屋久島、沖縄などの島嶼部があり、最近では徳之島にも新たな茶産地が開かれており、暖地での栽培に有利な品種の育成が期待されている。

これらの産地の中でも特に茶栽培が盛んで、その歴史も古い種子島において主力品種となっているのが極早生の‘くりたわせ’である。極早生品種の育成がほとんど為されてこなかったこれまでは、既存の極早生品種の中では‘くりたわせ’の品質は良好であり、品種選抜がなされた種子島で急速に拡大した。現在では、それらの茶園の多くが定植後30年以上を経過し、改植時期にある老朽茶園の樹勢の衰えが顕著になっている（図-6）。また、‘くりたわせ’は挿し木発根性が悪く、種苗の生産や定植後の活着および生育が極めて劣り、成園化後も新芽が黄色みを帯びるといった問題があることから、‘くりたわせ’並の極早生で収量が多く、新芽が黄色みを帯びにくく、栽培のしやすい品種の育成が強く望まれていた。

枕崎茶業研究拠点では、降霜がほとんど無い気象条件をいかして、極早生品種の育成に早くから着手していたが、これまでの育種事業の中で行ってきた地域適応性検定試験では、極早生品種の栽培試験に適する場所がなく、枕崎よりも暖かい地域における地域適応性の評価が行われてこなかったため、極早生品種を品種登録するための評価試験は困難であった。そこで、‘しゅんたろう’の育成に関しては、普及対象地域を枕崎よりも温暖な暖地

に絞り、‘くりたわせ’を対照として品種登録に向けた地域適応性試験を行うこととし、鹿児島県と種子島の生産者の協力を得て地域適応性の試験を行った。このことから、本品種の枕崎や知覧における試験結果は、他の優良品種に比較して必ずしも優れているわけではないが、枕崎あるいは種子島において‘くりたわせ’よりも栽培しやすく多収で、品質が良好であることが確認できたことから、品種登録申請を行うこととした。

今後、九州南部島嶼部において茶栽培地域が拡大する可能性もあり、暖地における茶の安定生産、収益性の向上に寄与できる品種育成への要求は一層高まるものと思われる。

V 命名の由来

本品種は、これまで国や独立行政法人が育成した品種の中では最も早く収穫できる緑茶用品種であり、「しゅん」は春一番に萌芽してくる品種ということを表している。また、一番茶の時期に最も早く世の中に出てくるということと、力強く育て欲しいという思いから「たろう」をつけて、「しゅんたろう」とした。「しゅんたろう」の「しゅん」は春だけではなく、「駿」あるいは「俊」のいずれの漢字もイメージできるよう、あえて平仮名表記とした。

VI 栽培適地および栽培上の注意点

‘しゅんたろう’の栽培適地は、九州南部の無霜条件にある枕崎よりも温暖な地域であり、‘くりたわせ’の栽培が可能な地域とほぼ一致すると考えられる。‘くりたわせ’よりも生育は良好であるものの、他の品種と比べると苗の生育、定植後の初期生育はやや劣るため、良質な苗を定植し、定植後は乾燥や潮風害に十分注意する必要がある。

VII 摘要

暖地向けの極早生品種‘しゅんたろう’を育成した。

本品種の早晩性は枕崎および種子島において、‘くりたわせ’よりも約2日早い極早生である。本品種は、重要病害である炭疽病および輪斑病に抵抗性を有し、収量性は‘くりたわせ’よりも優れているが、耐寒性は劣り、赤焼病には弱い。製茶品質は香気に優れ、‘くりたわせ’と同等以上である。栽培適地は、枕崎市以南あるいは‘くりた

わせ’の栽培が可能な暖地であり、枕崎市および西之表市では‘くりたわせ’よりも生育が良好であるが、知覧町では凍霜害を受け、生育、収量、品質ともに低下する。

本品種は、‘くりたわせ’などの極早生品種栽培地域において、生産の安定、香味の多様化に資する品種として今後の普及が期待される。

引用文献

- 1) 安間舜・渡邊明・武田善行(1983)：煎茶用新登録品種「おくゆたか」。茶試研報. 19. 1-27.
- 2) 古野鶴吉・吉留浩・間曾龍一・佐藤邦彦・上野貞一・平川今夫・安倍二生(1999)：煎茶用品種‘さきみどり’の育成。茶研報. 87. 67-76.
- 3) 八戸三千男・近藤貞昭・池田奈実子・和田光正・根角厚司(1988)：暖地におけるチャ品種の休眠特性と気象要因の影響。野菜・茶試研報. D 1. 69-78.
- 4) 勝尾清・渡邊明・増田清志(1975)：煎茶用新登録品種「おくみどり」。茶試研報. 11. 1-23.
- 5) 近藤貞昭・池田奈実子・田中淳一・武田善行・武弓利雄・渡邊明・安間舜・勝尾清・増田清志・築瀬好充・山口聰(1999)：煎茶用中晩生品種‘りょうふう’の育成。茶研報. 87. 21-38.
- 6) 近藤貞昭・池田奈実子・根角厚司・田中淳一・武田善行・武弓利雄・山口聰(2003)：緑茶及び半発酵茶用新品種‘そうふう’の育成。野菜茶試研報. 2. 71-82.
- 7) 長友博文・水田隆史・佐藤邦彦・吉留浩・古野鶴吉・上野貞一・平川今夫・間曾龍一・安部二生(2003)：煎茶用品種‘みやまかおり’の育成。茶研報. 96. 1-13.
- 8) 長友博文・佐藤健一郎・佐藤邦彦・水田隆史・吉留浩・古野鶴吉・上野貞一・平川今夫・安部二生(2007)：クワシロカイガラムシに抵抗性を有する緑茶用品種‘ゆめかおり’の育成。茶研報. 104. 1-14.
- 9) 根角厚司・武田善行・和田光正(1995)：チャの交雑後代における休眠覚醒期の休眠の深さについて。日作九支報. 61. 63-66.
- 10) 武田善行(2006)：緑茶用早生品種「さえみどり」および晩生品種「おくみどり」の育成。育種学研究. 8. 113-117.
- 11) 武田善行・根角厚司・和田光正・佐波哲次・大前英・田中淳一・近藤貞昭・武弓利雄・池田奈実子・八戸三千男(2002)：煎茶用新品種‘はるみどり’の育成。野菜茶試研報. 1. 1-13.
- 12) 武田善行・築瀬好充・渡邊明・安間舜・池田奈実子(1988)：煎茶用新品種‘しゅんめい’の育成について。野菜・茶試研報. B 2. 1-23.
- 13) 武田善行・和田光正・根角厚司・池田奈実子・近藤貞昭・八戸三千男・築瀬好充(1991)：煎茶用早生品種‘さえみどり’の育成。野菜・茶試研報. B. 4. 1-15.
- 14) 内野博司・田中絵里・石川巖・岡野信雄・嶋崎豊・酒井宗・中島健太・京極英雄・北田嘉一・洲之上康元・船越昭治・田中萬吉・米丸忠(2003)：北部茶産地向き茶早生品種‘さいのみどり’。埼玉県農総セ研究報告. 3. 75-94.
- 15) 築瀬好充・武田善行・池田奈実子(1999)：温暖地におけるチャ品種の休眠特性。日作東海支部報. 127. 23-27.

‘Shuntaro’, a New Extremely Early Budding Green Tea Cultivar (*Camellia sinensis*) Suitable for a Warm Region

Atsushi Nesumi, Katsuyuki Yoshida, Junichi Tanaka, Fumiya Taniguchi,
Akiko Ogino, Tetsuji Saba, Yoshiyuki Takeda, Hitoshi Yoshitomi,
Hide Omae, Toshio Takyu and Kosei Wada

Summary

A new tea cultivar ‘Shuntaro’ has bred at Makurazaki branch of Vegetable and Tea Science (NIVTS) of National Agriculture and Food Research Organization (NARO), and an application for registration had been published in 29 Jun 2009. ‘Shuntaro’ is an extremely early budding cultivar like a ‘Kuritawase’, and is resistance to anthracnose (*Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato comb. nov.) and gray blight (*Pestalotiopsis longiseta* (Spegazzini) Dai & Kobayashi). The quality for green tea of ‘Shuntaro’ is equal or above in comparison with ‘Kuritawase’, and the yield of ‘Shuntaro’ is more than ‘Kuritawase’. Early budding cultivars are advantageous in warm regions. An extremely early budding cultivar is particularly advantageous in warmer area like Tanegashima in Kagoshima prefecture. So, ‘Kuritawase’ has become important cultivar in Tanegashima. However, many tea fields of ‘Kuritawase’ have become old, and productivity is falling. Replanting of ‘Kuritawase’ is difficult because growth is slowly and vigor is weak. ‘Shuntaro’ is the extremely early budding cultivar that can take the place of ‘Kuritawase’.

人工接種条件下におけるチャ赤焼病の病斑拡大と葉中の全窒素含有量及び葉の成熟度の関係

池田 奈実子・廣野 祐平・吉田 克志*

(平成 23 年 9 月 30 日受理)

Relationship Between Lesion Development and Nitrogen Content and Maturity of Tea Leaves after Artificial Inoculation with the Causal Agent of Tea Bacterial Shoot Blight, *Pseudomonas syringae* pv. *theae*

Namiko Ikeda, Yuhei Hirono and Katsuyuki Yoshida

I 緒 言

Pseudomonas syringae pv. *theae* (Hori 1915) Young, Dye & Wilkie 1978 によるチャ赤焼病は、炭疽病、輪斑病とともにチャの重要病害の一つであり、一番茶の収量への影響はチャの病害の中で最も大きい(富濱, 2005)。赤焼病の発病は年次間差や圃場間差が大きく、発生予察が困難で、有効な防除資材が少ないことから難防除病害となっている。

炭疽病、輪斑病については、抵抗性の品種間差(鳥屋尾ら, 1976; 武田, 2002)や遺伝様式(武田, 2002; 池田・安間, 2004)が明らかにされているが、赤焼病抵抗性の品種間差については、「静印雑 131」が極弱であること以外は(岡部・後藤, 1957)、調査ごとに結果が異なっており(堀川, 1985; 瀧之上・瀧之上, 2005)、再現性のある抵抗性の評価が行われていない。アッサム変種と中国変種の赤焼病に対する抵抗性の差も明らかではない。

また近年チャの新害虫としてチャトゲコナジラミが問題となっている(Kanmiya ら, 2011)。2004 年 8 月に京都府宇治市においてチャトゲコナジラミのチャへの寄生が初めて確認され、当初は近畿地方を中心に発生が拡大したが(山下・林田, 2006)、2010 年 10 月には国内

最大の茶産地である静岡県でも発生が確認された(静岡県病害虫防除所, 2010)。チャトゲコナジラミには冬期のマシン油による防除が効果的であり、今後チャへの散布が増加することが予想されるが(山下・吉安, 2010)、一方で秋冬期マシン油散布は赤焼病の発生を助長することが明らかにされており(富濱, 2009)、チャトゲコナジラミ防除のためのマシン油散布が、赤焼病発生を促すことが懸念される。したがって、赤焼病抵抗性の品種間差ならびに発生の変動要因の解明が必要とされている。

著者らが、注射器を用いた人工接種によって赤焼病抵抗性の検定を試みたところ、葉位や接種時期によって病斑の大きさに差が認められた一方で、接種時期に関わらず、上位葉ほど病斑が大きい傾向がみられた(池田ら, 2009)。いずれにしても精度の高い検定法を確立するためには、赤焼病の病斑拡大の変動要因を明らかにする必要がある。

赤焼病は晩秋から早春にかけて発病する病害であり、寒害によって被害が拡大することが明らかにされている(安藤 1988)。一方、窒素施肥量が増加すると、発病葉数が増えることが報告されている(宮田ら, 2003)。著者らが行った人工接種試験では上位葉ほど病斑が大きい傾向がみられたが(池田ら 2009)、茶葉中の全窒素含有量は上位葉ほど多い(三輪ら, 1979)。これらの結果から葉中の全窒素含有量が、寒害以外に赤焼病の病斑拡

〒428-8501 静岡県島田市金谷猪土居 2769
茶業研究領域

* 〒898-0087 鹿児島県枕崎市瀬戸町 87

大に及ぼす要因の一つとして考えられる。本試験では、主要品種である‘やぶきた’と罹病性品種である‘静印雑131’の一番茶芽の徒長枝を1週間ごとに採取して、茶葉に人工接種を行った場合の成熟度の異なる各葉位の発病程度、葉中の全窒素含有量及びそれらの関係を調べた。

接種に用いたチャ赤焼病細菌 tea 632 株は静岡大学農学部瀧川雄一教授から分譲いただいた。ここに記して謝意を表す。

II 材料及び方法

1 供試植物

供試植物として、野菜茶業研究所金谷茶業研究拠点（静岡県島田市）内の幼木茶園（2004年定植）の‘やぶきた’と‘静印雑131’を用いた。2009年及び2010年の年間施肥量は、成分量で窒素49.1、リン酸21.9、カリ27.1（kg/10a）である。一番茶の摘採期の2010年5月10日から6月14日まで毎週1回、一番茶新芽が伸長した徒長枝を各品種20本ずつ採取し、接種検定用と新葉の全窒素含有量の測定用にそれぞれ10本ずつ供試した。6月21日、28日は接種検定用に10本ずつ採取した。

2 供試材料及び接種法

赤焼病細菌は、静岡大学農学部瀧川雄一教授から分譲された tea 632 株を供試した（瀧川ら，1988）。冷凍保存した菌株をキング B 平板培地で 26℃，48 時間培養して増殖し、滅菌水に懸濁して、細菌濃度を約 1×10^7 cfu/ml に調整した。茶葉への接種は赤焼病細菌懸濁液を、ツベルクリン用の 1 ml の注射器を用いて、葉の裏側から中肋を中心に組織内に注入することにより行った。注射器の針で中肋に傷をつけた後、細菌懸濁液を入れた針が付いていない注射筒の先を傷の部分に押しつけ、水浸状になった部分が約 1 cm² になるように注入した（図-1）。接種した枝条は育成用形成培地（アクアフォーム、松村アクア（株）、東大阪）に挿してビニール袋でおおい、15℃，12 時間日長に設定した人工気象室内（KB-20 D 型、小糸工業（株）、横浜）で培養した。接種 14 日後に中肋に沿って形成された病斑長を測定した。葉位は上から順に数え、各葉位の病斑の長さの 10 本の平均値を求めた（図-2，図-4，図-5）。

3 葉の全窒素含有量の測定

新芽あるいは徒長枝から葉を切り離し、上位から葉位ごと採取した。葉位ごとの試料はまとめて 2 分間蒸熱す



図-1 チャ赤焼病菌を人工接種した‘やぶきた’の切り枝
赤焼病細菌懸濁液を注入直後の水浸状の状態を示す。

表-1 チャ赤焼病菌人工接種条件下検定における病斑拡大の品種、葉位、接種時期による差異

接種日	品 種	葉 位								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
5月10日	静印雑131	27.5	9.0	5.6						
	やぶきた	16.3	11.4	10.1	8.3	4.5				
5月17日	静印雑131	7.4	11.0	8.5	7.6					
	やぶきた	6.5	8.6	7.7	4.9	4.0				
5月24日	静印雑131	14.4	9.5	10.0	9.0					
	やぶきた	6.2	7.1	6.5	6.0	4.4				
5月31日	静印雑131	7.8	7.1	8.6	5.4	5.6				
	やぶきた	6.4	5.9	4.9	4.8	4.3	4.6			
6月7日	静印雑131	8.5	8.0	7.6	7.8	7.7	7.3			
	やぶきた	7.1	5.5	5.6	4.9	5.7	4.7			
6月14日	静印雑131	9.8	9.5	8.7	8.0	7.5	6.6			
	やぶきた	6.9	6.1	5.5	5.2	4.9	5.1	3.9		
6月21日	静印雑131	8.5	7.8	7.3	5.6	6.0	5.5	5.5	5.7	
	やぶきた	6.8	7.0	5.5	4.2	4.3	5.1	4.5		
6月28日	静印雑131	7.2	8.7	7.8	7.0	6.8	6.6	6.6	6.0	6.6
	やぶきた	6.5	5.0	4.6	4.6	5.1	4.7	4.5		

病斑の大きさの平均値を示す (mm)。

ることによって殺青した後、70°Cで乾燥した。乾燥後、アルミラミネート袋に入れて密封し、分析時まで4°Cで保存した。試料は分析直前にサイクロンサンプルミル(Udy社、米国)で粉碎し、分析に用いた。全窒素含有量は、窒素・蛋白分析装置(FlashEA 1112, ThermoQuest社、ミラノ、イタリア)で測定した。

III 結 果

5月10日は‘静印雑131’の葉数は最も多い枝で3枚、‘やぶきた’の葉数は5枚であったが、6月28日にはそれぞれ10枚と9枚に増加した。葉位は徒長枝の最上位葉を第1葉とし、以下、第2葉、第3葉のように累進的に葉位を決めた。しかしながら、新しい葉が展開するごとに葉位は繰り下がるため、例えば5月10日の‘静印雑131’の第1葉は6月28日の第8葉に相当する。

同一接種日の同一葉位で比較した場合、5月10日の第2葉、第3葉を除いて、‘静印雑131’が‘やぶきた’より病斑が大きかった。‘静印雑131’の5月10、17、

24日接種の上位葉、‘やぶきた’の5月10日接種では病斑が10mm以上拡大する場合があった(表-1)。

第3葉までのデータを用いて、接種時期、品種、葉位を要因とする3元配置分散分析を行った。F検定の結果、接種時期間、品種間において1%水準、葉位間において5%水準で有意差が認められた。接種日×品種、接種日×葉位、品種×葉位の2因子交互作用はいずれも認められなかった(表-2)。

5月10日に接種した供試材料は、‘やぶきた’、‘静印雑131’とも落葉が多かった。落葉した場合は病斑が葉柄まで拡大していた。‘静印雑131’の第1葉と第2葉は10本中6本が落葉した。落葉しなかった第1葉は病斑が大きく拡大した。6月28日の接種では、‘やぶきた’は第1葉から第3葉、‘静印雑131’は第1葉、第2葉と第6葉以下の落葉が多かった。5月10日の場合と異なり、病斑はほとんど拡大していない場合が多かった。落葉した場合は測定から除外した。

5月10日に展開していた葉位の葉について、葉の成熟に伴う病斑の大きさの変化を図-2に示した。5月10

表-2 チャ赤焼病の病斑拡大へ及ぼす要因についての分散分析

変動因	自由度	平均平方和	F
主効果			
接種日	7	29.0	5.13 **
品種	1	64.9	11.48 **
葉位	2	25.1	4.44 *
2因子交互作用			
接種日×品種	7	1.9	0.34
接種日×葉位	14	14.0	2.48
品種×葉位	2	4.5	0.80
誤差	14	5.6	

**, *:F検定の結果, 1%水準あるいは5%水準で有意であることを示す.

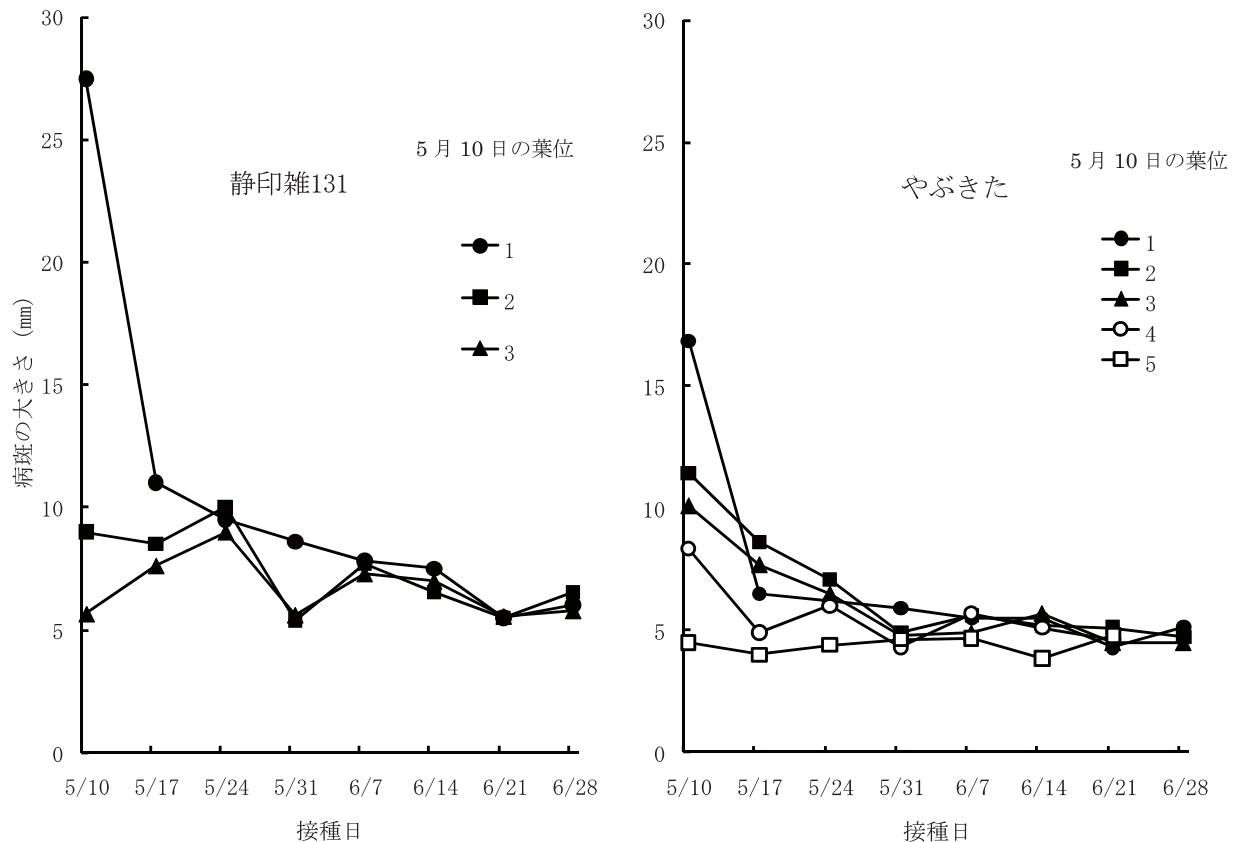


図-2 チャ葉の成熟程度が人工接種条件下におけるチャ赤焼病の病斑拡大に及ぼす影響

日の展開直後の第1葉に接種した場合は, 両品種とも大きく病斑が広がったが, 1週間後の5月17日に接種した場合はかなり小さくなり, その後葉が成熟し, 硬化するにしたがって小さくなる傾向がみられた(図-2).

‘静印雑131’の5月10日の第2葉と第3葉は, 葉が展開して1ヶ月以上経過した6月に接種した場合でも病斑が少し拡大した. ‘やぶきた’の5月10日の第2葉か

ら第4葉は, 葉が成熟するにしたがって病斑は小さくなった. ‘やぶきた’の5月10日の第5葉の病斑は約5mmと小さく, 調査期間中病斑の大きさはほぼ一定であった.

両品種, 各接種時期とも上位葉の病斑が大きく, 下位葉の病斑が小さい傾向がみられた(図-3). 接種時期が遅くなるにしたがって, 上位葉と下位葉の病斑の大きさの差は小さくなった(表-1).



図-3 ‘やぶきた’ へのチャ赤焼細菌人工接種による葉位別の病斑拡大の差異
5月10日に接種し、14日後に調査、葉位は左から上位葉

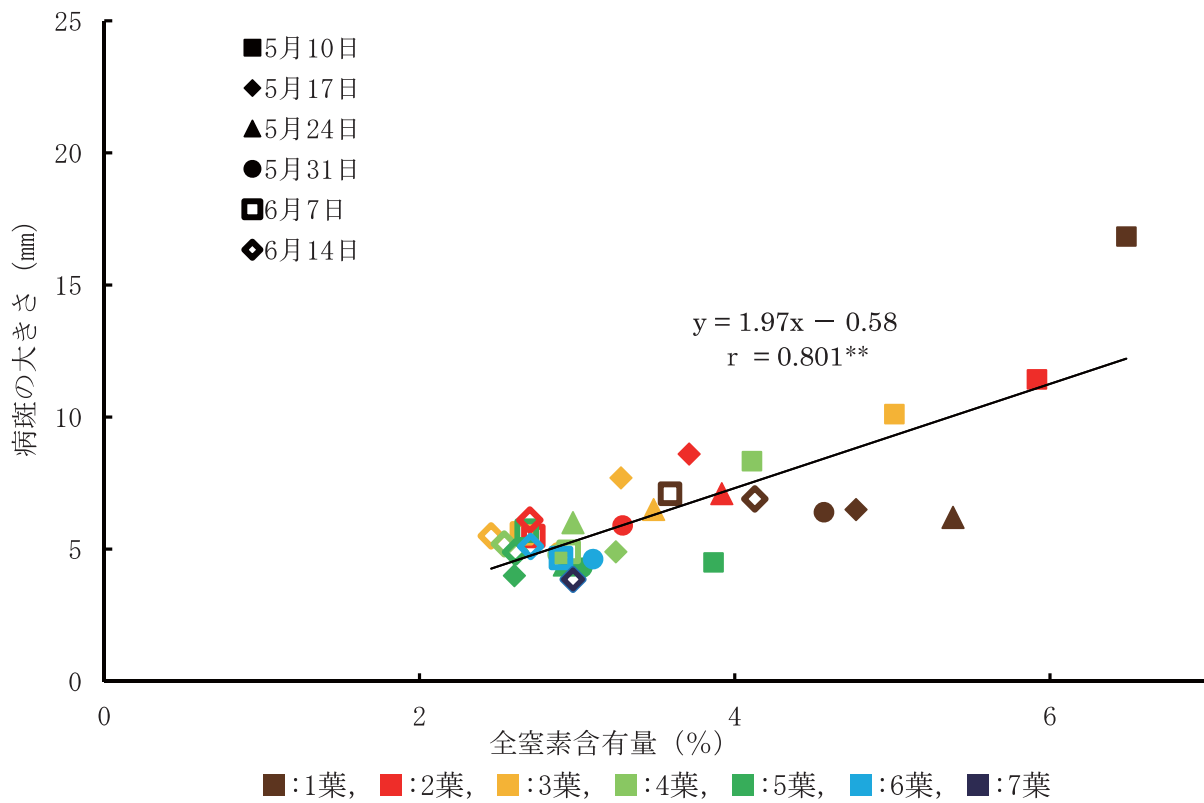


図-4 ‘やぶきた’ における茶葉中の全窒素含有量と赤焼病の病斑拡大の関係
**はF検定の結果、1%水準で有意であることを示す

葉中の全窒素含有量は、上位葉ほど多かった。5月10日は各葉位とも‘やぶきた’の方が含有量は多かったが、他の接種日では、6月7日の第6葉、第7葉を除いて‘静印雑131’の方が、含有量が多かった。‘静印雑

131’の第1葉は全接種日で5%を越えた。5月10日に接種した枝の第1葉は両品種とも全窒素含有量が6%以上で、病斑が大きく拡大した。葉中の全窒素含有量が高いほど、病斑が拡大する傾向が認められた。‘やぶきた’

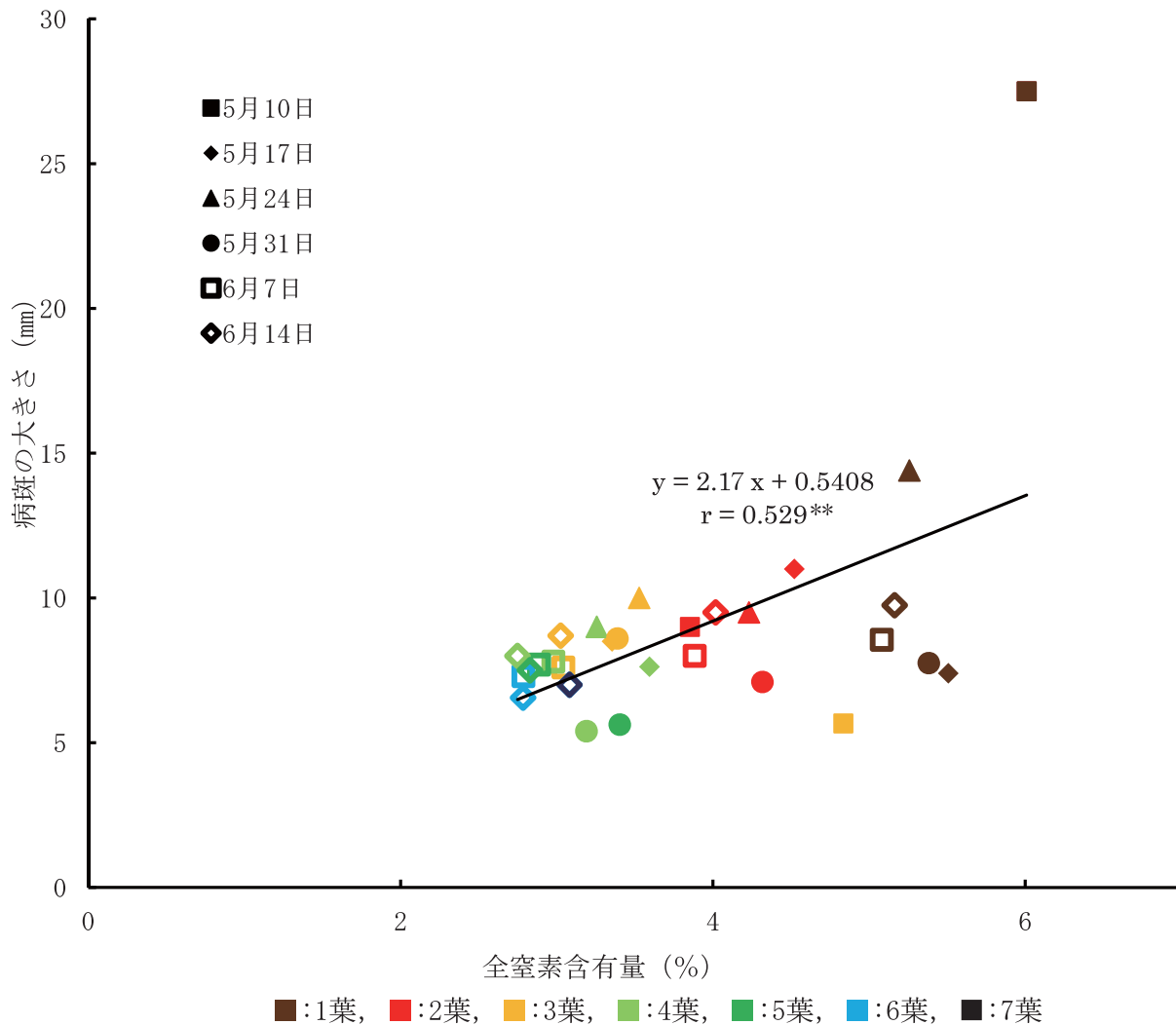


図-5 ‘静印雑 131’における茶葉中の全室素含有量と赤焼病の病斑拡大の関係

**はF検定の結果、1%水準で有意であることを示す

では葉中の全室素含有量が3%以下の場合、6月14日の第2葉を除いて病斑の長さは6mm以下であったが、‘静印雑 131’は7mm以上に拡大する場合がみられた。全室素含有量と病斑の大きさの間には、‘やぶきた’で $r=0.801$ 、‘静印雑 131’で $r=0.529$ と正の相関関係が認められた(図-4, 図-5)。

IV 考 察

本試験では注射器を用いて人工接種を行うことによって、両品種の抵抗性の差を明らかにすることができたが、接種時期、葉位による差も認められた。したがって、これらの要因による影響の解明が必要である。

中生品種‘やぶきた’は日本におけるチャの主要品種で、赤焼病抵抗性は中程度であるが(堀川ら, 1985:池

田ら 2009)、生産者の圃場では激発することもある。一方、極早生品種‘静印雑 131’は赤焼病に特に弱いことが明らかにされている品種である(岡部・後藤, 1957)。野菜茶業研究所内の茶園は、2010年3月30日に大規模な凍霜害を受け(松尾ら, 2010)、その後も低温が続いた。材料を採取した茶園は、自然仕立てのため、所内の弧状仕立ての茶園よりは被害は少なかったが、凍霜害や低温で新芽の伸びが一度停止したため、両品種の生育ステージはほぼ同じであった。一番茶摘採期の5月10日に採取した新芽は、両品種ともやや硬化した程度であり、柔らかい上位葉を用いた場合、病斑が極端に大きく拡大して接種2週間後までに落葉するが多かった。落葉が多い場合は計測できる枚数が少なくなり誤差が大きくなるので、検定に用いる試料は、摘採期を過ぎた硬化した芽あるいは枝が適当であると考えられる。

本試験では、すべての接種時期において‘静印雑 131’の病斑が‘やぶきた’より大きかった。しかし、‘やぶきた’においても、5月10日や5月17日に接種した場合の成熟していない上位葉では病斑が大きく拡大した。

同一接種日では上位葉ほど、人工接種における赤焼病斑が大きく拡大し、同じ葉位では接種日が早いほど病斑が大きい傾向が認められた。同一接種日では遅く展開した上位葉ほど未成熟で全窒素含有量が多く、同じ葉位では接種日が早いほど未成熟で、全窒素含有量が多いことが確認された。これらの結果は、全窒素含有量が多い未成熟な葉で病斑拡大が進むことを示している。また、全窒素含有量を指標の一つとして、茶葉の成熟度を判断することが可能であることが推察された。

窒素肥料の多用が植物の病害感受性の拡大に及ぼす影響については、イネのいもち病をはじめ、古くから研究されてきた（浅川，1987；松山，1975）。チャの他の重要病害である輪斑病の場合、窒素施用量の増加は、一番茶芽で礫耕栽培を行った試験で感染率を増加させたが、圃場試験では感染率、病斑の拡大とも影響を与えなかった（堀川ら 1990）。もう一つの重要病害である炭疽病では、カリ肥料の欠如が発病を助長することが明らかにされているが、窒素施肥量の影響については報告されていない（永田 1954）。これらに対して、宮田ら（2003）は赤焼病に対する防除を行わない条件下では、窒素施肥量が多いと、成葉中の窒素含有量が増加し、赤焼病の病斑数も増加することを明らかにしている。

チャ新芽の全窒素含有量は製茶品質と密接な関係があるため多くの報告があるが、収穫物でない成葉の全窒素含有量についての報告は少ない。一番茶新芽の全窒素含有量は同一の栽培条件であれば‘やぶきた’の方が‘静印雑 131’より多いと考えられる（池田ら，2006）。本試験でも一番茶摘採期に当たる5月10日に採取した試料では、葉の全窒素含有量は各葉位とも‘やぶきた’の方が多かった。しかし5月17日以降に採取した材料では、ほとんどの採取日、葉位で‘静印雑 131’の方が多かった。森田ら（2004）はチャ品種の新芽と成葉の全窒素含有量は相関が認められないことを報告しており、新芽の全窒素含有量が高い品種が、成葉の全窒素含有量が高いとは限らないと考えられる。

‘やぶきた’のような中程度の抵抗性の品種でも、全窒素含有量が6%以上の未熟な葉では病斑が拡大するが、全窒素含有量が3%前後の成熟が進んだ葉では病斑はほとんど拡大しない。一方‘静印雑 131’のような罹病性の品種では、5月10日接種の第1葉は、柔らかくて全

窒素含有量が多く、同日接種の第2葉以下や5月17日以降に接種した第1葉と比べても特に病斑が大きかった。また、‘全窒素含有量が多い場合は‘やぶきた’より病斑が大きく広がり、少ない場合でも病斑が拡大しやすい傾向が確認された。以上のことから全窒素含有量が多い、未成熟な生育ステージでは、抵抗性の強弱に関わらず、茶葉の赤焼病感受性が增大することが明らかである。一方、感受性品種では全窒素含有量が少ない場合でも、病斑拡大が起こることから、赤焼病に対する抵抗性を全窒素含有量だけで説明することはできず、その他の要因について、今後の詳細な解析が必要である。

本試験の結果、葉が未熟で、葉中の窒素含有量が多い条件が赤焼病感受性増大の一因であることが推察された。その要因については窒素成分が直接赤焼病菌の増殖に影響を与えているのか、あるいはチャ成葉の組織や生理的機能に間接的に影響を与えているのか、いくつかの可能性が考えられるが（浅川，1987；松山，1975）今後の説明が必要である。

V 摘 要

注射器を用いた人工接種条件下における赤焼病の病斑拡大と葉の全窒素含有量の関係を調べた。すべての接種日において、‘静印雑 131’が‘やぶきた’より病斑が大きかった。各接種日とも上位葉ほど病斑が大きい傾向がみられたが、葉が成熟するほど上位葉と下位葉の差は小さくなった。葉中の全窒素含有量は上位葉ほど高かった。葉中の全窒素含有量と病斑の大きさとの間には、正の相関関係が見られた。以上の結果から、葉中の全窒素含有量が多い、未成熟なステージの茶葉は赤焼病感受性が高いことが推察された。

引用文献

- 1) 安藤康雄（1988）：霜寒害年におけるチャ赤焼病の激発。野菜・茶試研報，B2，41-45.
- 2) 浅川征男（1987）：窒素肥料と病害発生。化学と生物，25，302-310.
- 3) 洲之上康元・洲之上弘子（2005）：赤焼病。日本のチャの品種，90-91。関東図書株式会社，埼玉。
- 4) 堀川知廣（1985）：静岡県におけるチャ赤焼病の分布，特徴，発生時期および品種間差異。関西病虫研報，27，7-14.
- 5) 堀川知廣・中村充・森田明雄（1990）：窒素，カリウムの施用量がチャ輪斑病の発生に及ぼす影響。静岡茶試研報，15，29-38.
- 6) 池田奈実子・安間舜（2004）：チャ炭疽病抵抗性に関するダイヤレル分析。育種学研究，6，135-141.
- 7) 池田奈実子・堀江秀樹・向井俊博・後藤哲久（2006）：チャ

- 品種の一番茶新芽の化学成分含有量の年次変動. 日作紀, 75, 511-517.
- 8) 池田奈実子・桐明智也・吉田克志 (2009) : チャ赤焼病抵抗性の品種間差. 茶研報, 108 (別), 86-87.
- 9) Kanmiya, K., S. Ueda, A. Kasai, K. Yamashita, Y. Sato and Y. Yoshiyasu (2011): Proposal of new specific status for tea infesting populations of the nominal citrus spiny whitefly *Aleurocanthus spiniferus* (Homoptera; Aleyrodidae). *Zootaxa*, 2797, 25-44.
- 10) 松尾喜義・荒木琢也・岡本毅 (2010) : 2010年3月30日静岡県牧之原地周辺における凍霜害時の茶株面気温と典型的被害事例. 茶研報, 110, 65-73.
- 11) 松山宜明 (1975) : イネいもち病の抵抗性. 化学と生物, 13, 107-109.
- 12) 三輪悦夫・高柳博次・中川致之 (1978) : 葉位別にみた茶葉の化学成分含量. 茶研報, 47, 48-52.
- 13) 宮田裕次・塚本統・淵通則 (2003) : 窒素施肥量が茶樹幼木園のチャ赤焼病発生に及ぼす影響. 長崎総合農林試験報 (農業部門), 29, 65-71.
- 14) 森田明雄・小西茂毅・中村順行・清水絹恵・横田博実 (2004) : チャ品種の育成年度に応じた茶葉中の各種成分含量の変化. 育種学研究, 6, 1-9.
- 15) 永田利美 (1953) : 茶タンソ病に関する研究 (第2報) 発生に及ぼす二, 三の条件について. 茶業技術研究, 9, 15-17.
- 16) 岡部徳夫・後藤正夫 (1957) : 茶樹の赤焼病について. 茶技協講要, 12.
- 17) 静岡県病害虫防除所 (2010) : 平成22年度病害虫発生予察特殊報第1号.
- 18) 武田善行 (2002) : わが国チャ遺伝資源の多様性とその育種への利用に関する研究. 野菜茶研研報, 1, 97-180.
- 19) 瀧川雄一・安藤康雄・浜屋悦次・露無慎二・後藤正夫 (1988) : 1983年, チャに発生した細菌病の病原細菌の同定. 日植病報, 54, 224-228.
- 20) 富濱毅 (2005) : チャ赤焼病の被害許容水準に基づく要防除水準および防除有効水準. 九病虫研会報, 51, 30-35.
- 21) 富濱毅 (2009) : チャ赤焼病の病原細菌の諸形質・生態ならびに防除法に関する研究. 鹿児島総農セ研報 (耕種), 3, 225-282.
- 22) 鳥屋尾忠之・武田善行・松下繁 (1976) : チャ炭疽病抵抗性の品種間差異と遺伝力. 茶技研, 50, 1-8.
- 23) 山下幸司・林田吉王 (2006) : 京都府のチャにおけるミカントゲコナジラミの発生と防除対策. 植物防疫, 60, 378-380.
- 24) 山下幸司・吉安裕 (2010) : チャのミカントゲコナジラミ越冬世代幼虫に対するマシン油乳剤散布による防除効果. 関西病虫研報, 52, 157-159.

Relationship Between Lesion Development and Nitrogen Content and Maturity of Tea Leaves after Artificial Inoculation with the Causal Agent of Tea Bacterial Shoot Blight, *Pseudomonas syringae* pv. *theae*

Namiko Ikeda, Yuhei Hirono and Katsuyuki Yoshida

Summary

Tea bacterial shoot blight caused by *Pseudomonas syringae* pv. *theae* (Pst) is one of the major diseases in tea cultivation in Japan. The bacterial shoot blight resistance of Japanese tea cultivars has not yet been clarified with the exception of that of 'Shizu Inzatsu 131', which has been shown to be extremely susceptible. Because epidemics of bacterial shoot blight occur irregularly, it is difficult to determine disease resistance from field observations. To developing a reliable inoculation assay, we investigated the effects of inoculation date, leaf position, and total nitrogen content of tea leaves on the development of bacterial shoot blight lesions. From 10 May to 28 June 2010, shoots of 'Shizu Inzatsu 131' (susceptible) and 'Yabukita' (moderately resistant) were collected and injected with Pst by using a syringe. The lesions on 'Shizu Inzatsu 131' were larger than those on 'Yabukita' after each inoculation. Lesions on the upper leaves were larger than those on the lower leaves after each inoculation, in each cultivar. Nitrogen content decreased from the upper leaves to the lower ones. There was a significant positive correlation between nitrogen content of tea leaves and lesion size in each cultivar at the 1% level. Total nitrogen content and maturity of tea leaves are among the environmental factors determining susceptibility to bacterial shoot blight.

Accepted; September 30, 2011

Tea Research Division

2769 Shishidoi, Kanaya, Shimada, Shizuoka, 428-8501 Japan

ホウレンソウ可食部のカドミウム濃度に及ぼす 有機質資材施用の影響[†]

菊地 直

(平成 23 年 10 月 24 日受理)

Effect of Organic Material Application on Cadmium Content of Spinach and Cadmium Form in Soil

Sunao Kikuchi

I 緒 言

カドミウム (Cd) は工業製品の生産において重要な金属であるが、人体への毒性が強く、発がん、尿細管障害、呼吸器障害、骨軟化症などの影響を与えることが知られている (加須屋, 1999)。2006 年にコーデックス委員会において、食品中のカドミウム (Cd) 濃度の新たな国際基準値が決定され、野菜の基準値が示された (農林水産省, 2006)。野菜に関する国内基準値は設定されていないが、国内における野菜の Cd 濃度の実態調査では、ホウレンソウ、オクラ、サトイモ等のいくつかの品目において国際基準値を超過する割合が高いとの結果となった (農林水産省, 2002) ことから、野菜の可食部 Cd 濃度低減技術の確立が求められている。

Cd 吸収抑制対策としては、ファイトレメディエーション等による汚染土壌修復、客土等の土木の対策、Cd 低吸収品種の利用、アルカリ資材等 Cd 吸収抑制資材の利用などが想定される。ホウレンソウ等の葉菜類において、客土や天地返しが有効であることがこれまでの研究により示されている (菊地ら, 2005) が、修復対象とする圃場面積やコストの問題からこれらの方法は導入が難しく、Cd 低吸収品種の導入や Cd 吸収抑制資材の施用による対策技術の開発が必要である。Cd 吸収抑制資材としては、主に石灰等のアルカリ資材の施用が一般的であるが、

土壌 pH が低い場合、多量のアルカリ資材が必要となるため、生産コストが高まり、生産者の負担が増す (工藤ら, 2011) ことが懸念される。

厩肥と炭酸カルシウムを併用することによってダイズの Cd 吸収を抑制できること (吉田ら, 2002)、牛ふん堆肥施用によりダイズおよびホウレンソウの Cd 濃度が低下すること (吉川ら, 2009)、また、家畜ふん堆肥等連用土壌では、レタスやハクサイ可食部中のカドミウム濃度は化学肥料連用土壌よりも低くなる (木村ら, 2005) ことが報告されている。家畜ふん堆肥等の有機質資材は、資源循環の観点から積極的な利用が望まれていることから、アルカリ資材を代替・補完する Cd 吸収抑制資材として期待されているが、ホウレンソウ栽培における効果や Cd 濃度レベルの異なる土壌での効果の違い、および単作での施用効果については明らかにされていない。

本研究は、Cd 濃度の異なる土壌を用い、異なる家畜ふんを材料とした有機質資材の単作での施用が、ホウレンソウの可食部 Cd 濃度と土壌中の形態別 Cd 濃度に及ぼす影響を調査し、有機質資材施用による Cd 吸収抑制効果を明らかにすることを目的とした。

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1
野菜生産技術研究領域

† 本報告の一部は、第 27 回根研究集会で講演した。

II 材料および方法

1 供試土壌

中央農業総合研究センター内試験圃場より採取した淡色黒ボク土 (0.1 M 塩酸抽出 Cd 0.11 mg kg^{-1}) と、この淡色黒ボク土と Cd 汚染地区より採取した礫質黄色土 (同 5.75 mg kg^{-1}) を $3:1$ の割合で混合した土壌 (同 0.95 mg kg^{-1}) を供試した。なお、淡色黒ボク土はアロフェン質黒ボク土で腐植含量が高いが、礫質黄色土はカオリン鉱物であるメタハロイサイトを多く含む土壌で腐植が乏しい等、供試した土壌は性質が異なる。

2 栽培方法

施用する有機質資材として牛ふん堆肥、発酵豚ふん、発酵鶏ふんを用いた (表-1)。栽培容器は 5000^{-1} a ワグネルポットを用い、ポットあたり各有機質資材 80 g ($4\text{ t } 10\text{ a}^{-1}$ 相当量)、化成肥料 10 g (スミレ化成 8-8-8, 各 $4\text{ kg } 10\text{ a}^{-1}$ 相当量) を土壌に混合し、ポットに充填 (3.4 L) した。また、有機質資材無施用区として化成肥料 10 g のみを混合した処理区を設けた。有機質資材の施用量は、これまでの研究例 (内藤ら, 2007; 吉田ら, 2004) から Cd 吸収抑制効果が期待できる量に設定した。また、最も窒素含量が低い牛ふん堆肥の窒素肥効を考慮して、化成肥料施用量を決定し、施用する堆肥の種類以外の条件を一定にするため、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥についても同量の化成肥料を施用した。各処理区は3反復とし、播種前の土壌の一部は分析用に供した。土壌を充填したポットに、催芽処理を施したホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L., ‘バレード’) 種子をポットあたり7粒播種し、播種後10日目に2個体に間引きした。脱塩水を適宜灌水しながら、人工気象室内 (日長 12 hr , 光強度 $300\text{ }\mu\text{ mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$, 気温 20°C , 湿度 65%) で栽培を行い、播種後41日目にホウレンソウ地上部および土壌 (収穫後) を採取し、分析に供した。

3 分析方法

1) ホウレンソウ

収穫したホウレンソウ地上部 (可食部) は、枯死葉を取り除き、水道水で土壌等の汚れを洗い流した後、さらに超純水 (Millipore, Milli-Q Gradient で製造) で洗浄し、新鮮重を測定した。 75°C で通風乾燥した後、 50 ml 遠沈管にジルコニアビーズとともに封入し、振とう型粉碎器 (BMS, シェイクマスター) で微粉碎した。植物体試料 1 g に 1 M 硝酸を 20 ml 加えて、 30°C に設定した恒温振とう機で1時間振とうした後、ろ紙 (Advantec, No.6) でろ過し、ホウレンソウ抽出液を得た。抽出液は10倍に希釈し、内部標準としてインジウム標準液を加え、ICP-MS (Perkin Elmer, ELAN 6100 DRC) で Cd 濃度を測定した。なお、 1 M 硝酸抽出法による測定値は、硝酸等の強酸を用いた湿式分解法による測定値と同等の値を示すことが確認されている (八槇, 2009; 伊藤ら, 2010)。

2) 土壌および有機質資材

播種前および収穫後に採取した土壌試料は 2 mm のふるいで篩別し、 pH (H_2O) の測定に供した。篩別した土壌の一部は風乾処理し、 Cd 濃度、全窒素 (T-N) ・全炭素 (T-C) 含量の測定に供した。風乾土 5 g に 25 ml の塩酸 (0.01 M , 0.1 M) を加え、 30°C に設定した恒温振とう機で1時間振とうした後、ろ紙 (Advantec, No.6) でろ過し、抽出液を得た。また、川崎ら (2000) の方法により Cd の逐次抽出を行い、形態別に交換態 (土壌試料に酢酸アンモニウム ($\text{pH} 7$) を加え振とう抽出)、炭酸塩結合態 (交換態 Cd 抽出残渣に酢酸アンモニウム ($\text{pH} 5$) を加え振とう抽出)、鉄・マンガン酸化物結合態 (炭酸塩結合態 Cd 抽出残渣に塩酸ヒドロキシルアミン (0.04 M) と酢酸 (25%) を加え加熱し抽出)、有機態 (鉄・マンガン酸化物結合態 Cd 抽出残渣に硝酸 (0.02 M) と過酸化水素水 (30%) を加え加熱し、放冷

表-1 有機質資材の組成^v

	水分含量 (%)	pH	T-N (%)	T-C (%)	C/N	Cd (mg/kg) ^z
牛ふん ^y	58.0	7.06	1.2	12.6	10.3	n.d.
豚ふん ^x	23.0	8.46	3.3	19.5	9.2	n.d.
鶏ふん ^w	31.9	8.98	2.5	12.8	7.0	0.056

z: 0.1 M 塩酸抽出、定量下限値 0.0001 mg/kg

y: 茨城県畜産センターで糞殻を副資材として堆肥化

x: 茨城県内畜産農家で製造、発酵豚ふん

w: 畜産草地研究所で製造、発酵鶏ふん

v: 現物当たりの値 (水分含量, pHを除く)

表-2 ホウレンソウの生育およびCd濃度に及ぼす有機質資材施用の影響

	地上部新鮮重(g/pot)		Cd濃度(mg/kg F.W.)			乾物率(%)	
	値	標準誤差	値	標準誤差	標準誤差		
黒ボク土 無施用	56.4	(8.3) ^z	a ^y	0.12	(0.005) a	100 ^x	7.7
黒ボク土 牛ふん	78.1	(6.6)	a	0.09	(0.009) b	74	6.4
黒ボク土 豚ふん	77.7	(10.3)	a	0.07	(0.002) b	59	6.2
黒ボク土 鶏ふん	49.8	(1.4)	a	0.08	(0.005) b	73	6.7
混合土 無施用	72.3	(5.9)	a	0.90	(0.151) a	100	6.4
混合土 牛ふん	69.1	(2.7)	a	0.73	(0.112) a	82	6.2
混合土 豚ふん	76.8	(4.1)	a	0.67	(0.077) a	74	7.6
混合土 鶏ふん	59.0	(10.3)	a	0.94	(0.083) a	104	7.1

z:標準誤差(n=3)

y:異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり(Tukey法,各土壌ごと)

x:無施用を100とした場合の相対値(各土壌ごと)

後酢酸アンモニウム(3.2 M)と硝酸(20%)を加え振とう抽出)の抽出液を得た。川崎らの抽出法は Tessier et al. (1979) の方法に準じたもので、微量元素の結合様式に忠実に分別する方法であり、他の方法より画分が細分化されているため、この抽出法を用いた。これらの抽出液はホウレンソウ抽出液と同様に希釈し、ICP-MSでCd濃度を測定した。また、風乾土を乳鉢で磨砕し、元素分析装置(Elementar, Vario-EL)でT-N, T-C含量を測定した。

有機質資材は塊を砕いた後、土壤試料と同様にpHを測定した。篩別・風乾後、土壤と同様の方法で、塩酸抽出Cd濃度、T-N, T-Cの測定を行った。

III 結 果

1 ホウレンソウのCd濃度

ホウレンソウ地上部のCd濃度は、黒ボク土の場合、有機質資材無施用区では0.12 mg kg⁻¹であったのに対し、有機質資材施用区では、0.1 mg kg⁻¹未満と低かった(表-2)。牛ふん施用区、豚ふん施用区、鶏ふん施用区の間統計的な差は認められなかったが、豚ふん施用区におけるCd濃度が低い傾向を示し、無施用区におけるCd濃度の59%となった。混合土では、無施用区と比べて統計的な差は認められなかったものの、牛ふん施用

区と豚ふん施用区においてCd濃度が低い傾向がみられ、豚ふん施用区では無施用区の74%となった。地上部新鮮重は、各土壌とも処理区間の差は認められなかった。

2 土壤pH, 土壤T-C含量および土壤Cd濃度

播種前の土壤pHは、両土壌とも無施用区と比べて、豚ふん施用区および鶏ふん施用区で高い傾向がみられた(表-3)。収穫後の土壤pHは、両土壌とも、どの処理区においても、播種前と比べ低下した。混合土の場合、収穫後の土壤pHは、豚ふん施用区および鶏ふん施用区では、無施用区や牛ふん施用区と比べて高かったが、黒ボク土では、牛ふん施用区でやや低い傾向であった(表-4)。

黒ボク土では、豚ふん施用区と鶏ふん施用区で播種前の土壤T-C含量が高く、収穫後も同様に豚ふん施用区と鶏ふん施用区で高かった(表-3, 4)。一方、混合土では処理間差は認められなかったが、豚ふん施用区と鶏ふん施用区で高い傾向がみられた。

播種前土壤の塩酸抽出Cd濃度は、0.01 M, 0.1 Mのどちらの濃度で抽出した場合でも、有機質資材施用区と無施用区の差はみられなかった。逐次抽出Cd濃度は、混合土の場合、有機質資材施用区で交換態Cd濃度が低く、黒ボク土で豚ふん施用区と鶏ふん施用区で炭酸塩結合態Cd濃度が高い傾向が見られたものの、両土壌とも、

表-3 土壤pHおよび土壤Cd含量に及ぼす有機質資材施用の影響(播種前)^w

	pH	T-C (%)	Cd含量(mg/kg)														
			0.01M塩酸		0.1M塩酸		交換態										
			値	標準誤差	値	標準誤差	1 ^z	2	3	4							
黒ボク土 無施用	6.3	(0.01) ^y	b ^x	4.8	(0.02) b	0.005	(0.002) a	0.11	(0.003) a	0.016	(0.002) a	0.053	(0.001) b	0.29	(0.01) a	0.070	(0.006) a
黒ボク土 牛ふん	6.3	(0.02)	b	4.9	(0.01) b	0.008	(0.005) a	0.10	(0.002) a	0.016	(0.001) a	0.058	(0.001) b	0.33	(0.02) a	0.061	(0.003) a
黒ボク土 豚ふん	6.4	(0.01)	ab	5.4	(0.02) a	0.004	(0.002) a	0.09	(0.003) a	0.018	(0.002) a	0.084	(0.002) a	0.30	(0.01) a	0.058	(0.006) a
黒ボク土 鶏ふん	6.7	(0.02)	a	5.2	(0.09) a	0.003	(0.000) a	0.09	(0.012) a	0.015	(0.001) a	0.081	(0.001) a	0.28	(0.02) a	0.066	(0.002) a
混合土 無施用	6.5	(0.03)	b	4.2	(0.10) a	0.011	(0.001) a	0.95	(0.006) a	0.152	(0.007) a	0.624	(0.047) a	2.67	(0.32) a	0.243	(0.015) a
混合土 牛ふん	6.5	(0.01)	b	4.2	(0.17) a	0.009	(0.001) a	0.92	(0.019) a	0.133	(0.004) b	0.588	(0.011) a	2.22	(0.09) a	0.254	(0.023) a
混合土 豚ふん	6.7	(0.04)	a	4.7	(0.11) a	0.009	(0.002) a	0.98	(0.134) a	0.123	(0.002) b	0.558	(0.023) a	2.10	(0.20) a	0.233	(0.018) a
混合土 鶏ふん	6.7	(0.04)	a	4.4	(0.05) a	0.006	(0.001) a	1.09	(0.016) a	0.120	(0.002) b	0.614	(0.051) a	2.27	(0.05) a	0.269	(0.021) a

z:1交換態, 2炭酸塩結合態, 3鉄・マンガノ酸化物結合態, 4有機態

y:標準誤差(n=3)

x:異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり(Tukey法,各土壌ごと)

w:乾土当たりの値(pHを除く)

表-4 土壌 pH および土壌 Cd 濃度に及ぼす有機質資材施用の影響 (収穫後)^v

	pH	T-C (%)	Cd濃度(mg/kg)					
			0.01M 塩酸	0.1M 塩酸	1 ^z	2	3	4
黒ボク土 無施用	6.1 (0.03) ^y ab ^s	4.7 (0.03) c	0.001 (0.0003) a	0.11 (0.002) a	0.018 (0.000) a	0.055 (0.002) b	0.29 (0.00) a	0.063 (0.002) a
黒ボク土 牛ふん	6.0 (0.04) b	4.9 (0.01) bc	0.002 (0.0008) a	0.10 (0.002) a	0.017 (0.001) a	0.055 (0.001) b	0.29 (0.01) b	0.065 (0.004) a
黒ボク土 豚ふん	6.1 (0.02) ab	5.3 (0.01) a	0.000 (0.0003) a	0.10 (0.001) a	0.015 (0.000) ab	0.057 (0.002) b	0.26 (0.00) bc	0.060 (0.002) a
黒ボク土 鶏ふん	6.1 (0.01) a	5.1 (0.09) ab	n.d. ^w	0.09 (0.001) b	0.013 (0.001) b	0.069 (0.001) a	0.26 (0.01) c	0.059 (0.001) a
混合土 無施用	6.0 (0.02) b	4.0 (0.11) a	0.015 (0.0005) a	1.33 (0.034) a	0.191 (0.003) a	0.713 (0.043) a	2.42 (0.15) a	0.295 (0.022) a
混合土 牛ふん	6.0 (0.00) b	4.1 (0.18) a	0.014 (0.0007) a	1.28 (0.068) a	0.189 (0.014) a	0.746 (0.014) a	2.48 (0.05) a	0.284 (0.028) a
混合土 豚ふん	6.2 (0.03) a	4.5 (0.11) a	0.008 (0.0011) b	1.19 (0.065) a	0.165 (0.031) a	0.734 (0.085) a	2.46 (0.21) a	0.341 (0.010) a
混合土 鶏ふん	6.3 (0.05) a	4.3 (0.06) a	0.008 (0.0013) b	1.14 (0.030) a	0.153 (0.003) a	0.777 (0.021) a	2.31 (0.01) a	0.339 (0.027) a

z:1交換態, 2炭酸塩結合態, 3鉄・マンガ酸化物結合態, 4有機態

y:標準誤差(n=3)

x:異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり(Tukey法, 各土壌ごと)

w:定量下限値0.0001mg/kg

v:乾土当たりの値(pHを除く)

その他の形態の Cd 濃度には処理区間の差は認められなかった (表-3)。収穫後の黒ボク土において, 0.1 M 塩酸抽出 Cd 濃度は播種前とほぼ同じ値を示したが, 0.01 M 塩酸抽出 Cd 濃度は, どの処理区においても減少した (表-4)。鶏ふん施用区では, 他の処理区と比べて交換態 Cd と鉄・マンガ酸化物結合態 Cd で低く, 炭酸塩結合態 Cd が高い傾向となった。混合土の場合, 豚ふん施用区と鶏ふん施用区で, 0.01 M 塩酸抽出 Cd 濃度が他の処理区よりも低い値を示した (表-4)。逐次抽出 Cd 濃度については, 処理区間の差は認められなかったものの, 豚ふん施用区と鶏ふん施用区で交換態 Cd 濃度が低く, 有機態 Cd 濃度が高い傾向がみられた。混合土を調製する際は, できるだけ均一になるよう攪拌作業を十分に行ったが, 黒ボク土と比べて土壌 Cd 濃度のばらつきは大きかった。

3 土壌 Cd 濃度と土壌 pH の相関

黒ボク土における塩酸抽出 Cd 濃度, 逐次抽出 Cd 濃度と土壌 pH との相関係数は, 最も高いものでも-0.512 であり, 全体的に相関は低かった (図-1)。混合土では, 0.01 M 塩酸抽出 Cd 濃度, 0.1 M 塩酸抽出 Cd 濃度および交換態 Cd 濃度と土壌 pH において高い負の相関関係が認められ, 相関係数はそれぞれ-0.935, -0.799, -0.730 であった (図-2)。

4 土壌 Cd 濃度と土壌 T-C 含量の相関

黒ボク土では, 炭酸塩結合態 Cd を除き, 収穫時の土壌の T-C 含量と Cd 濃度間に負の相関関係が認められたが, 鉄・マンガ酸化物結合態 Cd 以外の Cd 濃度との相関は全般に低かった (図-3)。混合土では, 塩酸抽出 Cd 濃度と交換態 Cd 濃度において, T-C 含量との間に負の相関関係がみられ, 特に 0.01 M 塩酸抽出 Cd 濃

度と T-C 含量の相関が高かった (図-4)。

5 土壌 Cd 濃度とハウレンソウ Cd 濃度の相関

黒ボク土では, ハウレンソウ Cd 濃度と鉄・マンガ酸化物結合態 Cd 濃度との間に比較的高い正の相関がみられたが, 塩酸抽出 Cd およびその他の形態別 Cd 濃度との相関は低かった (図-5)。混合土では, ハウレンソウ Cd 濃度と土壌 Cd 濃度との相関は低かった (図-6)。土壌 Cd 濃度の評価に用いられることが多い 0.1 M 塩酸抽出による Cd 濃度は, どちらの土壌においてもハウレンソウ Cd 濃度との相関は非常に低かった。

IV 考 察

ハウレンソウは野菜の中でも Cd 濃度が高まりやすい品目であるため (Davis, 1984; Wiersma et al., 1986; 農林水産省, 2002; 菊地ら, 2005), Cd 濃度低減技術の確立が急務となっている。本研究では, ポット栽培試験の結果ではあるが, ハウレンソウの Cd 濃度は, 土壌 Cd 濃度が 0.11 mg kg⁻¹ の黒ボク土で 0.12 mg kg⁻¹, 0.95 mg kg⁻¹ の混合土では 0.90 mg kg⁻¹ と高い値となった (表-2)。野菜の Cd 濃度低減対策として, 客土や天地返しが有効であることが示されている (菊地ら, 2005) が, 野菜生産圃場は, 「農用地の土壌の汚染防止に関する法律」の対象外であるため, これらの方法による対策は実施されていない。また, 湛水により土壌中の Cd を不可給化する事が容易な水田と異なり, 野菜畑では, その他の耕種的技術で対応する必要があり, Cd 低吸収品種への転換 (佐野ら, 2005; 伊藤ら, 2010; 茨城県, 2005) や, 土壌 pH の調整による Cd 吸収抑制等についてこれまで検討されてきた。土壌 pH と野菜の Cd 濃度との関係については, Cd 汚染圃場より採取した

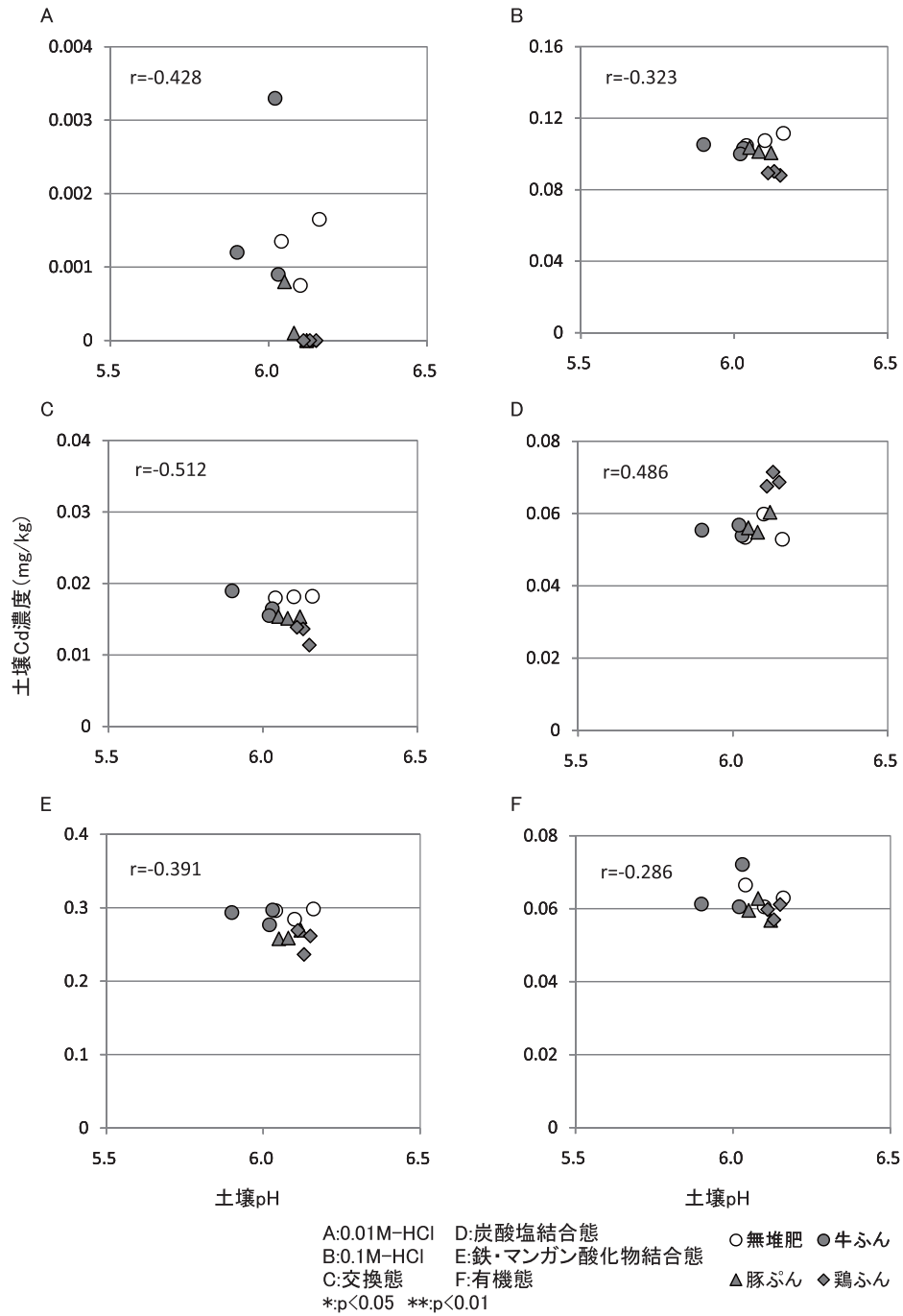


図-1 収穫後の土壌 pH と土壌 Cd 濃度の相関 (黒ボク土)

野菜の可食部 Cd 濃度は高 pH 土壌で低くなる傾向が認められること (菊地ら, 2005), アルカリ資材施用による土壌 pH 矯正は, キャベツやハクサイの可食部 Cd 濃度低減に一定の効果が得られること (桑名ら, 2005) が示されている. 一方, 堆肥を連用した圃場や腐植を多く含む黒ボク土では, 土壌 Cd 濃度が高い場合でも作物の Cd 濃度が高くなりにくいことが報告されている (木村ら, 2002; 砂川ら, 2008; 吉川ら, 2009). 本研究にお

いても, 家畜ふんを原料とする有機質資材の施用により, ホウレンソウ地上部の Cd 濃度が, 2~4 割程度低減する傾向が認められた (表-2). 特に Cd 濃度が低い黒ボク土で効果が高く, 資材では豚ふんの施用効果が高い傾向となった. しかし, Cd 濃度の高い土壌の場合, 有機質資材を施用してもホウレンソウ Cd 濃度は依然高い値となるため, 有機質資材施用だけでなく, Cd 低吸収品目・品種の選択や, 場合によっては客土等を組み合わせる必

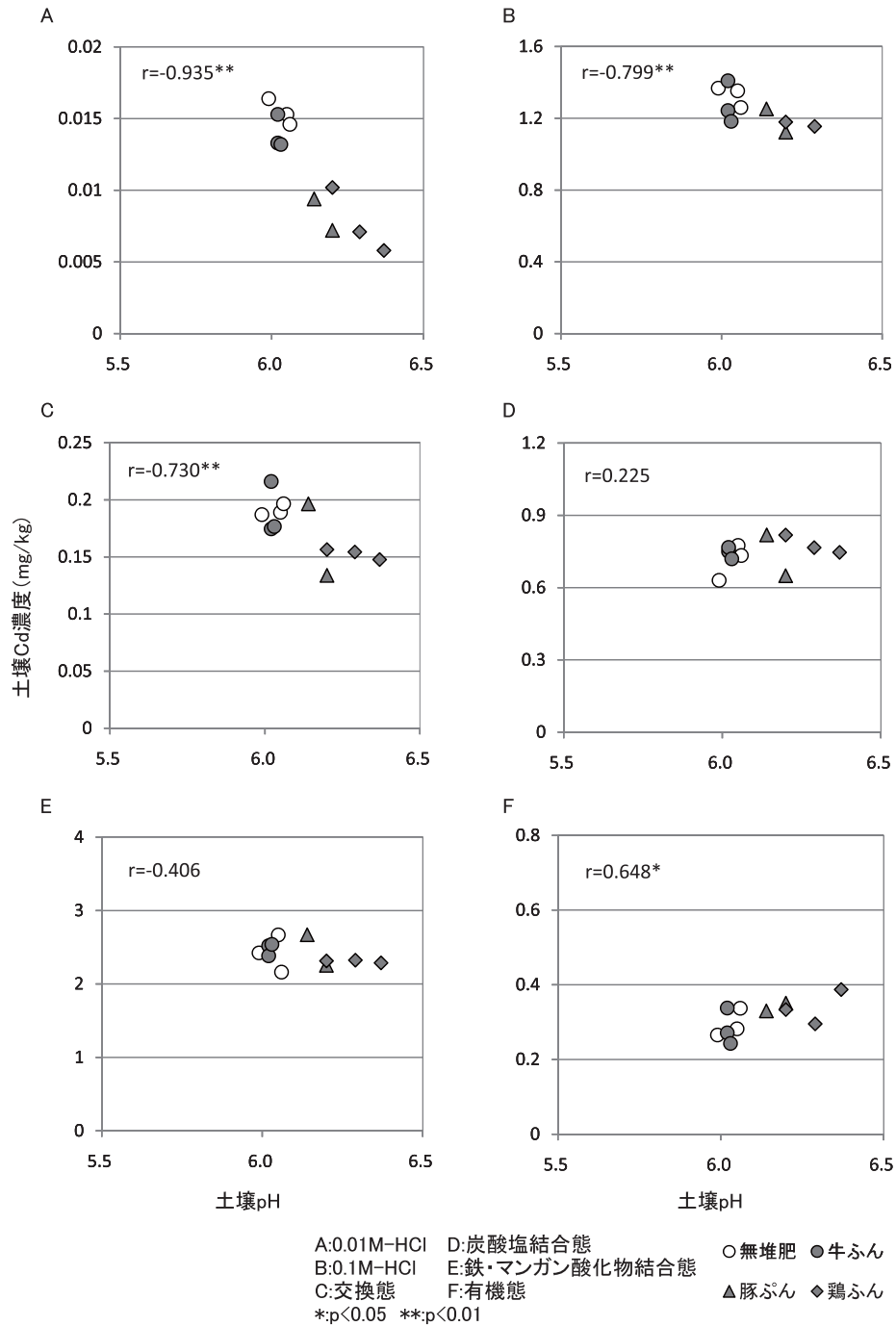


図-2 収穫後の土壌 pH と土壌 Cd 濃度の相関 (混合土)

要がある。

土壌 pH と土壌 Cd の関係については、Cd 濃度が高い混合土では、土壌 pH の上昇により、0.01 M 塩酸、0.1 M 塩酸、交換態 (酢酸アンモニウム (pH 7) 抽出) といった植物に吸収されやすい形態の Cd 濃度が低下することが示された (図-2)。一方、Cd 濃度の低い黒ボク土では同様の傾向はみられたものの、その関係は明瞭ではなかった (図-1)。また、酢酸アンモニウム (pH

5) で抽出される炭酸塩結合態 Cd 濃度は、pH が低くなるほど増加すると推定されたが、今回の試験では明確な関係は認められなかった (図-1, 2)。

木村ら (2005)、吉川ら (2009) は、堆肥等有機質資材の施用により、土壌に炭素を供給すると土壌中の交換態 Cd 濃度が減少し、有機態 Cd 濃度が増加すると報告している。本試験では、豚ふん施用区と鶏ふん施用区で T-C 含量が増加し、T-C 含量と交換態 Cd 濃度に負の相

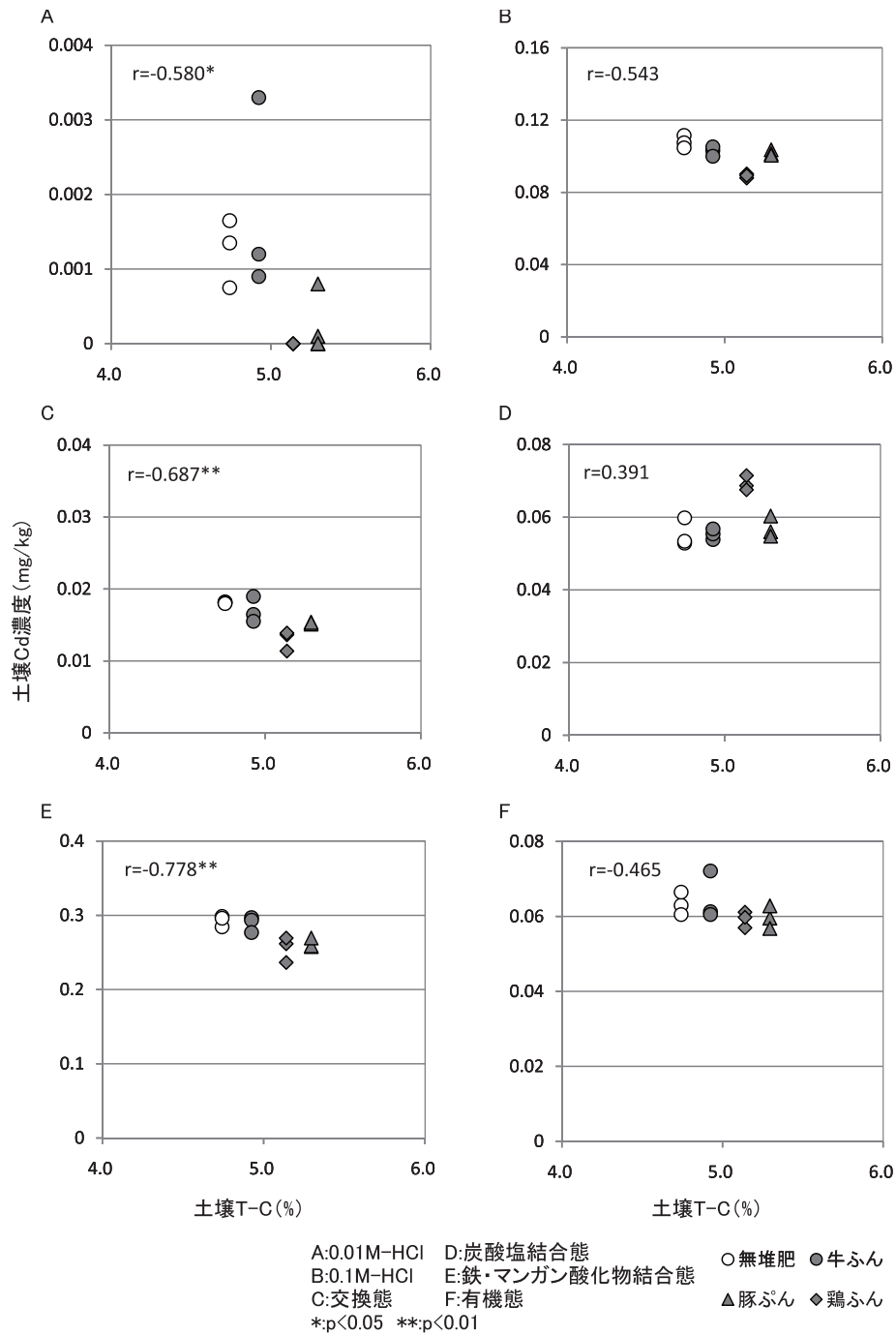


図-3 収穫後の土壤炭素含量と土壤Cd濃度の相関（黒ボク土）

関が認められたが、有機態Cd濃度との相関は低かった（表-3, 4, 図-3, 4）。混合土の場合、豚ふんおよび鶏ふん施用では、無施用区よりも有機態Cd濃度が高くなる傾向がみられたことから（表-4）、有機態化はある程度促進された可能性があるかと推察された。本試験において、既報告と異なり土壤中のCd形態の明確な変化がみられなかった理由としては、有機質資材を連用した圃場とは異なり、単作での資材施用のため、土壤中のCd形

態の変化が小さかったこと、Cd形態が変化しやすいと推定される塩化カドミウム添加土壌を用いた吉川ら（2009）の試験と異なり、自然またはそれに近い土壌を用いたためであると推察される。

今回用いた資材の中で豚ふんの施用効果が高い傾向となったのは、使用した豚ふんのpHとT-C含量が高かったため（表-1）、相乗的な効果で可給態Cd濃度が低下したことが原因であると推定される。したがって、副資

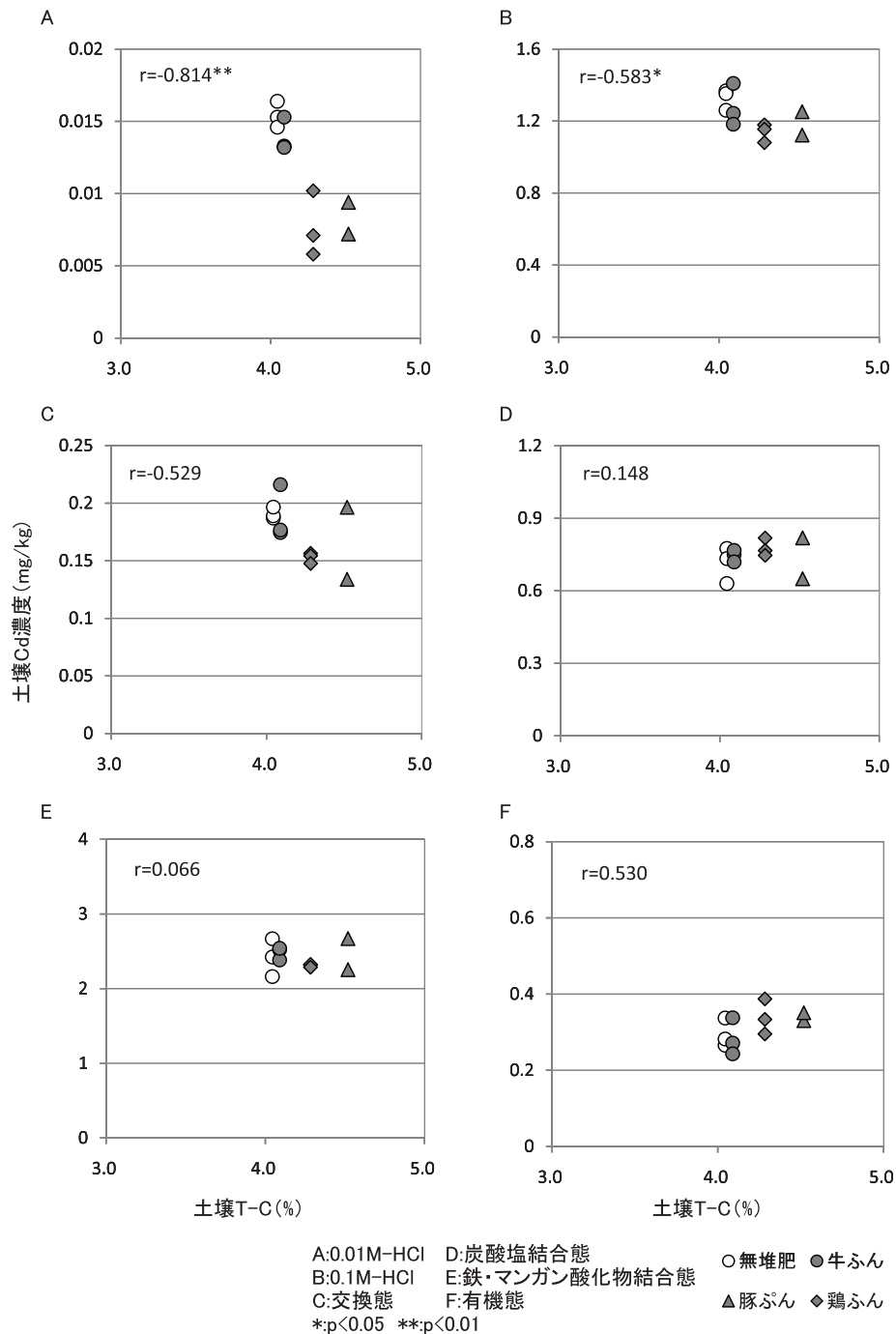


図-4 収穫後の土壤炭素含量と土壤Cd濃度の相関(混合土)

材の種類や添加量、資材の調製方法を検討し、炭素含量とpHが高い資材を選択・製造し、利用することにより、高い吸収抑制効果が得られる可能性がある。

有機質資材施用によるpHの上昇および土壤中の有機態Cd濃度の増加による可給性の高いCd(0.01M塩酸、交換態)濃度の減少は、ハウレンソウCd濃度を低下させると推察される。しかし、本試験では、これらの土壤Cd濃度とハウレンソウCd濃度の間には明確な関係は

認められなかった。吉川ら(2009)は、交換態Cd濃度がハウレンソウの吸収するCd形態であるとしているが、砂川ら(2008)の報告では、多くのハウレンソウ品種は交換態Cdが主たる吸収形態であるが、いくつかの品種では交換態以外の形態のCdも吸収している可能性があることを指摘している。本試験で使用した‘パレード’は、比較的Cdを吸収しやすい品種であるため(茨城県, 2005), 可給性が高いCdだけではなく、相関関係は認

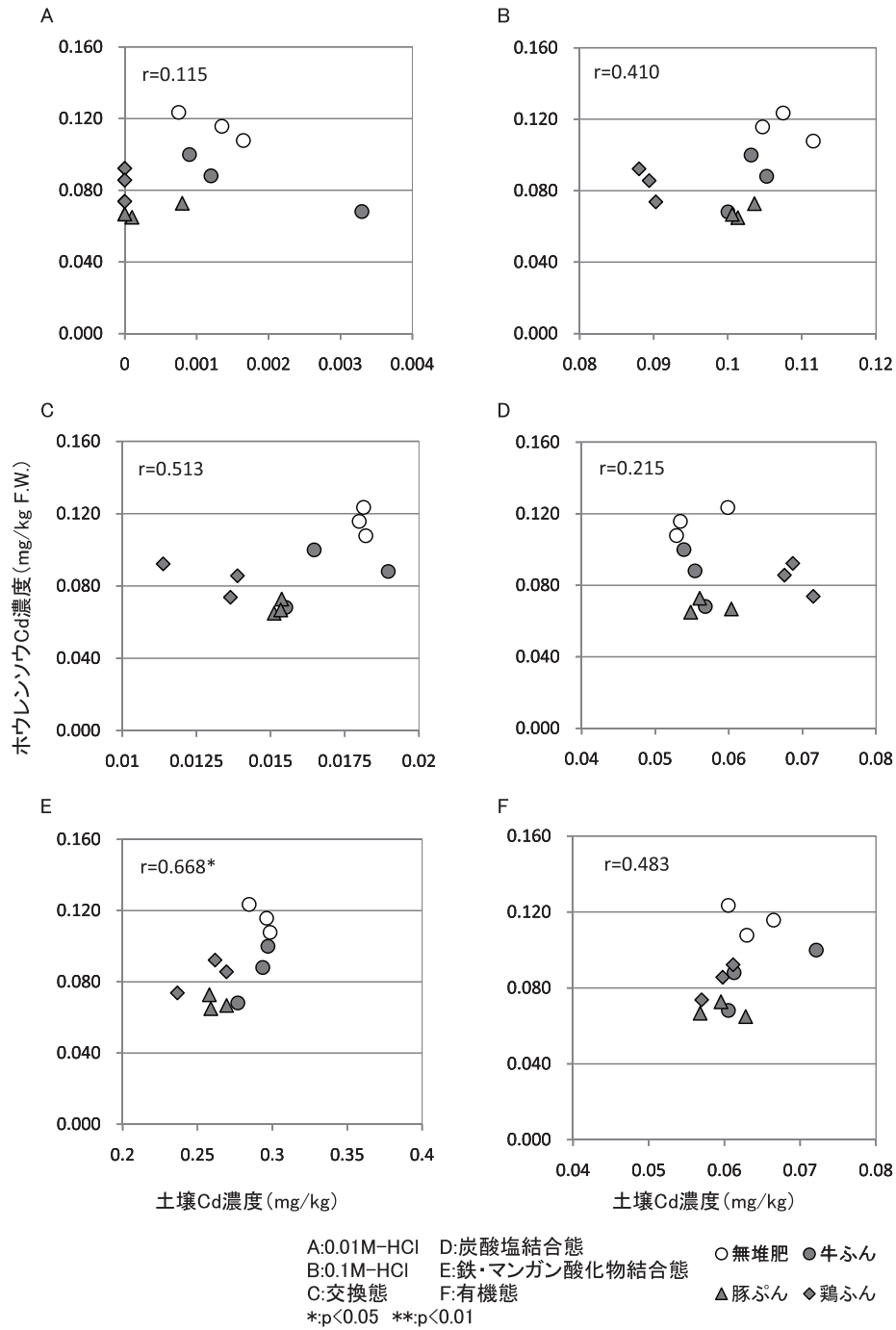


図-5 収穫後の土壌 Cd 濃度とホウレンソウ Cd 濃度の相関 (黒ボク土)

められなかったものの、炭酸塩結合態や鉄・マンガン酸化物結合態などの可給性が低いとされる形態からも Cd を一部吸収したため、吸収形態が明確とならなかった可能性がある。

0.1 M 塩酸抽出 Cd は、作物体の Cd 濃度との相関が低いという報告は多く (吉田ら, 2004; 吉住ら, 2009), 本試験でもこれらの報告と同様に相関は認められなかった (図-5 B, 6 B)。また, 0.1 M 塩酸抽出に代わる方法

として 0.01 M 塩酸抽出 Cd が可給態 Cd の評価に利用されつつあるが, こちらについても相関は認められなかった (図-5 A, 6 A)。ホウレンソウの吸収する Cd 形態を明らかにするためには, 新たな抽出方法を検討する必要があり, 吸収形態を正確に把握することにより, Cd 吸収抑制の効率を向上させることができると思われる。

以上より, 本研究では, ホウレンソウが吸収する土壌中の Cd 形態および有機質資材施用による Cd 吸収抑制

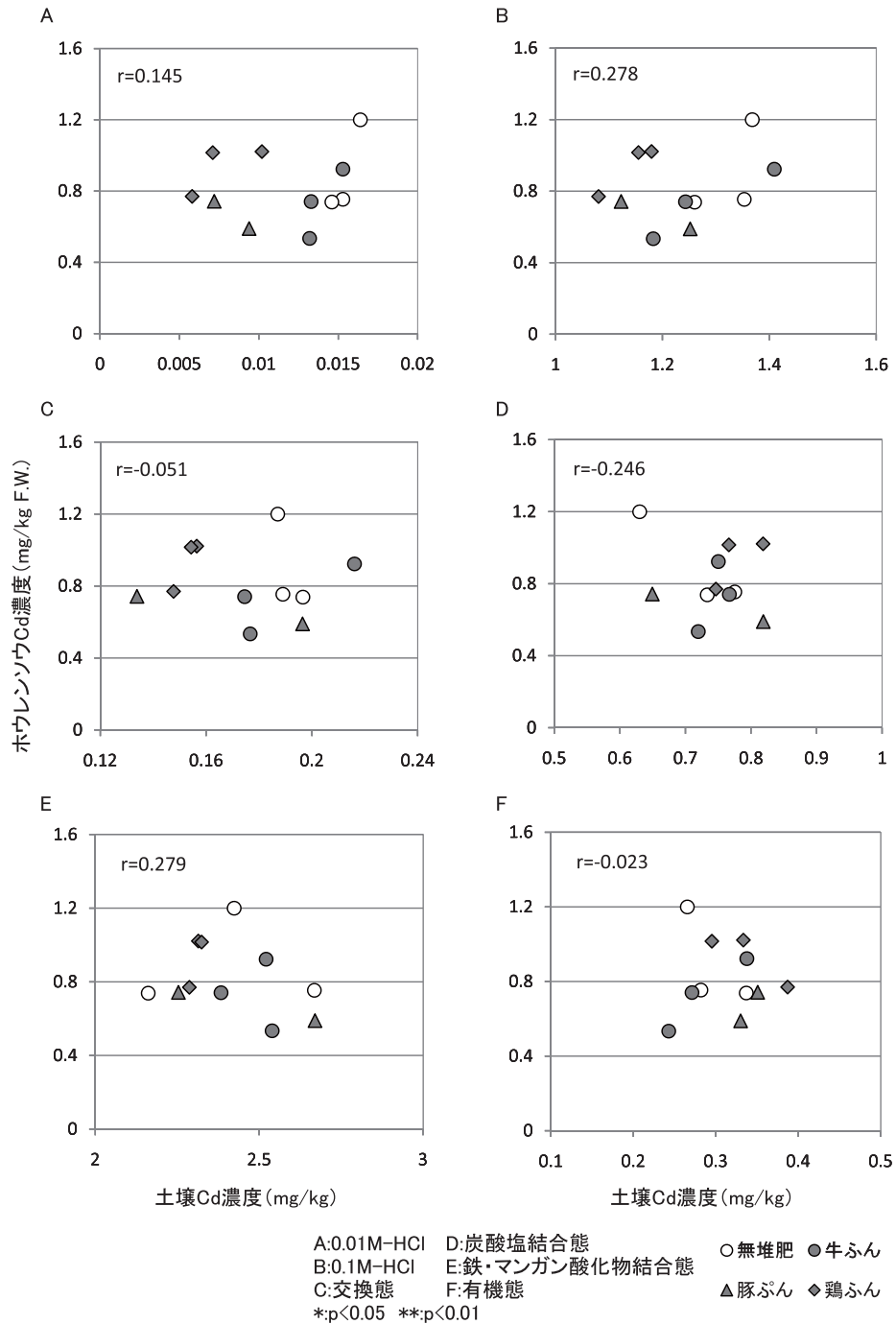


図-6 収穫後の土壌 Cd 濃度とホウレンソウ Cd 濃度の相関 (混合土)

の機構を解明することはできなかったが、単作での有機質資材施用でも土壌 pH と土壌 T-C 含量を高め、ホウレンソウの Cd 濃度を低減できる可能性を明らかにした。今後は、Cd 吸収抑制効果の高い有機質資材の選定・製造や施用方法、土壌種ごとの効果を明らかにすることにより、省力的かつ低コストの Cd 吸収抑制技術の開発の進展が期待される。

V 摘 要

ホウレンソウ単作での有機質資材施用による Cd 吸収抑制効果を明らかにすることを目的として、Cd 濃度の異なる土壌 (黒ボク土, 混合土) と、家畜ふんを材料とした有機質資材 (牛ふん堆肥, 発酵豚ふん, 発酵鶏ふん) を用い、ホウレンソウの可食部 Cd 濃度と土壌の形態別 Cd 濃度に及ぼす影響をポット栽培試験により調査した。

有機質資材の施用により、ホウレンソウの可食部 Cd 濃度は低減化の傾向を示し、特に豚ふん施用の効果が高い傾向があった。土壌 pH と土壌 T-C 含量は、有機質資材施用で高まる傾向を示し、土壌 pH の上昇と土壌 T-C 含量の増加に伴い、土壌中の可給性の高い Cd が減少する傾向が認められた。土壌 Cd 濃度とホウレンソウ Cd 濃度の間には明確な関係は認められなかったが、単作での有機質資材施用でも、ホウレンソウの Cd 吸収抑制の効果が期待できることが示唆された。

引用文献

- 1) Davis, R.D. (1984) : Cadmium - a complex environmental problem. Part II. Cadmium in sludges used as fertilizer. *Experientia*, **40**, 117-126.
- 2) 伊藤純雄, 菊地直, 加藤直人 (2010) : ホウレンソウ類のカドミウム吸収に関わる品種間差の生育条件による変動とそれに基づく吸収程度の相対的序列の推定. 中央農研研究報告, **14**, 1-15.
- 3) 加須屋実 (1999) : イタイタイ病を頂点とするカドミウムの人体影響に関する研究の予防と対策における進歩と成果. 能川・倉知・加須屋編, カドミウム環境汚染の予防と対策における進歩と成果, 115-119, 栄光プリント, 金沢.
- 4) 川崎晃, 木村龍介, 新井重光 (2000) : 廃水処理汚泥中の微量元素の存在形態. 農環研資料, **25**, 1-94.
- 5) 菊地直, 山崎浩道, 木村武, 宮地直道, 村上弘治 (2005) : 野菜のカドミウム濃度に対するカドミウム吸収抑制技術の効果. 野菜茶研研報, **5**, 25-32.
- 6) 木村武, 石岡巖, 渋谷加代子 (2002) : 豚ふん堆肥連用土壌における葉菜類のカドミウム吸収抑制. 平成 14 年度関東東海北陸農業研究成果情報.
- 7) 木村武, 佐野健人, 石岡巖 (2005) : 家畜ふん堆肥による化学肥料代替は葉菜類のカドミウム濃度を低減する. 平成 17 年度関東東海北陸農業研究成果情報.
- 8) 工藤一晃, 吉住佳与, 戸上和樹, 青木和彦, 三浦憲蔵 (2011) : 苦土石灰のうね内部分施用による野菜可食部のカドミウム濃度低減化の要因. 土肥誌, **82** (1), 41-44.
- 9) 桑名健夫, 桐村義孝, 清水克彦, 望月証, 津高寿和, 吉倉惇一郎 (2005) : 露地畑における野菜のカドミウム吸収抑制技術の開発. 農用地土壌から農作物へのカドミウム吸収抑制技術等の開発に関する研究. 研究成果シリーズ **434**, 71-75.
- 10) 内藤健二, 佐藤賢一 (2007) : 家畜ふん堆肥施用によるカドミウム, 亜鉛の作物への影響とその要因. 埼玉農総研研報, **7**, 6-13.
- 11) 砂川匡, 袖垣一也, 安田雅晴, 沢野定憲 (2008) : ホウレンソウのカドミウム吸収特性の解明と含量予測技術の開発. 岐阜農技センター研報, **8**, 25-33.
- 12) 佐野健人, 松本栄一, 中村憲治 (2005) : ホウレンソウのカドミウム吸収能に関する品種間差異のほ場における検証 (2). 農用地土壌のカドミウムによる農作物汚染リスク予測技術の開発に関する研究, 84-87.
- 13) Tessier, A., P. G. C. Campbell, M. Bisson (1979): Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. *Anal. Chem.* **51** (7), 844-851.
- 14) 八槇敦 (2009) : 農作物中重金属等多元素の硝酸抽出・ICP 発光分析法. 平成 21 年度関東東海北陸農業研究成果情報.
- 15) 吉田光二, 杉戸智子 (2002) : 有機物資材を利用したダイズのカドミウム吸収抑制技術. 平成 14 年度「新しい研究成果-北海道地域-」, 141-144.
- 16) 吉田光二, 杉戸智子 (2004) : 作物吸収と相関の高い土壌カドミウム (Cd) の測定法. 平成 16 年度北海道農業研究成果情報.
- 17) 吉川那々子, 瀧勝俊 (2009) : 牛ふん堆肥等有機質資材施用による農作物のカドミウム濃度低減効果の解明. 愛知農総試研報, **41**, 29-34.
- 18) 吉住佳与, 戸上和樹, 工藤一晃, 青木和彦, 三浦憲蔵 (2009) : ダイズ子実カドミウム濃度と相関の高い土壌抽出法 : 土壌タイプ別の検討. 土肥誌講演要旨集, (55), 180, 09-15.
- 19) Wiersma, D., Berend J. G. and Nicolaas G. V. (1986): Cadmium, lead, arsenic concentrations in crops and corresponding soils in The Netherlands. *J. Agr. Food Chem.*, **34**, 1067-1074.
- 20) 農林水産省 (2002) : 農産物等に含まれる野菜のカドミウムの実態調査について. http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/cyosa/pdf/vegetables.pdf
- 21) 農林水産省 (2006) : 食品中のカドミウムに関する国際基準値. http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/kizyunti/index.html.
- 22) 茨城県農業総合センター農業研究所 (2005) : ホウレンソウのカドミウム濃度の品種間差異と制御・推定法の実用性. <http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/noken/seika/H16%20PDF/30.pdf>.

Effect of Organic Material Application on Cadmium Content of Spinach and Cadmium Form in Soil

Sunao Kikuchi

Summary

Reduction of the cadmium (Cd) content of vegetables is important for food safety and vegetable production in Japan. I examined the effects of three kinds of organic material (composted cow, pig or chicken manures) on the Cd content of spinach and on the dynamics of Cd forms in the soil. I used an Andosol and a mixed soil (a mixture of Andosol and Cd-contaminated Yellow Soil) for the experiment. I planted the spinach in pots filled with the soil, into which I had mixed the organic material (23.5 g L^{-1}), and then grew the plants in an incubator for 41 days. Control pots received no organic material. After harvest, I analyzed the spinach Cd content, soil pH, and soil total carbon (T-C) content, as well as the soil concentration of Cd extracted by using different methods.

1. The Cd content of the spinach planted with organic Pig manure application appeared to be the most effective for reducing spinach Cd content.
2. The pH values of the soils to which organic materials had been applied remained high. The amount of available Cd (0.01 M HCl extracted form and exchangeable form) in the soil was reduced by the application of composted pig or chicken manure.
3. Negative correlations between soil pH and available soil Cd content were observed. Similarly, there were negative correlations between soil T-C and available soil Cd. There were no correlations between soil pH or soil T-C and the content of other Cd forms.
4. There were no correlations between soil Cd content and spinach Cd content.

These results indicated that application of organic materials could sustain pH levels and increase T-C content. It also reduced the available Cd content of the soil. This suggests that application of organic material (especially composted pig manure) efficiently reduces the risk of Cd contamination in spinach production.

野菜茶業研究所研究報告 第11号

2012年（平成24年）2月28日 発行

発行者 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜茶業研究所 所長 望月 龍也

〒514-2392 三重県津市安濃町草生 360

360 Kusawa, Ano, Tsu, Mie, 514-2392 Japan

Tel (050) 3533-3861 (情報広報課)

Fax (059) 268-3124

URL <http://vegetea.naro.affrc.go.jp/>

印刷所 伊藤印刷株式会社 三重県津市大門32-13