

No.33  
June, 2011

BULLETIN OF  
MIE PREFECTURE AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

# 三重県農業研究所報告

第 33 号

平成23年6月

三重県農業研究所

三重県松阪市嬉野川北町530

# 三重県農業研究所報告

第 33 号

平成23年6月

## 目 次

三重県で栽培されるコムギ品種の赤かび病抵抗性 黒田克利・鈴木啓史 .....	1
三重県東紀州地域におけるアテモヤの栽培適応性 第3報 アテモヤ品種‘ピンクス・マンモス’および‘ヒラリー・ ホワイト’の開花時期ならびに人工受粉の時間帯が結実に及ぼす影響 須崎徳高・市ノ木山浩道・鈴木賢 .....	5
無加温促成栽培イチゴにおけるバンカー法を用いた天敵寄生蜂コレマンアブ ラパチ利用技術の検証 西野 実, 北上 達 .....	11
石油代替エネルギー・燃料電池のイチゴ栽培への利用技術の開発 藪田信次・田中一久・小西信幸・人見周二・石丸文也 .....	19
加温ハウス栽培ニホンナシ‘幸水’の省エネルギー管理技術 西川 豊・大野秀一・田口裕美・三井友宏・前川哲男 .....	27
伊勢平坦地域における全量基肥肥料の窒素溶出パターンがコシヒカリの 品質に及ぼす影響 出岡裕哉・田中千晴・中山幸則 .....	35

BULLETIN OF  
MIE PREFECTURE AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

No.33, June, 2011

---

CONTENTS

K. KURODA and H. SUZUKI .....	1
Resistance of Wheat Varieties Cultivated in Mie Prefecture to Fusarium Head Blight	
N. SUZAKI , H. ICHTINOKIYAMA and K. SUZUKI .....	5
Cultural Adaptability of Custard Apple ( Atemoya ) to the East-Kisyu District of Mie Prefecture	
3 . Effects of flowering season and time of artifical pollination on the fruit setting of atemoya variety ' Pinks Mammoth' and 'Hillary White	
M. NISHINO and T. KITAGAMI .....	11
Control of Aphis gossypii Using Banker Plants for Aphidius colemani in Greenhouses without Heating System for Strawberry.	
S. YABUTA, K. TANAKA, N. KONISHI, H. SHUJI, and F. ISHIMARU .....	19
Application of fuel cell to the strawberry cultivation as an alternative energy source of oil	
Y. NISHIKAWA, H. OHNO, H. TAGUCHI, T. MITSUI and T. MAEGAWA .....	27
Energy-saving management technology of Japanese pear 'Kousui' cultured under heating plastic house.	
H. IZUOKA, C. TANAKA and Y. NAKAYAMA .....	35
Effect of Nitrogen Elution Pattern of the Single Basal Application of Fertilizer in the Ise Plain on the Koshihikari's Quality	

# 三重県で栽培されるコムギ品種の赤かび病抵抗性

黒田克利・鈴木啓史

## 要 旨

三重県で栽培されるコムギ品種の「あやひかり」<sup>7)</sup>、「タマイズミ」<sup>3)</sup>、「ニシノカオリ」<sup>6)</sup>、「農林61号」<sup>5)</sup>について、赤かび病の抵抗性程度を評価するため、2003～2005年の3カ年において、農業研究所内の圃場検定および温室内検定、さらに一般圃場の発病程度調査を実施した。その結果、これら4品種はいずれも品種特性の赤かび病抵抗性が同じ中程度とされているが、「あやひかり」、「タマイズミ」は、「ニシノカオリ」、「農林61号」に比べ抵抗性が弱く、コムギ粒のデオキシニバレノール（以下DONと略す）汚染の危険性が高い品種であることが明らかとなった。

キーワード:コムギ, 品種, 赤かび病, 抵抗性

## 緒 言

麦類に赤かび病を引き起こす *Fusarium graminearum* 種複合体は、DONを代表とするかび毒を産生し、コムギ粒をかび毒汚染する。したがって、赤かび病の防除を適切に行い、コムギ粒のDON汚染を防止・低減することが食品の安全性を確保する上で重要である。一方、国内で栽培されているコムギ品種は多様であり、品種ごとに赤かび病抵抗性の程度が異なる<sup>2)</sup>。三重県で栽培されるコムギ品種は長らく「農林61号」がほぼ100%であったが、近年「農林61号」の作付け面積が減少し、「あやひかり」、「タマイズミ」、「ニシノカオリ」の3品種が増加している。

本県では、これまでコムギの奨励品種の選定に当たり、実需者の評価やニーズに配慮した製粉適性、加工用途の有無が重要視されてきた。しかし、赤かび病菌によるコムギ粒のDON汚染が問題となっている今日、栽培品種の赤かび病抵抗性程度について、改めて再評価する必要があると考えられる。そこで、本県の主要なコムギ4品種について、赤かび病に対する抵抗性程度を評価し、赤かび病の防除指導上の参考とする。

## 材料および方法

### 1. 供試品種

「あやひかり」、「タマイズミ」、「ニシノカオリ」、「農林61号」を供試した。

### 2. 圃場検定

試験は松阪市嬉野川北町の農業研究所内圃場（畑）において2003年から2005年の3カ年実施した。1品種当たりの栽培面積は3 m<sup>2</sup>で2反復とした。赤かび病の発病を促すために、各品種の開花期に病原菌（*F. graminearum* H3菌、中央農業総合研究センター分譲）を10<sup>4</sup>個/mlの孢子濃度で穂に噴霧接種した。その後、多湿条件にするため日中にスプリンクラーで1日1回15分間株全体へ散水した。各試験年の播種日、病原菌接種日、発病調査日は第1表に示すとおり実施した。

第1表 圃場検定 および温室内検定における播種日、病原菌接種日、発病調査日

検定法	試験年	播種日*	病原菌接種日	発病調査日
圃場	2003	11/13	4/24	5/19
	2004	11/7	4/16	5/24
	2005	11/17	4/24	5/17
温室内	2004	11/7	4/9～10	5/6
	2005	11/10	4/6～8	5/16

注) \*: 前年

発病調査は、任意に選んだ100穂について1穂ずつ、発病程度を調査した。発病程度は坂らの報告<sup>1)</sup>を参考にし、0：発病なし、5：1穂あたり1小穂の一部発病、10：1穂あたり1小穂全体に発病、20：1穂当たり10から20%程度の小穂に発病、30：20から30%程度の小穂に発病、40：30から40%程度の小穂に発病、50：40から50%程度の小穂に発病、60：50から60%程度の小穂に発病、70：60から70%程度の小穂に発病、80：70から80%程度の小穂に

発病，90：80から90％程度の小穂に発病，100：全小穂が発病とし，発病穂率，発病度を算出した．発病度は，  

$$(\text{発病程度別穂数} \times \text{指数}) \div (\text{調査穂数} \times 100) \times 100$$
 により算出した．また，収穫調製後のコムギ粒について，赤かび粒の有無を調査し，被害粒率を算出した．さらに，コムギ粒のDON濃度をエライザ法（ペラトクスボミトキシシン5/5使用）により測定した．

### 3．温室内検定

試験は同研究所内において2004年，2005年の2カ年実施した．1/5000aのワグネルポットに1ポット当たり4株になるように播種し，1品種4ポットとした．播種後から3月下旬まで野外で管理し，4月上旬以降はガラス温室内で管理した．赤かび病の発病を促すために，各品種の開花期に病原菌（*F. graminearum*，H3菌）を $10^5$ 個/mlの孢子濃度で穂に噴霧接種した．さらに，温室内に設置した小型のビニルハウス内にポットを入れ，加湿器により常時湿度を高めた．播種日，病原菌接種日，発病調査日は第1表に示した．発病調査は，全穂を対象に発病の有無を調査し発病穂率を算出した．また，収穫調製後のコムギ粒について，赤かび粒の有無を調査し，被害粒率を算出した．

### 4．一般栽培圃場調査

調査は県内の水田転換畑のコムギ集団栽培圃場において，2003年から2005年の3カ年実施した．発病調査は，5月中旬に畦畔に沿って約1 m（3条）の幅で約30 m<sup>2</sup>の区画を選び，スポロドキアを形成した穂数（発病穂数）

を数えた．

### 結果および考察

農業研究所内で実施した圃場検定では，発病程度に年次変動があり，2003年は中発生であったが，2004年，2005年は少発生であった．スプリンクラーによる散水は穂が濡れて多湿条件となり，赤かび病の発病を助長することを期待したが<sup>4)</sup>，それでも，2004年，2005年は好適な発病条件に至らなかったと考えられる．発病およびDON濃度の3カ年の平均値をみると，発病穂率は「あやひかり」が23.6%，「タマイズミ」が34.2%，「ニシノカオリ」が10.3%，「農林61号」が15.3%であった．発病度は「あやひかり」が5.3，「タマイズミ」が12.2，「ニシノカオリ」が1.8，「農林61号」が1.5であった．さらに，被害粒率は「あやひかり」が1.12%，「タマイズミ」が1.55%，「ニシノカオリ」が0.47%，「農林61号」が0.35%であった．また，コムギ粒のDON濃度は，「あやひかり」が0.95ppm，「タマイズミ」が1.20ppm，「ニシノカオリ」が0.49ppm，「農林61号」が0.36ppmであった．これらの結果から，「あやひかり」，「タマイズミ」は「ニシノカオリ」，「農林61号」に比べて発病穂率，発病度，被害粒率が高く，発病しやすいことが示された．さらに，コムギ粒のDON濃度が「あやひかり」，「タマイズミ」は「ニシノカオリ」，「農林61号」に比べて高かった（第2表）．発病穂率，発病度，被害粒率が高いとコムギ粒のDON汚染の危険性が高まることが認められた．

農業研究所内の温室内検定では，2004年，2005年のいずれの年も多発した．これは，温室内では赤かび病の

第2表 三重県で栽培されるコムギ品種の圃場検定における赤かび病の発病とDON濃度

試験年	品種	発病穂率 (%)	発病度	被害粒率 (%)	DON濃度 (ppm)
2003年	あやひかり	45.3	10.0	2.72	1.85
	タマイズミ	76.0	32.1	3.48	2.50
	ニシノカオリ	23.8	4.7	0.85	1.36
	農林61号	27.8	3.9	0.63	0.59
2004年	あやひかり	16.5	4.8	0.27	0.90
	タマイズミ	14.0	3.5	0.47	0.40
	ニシノカオリ	5.5	0.6	0.55	0.10
	農林61号	5.5	0.4	0.42	0.50
2005年	あやひかり	9.0	1.0	0.38	0.10
	タマイズミ	12.5	1.1	0.70	0.70
	ニシノカオリ	1.5	0.1	0.00	0.00
	農林61号	12.5	0.1	0.00	0.00
3カ年平均	あやひかり	23.6	5.3	1.12	0.95
	タマイズミ	34.2	12.2	1.55	1.20
	ニシノカオリ	10.3	1.8	0.47	0.49
	農林61号	15.3	1.5	0.35	0.36

発病に好適な温度及び湿度を維持できたことによると考えられる。発病程度について2カ年の平均値をみると、発病総率は「あやひかり」が85.9%、「タマイズミ」が75.5%、「ニシノカオリ」が53.9%、「農林61号」が76.2%であった。被害粒率は、あやひかり」が9.37%、「タマイズミ」が12.83%、「ニシノカオリ」が3.34%、「農林61号」が6.7%であった。これらの結果から、「あやひかり」、「タマイズミ」、「農林61号」は「ニシノカオリ」に比べて発病総率、被害粒率が高かった。中発生および少発生条件での圃場検定では「農林61号」は「ニシノカオリ」に近い抵抗性を示したが、多発生条件の温室内検定では「あやひかり」や「タマイズミ」に近い抵抗性を示した（第3表）。

2003年から2005年に県内の一般栽培圃場において実施した発病調査では、2003年と2004年は中発生であったが、2005年は極少発生であった。2005年の調査結果を除き、2003年と2004年の2カ年の平均値を見ると、1圃場約30m<sup>2</sup>

当たりの発病穂数は「あやひかり」が49.2本、「タマイズミ」が10.8本、「ニシノカオリ」が2.2本、「農林61号」が4.7本であった。「あやひかり」は4品種の中で最も発病本数が多く、次いで「タマイズミ」、「農林61号」の順に多く、「ニシノカオリ」が最も少なかった（第4表）。

「あやひかり」、「タマイズミ」、「ニシノカオリ」、「農林61号」の4品種は、育種分野では、赤かび病抵抗性はいずれも中程度と評価されてきた。しかし、筆者らが実施したこれら4品種の赤かび病抵抗性の検定結果や一般圃場での発病調査結果から総合的に判断すると、「あやひかり」、「タマイズミ」は「ニシノカオリ」、「農林61号」に比べて赤かび病抵抗性が弱いとみなされる。したがって、「あやひかり」、「タマイズミ」の栽培に当たり、開花期の赤かび病防除を基本とした上で、多発が予想される年は、追加防除を徹底する必要がある。

第3表 三重県で栽培されるコムギ品種の温室内検定における赤かび病の発病

試験年	品種	発病総率 (%)	被害粒率 (%)
2004年	あやひかり	100	11.14
	タマイズミ	98.0	12.83
	ニシノカオリ	85.2	4.76
	農林61号	97.2	8.63
2005年	あやひかり	71.8	7.60
	タマイズミ	52.9	5.10
	ニシノカオリ	22.6	1.92
	農林61号	55.2	4.76
2カ年平均	あやひかり	85.9	9.37
	タマイズミ	75.5	12.83
	ニシノカオリ	53.9	3.34
	農林61号	76.2	6.70

第4表 三重県で栽培されるコムギ品種の一般栽培圃場における赤かび病の発病

品種	2003年		2004年		2005年		2003年と2004年の平均	
	調査圃場数	発病穂数/圃場*	調査圃場数	発病穂数/圃場*	調査圃場数	発病穂数/圃場*	総調査圃場数	発病穂数/圃場*
あやひかり	40	22.0	62	66.7	7	0.2	102	49.2
タマイズミ	50	10.5	94	11.0	61	0.0	144	10.8
ニシノカオリ	28	5.6	90	1.2	51	0.0	118	2.2
農林61号	162	6.5	71	0.6	37	0.0	233	4.7

注) \* : 1圃場約30m<sup>2</sup>当たりの発病穂数の平均値

## 謝 辞

一般栽培圃場の赤かび病の発病調査に御同行いただいた、三重県中央農業改良普及センター高橋武志主幹をはじめ、各地域農業改良普及センターの関係各位にお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) Ban, T. and K. Suenaga (2000) Genetic analysis of resistance to *Fusarium* head blight caused by *Fusarium graminearum* in Chinese wheat cultivar Sumai 3 and the Japanese cultivar Saikai 165. *Euphytica*, 113: 87-99.
- 2) 坂智広 (2002) ムギ類赤かび病の生理・生態およびコムギの抵抗性. *植物防疫*, 56: 58-63.
- 3) 藤田雅也, 乙部 (桐淵) 千雅子, 吉岡藤治, 松中仁, 柳澤貴司・吉田久, 山口勲夫, 牛山智彦, 長嶺敬, 瀬古秀文, 天野洋一, 小田俊介 (2004) 温暖地向け硬質小麦新品種「タマイズミ」の育成. *作物研究所報告*, 5: 1-17.
- 4) 小泉信三・加藤肇・吉野嶺一・駒田旦・一戸正勝・梅原吉広・林長生 (1993) ムギ類赤かび病の病原学的・疫学的研究. *農業研究センター研究報告*, 23: 44-45.
- 5) 農林水産省農業研究センター編 (1993) コムギ遺伝資源の品種特性. *東京養賢堂*, pp150-151.
- 6) 田谷省三, 塔野岡卓司, 関昌子, 平将人, 堤忠宏, 野中舜二, 氏原和人, 佐々木昭博, 山口勲夫, 新本英二, 吉川亮, 藤田雅也, 谷口義則, 坂智広 (2003) 小麦新品種「ニシノカオリ」の育成. *九州沖縄農業研究センター報告*, 42: 19-30.
- 7) 吉田久, 乙部千雅子, 柳澤貴司, 山口勲夫, 瀬古秀文, 牛山智彦, 天野洋一, 小田俊介, 宮田三郎, 黒田晃 (2001) 小麦新品種「あやひかり」の育成. *農業研究センター研究報告*, 34: 17-35.

## Resistance of Wheat Varieties Cultivated in Mie Prefecture to *Fusarium* Head Blight

Katsutoshi KURODA and Hirofumi SUZUKI

### Abstract

The resistance to *Fusarium* head blight of four wheat varieties, "Ayahikari", "Tamaizumi", "Nishinokaori", and "Nourin 61" which are main varieties cultivated in Mie Prefecture, was evaluated on the field and in glass house of Institute of Agriculture Mie Prefecture, and on farmers fields from 2003 to 2005. These four varieties belong to the category of medium resistance generally, but the resistance of "Ayahikari" and "Tamaizumi" was weaker than "Nishinokaori" and "Nourin 61", and tend to be suffered the DON pollution of grain.

**Key words** : Wheat, Variety, *Fusarium* head blight, Resistance

# 三重県東紀州地域におけるアテモヤの栽培適応性

## 第3報 アテモヤ品種‘ピンクス・マンモス’および‘ヒラリー・ホワイト’の 開花時期ならびに人工受粉の時間帯が結実に及ぼす影響

須崎徳高・市ノ木山浩道・鈴木賢\*

### 要 旨

ハウス内で3月上旬にせん定、摘葉して生育を開始させたアテモヤの開花時期は、‘ピンクス・マンモス’および‘ヒラリー・ホワイト’ともに5月下旬～7月上旬となった。1日のうちで開花のピークとなる時間帯は、‘ピンクス・マンモス’では16時以降に、‘ヒラリー・ホワイト’では開花した時期によりばらつきはあるが15時以降であった。開花する時刻は両品種とも大きな差はなく、開花から約1日後の15時頃から始まり19時にはほぼ完了した。最も開花が多くなる夕方(18～21時)、開花翌日の朝(9～11時)、開花翌日の昼間(13～15時)の3つの時間帯に人工受粉を行い結実率を比較したところ、いずれの開花時期においても夕方受粉で結実率が高くなることが明らかとなった。

**キーワード:** アテモヤ, ‘ピンクス・マンモス’, ‘ヒラリー・ホワイト’, 開花時間, 受粉時刻, 結実率

### 緒 言

紀南果樹研究室では、1998年からアテモヤの研究に取り組んできた。第1報<sup>1)</sup>では、アテモヤ品種‘ピンクス・マンモス’は、ビニールハウス内の平棚栽培で大型の良品質果が生産可能なことを明らかにした。また、花は雌雄異熟のため自然交配が難しく、結実させるためには人工受粉が必要であること、花粉は保存期間が長くなるほど結実率が低下することを報告した。

第2報<sup>2)</sup>では、せん定時の結果母枝の切り返し程度について検討し、作業が単純に行える短梢せん定が利用できること、‘ピンクス・マンモス’および‘ヒラリー・ホワイト’の収穫適期はそれぞれ受粉後130日および140日以降であることを明らかにした。しかし、棚栽培で樹冠占有率がほぼ100%となったと思われる7年生時点での換算収量は、‘ピンクス・マンモス’は1 t/10 a, ‘ヒラリー・ホワイト’で1.45 t/10 aであり、ニホンナシなど他の果樹に比べて収量が低いことが課題として残った。

それまで行ってきた朝から昼間の人工受粉では結実率が低く、そのことが低収量の原因ではないかと思われたため、本報では開花時期や人工受粉のタイミング(1日のうちの時間帯)を変えて結実率との関係について検討した。併せて、ハウス内での開花時期や開花、開花の時間帯についても調査を行った。

### 材料および方法

供試したアテモヤは、静岡県柑橘試験場伊豆分場から分譲された穂木を、チェリモヤ台木に接ぎ木して育成し、1998年1月21日にビニールハウス(間口7 m, 奥行き21 m, 高さ4 m, 面積147 m<sup>2</sup>)に定植した。品種は‘ピンクス・マンモス’と‘ヒラリー・ホワイト’で、定植間隔は4 m × 5 mとし、平棚栽培で2本主枝仕立てとした。

ビニールフィルムの被覆は10月中旬から梅雨明け後(7月中旬頃)までとした。被覆期間中、ハウス内の最低温度を、果実が着生している10月～12月は14℃以上に、収穫後の1月～3月は3℃以上になるよう加温した。4月以降ビニール除去までの間は、最高温度が30℃以上にならないよう換気を行った。

せん定は3月上旬に実施し、せん定後萌芽を揃えるために残った結果母枝の摘葉を行った。また、施肥は有機ペレット(成分量8-7-6)を使用して、2002年以降年間窒素成分量425 g/樹とし、3月下旬から2ヶ月間隔で計4回に分施した。かん水は1回につき約20 mmとし、せん定後(3月上旬)から成熟始め(10月上旬)までは3～4日間隔で、成熟期以降は1ヶ月に2回の間隔で行った。

### 試験 1：開花時期の調査

2004 年に‘ピンクス・マンモス’8 年生 3 樹および同樹齢の‘ヒラリー・ホワイト’1 樹を供試し、両品種の開花時期を調査した。開花が始まった 5 月 26 日から、ほぼ終了した 7 月 7 日の期間中に週 2 日程度の頻度で 1 日当たりの開花数を調べた。3 枚の花弁が 1 mm 以上開いた時点を開花として判定した（写真 1）。また、開花は夜間に及んだため、翌朝 9 時に確認した開花数は前日に開花したものとして表した。



写真 1 開花と判断した花の状態

### 試験 2：開花および開薬時刻の調査

2004 年（8 年生）と 2005 年（9 年生）の 2 か年、‘ピンクス・マンモス’2 ~ 3 樹、‘ヒラリー・ホワイト’1 樹を供試し、1 日の開花時刻と開薬時刻を調査した。調査は、開花期間中の 5 月下旬から 7 月上旬の間で週 2 回程度の頻度で行った。1 日の調査は 9 時から 15 時まででは 2 時間おきに、15 時以降 20 時まででは 1 時間毎に行った。なお、品種により開花から開薬に至るまでの時間が異なることを考慮して、‘ピンクス・マンモス’では 9 時に確認した開花数は前日の 21 時 ~ 24 時に開花したものとして集計した。また、‘ヒラリー・ホワイト’では 9 時に確認した開花数は当日の 9 時に開花したものとして集計した。累積開花割合および開薬割合は、旬別に平均して表した。開花の判定は試験 1 と同基準で行った。開薬は花弁が大きく開き、薬が開いているのが確認できる時点とした（写真 2）。

### 試験 3：人工受粉時刻と結実率との関係

試験 2 と同一樹を供試して、2004 年と 2005 年の 2 か年間人工受粉を実施した。人工受粉は 5 月下旬から 7 月上旬の開花期間中に週 2 日の頻度で実施した。受粉方法は 3 枚の花弁を指で開いて、花粉が柱頭に均等に付

くように毛先の柔らかい鉛筆（0 号）でいねいに行った。



写真 2 開薬と判断した花の状態

1 日の受粉の時間帯を夕方（18 時 ~ 21 時）、翌朝（9 時 ~ 11 時）、翌昼（13 時 ~ 15 時）の 3 回に分けて行い、結実との関係について検討した。1 回当たりの受粉花数は、期間中の開花数が一様でなかったため 1 処理 2 ~ 29 花で行った。使用花粉は、夕方受粉では開薬直後のものを用いたが、翌朝、翌昼の受粉では夕方採取した花粉をフィルムケースに入れて密封し、5℃で冷蔵しておいたものを使用した。結実率は、2 か年とも 8 月 10 日に着果が確認できたものを結実として集計した。なお、花粉の発芽率と結実との関係についても検討するため、受粉後使用した花粉を速やかに寒天培地（寒天 2%、シヨ糖 15%）に置床し、25℃の恒温器内に 24 時間放置した後発芽率を調査した。また、発芽調査は 1 回当たり花粉 100 粒の 3 反復で行った。

## 結 果

### 試験 1：開花時期の調査

‘ピンクス・マンモス’の開花数は、調査日により差が大きかったが、開花開始数日後の 5 月 26、27 日をピークとした 6 月 9 日頃までの波相と、6 月 15 日 ~ 29 日をピークとした 7 月 6 日頃までの 2 つの波相がみられた。後半の波相の方が開花数が多かった（図 1）。

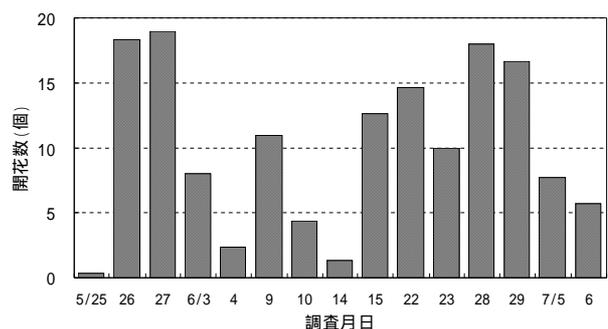


図 1 ‘ピンクス・マンモス’における開花数の経時的変化

‘ヒラリー・ホワイト’も‘ピンクス・マンモス’と同様5月27日を中心に6月10日までの波相と、6月15日～7月6日までの2つの波相がみられたが、前半の波相の方が開花数が多かった(図2)。

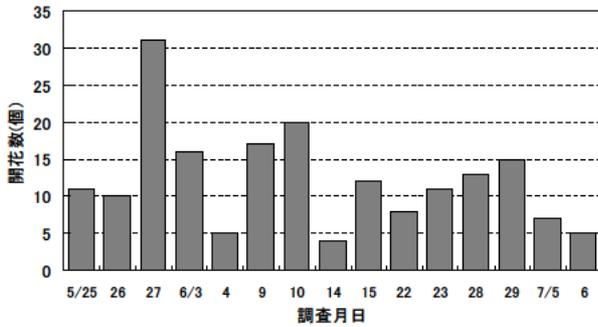


図2 ‘ヒラリー・ホワイト’における開花数の経時的変化

試験2：開花および開葯時刻の調査

‘ピンクス・マンモス’の1日の内の開花は、10時～15時まではほとんどみられず、15時以降から連続して始まった。開花数が多かった時刻は16時以降で、開花が終わるのは20時以降の夜間に及んだ。時期別の開花時刻の違いについては一定の傾向が認められなかった(図3)。

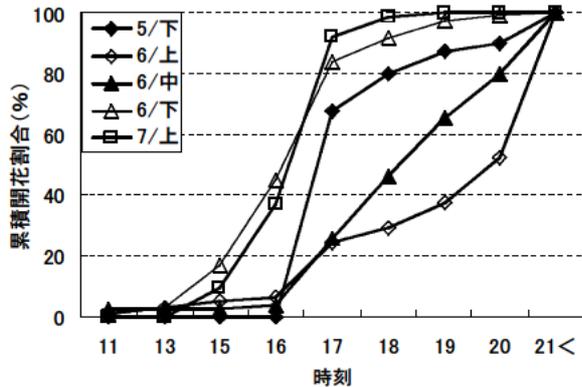


図3 ‘ピンクス・マンモス’における時刻別累積開花割合の推移

‘ヒラリー・ホワイト’の1日の内の開花は、時期により差が大きかったが、‘ピンクス・マンモス’より早く始まった。概ね午前中から始まり15時～16時に最も多くなった。時期別の開花時刻の違いについては一定の傾向が認められなかった(図4)。

一方、開葯は開花から約1日経過後に始まり、開花に比べて斉一に行われた。両品種とも16時～18時がピークとなり、19時にはほぼ完了した。また、開花時期が遅くなるほど開葯する時刻が遅くなる傾向が認められ

た(図5, 6)。

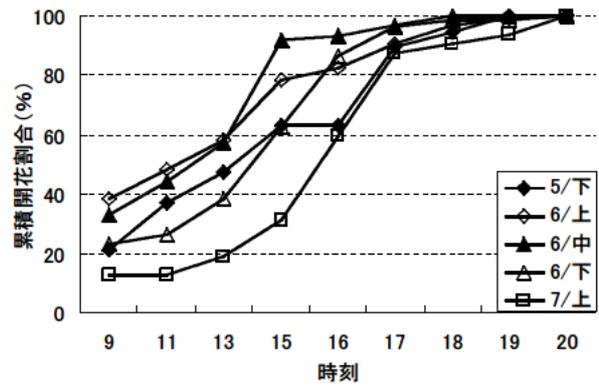


図4 ‘ヒラリー・ホワイト’における時刻別累積開花割合の推移

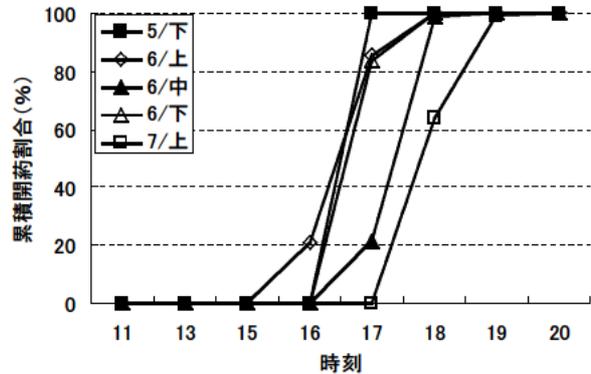


図5 ‘ピンクス・マンモス’における時刻別累積開葯割合の推移

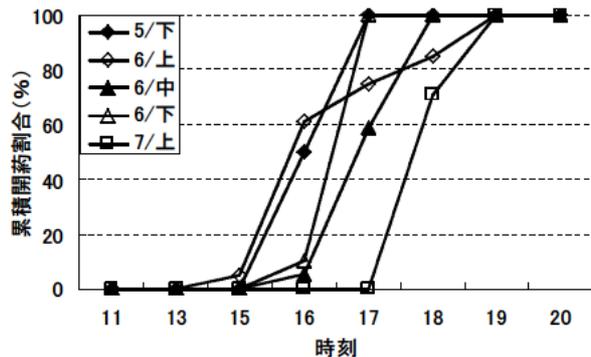


図6 ‘ヒラリー・ホワイト’における時刻別累積開葯割合の推移

試験3：人工受粉時刻と結実率との関係

‘ピンクス・マンモス’の人工受粉時刻が結実率に及ぼす影響をみると、2か年とも夕方受粉>翌朝受粉>翌昼受粉の順に結実率が高く、開花からの時間が経過するほど結実率が低下した(表1)。時期別の結実率をみると、夕方受粉は全期間を通じて高かった。花粉の発芽率は、開花初期には低く日を追う毎に徐々に高くなる傾向

であった。翌朝受粉では5月25日～6月3日の開花初期 期に結実率が低かったが、それ以降は高率となった。

表1 ‘ピックス・マンモス’における人工受粉の時間帯と結実率との関係

処 理	受粉回数(回)		受粉花数(花)		花粉発芽率(%)		結実果数(果)		結実率(%)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
夕方受粉	13	13	74.7	68.5	48.1a	49.8a	70.7	67.0	95.3a	97.8
翌朝受粉	15	13	86.0	68.0	32.5b	35.3ab	53.7	53.5	65.1b	78.7
翌昼受粉	14	13	65.3	67.5	19.6b	33.0b	15.3	22.0	26.1c	32.6
有意性	—	—	—	—	*	*	—	—	**	—

注)最小有意差法により英小添字異符号間に有意差(\*5%、\*\*1%)あり、以下同様。  
花粉発芽率は受粉に使用した花粉の発芽率。

表2 ‘ヒラリー・ホワイト’における人工受粉の時間帯と結実率との関係

処 理	受粉回数(回)		受粉花数(花)		花粉発芽率(%)		結実果数(果)		結実率(%)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
夕方受粉	15	14	126.0	82.0	51.1a	45.4a	116.0	77.0	92.1	94.3
翌朝受粉	16	14	98.0	86.0	31.8b	33.5b	57.0	56.0	61.4	68.9
翌昼受粉	15	14	87.0	95.0	20.4b	23.0b	30.0	45.0	38.0	48.5
有意性	—	—	—	—	*	*	—	—	—	—

注)花粉発芽率は受粉に使用した花粉の発芽率。

結実率が全体に低かった開花初期は、花粉の発芽率も低い傾向であった。翌昼受粉では、全般に開花初期に結実率が低かったが、6月10日以降はやや高まる傾向にあった。しかし、受粉日によるふれが大きかった。なお、花粉の発芽率との関係ははっきりしなかった(図7)。

‘ヒラリー・ホワイト’についても受粉時刻と結実率については‘ピックス・マンモス’と同じ傾向であったが、翌朝受粉および翌昼受粉では、時期による一定の傾向が認められず受粉日によるばらつきの方が大きかった(表2, 図8)。

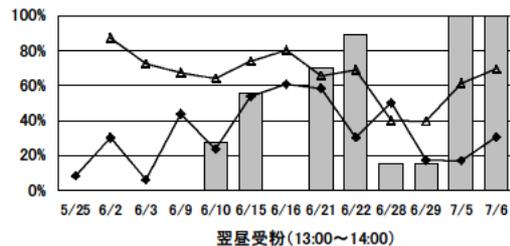
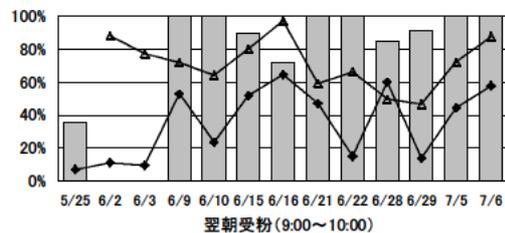
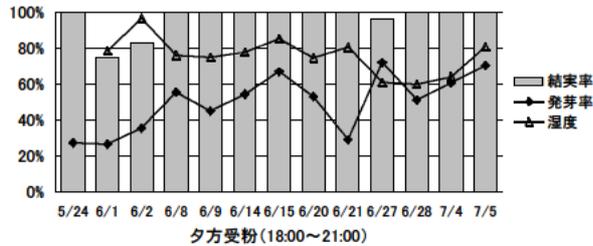


図7 ‘ピックス・マンモス’における時期別、時間帯別受粉と結実率及び花粉発芽率の推移

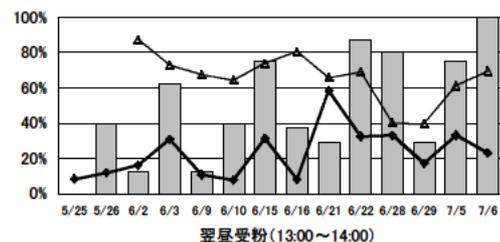
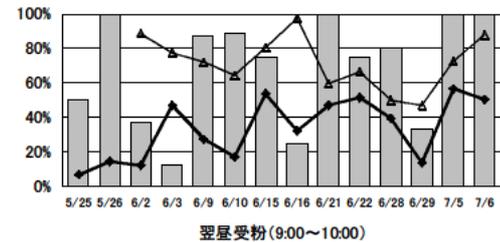
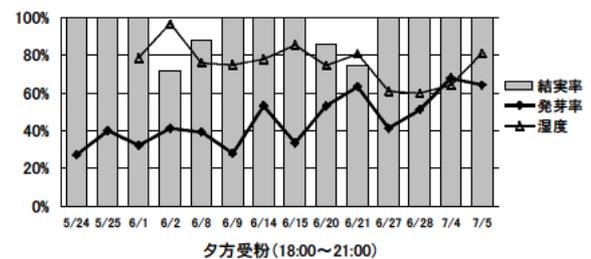


図8 ‘ヒラリー・ホワイト’における時期別、時間帯別受粉と結実率及び花粉発芽率の推移

## 考 察

本試験では、ハウス内で3月上旬にせん定、摘葉して生育を開始させると、‘ピンクス・マンモス’、‘ヒラリー・ホワイト’ともに開花は5月下旬頃から始まり概ね7月上旬に終了した。同じような条件で栽培を行った静岡県での報告<sup>3)</sup>でも、開花は5月中旬～7月上旬頃となっている。一方、和歌山県<sup>4)</sup>ではチェリモヤの無加温ハウス栽培で2月20日に摘葉、せん定して栽培を行うと、開花は4月下旬から始まり5月上中旬にピークを迎え、5月下旬以降は開花が少なかったとしている。このことから、カンキツの栽培が可能な地域であれば、3月上旬にせん定、摘葉を行い生育を開始させると5月中下旬から7月上旬に開花し、より早く開花させたい場合は生育温度を確保した上でせん定、摘葉時期を早めればよいと考えられる。調査では、時期別の開花波相は前半と後半の2つ認められた。‘ピンクス・マンモス’では後半の6月中下旬が、‘ヒラリー・ホワイト’では前半の5月下旬頃が開花のピークとなった。観察では、アテモヤの花はまれに1年枝上に直接着生することもあるが、主に新梢の葉の反対側に着生する。着生位置には完全な規則性がないものの、大まかには基部から第1、2節および4、5節目、場合によっては7、8節目に着くこともある。この少し間隔をおいた花の発育の違いが2つの波相となって現れるのではないかと考えられる。‘ピンクス・マンモス’は1節に着く花の数が1～2つと少なく、また頂芽優勢性が強いいためか新梢発育のばらつきが多い。‘ヒラリー・ホワイト’は逆に着花が多く、基部から1、2節に1節当たり3～4花着く場合も多い。また、新梢の揃いもよい。この性質がそれぞれの品種での波相の違いとなって現れているのかもしれない。

第2報<sup>2)</sup>では、アテモヤ品種‘ピンクス・マンモス’および‘ヒラリー・ホワイト’はナシなど他の果樹と比べて収量が低く、その要因の一つとして結実率が低いことをあげた。結実率に関する調査として、立田ら<sup>5)</sup>は5～6年生‘ジェフナー’を用いて開花前(蕾は大きい退色が進んでいない状態)、開花直前(蕾は大きくなり弛み黄緑色に退職した状態)、開花期(花弁が開き葯は淡い肌色に変色し花粉採取直前の状態)の3ステージでそれぞれ人工受粉を行っている。その結果、開花期受粉では全く結実せず、開花直前と開花前の受粉で結実率が高く、不整形果が少なかった開花直前が受粉適期であるとしている。また、米本ら<sup>6)</sup>は近縁種であるチェリモ

ヤ12品種を用いて開花3日前(花弁がまだ固い状態)、開花2日前(花弁の先がやや開き気味の状態)、開花前日(花弁先端からみると雌ずいが見える状態)、開花期(雄ずいから花粉が放出されている状態)の4ステージでそれぞれ人工受粉を行った。その結果、開花前日の結実率が高く、開花2日前でも比較的高い結実率であったとしている。両報告とも結実率が高い花のステージは、花弁が開く直前からやや開いた状態であったことで一致している。本試験では開花を花弁が1 mm程度開いた時点とし、このステージの花に対して1日の中で時刻を変えて人工受粉を行ったところ、結実率は開花直後の夕方受粉>翌朝受粉>翌昼受粉の順であることが明らかとなった。また、‘ピンクス・マンモス’および‘ヒラリー・ホワイト’の両品種とも、1日のうちの開花数は15時以降夜間に多くなった。立田ら、米本らの報告にある結実率が最も高い、花弁が開く直前からやや開いた状態のステージの花は夕方に最も多く存在することから、この時間帯の受粉で結実率が高くなると考えられる。併せて、本試験に用いた両品種とも、開薬は開花翌日の15～16時頃から一斉に始まり、19時頃までにはほぼ完了していた。立田ら<sup>5)</sup>は受粉には当日受粉が優れるが、花粉採取が困難な午前中に受粉する場合は、前日採取した花粉を使用すればよいと思われるとしている。本試験でも花粉発芽率は開薬直後が高く、採取後フィルムケースに入れ密封し5日で貯蔵しても時間の経過とともに低下していった。夕方受粉では開薬直後の花粉が採取できるため、最も発芽率が高い花粉が得られることも結実率を高めるのによい条件として働いていると考えられる。その他の要因として、夕方から夜間はハウス内の気温が高温になりすぎず、相対湿度が高いことも受粉に好適な条件になっていると推察される。

開花時期別の花粉の発芽率に関して、米本ら<sup>4)</sup>はチェリモヤでは開花初期の花粉発芽率は低いが、その後になると高くなることを報告している。牧田<sup>3)</sup>は‘ジェフナー’の結実率は早期に咲いた花では低く、開花時期が遅くなるほど高くなったとし、早期に開花した花では成熟した花粉でも発芽率が低いことに加え、花粉全体に占める四分子花粉の比率が高く、四分子花粉は成熟花粉に比べて発芽率が低いいため花粉全体の発芽率が低くなり、その結果結実率が低くなると考察している。本試験でも夕方受粉に使用した開薬直後に採取した花粉の発芽率は、開花初期に低く日を追う毎に高まった。しかし、夕方受粉では、開花初期に発芽率が低い傾向にあったにもかかわらず高い結実率を示した。前述した雌ずい、花粉とも

に受精体制が整っているととも、環境条件がよいことも起因していると思われる。

夕方受粉は朝方受粉に比べて結実率が1.5倍程度高まった。詳細な調査は行っていないが、実際夕方受粉するようになってからは、10a 当たり換算収量が‘ピンクス・マンモス’で1.8 t 弱, ‘ヒラリー・ホワイト’で3.0 t 程度得られるようになっている。今後、より一層の収量向上を図るため、単位面積当たりの着果枝数を増やせる夏期せん定の検討が必要である。また, ‘ピンクス・マンモス’は花の着かない新梢が多くみられる。特に樹勢の強い若木で顕著である。立田<sup>7)</sup>は‘ジェフナー’を使用して、当年生発育枝を5葉程度で切り返し再発芽させると、着花がみられ結実させることができるとしている。この性質を利用して無着花新梢あるいは基部1, 2目にしか花が着いていない新梢に花を着けることができれば, ‘ピンクス・マンモス’でも結実果数が増加して収量向上につながると考えられる。今後の検討課題の一つである。アテモヤの開花は1か月半以上に及ぶが、この間の受粉作業には多大な労力を要する。さらに高い結実率を保つには、夕方～夜間作業が必要となる。受粉作業の省力化および日中の受粉が可能な方法についても今後検討していきたい。

## 引用文献

- 1) 竹内雅己, 輪田健二 (2004): 三重県東紀州地域におけるアテモヤの栽培適応性, 第1報 アテモヤ品種‘ピンクス・マンモス’の栽培とその結実特性. 三重科技農研部報, 30: 1-6.
- 2) 須崎徳高, 竹内雅己 (2008): 三重県東紀州地域におけるアテモヤの栽培適応性, 第2報 収量性, せん定方法ならびに収穫時期と追熟性との関係. 三重農研報, 32: 14-20.
- 3) 牧田好高 (1998): 花粉の成熟程度がアテモヤ (*Annona cherimola* × *A. squamosa*) の結果に及ぼす影響. 静岡柑試研報, 27: 61-66.
- 4) 米本仁巳, 中尾英治, 山下重良 (1990): チェリモヤの施設栽培に関する研究, 第3報 開花習性と時期別の花粉発芽率. 園学雑, 59(別1): 186-187.
- 5) 立田芳伸, 稲葉博行 (1999): アテモヤ (*Annona atemoya* HORT) の受粉法. 九農研, 61: 248.
- 6) 米本仁巳, 中尾英治, 山下重良 (1990): チェリモヤの施設栽培に関する研究, 第4報 開花習性と人工受粉, 及び湿度が結実率に及ぼす影響. 園学雑, 59(別1): 188-189.
- 7) 立田芳伸, 稲葉博行 (2001): 夏期剪定によるアテモヤの作期調節. 九農研, 63: 237.

## Cultural Adaptability of Custard Apple (Atemoya) to the East-Kisyu District of Mie Prefecture

### 3. Effects of flowering season and time of artificial pollination on the fruit setting of atemoya variety 'Pinks Mammoth' and 'Hillary White'

Noritaka SUZAKI, Hiromiti ICHTINOKIYAMA and Ken SUZUKI

#### Abstract

The atemoya 'Pinks Mammoth' and 'Hillary White' flowered from late-May to early-July when these were defoliated at the beginning of March in the vinyl house. The flowering time of 'Pinks Mammoth' was after 16:00 and that of 'Hillary White' was after 15:00. The time of anther dehiscence was from 15:00 to 19:00 on next day of flowering. The fruit setting rate was higher when flowers were pollinated artificially at evening (18:00-21:00) of the flowering day than the next day morning (9:00-11:00) or next day afternoon (12:00-15:00) pollination during any flowering seasons.

**Key words** : Atemoya ; 'Pinks Mammoth' ; 'Hillary White', Flowering time, Pollinating time, Fruit setting rate



# 無加温促成栽培イチゴにおけるバンカー法を用いた 天敵寄生蜂コレマンアブラバチ利用技術の検証

西野 実, 北上 達\*

## 要 旨

無加温の促成栽培イチゴにおいて、バンカー法を用いたコレマンアブラバチ放飼によるワタアブラムシ防除効果を検証するとともに、コレマンアブラバチへの高次寄生<sup>1)</sup>の回避方法についても検討した。コレマンアブラバチ放飼の効果が発揮される温度範囲よりも低い温度条件で試験を実施したが、バンカー上でコレマンアブラバチは維持、増殖でき、ワタアブラムシに対し高い防除効果が認められた。その効果は、コレマンアブラバチを7日間隔3回放飼した時の防除効果と同等であり、バンカー法を用いることにより、放飼回数を減らし、コスト低減が可能と考えられた。また、コレマンアブラバチへの高次寄生の回避方法として、バンカーを設置する高さや、設置する時期を検討したが、いずれの方法でも、高次寄生を回避することはできなかった。

キーワード：バンカー法；コレマンアブラバチ；ワタアブラムシ

## 緒 言

ワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover はイチゴの主要害虫であり、吸汁等の直接加害による被害とともに、高密度に増殖すると排泄物やすず病によりイチゴ果実が汚れる被害をもたらすこともある。ワタアブラムシの防除には効果が高く、受粉昆虫に対して影響が少ないアセタミプリド剤、チアクロプリド剤等が使用されてきた。しかし、三重県の促成栽培イチゴでは、ハダニ類防除にチリカブリダニ *Phytoseiulus persimilis* の利用が普及しており、アセタミプリド、チアクロプリドの両剤は、チリカブリダニの生育ステージによっては悪影響を与える<sup>1)</sup>。そのため、ワタアブラムシの防除には、これらの殺虫剤以外の手段が必要となっている。

一方、ワタアブラムシの寄生蜂であるコレマンアブラバチ *Aphidius colemani* (Viereck) は生物農薬として登録されており、効果的に使用するためには、ワタアブラムシの発生初期から1~2週間間隔で3回程度の放飼を行うことが基本とされてきた<sup>2)</sup>。複数回放飼を行うことで、放飼適期を捉えやすく、放飼期間中はコレマンアブラバチ密度を維持できるため有効な方法である。しかし、コレマンアブラバチを購入するコストが高く、現状では受け入れられにくい技術となっている。

矢野<sup>3)</sup>は、害虫以外で天敵の寄主となる昆虫の着生した植物を、温室内に持ち込んで天敵を供給する方法として「バンカー植物法」を紹介している。また、トマトのオンシツコナジラミ *Trialeurodes vaporariorum* に対して、あらかじめ別の温室でトマトにオンシツコナジラミを発生させ、そこに天敵であるオンシツツヤコバチ *Encarsia formosa* を十分寄生させた後、このトマトを本圃に持ち込む方法<sup>4)</sup>もバンカー植物法の一つとされている。長坂、大矢<sup>4)</sup>は、広義の「バンカー植物法」と「バンカー法」を区別し、「バンカー法」とは(1)栽培施設において、(2)害虫の発生前から、あるいは作物の生育初期から、(3)天敵の代替餌あるいは代替寄主(ただし、作物の害虫とはならないもの)と、(4)その寄主植物(ただし、作物の病害虫の発生源とはならないもの)とともに、(5)天敵を導入し、3者の関係を維持することにより十分量の天敵を継続的に供給するシステム(banker plant system)として定義しており、これらの条件を満たすことで十分な防除効果が得られるとしている。

コレマンアブラバチに関しては、ムギ類をバンカー植物に、ムギクビレアブラムシ *Rhopalosiphum padi*(L.)を代替宿主として組み合わせたバンカー法による放飼方法の有効性が確認されており<sup>2,4)</sup>、国内では技術者向けの技術マニュアルも作成

\* 三重県病害虫防除所

されている<sup>3)</sup>。しかし、三重県の土耕栽培のイチゴは無加温で栽培するほ場もあることから、冬季のハウス内温度はコレマンアブラバチの生育適温以下に低くなるため、そのような低温条件下でもバンカーでコレマンアブラバチ密度が維持でき、防除効果が発揮できるかどうか検証する必要がある。また、コレマンアブラバチのバンカー法は、コレマンアブラバチに寄生する高次寄生蜂の寄生率が高いと機能しなくなる<sup>4)</sup>ことから、バンカーを利用する際には、バンカーでの高次寄生蜂の発生に注意を払う必要がある。

本試験では、無加温のイチゴ栽培ほ場においてバンカー法によるコレマンアブラバチの防除効果を確認し、生産現場への普及性を検証するとともに、高次寄生蜂による防除効果の低下を防ぐためのバンカーの設置位置と設置時期を検討した。

### 材料および方法

#### 1 供試天敵およびバンカー

コレマンアブラバチは、生物農薬として販売されているコレマンアブラバチ製剤（商品名：アフィパール アリスタライフサイエンス社）を用いた。放飼密度は標準的な1回放飼あたり1頭/m<sup>2</sup>とした。なお、コレマンアブラバチ製剤を入手した時点で、容器内に必要頭数の成虫が羽化していない場合は、製剤を室温で保管し、マミーから成虫を羽化させた後、必要頭数の成虫を放飼した。

コレマンアブラバチ密度を維持、増殖する目的で設置したバンカーには、代替宿主としてムギクビレアブラムシを、バンカー植物としてオオムギ（商品名：てまいらず）を用いた。ムギクビレアブラムシは市販されている天敵補助資材（商品名：アフィバンク アリスタライフサイエンス社）を用いた。オオムギはワグネルポット等に約10粒播種し、播種21日後に、バンカー設置予定のイチゴ栽培ハウス内に移動させた後、ムギクビレアブラムシを接種し増殖させた。コレマンアブラバチの放飼は、ムギクビレアブラムシ接種後、21日以上経過してから行った。オオムギはムギクビレアブラムシ密度が高すぎると生育が悪化するので、試験途中で別途ポット栽培したオオムギを追加で導入した。

#### 2 試験1：バンカー法による防除効果の検証

農業研究所内のパイプハウス（45 m<sup>2</sup>）4棟を用いて2005年9月から2006年4月にかけて実施した。ハウス内にはイチゴ（品種：サンチーゴ）を2005年9月16日に120株定植し、無加温無電照で栽培した。試験区は1処理にハウス1棟を用い、コレマンアブラバチ無放飼でアブラムシ類無防除の「無放飼区」、コレマンアブラバチを2005年11月18日に1回放飼した「1回放飼区」、2005年11月18日、26日、12月3日の3回放飼した「3回放飼区」、バンカ

ーを導入し2005年11月18日に1回放飼した「バンカー放飼区」の4試験区を設けた。コレマンアブラバチの放飼密度は1回放飼あたり45頭/区とした。バンカー放飼区には、1/5,000 ワグネルポットで栽培したオオムギを2005年10月25日に2ヶ所設置し、同日にムギクビレアブラムシを接種した。2006年1月11日には、別途1/5,000 ワグネルポットで栽培したオオムギを、ムギクビレアブラムシは接種せずに、既存のバンカーの隣に設置した。

いずれの試験区においてもマルチ被覆時（2005年10月15日）にアセタミプリド粒剤を処理した以外は、アブラムシ類を対象とした化学合成殺虫剤による防除は行わなかった。

調査は各試験区から均一に抽出した24株の、異なる葉位の3小葉/株についてヘッドルーペ（倍率：×6）を用いて見取りし、ワタアブラムシの無翅態虫数および、コレマンアブラバチ成虫が未脱出のワタアブラムシマミー数を計数し、寄生率を算出した。調査は原則として7日間隔で実施した。また、3回放飼区とバンカー放飼区でイチゴ株上にマミーが少なくなった時期（2006年3月24日）に、両区で維持されているコレマンアブラバチによる防除効果を調査するため、ワタアブラムシを寄生させたキュウリ苗（9cmポット、設置時3葉）をトラップとして各ほ場に設置した。キュウリ苗トラップは各ほ場2ヶ所に設置し、設置7日、12日、14日後に株あたり2葉のワタアブラムシ無翅態虫数とマミー数を調査し、寄生率を算出した。寄生率の算出にあたっては、調査時点でマミー化していないワタアブラムシ数（a）とマミー化したワタアブラムシ数（b）により、寄生率（%）= 100 × (b / (a + b)) として算出した。なお、算出した寄生率は、調査時点で既にコレマンアブラバチは寄生しているが、マミー化していないワタアブラムシ個体は未寄生として扱われる“見かけの寄生率”であるため、防除効果を過小評価した数値である。

バンカー放飼区内の温度を計測するため、温度データロガー（ティアンドディ社製）をハウス中央部の畝上に設置した。ハウス内の温度調整は側窓を開閉することで行い、12月から2月下旬までは原則として側窓を遮蔽したままとした。また、内張り等の温度維持対策は行わなかった。

#### 3 試験2：高次寄生を回避するバンカー設置方法の検討

試験1と同様に、農業研究所内のパイプハウス（45 m<sup>2</sup>）4棟を用い、2006年9月27日に120株定植したイチゴ（品種：サンチーゴ）を、無加温無電照で栽培して試験を実施した。

バンカーの設置時期については、2006年11月3日にバンカーを設置した「11月設置」と、2006年12月23日に設置した「12月設置」の処理を設け、バンカーの設置位置については、地上1.3mの高さにバンカーを設置した「高設置」と、畝間の通路上に直接バンカーを設置した「低設置」の処理を設けた。試験区にはバンカー設置時期と設置位置の2つの処理を組み合わせ、**「11月・高設置区」「11月・低設置区」「12月・高設置区」「12月・低設置区」**の4区を設定し、1試験区にハウス1棟を割り当てた。なお、11月設置、12月設置ともにバンカー設置当日にコレマンアブラバチ成虫を放飼した。また、高設置区のバンカーは、プラスチック製のハンギングプランターにオオムギを約10粒播種して栽培し、ハウス天井から吊るして設置した。低設置区のバンカーは試験1と同様に1/5,000ワグネルポットで栽培したオオムギを用い畝間の通路に設置した。いずれの試験区においてもマルチ被覆時(2006年10月15日)にアセタミプリド粒剤を処理した以外は、アブラムシ類を対象とした化学合成殺虫剤による防除を行わなかった。

調査は各区のバンカーからマミーを採集して行った。マミーの採集は2007年2月8日、3月17日、4月27日に行い、採集したマミーをマイクロチューブ

## 結果

### 1 試験1：バンカー法による防除効果の検証

本試験では、無加温のイチゴ栽培ハウスで試験を実施したため、12月以降の栽培環境は低温条件となった(図1)。

試験期間中、すべての試験区でワタアブラムシが自然発生した(図2)。無放飼区では12月下旬からワタアブラムシが発生し、3月下旬以降に密度が増加した。1回放飼区は、コレマンアブラバチ放飼時にワタアブラムシの発生が認められず、放飼40日後の12月28日調査時に発生が確認された。ワタアブラムシの密度は2月中旬から急増し3月には高密度となった。試験期間中にマミーは確認できず、コレマンアブラバチ放飼による防除効果は認められなかった。3回放飼区では、放飼期間中にワタアブラムシの発生が認められ、3回目放飼の7日後にはマミーが確認された。その後、コレマンアブラバチの寄生率が高まるとともに、ワタアブラムシ密度は減少し、2月中旬以降は低密度で維持された。3月以降の調査では、ワタアブラムシもマミーもほとんど確認されなかった。バンカー放飼区では、コレマンアブラバチ放飼時にワタアブラムシの発生は認められず、放飼47日後にあたる2006年1月4日調査時に初確認された。しかし、ワタアブラムシが低密度のうちに、コレマンアブラバチの寄生率が高まり、ワタアブラムシは増加するこ

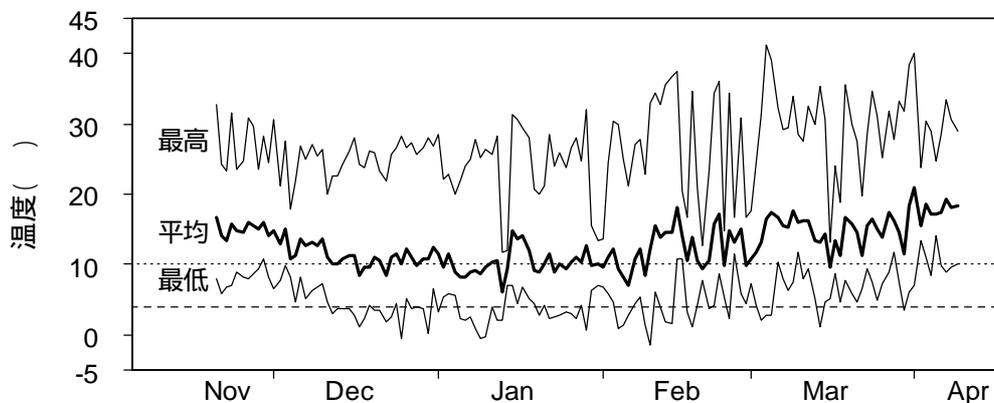


図1 バンカー放飼区の温度推移(2005~2006年)  
 最高:日最高温度,最低:日最低温度,平均:日平均温度  
 .....:コレマンアブラバチ増殖可能温度の下限値(10℃)  
 -----:コレマンアブラバチ生存可能温度の下限値(4℃)

に入れ、25 16L8D条件の人工気象器内で成虫を羽化させた後、羽化個体が高次寄生蜂かどうか判別し、コレマンアブラバチ羽化数(c)と高次寄生蜂羽化数(d)により、高次寄生率(%) =  $100 \times (d / (c + d))$  を算出した。未羽化のマミーなど、判別ができなかった個体は不明として取り扱い、高次寄生率の算出には用いなかった。

となく抑制された。3月以降、イチゴではワタアブラムシ、マミーとも確認できなかった。なお、バンカー上でのマミーの発生は、12月上旬には確認され、バンカー上で増加したが、2006年1月中旬にはオオムギの生育が弱りマミー数も減少した。1月下旬にはバンカー上で新しいマミーが散見されるようになり、2006年2月14日には1月11日に追加設置した新しいバンカーにマミーが確認できた。以降、試験終了時までバンカー上でマミーは確認された。また、2005年12月16日と2006年2月14日にバンカーからマミーを採集し、25 16L8D条件

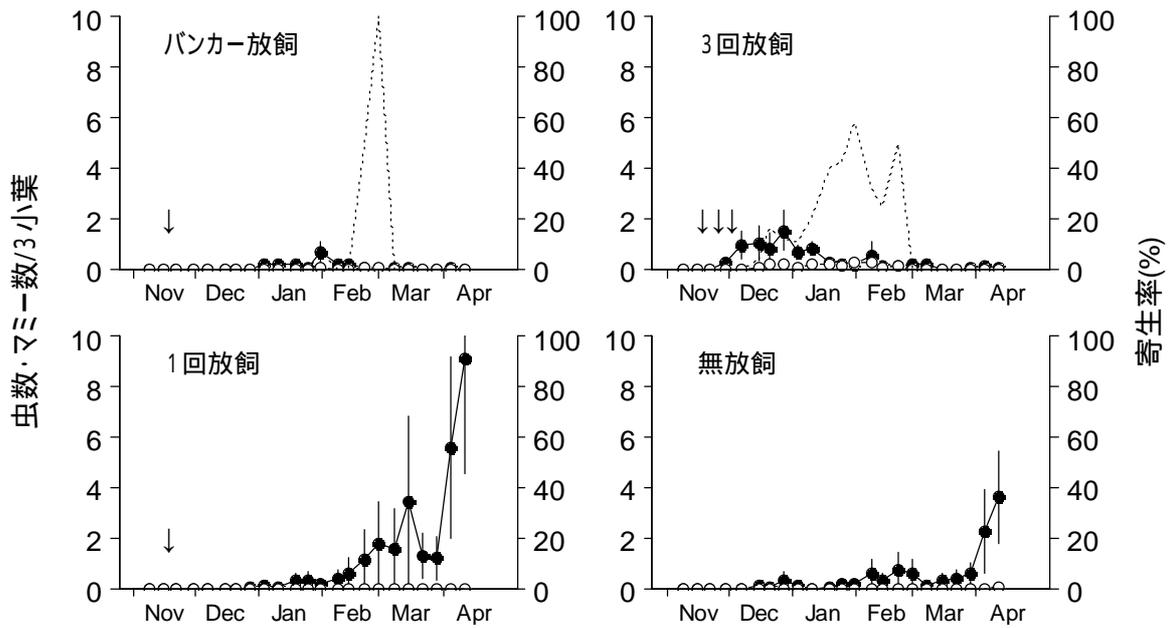


図2 イチゴ葉でのワタアブラムシとコレマンアブラバチマミーの密度推移（2005～2006年）  
 ○：ワタアブラムシ無翅態虫      ●：コレマンアブラバチマミー      - - -：寄生率  
 ↓：コレマンアブラバチ放飼日      エラーバーは標準誤差を示す

で羽化させたところ、マミーからはコレマンアブラバチ成虫の羽化が確認された。

キュウリ苗のトラップ調査では、両区ともに設置12日後にマミーが認められた(表1)。キュウリ苗上のワタアブラムシに対するコレマンアブラバチの寄生率は、設置12日後でバンカー放飼区：10.8%(n=316)，3回放飼区：3.4%(n=442)，設置14日後にはバンカー放飼区：56.6%(n=166)，3回放飼区：9.4%(n=329)となり、設置12日後、14日後ともに両区の寄生率に差が認められた(Fisher's exact test, p<0.01)。

2 試験2：高次寄生を回避するバンカー設置方法の検討

本試験では、11月・高設置区のみでワタアブラムシ

の自然発生が認められ、他の試験区では2007年2月3日にワタアブラムシを人為的に接種したが増殖せず、試験期間中は低密度のままであったため、各区の防除効果を確認できなかった。また、ワタアブラムシの自然発生が認められた11月・高設置区では、コレマンアブラバチの寄生により、ワタアブラムシ密度は低く抑制されたが、バンカー直下のイチゴ株がバンカーのムギクビレアブラムシからの排泄物により汚れる被害が出た。

各試験区のバンカーからマミーを採集したが、未羽化個体が多く見受けられ、未羽化個体では高次寄生の有無が判別できなかった。そのため、高次寄生の判別に用いたマミー数は少なかったが、全ての試験区で高次寄生蜂の羽化が確認された(表2)。

表1 バンカー放飼区と3回放飼区に設置したキュウリ苗上のワタアブラムシに対するコレマンアブラバチ寄生率の比較（2005～2006年）

試験区	調査対象	キュウリ苗トラップ設置後日数							
		当日		7日後		12日後		14日後	
		個体数 <sup>1)</sup>	寄生率 (%) <sup>2)</sup>						
バンカー放飼	ワタアブラムシ a	344	0	406	0	282	10.8	72	56.6
	マミー b	0		0		34		94	
3回放飼	ワタアブラムシ a	319	0	468	0	427	3.4	298	9.4
	マミー b	0		0		15		31	
Fisher's exact test <sup>3)</sup>		ns		ns		**		**	

<sup>1)</sup> 4葉(2葉×2株)あたりの個体数      <sup>2)</sup> 寄生率(%) = 100 × (b/(a+b))

<sup>3)</sup> Fisher's exact test により      \*\*:有意差あり(p<0.01), ns:有意差なし

表2 採集したバンカーのマミーから羽化した高次寄生蜂の割合(2006~2007年)

試験区	採集日	採集数	羽化個体数			高次寄生率 <sup>1)</sup> (%)
			コレマンアブラバチ c	高次寄生蜂 d	不明 <sup>2)</sup>	
11月・高設置	2/8	23	19	1	3	5.0
	3/17	10	2	3	5	60.0
	4/27	18	16	0	2	0.0
11月・低設置	2/8	13	5	1	7	16.7
	3/17	25	4	8	13	66.7
	4/27	28	9	8	11	47.1
12月・高設置	2/8	23	16	1	6	5.9
	3/17	7	7	0	0	0.0
	4/27	25	20	0	5	0.0
12月・低設置	2/8	18	16	1	0	5.9
	3/17	8	6	0	2	0.0
	4/27	14	8	3	3	2.3

<sup>1)</sup> 高次寄生率(%) =  $100 \times (d / (c+d))$  <sup>2)</sup> 未羽化個体等の同定・識別が不可能な個体

また、初回の採集日である2月8日に採集したマミーからも、高次寄生蜂の羽化が認められた。羽化した高次寄生蜂はヒメバチ科の一種 *Alloxysta* sp. が主体であった。

### 考 察

コレマンアブラバチの生存可能な温度範囲は約4~32℃、増殖可能な温度範囲は約10~30℃とされており、効果を発揮できる温度範囲は20~30℃とされている<sup>5)</sup>。試験1のバンカー放飼区の温度は、12月から3月にかけて最高温度はおおむね20℃を超えているものの、平均温度はコレマンアブラバチの増殖可能温度を下回る日も多く、また、一時的にはあるが最低温度が生存可能温度を下回ることもあり、コレマンアブラバチ放飼による防除効果を発揮させるためには不適当な温度環境であったと考えられた(図1)。

バンカー放飼区、3回放飼区では、調査期間中、ワタアブラムシを低密度に抑制できた(図2)。コレマンアブラバチ放飼によりワタアブラムシに対し高い防除効果が得られ、1回しか放飼していないバンカー放飼区でも3回放飼区と同等の効果が得られたと考えられた。

1回放飼区とバンカー放飼区では、ワタアブラムシが発生していない時期にコレマンアブラバチを1回放飼したが、防除効果が認められたのはバンカー放飼区のみで、バンカーを設置しなかった1回放飼区では防除効果は認められなかった(図2)。1回放飼区ではワタアブラムシ密度が高まってもマミーが認められなかったことから、放飼したコレマンアブラバチは、寄主を見つけることができず死亡あるいはハウス外に分散し、ハウス内に定着できなかったと推察された。一方、バンカー放飼区では、設置したバンカーでコレマンアブラバチ密度を維持、増殖でき、ワタアブラムシも防除できたことから、バンカーが有効に機能していたことが示唆された。

ワタアブラムシを接種したキュウリ苗トラップの調査では、バンカー放飼区が3回放飼区よりも寄生率が高い傾向が認められた(表1)。3月以降、両区のイチゴ上でのワタアブラムシ密度は非常に低く、調査で観察できないレベルであったことから、3回放飼区では、ワタアブラムシ密度が減少したことにより、コレマンアブラバチの密度も低下したと推察された。一方、バンカー放飼区では、イチゴ株上にワタアブラムシがいなくても、コレマンアブラバチはバンカー上の代替寄主に寄生し、増殖できた。このことから、ワタアブラムシ低密度条件でも、ハウス内のコレマンアブラバチ密度は低下しておらず、キュウリ苗トラップの寄生率が高まったと考えられた。このことは、3月以降、側窓等を解放する時期に、ハウス外からワタアブラムシの侵入がある条件でも、バンカーでコレマンアブラバチを維持しておくことにより、低密度のうちにワタアブラムシ密度を抑制できる可能性を示唆している。

バンカー法によるコレマンアブラバチの利用は、国内のナス、キュウリ、ピーマンなどの果菜類の栽培施設ですでに利用されている技術である。しかし、促成栽培イチゴでは、冬期に加温する高設栽培での報告<sup>2)</sup>はあるが、土耕栽培等で行われている、内張りを行い二重被覆したうえで加温しない栽培での有効性の評価は行われていない。今回の試験は、二重被覆も行わず無加温で実施しており、コレマンアブラバチの能力を発揮するには、より不利な温度条件であったと考えられたが、バンカー放飼区、3回放飼区で防除効果が認められた。また、バンカー放飼区では、11月18日にコレマンアブラバチを放飼した以降、4月の調査終了時までバンカー上でコレマンアブラバチを維持できた。このことから、三重県の平坦部の気象条件であれば、無加温でもバンカー法によるコレマンアブラバチの利用は可能と考えられた。ただし、コレマンアブラバチの効果が発揮できる温度範囲は20~30℃で、この温度範囲の持続の長さが

効果を左右する<sup>5)</sup>ことから、無加温ほ場で使用する際には、内張等により二重被覆を行うなどして、20～30の温度範囲をなるべく長く維持することが望ましい。また、バンカーをハウス中央部等の比較的溫度が低くならない場所に設置することも重要と考えられる。

試験2では、コレマンアブラバチへの高次寄生を回避するためにバンカーを設置する時期と設置する高さについて検討したが、高次寄生は回避できなかった(表2)。2月に採集したマミーからも高次寄生蜂が羽化していることから、冬期であってもバンカーに高次寄生蜂が侵入し、効果が低下するリスクがあることが考えられた。今後は、高次寄生を回避するバンカー管理技術とともに、高次寄生蜂によりバンカーの機能が低下した際に、代替で使用する防除技術についても検討する必要があると考えられた。

天敵製剤を利用した害虫防除技術を生産現場に普及させるには、天敵の放飼適期の判断、天敵利用のコスト等が重要な課題として考えられる。特に天敵放飼の時期、密度、放飼回数は、その効果に強く影響する<sup>6)</sup>とされており、天敵放飼適期の判断は、防除効果に影響する大きな要因となっている。コレマンアブラバチも含め、天敵を適正なタイミングで放飼するためには、ハウス内の害虫の発生密度をモニタリングしながら、天敵の放飼時期を決定する必要がある。しかし、生産者が害虫の発生調査をおこない、害虫の密度に合わせて適切な放飼時期を決定することは困難である。バンカー法ではワタアブラムシが発生していない条件でも、コレマンアブラバチ密度が維持され、ワタアブラムシに防除効果を発揮できるため、栽培前にスケジュールを組んで利用することも可能で、生産者にも利用しやすいと考えられる。

バンカー法を利用する際には、コレマンアブラバチ：約6,800円/10a(アフィパール1本,2009年現在,消費税込み)とともに、バンカー作成のためのムギクビレアブラムシ：約5,500円/10a(アフィバンク1箱,2009年現在,消費税込み)、オオムギ種子：約11円/10a(品種：てまいらず 5g/鉢×5ヶ所)、プランター：約750円/10a(150円/鉢×5ヶ所)等の

資材費が合計13,061円/10aかかる。これは、コレマンアブラバチの一般的な使用方法である7日間隔3回放飼の資材費：約20,400円/10a(アフィパール3本,2009年現在,消費税込み)と比較すると、より低コストとなるため、コレマンアブラバチを利用する際には、バンカー法を利用した方が低コスト化を図る上でも有効である。ただし、殺虫剤による防除資材費：約1,700円/10a(アセタミプリド水溶剤 2,000倍希釈×200リットル,1回散布)と比較すると7.7倍程度高い。コレマンアブラバチのバンカー放飼を生産現場に普及させるためには、資材費のコストをより一層削減する必要がある。

#### 引用文献

- 1) 浜村徹三・篠田徹郎(2004):3種カブリダニに悪影響のない薬剤の選択,関西病虫害研究会,46,63-65.
- 2) 松尾尚典(2003):バンカープラントによるイチゴのワタアブラムシ防除,植物防疫,57,369-372.
- 3) 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(技術者用),(独)農業・生物特定産業技術研究機構,1-21.
- 4) 長坂幸吉・大矢慎吾(2003):バンカー植物の活用,植物防疫,57,505-509.
- 5) 日本植物防疫協会(2006):生物農薬+フェロモンガイドブック,2006(社)日本植物防疫協会編,東京,71-83.
- 6) Stacey, D.L. (1977), 'Banker' plant production of *Encarsia formosa* Gahan and its use in the control of glasshouse whitefly on tomatoes, *Plant Pathology*, 26, 63-66.
- 7) 矢野栄一(2003):天敵 生態と利用技術,養賢堂,東京,85-87.

**Control of *Aphis gossypii* Using Banker Plants for  
*Aphidius colemani* in Greenhouses without Heating System for Strawberry.**

Minoru NISHINO and Tooru KITAGAMI

**Abstract**

In greenhouses without heating system for strawberry, we evaluated controlling effect of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover using banker plants for *Aphidius colemani* and tried to develop a method of avoiding hyperparasitism in *A. colemani*. Though investigations were carried out under low temperature conditions, *A. colemani* populations were maintained on banker plants, and controlled cotton aphid populations. The controlling effect of banker plants system was as high as that of three times release of *A. colemani*. Banker plants system decreased the release frequency of *A. colemani* and the cost of releasing. To develop a method of avoiding hyperparasitism on *A. colemani*, we tried to determine proper releasing time (November on December) and proper places for banker plants (placed high on low). However, no way succeeded in avoiding perfectly hyperparasitism.

[Key words: Banker plant system, *Aphidius colemani*, *Aphis gossypii* Glover]



# 石油代替エネルギー・燃料電池のイチゴ栽培への 利用技術の開発

藪田信次<sup>\*</sup>・田中一久<sup>\*</sup>・小西信幸<sup>\*\*</sup>・人見周二<sup>\*\*\*</sup>・石丸文也<sup>\*\*\*</sup>

## 要 旨

メタノール型燃料電池を用いて、装置から得られる電気、熱、炭酸ガスのイチゴ栽培への利用による生産システムの開発と経済性を含めた実用性の総合的評価を行った。

燃料電池から出る温風の風量が少ないことから、送風配管方法（親ダクト）を二重配管とすることで加温を効率的に行えることを明らかにした。また、温風には水分を多く含むことから親ダクトに水抜き装置を設置することで円滑な送風が可能となった。ハウス内の炭酸ガス濃度は、1800 ppm程度となり、施用効果があるとされる濃度に達した。株元局所加温によってマルチ内の夜間温度は、2℃以上上昇させられることを明らかにした。また、これによりイチゴの収量は無加温に比べて高くなる傾向を示した。

電気の利用について、3時間連続電照及び1時間に15分照明を7時間行う間欠電照を行っても安定的に燃料電池が稼働することを確認した。イチゴ栽培における燃料電池稼働にかかる経費は、1ヶ月42,120円で温風暖房機の経費の約50%となることを明らかにした。本研究で使用した直接メタノール型燃料電池は、石油代替エネルギーとして期待されるものであるが、現時点では量産されていないことから、装置の価格が高いという問題がある。しかし、近い将来、この燃料電池が普及し、量産効果によって価格が下がれば、農業分野への利用も大いに期待できると考えられた。

キーワード： 燃料電池、イチゴ栽培、局所加温、電気利用、炭酸ガス利用

## 緒 言

三重県における施設園芸は重要な位置を占めている。しかし、近年の石油価格の高騰は施設園芸農家の経営を大きく圧迫している。特に生産コストの中で暖房費の割合の高い作目では経営が成り立たないことが心配されるまでになっており、加えて海外からの輸入の増加、産地間競争の激化、価格の低迷によって施設園芸産地の維持そのものが危惧される状況になり、石油価格高騰に対応した省エネ技術の開発が強く望まれるようになった。省エネ技術の開発は1970年代のオイルショック時に盛んに行われたがその後、石油価格が比較的安価に推移したことから研究が進展せず現在に至っている。このような背景の下に本研究は、愛知県総合農業試験場等の7つの研究機関等と共同して、施設園芸作物の収量・品質を落とすことなく暖房費を節減する省エネ技術の開発を行うとともに化石燃料に頼らない安定した施設園芸の確立を目的に取り組んだ。本県では石油代替エネルギーとして

開発が進む直接メタノール型燃料電池について、機器から発生する熱、炭酸ガス及び電気のイチゴ栽培への利用による生産システムの開発と周年利用等を含めた総合的な活用方法の評価を試みた。

## 材料及び方法

### 試験1．局所加温用送風ダクトの選定と配管方法

異なる5種類（表1）のダクト（かん水チューブ）を用い、供試ダクトをそれぞれ400m（50m×8本）配管し、電動送風機（SB-201HT-R3A3、出力40W）により送風し、50m先の膨らみ方、通風量を調査した。配管は図1の1と2の方法により行った。なお、風量を具体的に数値化するために子ダクト（かん水チューブ）内に45ℓ/分かん水して、配管接合部から5m及び45m地点における5分当たりの水の排水量を調査した。

<sup>\*</sup> 四日市農林環境事務所 農政普及室  
<sup>\*\*</sup> 農水商工部科学技術・地域資源室  
<sup>\*\*\*</sup> 株式会社ジーエス・ユアサコーポレーション

### 試験 2. 燃料電池装置のモデル装置による局所加温のシミュレーション

冬期を想定した 5 ～ 6.5 ℃の夜冷装置内に 50m 局所加温用ダクトを配管し、350m は戸外に配管した。発熱電球 2 個（170kcal）を熱源とする燃料電池のモデル装置を作成し、電動送風機により送風し、夜冷装置内の配管ダクトの中の温度と距離の関係を調べた。

### 試験 3. 燃料電池装置から得られる熱、電気、炭酸ガスの利用（現地試験）

#### 平成 18 年度

鈴鹿市石薬師町のイチゴ高設用ビニールハウスを用い現地実証を行った。供試品種は「章姫」とし、燃料電池装置による局所加温区（1000 m<sup>2</sup>）と対照区として小型温風器による加温区（1000 m<sup>2</sup>）を設けた。

局所加温は、燃料電池装置より排出される温風および炭酸ガスを親ダクト（直径 4cm 塩ビ管）から電動送風機（SB-201HT-R3A3）により送風し、更に子ダクト（かん水チューブ）でイチゴのマルチ直下に送風する方法で行った（写真 1, 2,）。



写真 1 燃料電池システムの構成

燃料電池の試験は、2006 年 11 月 29 日から 2007 年 2 月 28 日まで行った。燃料電池の稼働は 21:00 ～ 7:00 までとし、送風機は 22:00 ～ 6:30 まで稼働させた。22:30 ～ 3:15 までは充電を行い、3:30 ～ 6:30 の早朝には電照灯（蛍光灯）を点灯した。

ハウス内のイチゴは、2 段に重ねたプラスチックコンテナの上部に培土（スミリンコンパル）を 36 畝入れ、8 株を 9 月 15 日から順次定植し、高設栽培を行った。株間 17cm、条間 25cm の 2 条植えとし、かん水チューブ（点滴）を 2 条配管し、慣行栽培に準じて栽培した。葉数、草丈、果梗長を 11 月 29 日、12 月 29 日、1 月 29 日、3

月 1 日に調査、1 株あたりの収量、可販果率、果実品質を 12 月 15 日から毎週調査。



写真 2 送風ダクトの配管状況

#### 平成 19 年度

H 18 度に試験区と対照区のハウスの日照条件が異なることがわかったため、平成 19 年度は同一ハウス内に試験区と対照区を設けて実施した。また、対照区は無加温の条件とした。

局所加温方法は、平成 18 年度と同様としたが、燃料電池から得られる排熱に水分が多く含まれ送風ダクトに水がたまり、送風詰まりを起こすことが明らかとなったため、送風ダクトに水抜き装置を設置した。

燃料電池の稼働は、11 月 29 日から、21:30 ～ 7:30 まで行い、送風機は 22:30 ～ 6:45 まで稼働させた。電力の有効利用を図るため 12:30 ～ 6:45 の間に 1 時間に 15 分の電照灯（蛍光灯）を間欠点灯した。なお、22:30 ～ 3:30 までは充電を行った（電照灯点灯時除く）。

9 月 15 日から定植を行い、その他の管理は平成 18 年度と同様とした。局所加温は 11 月 30 日から開始した。収量調査は局所加温効果の現れると予想される局所暖房開始約 1 ヶ月後の 1 月 4 日から局所加温終了（2 月 28 日）1 ヶ月後の 3 月 28 日まで行った。

## 結 果

### 試験 1. 局所加温用送風ダクトの選定と配管方法

局所加温のための送風子ダクト（かん水チューブ）の適正については、噴霧散水用を 4 タイプ（A～D）、点滴散水用を 1 タイプ（E）で比較した。送風したときの送風子ダクトの膨らみ方は、B が最もよく、次いで A、E、D、E であった。C は両面に孔穴があり、孔径も大きいので 50m 地点では膨らみが小さかった。通風量は B が最も多く次いで A、C、D、E となった（表 1）。

配管方法の検討については、子ダクトから排出される風量を具体的に数値化するためにダクトに送水し測定した。その結果、親ダクトを環状に配管する（配管方法2）方が直線的に配管する（配管方法1）より5m先、45m先ともに4区平均の排水量が多くなり、配管位置による

差も小さくなった（図1、表2）。

以上のことから、局所加温用子ダクトはB、親ダクトの配管方法は環状配管（配管方法2）が適することが明らかとなった。

表1 局所加温配管のための送風用チューブの適正比較

種類	タイプ	折径 mm	口径 mm	孔ピッチ mm	孔径 mm	孔数	材質	色	膨らみ方※		通風※
									指数※	指数	
A	噴霧散水 片面	50	20	片側100(50千鳥)	0.3	2	ポリエチレン	黒	○	○	○
B	噴霧散水 片面	58	32	片側100(50千鳥)	0.4	1	ポリエチレン	黒	◎	◎	◎
C	噴霧散水 両面	52	33	片側144(72千鳥)	0.6	1	ポリエチレン	青	×	△	△
D	噴霧散水 片面	42	20	片側50(25千鳥)	0.18	1	ポリエチレン	黒	×	△	△
E	点滴散水 片面	42	20	片側44(22千鳥) スリット状	1.2	1	ポリエチレン	黒	△	×	×

※膨らみ方は送風機から8本に配管を分岐し、50m先のダクトの膨らみ方を調査した(総配管長400m)。

※通風は上記と同じく50m先のダクトの水中での気泡の発生程度による。

※評価指数

膨らみ方、通風程度：◎ 良好 ○ やや良 △ 不良 × 無



図1 配管方法

※排水量を計るために水で行った。

表2 配管方法と水の排出量

位置	配管方法 1		配管方法 2	
	排出量 ml/5min	4区平均 ml/5min	排出量 ml/5min	4区平均 ml/5min
1	310	254	295	278
2	245		295	
3	240		263	
4	220		260	
5	500	406	455	428
6	410		458	
7	345		383	
8	370		415	
1~4 の差	90		35	
5~8 の差	155		75	

### 試験2. 燃料電池装置のモデル装置による局所加温のシミュレーション

170kcal の熱源のモデル装置を使って、冬期を想定した5～6.5℃の冷蔵庫内における局所加温のシミュレーションを行った結果、温風が7℃になるまでの距離は13.7mであった（図2）。燃料電池からの温風の熱量は2,000kcal/時であり、温風の利用率を80%と仮定すると、燃料電池からの7℃の温風の到達距離は①式より64mとなった。

・燃料電池による800m配管した時の7℃になるまでの距離(①式)：

$$2,000\text{kcal}/170\text{kcal} \times 13.7\text{m} \times 1/2 \times 80/100 = 64\text{m}$$

以上のことから、長さが50m規模のハウスでは、燃料電池の局所加温により最低温度を7℃に保つ事が可能であることがわかった。

### 試験3. 燃料電池装置から得られる熱、電気、炭酸ガスの利用（現地試験）

#### 平成18年度

収量は、対照区に比べて総果数で7%減となり、総果重は2%減となった。減収の要因は、対照区のハウスが新しく保温性が良いことや日照時間が長いことが考えられた。しかし、局所加温区の1株あたり収量は600gで慣行栽培とほぼ同等の収量が得られたと考えられる。

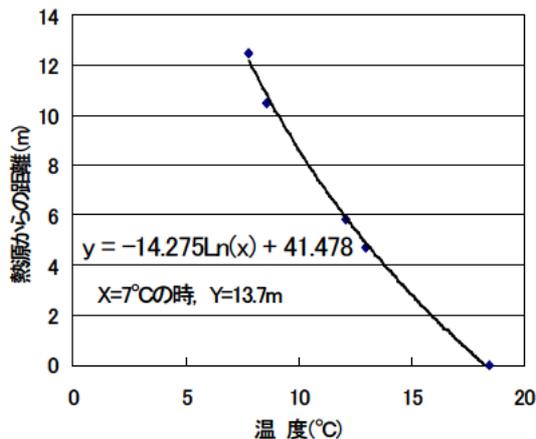


図2 モデル実験による温度と熱源からの距離

なお、局所加温区の第1腋果房の総果数、総重量が共に低くなった要因は収穫開始期が2週間以上早く株に負担がかかったためと思われた（図3、4および表5）。

品質については、可販果率は摘果の影響で両区とも非常に高くなった。秀品率、大果率、酸度、Brixは局所加温区が対照区に比べてやや低くなった（表3、4）。

以上のことから、燃料電池区は対照区と比べ98%とほぼ同等の収量が得られるが、品質についてはやや低くなることが明らかとなった。

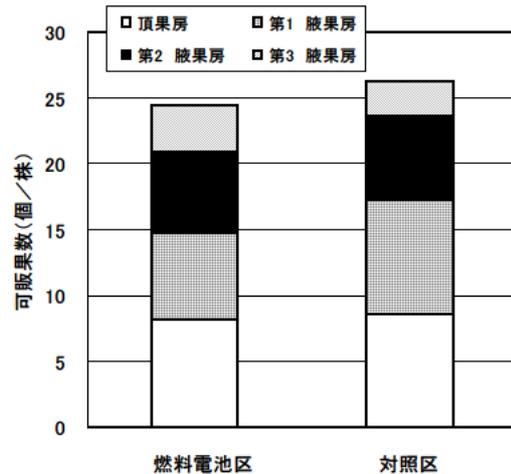


図3 燃料電池がイチゴの可販果数に及ぼす影響

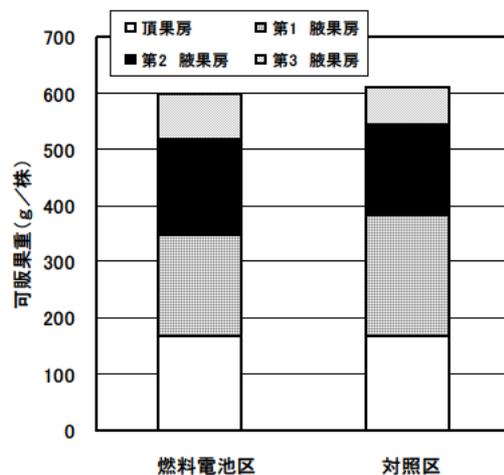


図4 燃料電池がイチゴの可販果重に及ぼす影響

表3 燃料電池がイチゴの収穫物に及ぼす影響

区	試験区	収量		秀品果重 g/株	大果重 g/株	可販果率 %	秀品率 %	大果率 %
		kg/10a	%					
1	燃料電池区	4,778	98	442.7	540.1	99.8	73.8	90.2
2	対照区	4,870	100	492.3	569.6	99.7	80.6	93.3

表4 燃料電池がイチゴの果実品質に及ぼす影響

区	試験区	酸度(%)	Brix
1	燃料電池区	0.50	9.50
2	対照区	0.61	9.81

表5 収穫開始期

試験区	月	日
燃料電池区	11	21
対照区	12	7

現地試験 H 19 年度

局所暖房開始 1 ヶ月後の生育は試験区と対象区に差がなかった (図 5) が局所加温開始後 2 ヶ月の生育では燃料電池に近い区の草丈、新葉数が増加する傾向を示した。

(図 6)

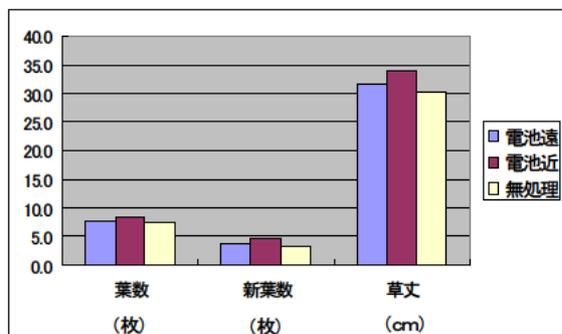


図 5 暖房開始 1 ヶ月後の生育 (12/29)

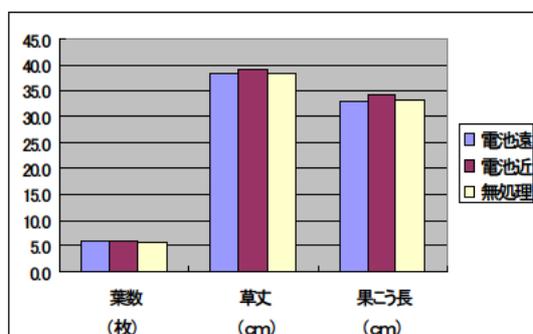


図 6 局所暖房開始 2 ヶ月後の生育 (1/29)

- \* 電池近：燃料電池の排気口に近い測定地点
- \* 電池遠：燃料電池の排気口から遠い測定地点

局所加温開始後の 1 / 4 ~ 3 / 29 の収量は燃料電池にもっとも近い区の収量が優る傾向を示し (図 7)、秀品率も燃料電池区が高くなる傾向を示した (図 8)。

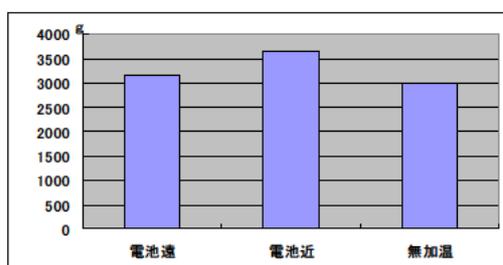


図 7 10 株当たり 1/4 ~ 3/29 日の収量

燃料電池区の生育・収量が向上した要因は、局所加温によって安定的にマルチ内温度を高める (平均 2℃) ことができたためと考えられた (図 9)。

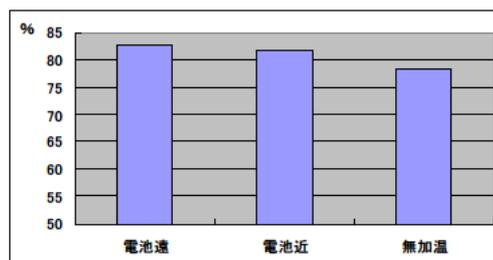


図 8 秀品率の比較

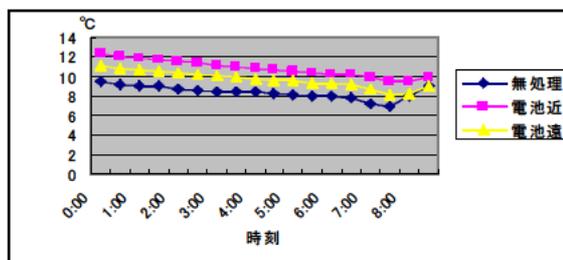


図 9 厳寒期における (2/14) マルチ内温度の変化

また、ハウス内の炭酸ガス濃度は、1800ppm 程度となり、施用効果があるとされる濃度に達することが明らかとなった (図 10 および 11)。

さらに、電気の利用については、早朝 3 時間連続電照及び 7 時間間欠電照において安定的に燃料電池が稼働することを確認することができた。また、イチゴ栽培における燃料電池稼働にかかる経費は、1 ヶ月 42,120 円となり (表 6)、通常の暖房機を使用した場合に比べ約半減することが明らかとなった。

表 6 燃料電池の運転経費 (試算)

駆動時間	10時間/日
メタノール (53%) 消費量	1.8 $\frac{kg}{時間}$
〃	540 $\frac{kg}{月}$
〃 単価	78円/ $\frac{kg}{kg}$
〃 使用料	42,120円*

\* 温風暖房機の約50%

考 察

昨今、地球温暖化に関する懸念が高まっており、化石燃料の削減などによって温暖化の原因である二酸化炭素などの発生を抑制する対策が重要になっている。燃料電池もその対策の一つで、将来普及が見込まれる発電装置として大きな期待がかけられている。現在は導入コストが高く採算が合わないと言われているが、石油エネルギーを多く使用する日本の施設園芸分野において、電気と

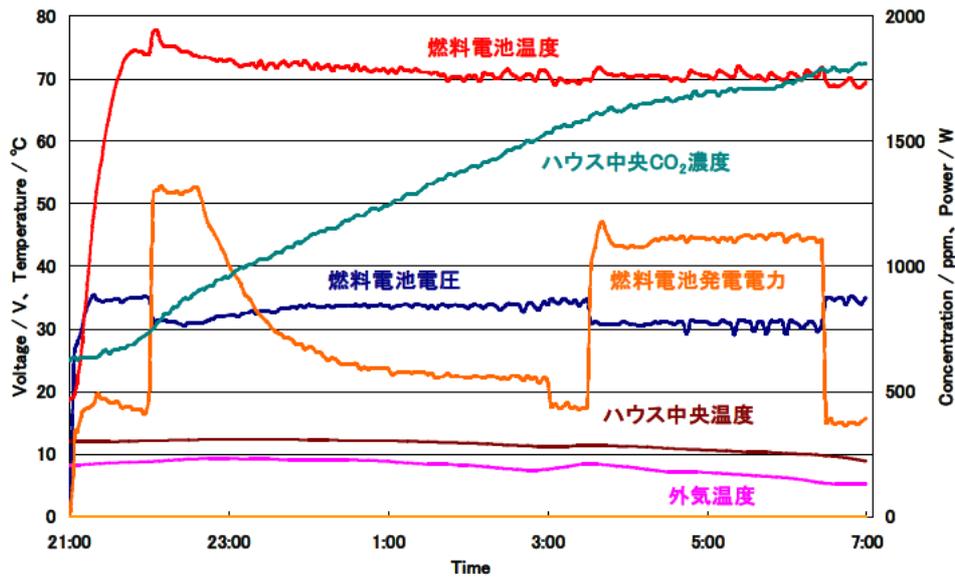


図10 ハウス内の炭酸ガス濃度等の推移（平成18年度）

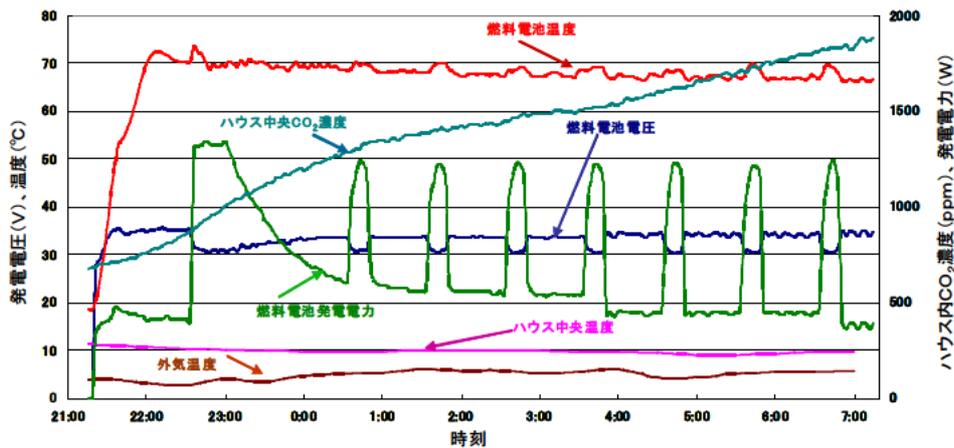


図11 ハウス内の炭酸ガス濃度等の推移（平成19年度）

熱に加え二酸化炭素も利用できる装置と考えるならば多くの可能性が開けてくる。一方、地球温暖化とともに問題となっているのが化石燃料の高騰である。平成21年度は比較的安価で推移しているが平成20年度は異常な高騰となり施設園芸産地の崩壊さえ危惧される事態となった。このようなことから、化石燃料の削減対策の一環として三重県の施設園芸の重要品目であるイチゴに着目して、燃料電池の利用技術の開発を目指した。

本研究は、メタノール型燃料電池を用いて、装置から得られる電気、熱、炭酸ガスを効率的に活用し、イチゴにおける電照、高設栽培における効率的局所加温技術及び炭酸ガス施用技術の開発を行ったものである。

燃料電池から得られる熱（排熱）は熱量が少ないこと

から効率的に利用する必要がある。このため、加温方法は株もと局所加温とし、局所加温用の最適送風ダクトの選定と配管方法について検討し、送風ダクトはスミチューブ果菜25、配管方法は二重配管とすることで効率よく送風できることを明らかとした。また、燃料電池から排出される温風には水蒸気が多く含まれることから低温期には送風ダクトに結露・滞水し、送風を阻害することから、送風ダクトに水抜き装置を設置し、1週間に1度程度水抜きを行うことで円滑な送風を可能にすることができると明らかとした。

ハウス内の炭酸ガス濃度は、燃料電池稼働10時間後の午前7時には1800ppm程度となり炭酸ガス施用効果があるとされる濃度に達することが明らかになった。

株元局所加温によってマルチ内の夜間温度は燃料電池から最も遠い位置でも、夜温目標温度の7より2以上高まり、無加温区に比べて収量・品質とも向上させることができることを明らかにした。

電気の利用については、生育促進をねらいとした早朝3時間電照に利用した(H18)。また、H19には電気の有効利用を図ることをねらいとして、燃料電池により負荷がかかる7時間間欠電照を行い、余剰電力を蓄電し循環扇等の稼働に利用した。いずれの方法においても燃料電池が安定的に稼働することを明らかにした。

イチゴ栽培における燃料電池稼働にかかる経費は、1ヶ月あたり42,120円で、三重県のイチゴ栽培における通常の暖房経費の50%となることを明らかにした。

なお、本研究で使用した直接メタノール型燃料電池は、

石油代替エネルギーとして期待されるものであるが、現時点では量産されていないことから、装置の価格が高いという問題がある。しかし、近い将来、この燃料電池が普及し、量産効果によって価格が下がれば、農業分野への利用も大いに期待できると考えられた。

#### 謝 辞

鈴鹿市石薬師町の大島農園様には現地試験の準備等積極的なご協力をいただき感謝いたします。

#### 引用文献

- 1) 財団法人農産業振興奨励会平成19年3月・燃料電池農業分野利活用調査事業実績報告書

## Application of fuel cell to the strawberry cultivation as an alternative energy source of oil

Shinji YABUTA, Kazuhisa TANAKA, Nobuyuki KONISHI,  
Shuji HITOMI, and Fumiya ISHIMARU

### Abstract

Heat, electricity and carbon dioxide from fuel cell were successfully used for strawberry cultivation as an alternate energy source of oil. However, there is a problem that the price of the device is high because it is not mass-produced now though Direct Methanol Fuel Cell used in the present study is the one expected as an alternative energy to oil. the application of fuel cell to agricultural sector was able to be expected very much if this fuel cell would spread in the near future, and it sank in price by the effect of mass production.

Key words: fuel cell, strawberry growing, local calefactory, electric use, and carbon dioxide use



# 加温ハウス栽培ニホンナシ‘幸水’の 省エネルギー管理技術

西川 豊\*・大野秀一・田口裕美・三井友宏・前川哲男

## 要 旨

加温ハウス栽培‘幸水’の促成と燃料消費量の抑制を両立する管理法について検討した。加温開始を発育指数（DVI）1.6 以降にすると、加温開始から満開までの期間が短縮され、かつ開花率が高くなった。また、加温中は最低気温を 15℃ で一定に管理するより、満開時から満開 40 日後までの期間を 15℃、それ以外の期間を 10℃ にする変温管理が燃料消費量を少なくし、成熟期を遅らさず有効であった。休眠打破のためのシアナミド液剤の処理は、DVI 1.0 時点の散布で開花期と収穫期を 2～3 日程度早める効果が認められ、露地およびハウス栽培ともに早熟化技術として利用できることが確認された。

キーワード：DVI、休眠、燃料、温度管理、シアナミド、収穫期

## 緒 言

三重県のナシ栽培の主力品種は‘幸水’で、盆前需要に対応する早産地として発展してきた。1990 年代には早期出荷するほど高単価が得られたことからハウス栽培の面積が拡大したが、近年は販売価格の低迷に加え、燃油の高騰により加温ハウス栽培は急速に減少している。しかし、大規模農家にとってハウス栽培は、作期分散をしながら経営の安定を図るうえで有効である。

ニホンナシの生育は気温との関係が大きく、前川ら<sup>3)</sup>は気象要因と休眠や開花および成熟期の関係から生育予測に関する報告を行っている。また、杉浦ら<sup>6,8)</sup>はナシ‘幸水’における発育指数（DVI）による自発休眠期以降の気温と開花期までの発育ステージをモデル化し、収穫期は満開後 33 日間の気温によって予測できるとするなど<sup>7)</sup>、より精度の高い生育予測のための研究を行った。これらをもとに、多様な地域条件や品種に適合するニホンナシの生育予測に関する研究が行われてきた（齋藤ら<sup>5)</sup>、大谷<sup>4)</sup>、田中ら<sup>9)</sup>）。

ハウス栽培において温度設定は重要な技術で、上中<sup>2)</sup>は施設栽培の作型の生育予測に関するシミュレーションについて報告している。各産地では温度設定に関して試行錯誤が試みられているが、変温などの細かい検討は行

われておらず（広田<sup>1)</sup>）、生育促進にとって効率的な温度管理に関する報告は少ない。また、温度管理と燃料消費量との関連まで言及した報告はない。

近年の原油価格の高騰対策として燃料消費量を抑制するとともに、温室効果ガスの排出量を削減しながら成熟期は遅らせないハウスナシ栽培管理法が求められる。そこで、本研究では杉浦らの DVI に基づく低温遭遇時間を考慮しながら、生育促進と燃料消費量の抑制を両立できる効率の良いハウスナシの温度管理法を明らかにした。さらに燃料消費を削減するため、生育促進効果のあるシアナミド剤処理の影響も検討した。

## 材料および方法

### 1 ‘幸水’の効率的な加温開始時期の解明（試験1）

‘幸水’の促成栽培にとって効率的な加温開始時期を決定するため、水挿し切り枝とポット樹を供試し、DVI と開花期の関係を調査した。DVI 値については、アメダス津の気温データに基づき算出し、所定の DVI 値に達した時点で試験を実施した。また、以下の試験 2 および試験 3 についても同様とした。

露地で栽培している‘幸水’の発育枝を用い、DVI が 0.8 から 0.2 間隔で 2.4 まで、それぞれの値になった時点で

\* 三重県農業大学校（515-2316 三重県松阪市嬉野川北町530）

切り取り、気温 20℃、湿度 80% の条件下の人工気象室に水挿しして開花期を調査した。発育枝の水挿しは、1 回の処理に 4 本を供試した。また、ポット栽培（4 年生）の「幸水」を、DVI 値が 1.0 になった時点から 0.2 間隔で 2.4 になるまで気温 20℃ の調査室に搬入し、開花時期を調査した。1 回の処理に 1 ポットを用いた。

## 2 効率的な温度管理法の解明（試験 2）

軒高 2.5m、天井高 4.5m、棚面高さ 1.8m、面積 1a × 3 連棟のハウス 2 棟で栽培された 13 ~ 15 年生（2007 年時）「幸水」を各区 3 樹供試した。同一ハウス内で 2 つ

の温度設定区を設ける場合は、ビニルシートで 1 棟 1a に間仕切りし、中間の棟は試験区外とした。

2007 年はハウスの気温を 5℃、10℃ および 15℃ に設定し、DVI 2.0（2 月 21 日）から加温を開始し、加温停止まで温度一定で管理した。2008 および 2009 年は、DVI 2.0（2 ヶ年とも 2 月 12 日）に 15℃ 区を加温を開始する他に、DVI 2.0 ならびに DVI 2.2（2 ヶ年とも 2 月 21 日）加温開始の 2 区を設定し、最低気温 10℃ で開始、満開後 40 日間のみ 15℃ に管理（以下変温管理と略す）した（表 1）。

表 1 ハウス栽培「幸水」の温度管理試験区の設定

区	加温開始 時DVI値	最低温度設定*			処理 規模	試験実施年および 加温開始日(月/日)
		満開まで	満開後40日	その後		
5	2.0	5	5	5	3 樹	2007(2/21)
10	2.0	10	10	10	3 樹	2007(2/21)
10 変温管理	2.0	10	15	10	3 樹	2008(2/12)・2009(2/12)
10 変温管理	2.2	10	15	10	3 樹	2008(2/12)・2009(2/12)
15	2.0	15	15	15	3 樹	2007(2/21)・2008(2/12)・2009(2/12)

\* ハウスは内張を行い、内張の天窓は日中は開放した。最高気温は 25℃ で換気扇が作動するように設定し管理した。2007 年は 5 月 31 日、2008 年は 5 月 16 日、2009 年は 5 月 15 日に加温を停止し、ハウスのサイドを開放した。

ハウスは内張を行い、内張の天窓を日中は開放し、最高気温は 25℃ で換気扇が作動するように設定した。2007 年には 5 月 31 日、2008 年には 5 月 16 日、2009 年には 5 月 15 日にそれぞれ加温機を停止してハウスのサイドを開放した。

加温期間中の燃料の消費量を調査するとともに、各作型の気温を温度データロガーで 30 分毎に測定した。樹別にナシの開花期および収穫期を、また、収穫盛期には 1 樹あたり 10 果の果実品質（果重、果形指数 = 果実の横径/縦径 × 100）、糖度(Brix)、硬度および pH を調査した。

## 3 シアナミド剤による生育促進効果の解明（試験 3）

2007 年には露地栽培の「幸水」（15 年生）を供試し、DVI 値が 0.5、1.0、1.5 および 2.0 になった時点でそれぞれシアナミド液剤（CX-10）10 倍液を散布し、開花時期を調査した。2009 年には露地およびハウス栽培の「幸水」（16 ~ 17 年生）を供試し、それぞれ DVI 値が 1.0 および 1.5 になった時点でシアナミド剤 10 倍液を散布した。処理は動力噴霧器を用い 200 L/10a 相当量を散布した。ハウスは DVI 2.2（2 月 21 日）に加温開始した変温管理区で、

栽培条件は試験 2 と同じとした。樹別に開花期、収穫期および収穫盛期の果実品質を試験 2 と同様の方法で調査した。また、収穫時にはすべての果実重を調査した。処理はいずれも 1 区 2 樹とした。

表 2 アメダス津で算出した過去 10 年\*の  
DVI 値到達日

DVI 値	極早日	平年	極遅日
1.0	12月28日	1月 6日	1月13日
1.2	1月 3日	1月14日	1月20日
1.4	1月10日	1月21日	1月27日
1.6	1月17日	1月28日	2月 3日
1.8	1月24日	2月 5日	2月12日
2.0	1月30日	2月12日	2月21日
2.2	2月 6日	2月20日	3月 3日
2.4	2月13日	2月28日	3月13日

\* 1997 ~ 2006年の平均

## 結 果

過去 10 年の DVI 値別の到達日を計算した結果、DVI 1.0 に達するのは平年で 1 月 6 日であったのに対し、早い年では 12 月 28 日、遅い年では 1 月 13 日となり 16 日の差があった (表 2)。以降、DVI 値が大きくなるにつれ早い年と遅い年の差は大きくなり、DVI 2.4 では 28 日になった。

### 1 ‘幸水’の効率的な加温開始時期の解明 (試験 1)

切り枝を供試した水挿し試験では、DVI 値が 1.0 までは開花率が低く開花期間もばらついたが 1.6 以降は開花率は高く、開花期間は短かった (図 1)。ポット試験では、加温開始時の DVI 値が高くなるほど暦日の開花日は遅くなったが、加温開始から開花までの日数は短くなった (表 3)。切り枝の水挿し試験と同様に、DVI 1.6 以降では開花期間が短かった (図 2)。

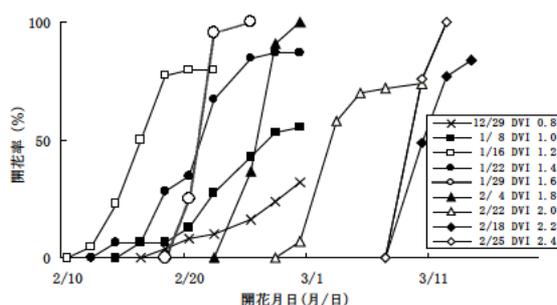


図 1 加温開始時の DVI 値の違いが‘幸水’挿し枝の開花時期に及ぼす影響 (2008 年)

表 3 加温開始時の DVI 値の違いがポット樹‘幸水’の開花時期に及ぼす影響 (2007 年)

DVI 値	加温開始時 (月/日)	満開日 (月/日)	加温開始～満開の日数
1.0	1月10日	2月10日	31
1.2	1月17日	2月16日	30
1.4	1月25日	2月19日	25
1.6	2月2日	2月24日	22
1.8	2月13日	3月3日	18
2.0	2月20日	3月9日	17
2.2	3月5日	3月18日	13
2.4	3月14日	3月23日	9

### 2 効率的な温度管理法の解明 (試験 2)

加温開始から加温終了までの燃料消費量は、15℃区を 100% とすると、2007 年の 10℃区で 26%、2008 お

よび 2009 年の DVI 2.0 時加温開始の変温管理区で約 60 および 56%、2008 年の DVI 2.2 時加温開始の変温管理区では 49% であった (表 4)。燃料消費量は、2 月の

表 4 最低温度の設定と燃料消費量の違い\*

区	加温開始	温度管理	燃料消費量	調査年
10℃	DVI 2.0	一定	26%	2007年
			60%	2008年
10℃	DVI 2.0	変温管理	56%	2009年
10℃	DVI 2.2	変温管理	49%	2008年
15℃	DVI 2.0	一定	—	2007~2009年

\* 対 15℃ 区比)

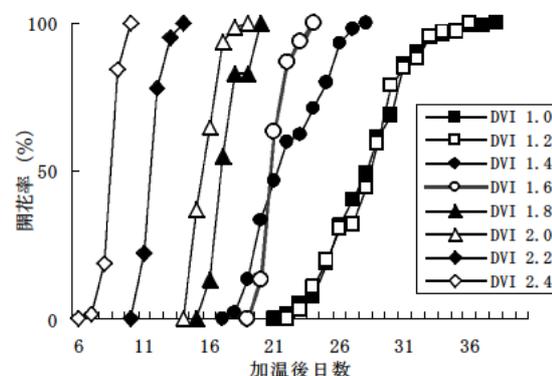


図 2 加温開始時の DVI 値の違いがポット樹‘幸水’の開花時期に及ぼす影響 (2007 年)

15℃区より 10℃に設定中の変温管理区がかなり少なかったが、3 月には 15℃区でも少なくなり、4 月後半になると両区とも燃料消費量は僅かになった (図 3)。

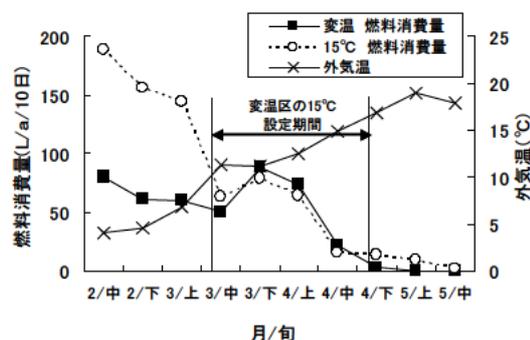


図 3 最低気温の設定が燃料消費量の違いに及ぼす影響 (2008 年)

満開後 40 日間の平均気温は、15℃区が 10℃変温管理各区より 2008 年は 0.3、0.4℃、2009 年は 0.6、0.7℃それぞれ低く、また、最高、最低気温では 2008 年の 10℃ DVI 2.0 時加温開始区と差はなく、10℃ DVI 2.2 時加

温開始区の最低気温より 0.5℃高かった他は、0.5～2.4℃低かった（表5）。

表5 各作型の満開から40日後の気温の比較

区	調査年	加温開始	温度管理	満開40日間の気温* (°C)		
				平均	最高	最低
10℃	2008	DVI 2.0	変温管理	19.5	28.8	14.7
10℃		DVI 2.2	変温管理	19.6	31.3	14.2
15℃		DVI 2.0	一定	19.2	28.6	14.7
10℃	2009	DVI 2.0	変温管理	20.0	30.4	14.8
10℃		DVI 2.2	変温管理	19.9	29.4	14.9
15℃		DVI 2.0	一定	19.3	28.8	14.0

\* 40日の平均、最高、最低気温の平均値

15℃区と比較すると、満開日は2007年の10℃一定区では3日、5℃一定区では7日遅く、変温管理した2008年のDVI 2.0時加温開始区では3日、DVI 2.2時加温開始区では7日、さらに2009年のDVI 2.0時加温開始区では4日、DVI 2.2時加温開始区では9日遅かった（表6）。

一方、累積収穫率が50%に到達した日を15℃区と比較すると、2007年の10℃一定区では6日、5℃一定区

では11日遅かった（図4）。それに対し、変温管理区で

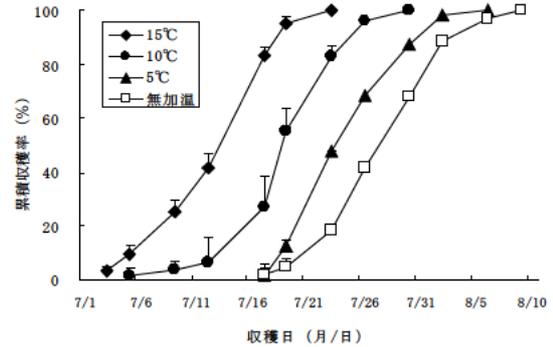


図4 最低気温の設定の違いがハウス栽培‘幸水’の累積収穫率に及ぼす影響(2007年) (垂線は標準誤差を示す。以下同じ)

は2008年のDVI 2.0時加温開始区が3日、DVI 2.2時加温開始区が4日遅く、2009年のDVI 2.0時加温開始区は1日遅く、DVI 2.2時加温開始区は4日遅かった（図5）。

収穫盛期の果実品質については、変温管理区のうちDVI 2.2時加温開始区が果重が大きかったが、その他の果実品質の差は小さかった（表7）。

表6 最低温度の設定の違いがハウス栽培‘幸水’の満開日に及ぼす影響 (左；2007年，右；2008，2009年)

区	加温開始	温度管理	満開日	満開日	
				2008年	2009年
5℃	DVI 2.0	一定	3/23	10℃ DVI 2.0 変温管理	3/13 3/12
10℃	DVI 2.0	一定	3/19	10℃ DVI 2.2 変温管理	3/17 3/17
15℃	DVI 2.0	一定	3/16	15℃ DVI 2.0 一定	3/10 3/8

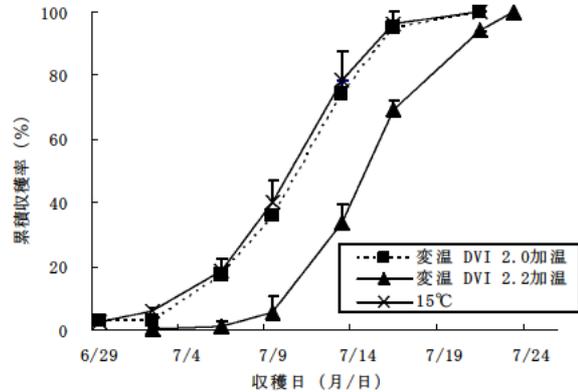
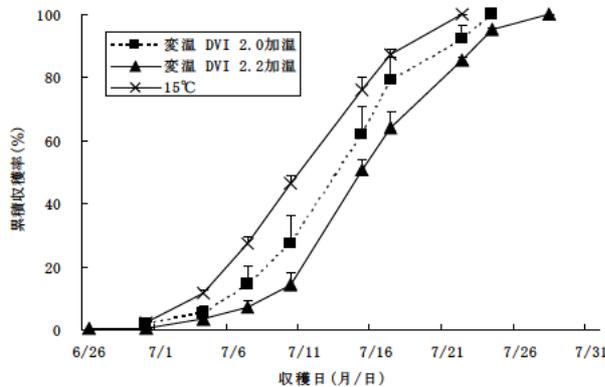


図5 最低気温を変温管理（DVI2.0および2.2加温開始）と15℃一定（DVI2.0加温開始）にしたハウス栽培‘幸水’の累積収穫率の違い(左；2008年，右2009年)

表7 最低温度の設定の違いがハウス栽培‘幸水’の収穫盛期の果実品質に及ぼす影響

区	調査年	加温開始	温度管理	果重 (g)	果形 指数*	果色 (cc)	糖度 (%)	硬度 (lbs)	pH
5	2007	DVI 2.0	一定	443 ± 3**	115 ± 1	3.6 ± 0.1	11.4 ± 0.1	4.3 ± 0.1	5.8 ± 0.0
10		DVI 2.0	一定	406 ± 11	119 ± 0	3.5 ± 0.1	11.6 ± 0.1	4.7 ± 0.1	5.7 ± 0.0
15		DVI 2.0	一定	376 ± 9	120 ± 0	3.0 ± 0.1	11.2 ± 0.1	4.5 ± 0.1	5.8 ± 0.0
10	2008	DVI 2.0	変温管理	467 ± 12	115 ± 1	3.5 ± 0.1	12.3 ± 0.1	4.7 ± 0.1	5.4 ± 0.0
10		DVI 2.2	変温管理	524 ± 22	113 ± 1	3.7 ± 0.1	12.7 ± 0.2	4.0 ± 0.1	5.4 ± 0.0
15		DVI 2.0	一定	495 ± 3	117 ± 1	2.9 ± 0.0	12.8 ± 0.1	3.6 ± 0.1	5.4 ± 0.0
10	2009	DVI 2.0	変温管理	467 ± 9	119 ± 1	3.6 ± 0.1	12.6 ± 0.2	2.8 ± 0.1	5.3 ± 0.0
10		DVI 2.2	変温管理	522 ± 8	119 ± 1	3.4 ± 0.1	12.9 ± 0.1	2.6 ± 0.1	5.5 ± 0.0
15		DVI 2.0	一定	472 ± 10	119 ± 1	3.6 ± 0.1	12.7 ± 0.1	2.9 ± 0.1	5.3 ± 0.0

\* 果形指数 = 果実の横形/縦径 × 100

\*\* 平均値 ± 標準誤差

表8 シアナミド剤処理が‘幸水’の開花時期に及ぼす影響（左；2007年，右；2009年）

処理時期	露地栽培			ハウス栽培			露地栽培			
	始	盛	終	処理時期	始	盛	終	始	盛	終
DVI 0.5	4/10	4/12	4/14	-						
DVI 1.0	4/6	4/10	4/12	DVI 1.0	3/11	3/15	3/17	4/8	4/10	4/13
DVI 1.5	4/8	4/10	4/13	DVI 1.5	3/12	3/15	3/17	4/8	4/10	4/13
DVI 2.0	4/10	4/12	4/14	-						
無処理	4/11	4/13	4/15	無処理	3/16	3/17	3/19	4/11	4/13	4/15

## 3 シアナミド剤による生育促進効果の解明（試験3）

シアナミド剤の処理により，‘幸水’の開花が促進される傾向が認められた（表8）．特にDVI 1.0時の処理効果が明確で，開花盛期の比較ではハウス栽培が2日，露地栽培が3日早かった．DVI 1.5時の処理はDVI 1.0時の処理と比較して開花盛期はほぼ同等であったが，開花始期および終期で遅れが認められた．DVI 0.5および2.0時の処理は，DVI 1.0時の処理と比較して開花期はやや遅かった．

一方，累積収穫率が50%に到達した日はハウス栽培のDVI 1.0時処理区が無処理区より2～3日程度早くなり，DVI 1.5時処理区より早かった（図6）．露地栽培でもシアナミド剤処理樹の収穫期は無処理より1～2日早かったが，処理時期の違いによる差は小さかった．

果実重を比較すると，露地栽培ではシアナミド剤処理区で無処理区より小さい傾向が認められたが，ハウス栽培では逆に大きい傾向であった（図7）．果実重以外の品質には，ほとんど差が認められなかった（表9）．

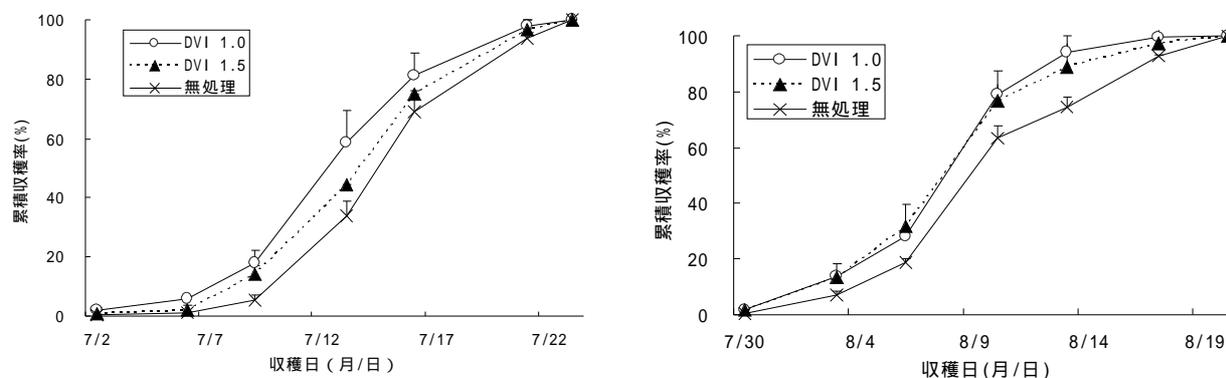


図6 シアナミド剤の処理時期の違いが‘幸水’の累積収穫率に及ぼす影響

(左；ハウス栽培，右；露地栽培，2009年)

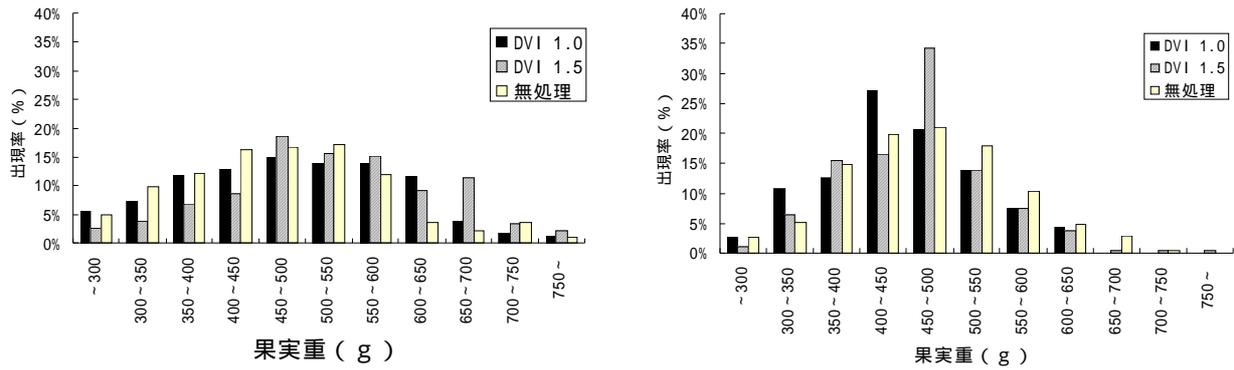


図7 シアナミド剤の処理時期の違いが‘幸水’の収穫果の重量別出現率に及ぼす影響  
(左；ハウス栽培，右；露地栽培，2009年)

表9 シアナミド剤処理の有無と処理時期の違いが収穫盛期の‘幸水’の果実品質に及ぼす影響  
(2009年)

処理時期	作型	果重 (g)	果形 指数 <sup>2</sup>	果色 (c c)	糖度 (%)	硬度 (lbs)	pH
DVI 1.0	露地	479±11	125±1	4.0±0.1	12.0±0.1	4.5±0.1	5.3±0.0
DVI 1.5		463±7	125±1	4.1±0.1	11.9±0.1	4.7±0.1	5.2±0.0
無処理		481±6	121±1	4.0±0.1	12.1±0.1	4.5±0.1	5.3±0.0
DVI 1.0	ハウス	572±11	120±1	3.5±0.1	12.7±0.1	2.2±0.1	5.5±0.0
DVI 1.5		581±9	121±1	3.4±0.1	13.1±0.1	2.7±0.1	5.5±0.0
無処理		522±6	119±1	3.4±0.1	12.9±0.2	2.6±0.1	5.5±0.0

考 察

DVI 値は、気温が 12 以下になり始める晩秋から初冬の気温推移によって大きく影響される。過去 10 年のアメダス津の気温に基づく計算結果からも、DVI が所定の値に達する日が年により大きく変動することから、ニホンナシの DVI を把握するためには、その年やその地域の気温データを用いるべきである。

切り枝とポット樹を用いて‘幸水’の開花時期と開花率を調査した試験例として、上中<sup>2)</sup>は DVI 0.5 刻みで切り枝を供試して同様の試験を行い、DVI 2.0 以降の加温開始が有効であると報告している。本試験では DVI 0.2 刻みで検討した結果、DVI 1.6 に達するまでは加温開始から開花に至る期間が長い、または開花率が低かった。この結果、DVI 1.6 に達するまでは加温に要する燃料は多くなるとともに開花数が少なくなり、その程度によっては収量減に繋がることも予想される。したがって、効率的に加温を行うには DVI 1.6 以降の加温開始が有効であると判断した。

本試験中、加温開始から開花までの期間が最も短かったのは、気温設定が最も高い 15 区であった。しか

し、温度設定を高くするほど燃料消費量は多く、特に外気温が低い加温開始期ではその差は大きい。杉浦ら<sup>6-8)</sup>、齋藤ら<sup>5)</sup>、田中ら<sup>9)</sup>は、‘幸水’の収穫時期は満開以後 35 日間前後の気温に影響され、その期間の平均気温が 1 上昇すると、成熟期は 1.2 ~ 3.2 日早まることを報告している。そこで、燃料の節減を図りつつ‘幸水’の収穫時期を遅らせない温度管理法として、10 で加温開始し、満開後 40 日のみ 15 に温度設定して管理を行った。満開日と収穫期の結果から、15 区と満開日から収穫期までの期間を比較すると、変温 DVI 2.0 加温開始区で 0 ~ 3 日、変温 DVI 2.2 加温開始区では 3 ~ 5 日短縮する結果が得られ、満開日以降の気温を上げることはハウス栽培‘幸水’の収穫時期の促進に対して有効であると判断した。15 区の満開日から収穫期までの日数が変温区より長くなったのは、満開後 40 日間の気温が変温管理区と比較し低かったことに加えて、高温により開花前の花蕾の発育が早くなり、充実不良になった影響があるかもしれない。15 区と比較して、使用した燃料は DVI 2.0 加温開始変温区では 60 % 以下、DVI 2.2 加温開始変温区では 50 % にとどまり、燃料使用量の削減に繋がった。その原因は、本試験の変温管理区の満開日が 3 月中

旬で、気温を 15 に設定する時期には加温開始期よりも外気温が高く、燃料の消費量は 2 月に比べかなり少ないことによると考えられる。

広田<sup>1)</sup>は、生育初期の気温が高いと有てい果の発生が増える可能性を指摘しているが、本試験における有てい果の発生とその程度は比較的少なく、特に変温管理区において果実の商品性に及ぼす影響は小さいと判断された。

休眠打破効果のあるシアナミド剤のニホンナシへの使用基準は、落葉後から発芽前となっているが、その効果は DVI 1.0 時処理で最も顕著で、安定した効果を得るためにはこの処理適期を外さないことが重要である。処理により開花期、収穫期とも 2～3 日早まり、ハウス栽培条件でも早熟化に有効であることが明らかになった(図 8)。シアナミド剤の効果は、燃料消費量の削減と、販売単価が変動しやすい 7 月中旬や 8 月中旬などの計画的な出荷に期待される。

## 引用文献

- 1) 広田隆一郎(1992): 農業技術大系・果樹編 第3巻. ハウス栽培. p. 技 263-288. 農文協. 東京.
- 2) 上中昭博(1998): ニホンナシ‘幸水’の発育予測モデルの開発と施設栽培作型のシミュレーション. 福井農試報, 31-38.
- 3) 前川哲男・服部吉男・小林 昇(1989): ニホンナシの生育予測法の策定と着果管理および収穫適期判定法の確立. 三重農技セ研報, 17: 11-24.
- 4) 大谷義夫(2006): 気象生態反応に基づくニホンナシの開花予測. 栃木農試研報, 58: 7-16.
- 5) 斎藤義雄・佐藤 守・草野 等(2000): 満開後の平均気温による日本ナシ‘幸水’の収穫期予測. 福島果試実用化技術情報.
- 6) 杉浦俊彦・小野裕幸・鴨田福也・朝倉利員・奥野 隆・浅野聖子(1991): ニホンナシの自発休眠覚醒から開花期までの発育速度モデルについて. 農業気象, 46: 193-203.
- 7) 杉浦俊彦・本條 均・菅谷 博(1995): ニホンナシの果実生育と気温の関係について. 農業気象, 51: 239-244.
- 8) 杉浦俊彦・本條 均(1997): ニホンナシの自発休眠覚醒と温度の関係解明およびそのモデル化. 農業気象, 53: 285-290.
- 9) 田中 実・林田誠剛(2008): 長崎県におけるニホンナシ‘幸水’および‘豊水’の生育予測. 長崎果試研報, 11: 29-42.

## Energy-saving management technology of Japanese pear ‘Kousui’ cultured under heating plastic house.

Yutaka NISHIKAWA, Hidekazu OHNO, Hiromi TAGUCHI,  
Tomohiro MITSUI and Tetsuo MAEGAWA

### Abstract

We studied on the efficient ‘Kousui’ cultivation to reduce fuel input under plastic house. When heating was started after DVI 1.6, full-blooming time became earlier and flowering rate high. To reduce the fuel input and not to delay the fruit maturing, it was effective that temperature was adjusted to 15 during 40 days after full-bloom and to 10 during other stages. Cyanamid treatment at DVI 1.0 hastened 2-3 days both the full-blooming and harvest time. Cyanamid treatment seemed to be usefull in both outdoor and plastic house cultivation of ‘Kousui’ pear.

Keyword : DVI, Dormancy, Fuel, Temperature control, Cyanamide, Harvest



# 伊勢平坦地域における全量基肥肥料の窒素溶出パターンが コシヒカリの品質に及ぼす影響

出岡裕哉・田中千晴\*・中山幸則

## 要 旨

近年、白未熟粒の多発による県産コシヒカリの1等米比率の低下が問題となっている。本稿では、県内で広く利用されている全量基肥肥料の窒素溶出パターンの改善により県産コシヒカリの品質向上を図るため、異なる窒素溶出パターンを示す被覆尿素肥料を配合して、水稻の生育・収量及び玄米品質への影響を検討した。その結果、精玄米重への被覆尿素溶出時期の影響は小さかった。玄米品質への影響については、出穂前18日から成熟期に肥料から供給される窒素量を、出穂前18日までに肥料から供給される窒素量で除して算出した施肥窒素供給量比が高まるほど、整粒歩合は高まり、基部未熟粒率は低下した。

キーワード： コシヒカリ，全量基肥，玄米品質，被覆尿素，整粒歩合

## 緒 言

近年、イネの高温登熟障害による米の品質低下の問題が多数報告されている<sup>1)・5)</sup>。県産米についても1等米比率の低下が問題となっており、これは、白未熟粒の多発による外観品質の低下に因るところが大きい<sup>3)</sup>。1等米比率低下の背景には様々な環境的要因も推察される。ひとつには、水稻栽培期間の高温気象があり、若松ら<sup>7)</sup>は、登熟温度が27以上で背白米の発生がみられ、28

以上で多発したという結果を得ている。県内においても最近の10年間の平均気温は、1960～80年代に比べるとおよそ1上昇し、7～8月の登熟期間における平均気温も同様に1上昇しており、最近10年間では27.3となっている。また、米の食味を重視するあまり、玄米のタンパク質含有率を低下させるため、穂肥量を減じた施肥管理が主流となってきていることも、白未熟粒の発生を助長していると考えられる<sup>5)</sup>。若松ら<sup>7)</sup>は、登熟温度28以下においては、窒素施用量の増加により背白米が減少することを示しており、施肥窒素量、特に穂肥窒素の施肥法が玄米品質に及ぼす影響が大きいとしている。

県内における水稻栽培における施肥方法については、全量基肥栽培が伊勢平坦地域では主流となりつつある。しかし、利用される全量基肥肥料については、十数年前

に当時の化成分施体系と同等の収量確保を目的として配合比が設定されたものである。また、配合される被覆尿素肥料についても、化成分施体系における穂肥相当の窒素量を被覆尿素で単純に代替して設計されている場合が多い。被覆尿素肥料からの窒素溶出は、穂肥時期前における溶出窒素量も認められ、この部分は基肥としての窒素肥効として認められるとともに、穂肥相当の窒素肥効は減少することとなり、水稻登熟期の施肥窒素としての供給量は、化成分施体系における穂肥窒素量よりも減少することとなる。そのため、配合される被覆尿素肥料の時期別窒素溶出量を把握し、穂肥時期である出穂前18日を境として、基肥相当溶出窒素分と穂肥相当溶出窒素分に分割して、配合設計を行う必要があると考えられる。

本稿では、県産コシヒカリの白未熟粒の発生抑制による1等米比率向上のための全量基肥肥料の配合を模索するため、被覆尿素肥料の窒素溶出パターンが、水稻の生育・収量と玄米品質に及ぼす影響について検討した。

## 材料および方法

### 1 被覆尿素肥料の窒素溶出量調査

県内で利用されている全量基肥肥料に配合される被覆

\* 三重県病害虫防除所

尿素的窒素溶出パターンを把握するため、伊勢平坦地域の代表として三重県農業研究所内水田圃場で試験を実施した。被覆尿素肥料としては、M社製のシグモイド型100日タイプ被覆尿素（以下S100と省略する）と、C社製シグモイド型70, 90, 110日タイプ被覆尿素（以下それぞれR70, R90, R110と省略する）を供試し、資材1.00gを不織布製の袋に秤取り、2007年4月19日に7cmの深さに埋設した。また、同位置で地温を測定した。なお、M社製の市販全量基肥肥料にはS100が穂肥相当として配合されており、C社製の市販全量基肥肥料には穂肥相当としてR70とR90が同率で混合配合されている。窒素溶出量の調査は、埋設後から水稻の成熟期まで、週1回、2袋ずつを取り出して硫酸分解し、蒸留法により残存窒素量を定量した。

## 2 栽培試験

栽培試験は、2007年に三重県農業研究所内水田圃場において、コシヒカリを供試して行った。供試圃場は、イネ・コムギ・ダイズの3作を2年で作付けする輪換水田圃場で、供試圃場の土壌型は細粒灰色低地土灰色系であった。地力指標として、乾土100gあたりの30-4週間湛水培養生成窒素量を示すと、湿润土培養窒素3.6mgであった。

試験区の構成を表1に示した。合計施肥窒素量を0.70kg/aとし、溶出パターンの異なる被覆尿素の種類及び量を組み合わせた処理区を設けた。この中で、市販全量基肥肥料よりも被覆尿素肥料の配合比率を高めたM試作区とR試作区を設けるとともに、同社製品で溶出日数の異なるR70, R90, R110を配合した処理区を設けた。また、比較対象として、M社市販肥料のM045及びC社市販肥料のR845、及び化成肥料を分施する化成区と、無窒素区を設けた。試験区の大きさは、1区40

～50㎡とし、2反復で試験を実施した。基肥肥料は荒代かき後に全面施用し、その後低速で代かきを行った。

栽培概要を以下に示す。代かき・施肥を4月19日に行い、4月24日に移植した。化成区は穂肥を7月4日と7月11日に実施した。出穂期は7月24日、成熟期は8月25日であった。なお、栽植密度は、21.2株/㎡とし、除草及び病害虫防除は慣行に従って実施した。

生育調査については、1回目の穂肥施用時期である出穂前18日に実施した。同日に、生育中庸な3株を抜き取って60通風乾燥後乾物重を測定し、その後粉碎してケルダール分解後蒸留法により窒素含有率を求めた。窒素吸収量は、窒素含有率に栽植密度当たりの地上部乾物重を乗じて窒素吸収量を算出した。

成熟期における調査では、1区当たり3.3㎡を収穫して収量及び収量構成要素を求めた。精玄米重は、篩目1.85mm以上の玄米の重さとし、玄米水分を15%に換算して表示した。成熟期の窒素吸収量については、生育調査に用いた10株を抜き取って分析用試料とし、籾と稲わらに分けた後、出穂前18日に採取した試料と同様に、窒素吸収量を求めた。

玄米品質は、穀粒判別器（Satake RGQ110B）によって整粒歩合、白未熟粒を測定した。また、粉碎した玄米をケルダール分解後蒸留法により窒素含有量を求め、換算係数5.95を乗じてタンパク質濃度を算出した。

## 結果および考察

### 1 被覆尿素の窒素溶出パターン

水稻栽培期間の平均地温は24.5℃であった（図1）。資材別の窒素溶出パターンは、R70及びR90が6月10日頃から溶出し始め、穂肥前（出穂前18日）にはR70で40%、R90で32%が溶出した（図2, 3）。S100及

表1 処理区制

処理区	全量基肥肥料				化成肥料			
	基肥相当量	穂肥相当量(被覆尿素)			R110	基肥	穂肥	穂肥
	S100	R70	R90					
M045	0.280	0.420						
M試作	0.250	0.450						
R845	0.310		0.195	0.195				
R試作	0.250			0.450				
R70	0.280		0.420					
R90	0.280			0.420				
R110	0.280				0.420			
化成						0.300	0.200	0.200
無窒素						0.000	0.000	0.000

数値は施肥した窒素成分量(Nkg/a)を示す

びR110は、6月25日以降に溶出が始まり出穂前18日の溶出割合は、S100で13%、R110で15%であった

(図2)．出穂期の溶出割合は、R70、R90、R110、S100でそれぞれ69%、53%、32%、46%であった．出穂前18日から出穂期までの期間溶出率は、R70、R90、R110、S100でそれぞれ、29%、21%、17%、33%となり、S100が最も高い値を示した(図3)．

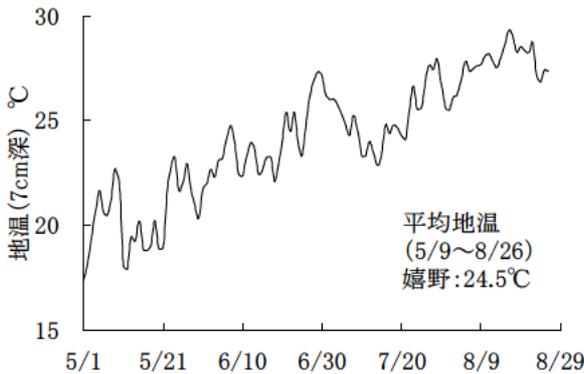


図1 2007年水稲栽培期間の地温経過

R70及びR90は、移植から出穂前18日までの溶出割合が30~40%と高く、出穂前18日から出穂期の溶出割合が20~30%とやや低い．このため、水稲生育は、穂肥前までの生育量が大きくなり、穂数、籾数は確保しやすくなると考えられるが、登熟期の窒素溶出量が不足すると考えられる．R110は、出穂前18日までの溶出は約10%と低いものの出穂期以降の溶出割合が50%以上と高く、穂肥としては窒素肥効が遅すぎると考えられる．S100は、出穂前18日までの溶出は10%程度と抑えられ、出穂前18日から出穂期の溶出割合は35%前後と他に比べて高く、供試資材の中では最も穂肥として利用しやすいと考えられる．

2 水稲の生育・収量への影響

全量基肥栽培を行った処理区の精玄米重は、化成区

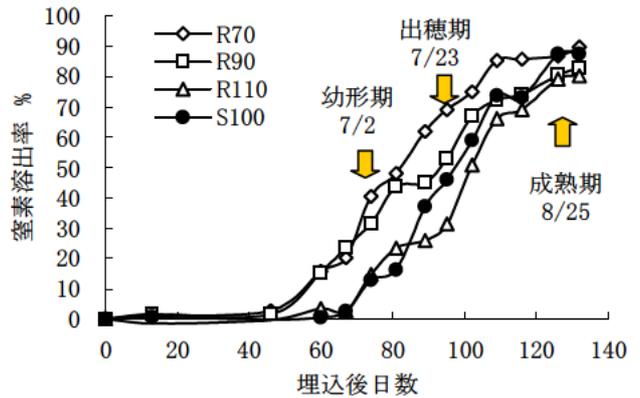


図2 嬉野における被覆尿素肥料の溶出経過 (2007年4月19日埋込,4月23日移植)

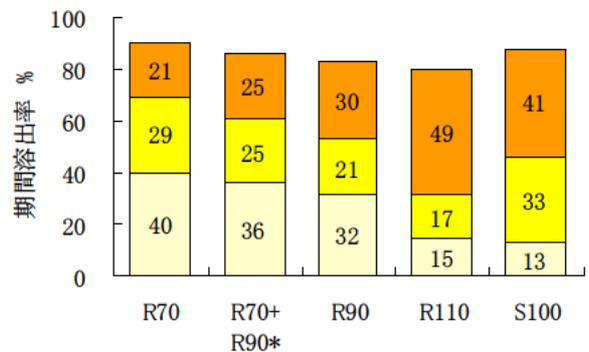


図3 嬉野における被覆尿素の期間溶出率 (\*R70+R90は50%ずつ混合したもの)

□ 出穂前18日まで      ■ 出穂前18日~出穂期  
 ■ 出穂期~成熟期

の収量 53.1kg/a に比べ、いずれの試験区でもわずかに減収となったが、精玄米重に差は認められなかった(表2)．また、同一社の製品で溶出タイプの異なるR70、R90、R110についても同様に、窒素溶出時期が異なっても精玄米重への影響は認められなかった．全量基肥肥料では、化成肥料に比べて穂肥としての窒素肥効は穏やかであり、精玄米重への影響という点から見ると、窒素溶出時期の影響は大きくないと考えられる．

籾わら比についてみると、化成区の1.08に比べて全

表2 施肥体系と収量および収量構成要素

処理区	わら重 (kg/a)	精籾重 (kg/a)	籾わら比	精玄米重 (kg/a)	同左指数	屑米重 (kg/a)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂籾数 (粒)	籾数 (百粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合 (%)	精玄米千粒重 (g)
M045	68.4	65.7	0.96	48.6	92	5.2	386	77.2	298	78.5	20.8
M試作	68.3	68.6	1.00	51.4	97	5.2	379	81.6	309	79.3	20.9
R845	69.2	69.9	1.01	53.0	100	4.6	422	76.6	322	79.7	20.6
R試作	69.9	68.1	0.98	50.4	95	5.5	403	79.0	319	76.3	20.7
R70	68.3	66.5	0.97	49.2	93	5.6	428	72.7	311	77.5	20.4
R90	70.2	66.3	0.95	48.9	92	5.5	428	70.9	303	77.7	20.8
R110	66.4	64.6	0.97	48.9	92	4.1	399	72.8	290	80.9	20.8
化成	65.3	70.2	1.08	53.1	100	4.5	415	75.1	312	80.1	21.2
無窒素	56.5	54.6	0.97	41.4	78	3.1	330	73.8	243	81.7	20.8

表3 出穂前18日の生育状況

処理区	草丈 (cm)	茎数 (本/ m <sup>2</sup> )	TN (%)	N 吸収量 (kg/a)	出穂前18日の 窒素吸収率 (%) <sup>a</sup>
M045	76.7	681	1.18	0.55	55
M試作	78.2	627	1.20	0.51	51
R845	80.7	641	1.27	0.60	58
R試作	77.5	620	1.22	0.63	64
R70	78.2	654	1.25	0.59	57
R90	79.5	682	1.23	0.52	54
R110	76.4	640	1.19	0.51	52
化成	76.1	658	1.18	0.45	45
無窒素	72.9	576	1.04	0.34	46

a:成熟期窒素吸収量に占める出穂18日前吸収量比

量基肥区ではいずれも低い値となった（表3）。

全量基肥肥料を使用した場合、穂肥相当として配合された被覆尿素的窒素溶出が、出穂前18日から認められるため、わら重が化成区に比較して増加傾向にあり、また、その分穂肥窒素としての溶出量が減少するため、精玄米千粒重は全量基肥栽培では化成区に比べて小さくなると考えられる。

穂肥前の草丈は、全量基肥区群は化成区よりも高く

なる傾向にあり、稲体の窒素含有率、窒素吸収量も化成区よりも高くなる傾向にあった（表4）。また、窒素溶出タイプの異なるR70、R90、R110についてみると、溶出時期の早いものほど出穂前18日時点での窒素吸収量は多くなる傾向であった。これらは、前述した被覆尿素的窒素肥効に起因すると考えられる。

成熟期の窒素吸収量に占める出穂前18日時点での吸収割合についてみると、化成区の45%に対し市販品のM045及びR845は55%、58%と高い傾向を示した。

成熟期の稈長は、R845を除き、いずれも化成区よりも短稈となる傾向であった（表4）。倒伏程度は、化成区で1.5、R845で2.3であったが、他の処理区は軽微であった。稲わら及び籾の窒素吸収量に大きな差は認められず、穂肥時期に認められた差は成熟期には同等となった。

以上のことから、市販されている全量基肥肥料を用いた場合、化成分施体系の水稻生育と比較すると、穂肥前までの生育量は被覆尿素的からの溶出窒素分だけ大きくなることが推察される。

表4 成熟期の生育状況

処理区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/ m <sup>2</sup> )	有効茎 歩合(%)	倒伏 程度 (0-5)	わらTN (%)	籾TN (%)	わらN 吸収量 (kg/a)	籾N 吸収量 (kg/a)	N 吸収量 (kg/a)	施肥N 利用率 (%)
M045	85.1	18.2	386	56.1	0.3	0.96	0.54	0.37	0.63	0.99	37
M試作	84.4	18.8	379	52.3	0.3	0.97	0.50	0.34	0.67	1.01	39
R845	87.9	18.0	422	54.4	2.3	0.96	0.53	0.36	0.67	1.03	43
R試作	84.7	18.6	403	54.5	0.5	0.94	0.49	0.34	0.64	0.98	35
R70	86.2	18.3	428	57.8	0.8	0.97	0.56	0.39	0.65	1.03	43
R90	85.2	18.4	428	50.6	0.5	0.94	0.49	0.34	0.63	0.97	34
R110	85.0	18.2	399	49.8	0.0	0.97	0.52	0.34	0.63	0.97	34
化成	87.5	18.5	415	53.8	1.5	0.93	0.52	0.34	0.65	0.99	37
無窒素	79.2	17.8	330	52.9	0.0	0.92	0.41	0.23	0.50	0.73	-

表5 施肥体系と玄米品質

処理区	外観品質 (上上1-下7)	玄米 蛋白 (%)	整粒 歩合 (%)	乳白 粒率 (%)	基部未 熟粒率 (%)	背・腹 白粒率 (%)	青未熟 粒率 (%)
M045	5.0	7.3	61.0	3.8	8.9	0.9	1.4
M試作	5.5	7.6	63.6	3.2	6.3	1.1	1.7
R845	5.0	7.1	59.6	3.9	9.5	1.4	1.7
R試作	4.0	7.3	61.3	3.5	9.3	0.9	1.7
R70	5.0	7.1	58.3	3.9	9.4	1.3	1.2
R90	5.0	7.2	60.1	4.4	8.7	1.4	0.8
R110	5.0	7.5	64.0	2.6	8.1	1.5	1.1
化成	5.5	7.3	64.4	5.4	7.0	1.3	1.0
無窒素	6.0	6.3	51.9	4.3	14.8	1.8	0.6

3 玄米品質への影響

玄米品質についてみると、市販品に対して穂肥相当分の被覆尿素的配合割合を高めた M 試作及び R 試作は、それぞれの市販品に比べて整粒歩合、玄米タンパク質含有率が高くなり、基部未熟粒率は低下する傾向が認められた(表5)。また、溶出タイプの異なる R70, R90, R110 の比較では、溶出日数が遅いタイプの被覆尿素肥料ほど整粒歩合、玄米タンパク質含有率が高くなり、基

部未熟粒率が低下する傾向が認められた。

供試した被覆尿素肥料の時期別窒素溶出量から、出穂前18日までの窒素溶出量と、穂肥時期から成熟期までの窒素溶出量を算出した。また、供試した全量基肥肥料の出穂前18日を境とした期間別の施肥窒素供給量を求めた(図4)。これは、出穂前18日までの施肥窒素供給量は、基肥相当として配合される速効性窒素量と被覆尿素的期間溶出窒素量を合計した量(a)として算出し、

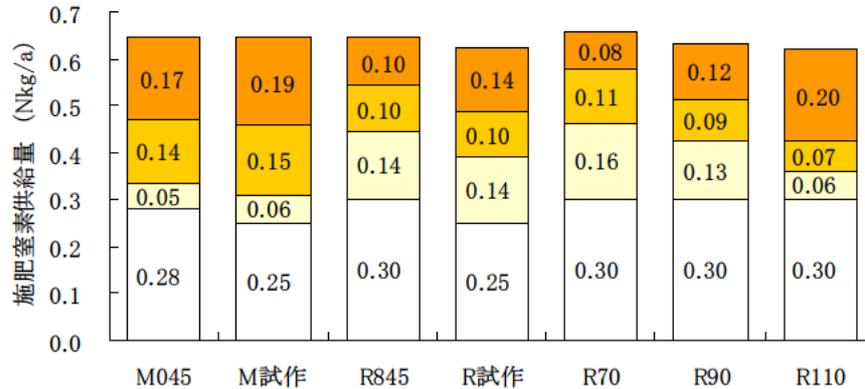


図4 生育期間別施肥窒素供給量

□ 速効性窒素 □ 出穂前18日まで ■ 出穂前18日～出穂期 ■ 出穂期～成熟期

表6 生育期間別の施肥窒素供給量と水稻窒素吸収量

処理区		M045	M試作	R845	R試作	R70	R90	R110	化成	無窒素
施肥窒素量 (kg/a)	基肥相当(速効性化成)	0.28	0.25	0.32	0.25	0.28	0.28	0.28	0.30	0.00
	穂肥相当(被覆尿素)	0.42	0.45	0.39	0.45	0.42	0.42	0.42	0.40	0.00
施肥窒素供給量 (kg/a)	出穂-18日まで	0.33	0.31	0.44	0.39	0.46	0.43	0.36	0.30	0.00
	出穂-18日～成熟期	0.31	0.34	0.20	0.23	0.20	0.21	0.26	0.40	0.00
施肥窒素供給量比		0.94	1.09	0.45	0.59	0.43	0.48	0.73	1.33	-
水稻窒素吸収量 (kg/a)	出穂-18日まで	0.55	0.51	0.60	0.63	0.59	0.52	0.51	0.45	0.34
	出穂-18日～成熟期	0.44	0.49	0.43	0.35	0.44	0.45	0.46	0.54	0.39
水稻窒素吸収量比		0.80	0.96	0.72	0.55	0.75	0.86	0.91	1.21	1.16

参考) 土壤窒素無機化量(mg/100g) 出穂前18日まで:3.1, 出穂前18日～成熟期:3.1, 出穂前18日後/前:0.99

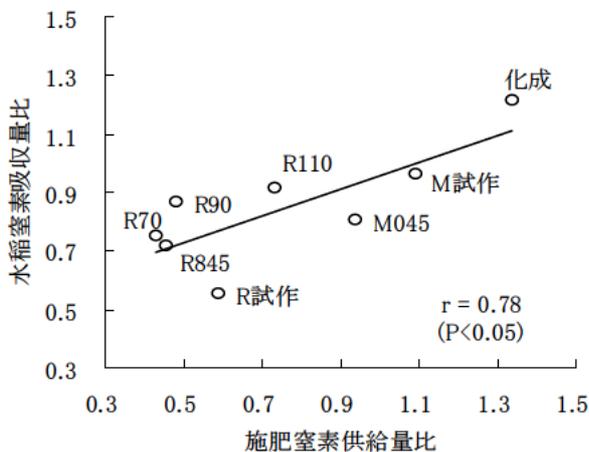


図5 施肥窒素供給量比と水稻窒素吸収量比の関係

出穂前18日以降の施肥窒素供給量は、この期間に被覆尿素から溶出する窒素量(b)として算出した。また、b/aを施肥窒素供給量比とした(表6)。

同様に、出穂前18日を境とした水稻の期間別窒素吸収量を求め、出穂前18日まで(c)と出穂前18日以降(d)の比を水稻窒素吸収量比(d/c)として算出した(表6)。

算出した施肥窒素供給量比は、化成区の1.33に対し、全量基肥区ではいずれも低い値となり、溶出時期の早いタイプの被覆尿素が配合されたものほど値は小さくなった。また、水稻窒素吸収量比は施肥窒素供給量比と有意な相関関係が認められ、被覆尿素的溶出パターンと配合比率を変えることで、水稻の窒素吸収パターンを制御できると考えられる(図5)。

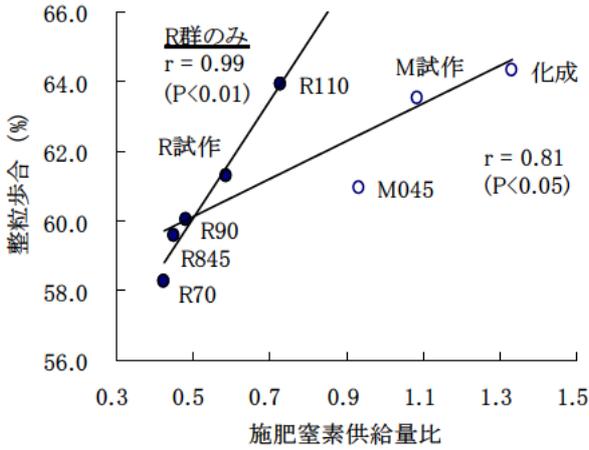


図6 施肥窒素供給量比と整粒歩合の関係

この施肥窒素供給量比と整粒歩合との関係を見ると、施肥窒素供給量比が大きくなるほど整粒歩合が高くなった（図6）。また、出穂前18日以降の窒素溶出量を高めたM試作、R試作は、それぞれの市販品より整粒歩合が高まった。つまり、施肥窒素合計量を一定とした施肥設計の中では、穂肥時期前まで窒素溶出量を抑制して水稻の生育量を制限し、さらに、穂肥時期以降の窒素供給量を高めることで、玄米の登熟過程を良好に維持でき、これにより、整粒歩合が高まるものと推察できる。

この傾向は、異なる溶出タイプを比較供試したRシリーズにおいて特に顕著であり、溶出タイプの遅いものほど施肥窒素供給量比が大きくなり、整粒歩合が高まるという直線関係が認められた。一方、白未熟粒の中でも発生割合の高い基部未熟粒は、施肥窒素供給量比が高まると減少する傾向が認められた（図7）。施肥窒素供給量比と精玄米重には、相関関係は認められなかった（図8）。また、玄米タンパク質含有率についてみると、市販品に対して穂肥相当分の被覆尿素の配合割合を高めた

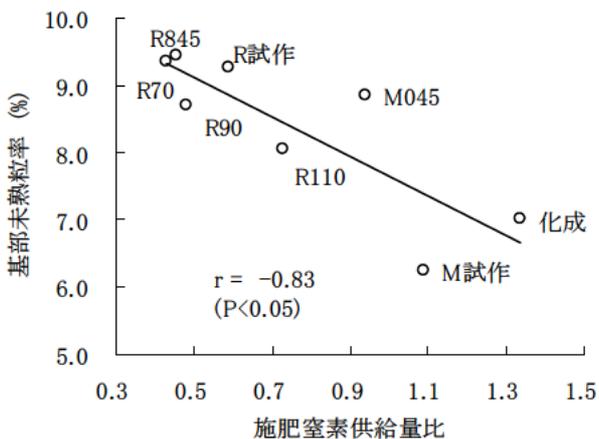


図7 施肥窒素供給量比と基部未熟粒率の関係

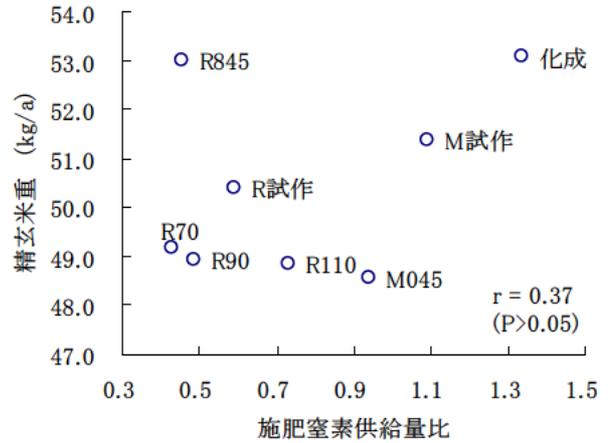


図8 施肥窒素供給量比と精玄米重の関係

M試作及びR試作は、それぞれの市販品に比べて玄米タンパク質含有率が高まり、溶出時期の異なる被覆尿素のR70、R90、R110の比較でも、溶出パターンの遅いものほど玄米タンパク質含有率が高くなった（図9）。

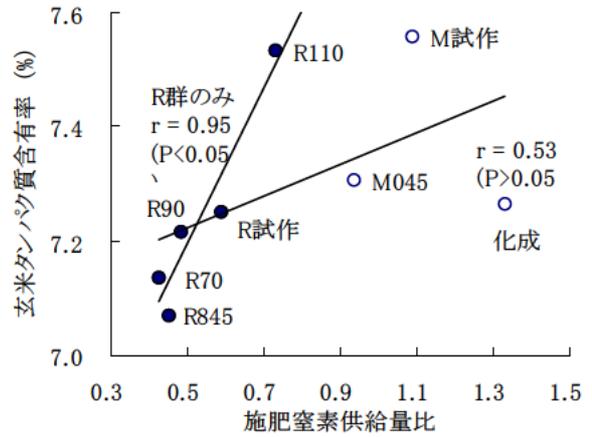


図9 施肥窒素供給量比と玄米蛋白質含有率の関係

基部未熟粒（基白米）の発生要因としては、米粒への澱粉の蓄積過程から、登熟の最後の充実がわずかに不十分なもので、完全粒になる一歩手前で澱粉の集積が停止した米とされている<sup>2)</sup>。施肥窒素供給量比を高めることにより、穂肥時期までの水稻の生育量を小さめに制限し、登熟期の水稻の栄養状態を施肥窒素により高位に維持することにより、白未熟粒の主たる原因である基部未熟粒を減らし、整粒歩合を高められると考えられる。

#### 4 総合考察

化成肥料の分施肥体系で、穂肥時期に水稻生育が過繁茂となった場合には、穂肥量を減らすことで倒伏を回避している。このような場合、通常よりも増大した生育量に対し、通常よりも少ない穂肥量が施用されることとな

るため、玄米の品質低下に対する影響は大きいと考えられる。全量基肥肥料でも、倒伏させないことを第一として穂肥前の生育量を基準として施用量を決定すると、穂肥相当量の窒素肥効は少なくなるため、登熟期間の窒素肥効は相対的に減少し、玄米品質を低下させると考えられる。特に、稲・小麦・大豆の2年3作体系が一般化する中で、ダイズ跡での水稲作付けが増加しているが、水稲の穂肥時期前までの生育は旺盛となりやすく<sup>4)</sup>、<sup>6)</sup>、施肥量を削減した全量基肥栽培では、倒伏は回避され収量の低下は認められないものの、登熟後期の窒素不足による精玄米千粒重の低下や玄米外観品質の低下が懸念される。

本試験では、施肥窒素供給量比を高めることが、白未熟粒を減少させ、整粒歩合を高めることに有効であり、玄米収量には影響を及ぼさないという結果を得た。施肥窒素供給量比を高めるということは、一方では、基肥相当の速効性窒素量を減少させること、または、被覆尿素肥料の溶出パターンを考慮して、穂肥時期までの窒素溶出量の少ないものを選択することが必要であると考えられた。これにより、穂肥時期における水稲の生育量を従来の全量基肥肥料を施用した場合よりも抑えることが重要と考えられる。ただし、県内には様々な地力条件の水田が存在し、市販全量基肥肥料は、そのような条件下でも安定的に収量を得る目的で配合されている。基肥相当の速効性化成肥料の施用量を削減することは、特に、地力の低い水田で穂肥時期までの生育量不足から穂数の減少、収量の低下へとつながる危険性があり、様々な土壌条件下での検証が今後必要である。

他方では、施肥窒素供給量比を高めるもうひとつの方策として、被覆尿素肥料からの窒素溶出量を市販全量基肥肥料に比べて増量し、登熟期間の十分な窒素肥効を確保することが必要と考えられる。かつては、実肥として3回目の穂肥が穂揃い期に施用された。これにより増収と整粒歩合の向上が図られたと考えられるが、現在は食味を重視する流通上の観点から、実肥は水稲の栽培暦から削除されている。しかし、登熟後期まで水稲の栄養状態を保つことは重要であり、とくに、近年の登熟期間の高温気象条件下では、30日前後と短い登熟期間の間に、従来よりも高い栄養状態を保つことが必要と考えられる。全量基肥肥料に配合する穂肥相当の被覆尿素は、こういった面から登熟期間に安定的な窒素肥効を確保できるという点から有利であると考えられる。そのため、配合する被覆尿素肥料を増量するだけでなく、その窒素溶出パターンも考慮したうえで、登熟期間の窒素溶出量を確保することが重要である。

高温登熟障害による白未熟粒の発生は、登熟期間の窒素栄養条件を高めるだけでは防止できず、異常な高温条件下では、その効果は小さなものになる可能性が高い。しかし、県産コシヒカリの1等米比率向上のためには、その他の対策技術の励行とともに、施肥改善による対策も一助となると考えられる。一方、施肥改善による整粒歩合の向上には、玄米タンパク含有率の上昇による食味低下が懸念されることから、玄米外観品質とタンパク含有率および食味については、さらに検討が必用と考えられる。

#### 引用文献

- 1) 森田敏(2008)：イネの高温登熟障害の克服に向けて、日作紀，77(1)，1-12
- 2) 長戸一雄・江幡守衛(1965)：登熟期の高温が穎果の発育ならびに米質に及ぼす影響，日作紀，34，59-66
- 3) 中山幸則・神田幸英・北野順一(2005)：コシヒカリにおける背白粒および基白粒の発生要因，平成17年度関東東海北陸農業研究成果情報
- 4) 岡山清司(2004)：大豆跡水稲の施肥管理技術，土肥誌講演要旨集，(50)，124
- 5) 寺島一男・斎藤祐幸・酒井長雄・渡辺富男・尾形武文・秋田重誠(2001)：1999年の夏期高温が水稲の登熟と米品質に及ぼした影響，日作紀，70(3)，449-458
- 6) 氏平洋二・中野尚夫・水島嗣雄(1988)：大豆跡水稲の生育の特徴と窒素施用法，日作紀中国支部研究集録，(29)，5-7
- 7) 若松謙一・佐々木修・上蘭一郎・田中明男(2008)：水稲登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施用量の影響，日作紀，77(4)，424-433

## Effect of Nitrogen Elution Pattern of the Single Basal Application of Fertilizer in the Ise Plain on the Koshihikari's Quality

Hiroya IZUOKA, Chiharu TANAKA\*, Yukinori NAKAYAMA

### Abstract

Recently, the lowering of ratio of first grade rice caused by the white immature grain becomes a serious problem in Mie prefecture. In order to improve ratio of the first grade rice of Koshihikari by the improvement on nitrogen elution pattern of the single basal application of fertilizer, by mixing coated urea fertilizer which showed the different nitrogen elution pattern, the effect of paddy rice on growth, yield and brown rice quality was examined. As a result, elution pattern of coated urea affected little yield of brown rice. On the effect to the brown rice quality, the whole-grain ratio increased and the rate of basal- white grains decreased depended on the ratio of amount of fertilizer nitrogen supplied during 18 days before ear emergence to ripening stage to that supplied until 18 days before ear emergence.

Keyword : Koshihikari, Single basal application of fertilizer, brown rice quality, coated urea, whole-grain ratio

三重県農業研究所報告 第33号

---

---

平成23年6月 三重県農業研究所ホームページ掲載

URL: <http://www.mate.pref.mie.lg.jp/marc/>

三重県農業研究所

三重県松阪市嬉野川北町530 〒515-2316

---

---