

茨城農総七  
生工研研報  
Bull. Ibaraki  
Plant Biotech. Inst.  
No. 6 2003

ISSN 1341-2809

BULLETIN  
OF THE  
PLANT BIOTECHNOLOGY INSTITUTE  
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER

NO. 6  
March 2003

---

---

茨城県農業総合センター  
生物工学研究所研究報告

第 6 号

平成 15 年 3 月

---

---

茨城県農業総合センター  
生物工学研究所

茨城県西茨城郡岩間町安居 3 1 6 5 - 1  
Ago, Iwama, Nishi-Ibaraki, Ibaraki, 319-0292, Japan

# 目 次

## 報 文

### グラジオラス新品種 'プリンセスサマー' の育成とその特性

霞 正一, 高津康正, 眞部 徹, 林 幹夫, 友常秀彦, 佐久間文雄,

江面 浩, 雨ヶ谷洋 ..... 1

### フリージア品種のF<sub>1</sub>雑種における香りの変異

高津康正, 霞 正一 ..... 9

### イネ縞葉枯病抵抗性の小規模簡易検定法の確立

西宮智美, 桐原俊明, 飯田幸彦, 横田国夫, 田畑美奈子, 須賀立夫,

平澤秀雄 ..... 19

## 研 究 資 料

### 食用ハスの交配育種法 — 遺伝資源の収集から品種登録まで —

霞 正一 ..... 31

## グラジオラス新品種 ‘プリンセスサマー’ の育成とその特性

霞 正一, 高津康正, 眞部 徹, 林 幹夫<sup>1)</sup>, 友常秀彦<sup>1)</sup>, 佐久間文雄<sup>2)</sup>, 江面 浩<sup>3)</sup>, 雨ヶ谷洋<sup>4)</sup>

グラジオラス主要品種 ‘トラベラー’ の自然突然変異体から栄養系選抜により, ライトピンク系品種 ‘プリンセスサマー’ を育成した. この品種は花色以外の特性が親品種 ‘トラベラー’ に酷似し, 早生で, 草姿のバランスがよく, 促成および抑制の両作型に適応性がある.

キーワード: グラジオラス, 花, 品種, 育種, プリンセスサマー, 突然変異

### I. 緒 言

グラジオラスの生産には球根を購入, 栽培し切花を生産する「切花生産」と, 切花生産を行うための球根を生産する「球根生産」の二種類がある.

本県グラジオラスは2001年において, 切花生産は作付面積35haで全国第2位に位置し, 粗生産額約2億円, 栽培農家数55戸である. 一方球根生産は収穫面積56haで全国の約60%を占め, 全国第1位に位置し, 粗生産額約1億円, 栽培農家数262戸である. 両方の粗生産額をあわせると約3億円となり, グラジオラスは本県花き粗生産額130億円のうち2.3%を占める重要な品目の一つである(茨城県, 2002). しかし, 産地間競争の激化, オランダからの球根輸入の自由化, 消費の低迷などの影響から単価および収益が低下している.

この対策として, 新たな消費の喚起と産地イメージのアップを図るため, 本県オリジナル品種の育成が求められている. そこで, 茨城県農業総合センター園芸研究所(以降, 茨城園研と略記)ではすでに交配育種により ‘紫峰の朝’, ‘舞姫’ を育成し, 前者は県内に普及しはじめ

ている(浦野ら, 1997; 市村ら, 2000).

一方, 当研究所においても主要品種 ‘トラベラー’ の自然突然変異体から栄養系選抜により, ライトピンク系品種 ‘プリンセスサマー’ を育成したので, 育成経過およびその特性を報告する. なお, 本研究は県バイオテクノロジー試験研究推進事業「放射線照射による優良母本の作出」(1989~1993)および新品種育成普及促進事業「グラジオラス新品種育成」(1994~2001)により実施した.

### II. 育成経過

本県グラジオラスの主要品種 ‘トラベラー’ はピンクの花色が美しく, 草姿のバランスが良く, 促成と抑制の両作型に適応性のある優れた特性を持っている.

そこで, その優れた特性を維持しながら, その花色だけを変化させた品種を育成するため, 1989年から放射線照射と組織培養を併用した突然変異育種を開始した. その結果, 多数の花色変異体が得られたが, 有望系統は見出されなかった(霞, 2001). 一方, この実験の対照とし

<sup>1)</sup>現 茨城県農業総合センター山間地帯特産指導所, 〒319-3361 茨城県久慈郡大子町頃藤 6690-1

<sup>2)</sup>現 茨城県農業総合センター園芸研究所, 〒319-0292 茨城県西茨城郡岩間町安居 3165-1

<sup>3)</sup>現 筑波大学遺伝子実験センター, 〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

<sup>4)</sup>退職

て同年株式会社坂田園芸（茨城県新治郡新治村上坂田）から購入した‘トラベラー’の木子約 6000 粒を播種、栽培したところ、2064 個が開花した。この中に花色変異した部位の大きさが花被片半分以上の個体が 80 個認められた。このうち、花色が極淡いピンク色に変異し、かつ変異部位の大きさが小花 1 個分より大きな 2 個体を選抜

した。1990～1992 年これら個体のキメラを解消するため、分球と木子による栄養繁殖を行いながら不良個体の淘汰を行った。1993～1995 年にキメラを解消できたので、‘トラベラー’、‘ヘクター’を対照に用い、他の花色変異体とともにハウス促成、露地季咲きの作型で特性を調査した。1996 年ウイルス症状を呈する個体が多く

表 1 グラジオラス‘プリンセスサマー’の特性表<sup>1)</sup>

形 質	プリンセスサマー	トラベラー	富士の雪
草姿	II 型	II 型	II 型
草丈	中	中	やや高
植物体基部のアントシアニンによる着色	中	中	無もしくは微
茎の太さ	中 (9.3mm)	中 (9.8mm)	太 (11.1mm)
茎の横断面の状態	明瞭な白化	明瞭な白化	明瞭な白化
葉長	中	中	やや長
葉幅	中	中	広
葉色	緑	緑	緑
葉数	多 (8.8 枚)	多 (8.9 枚)	(9.5 枚)
小花の配列	1.5 列	1.5 列	1.5 列
花被の配列	混合	混合	混合
一重・八重の区分	一重	一重	一重
内花被片の展開	中間	中間	中間
外花被片の展開	平	平	平
花の向き	斜向き	斜向き	斜向き
花の大きさ	中 (101mm)	中 (98mm)	中 (109mm)
花数	中	中	やや多
同時開花数	中	中	やや少
花穂の形	直立	直立	直立
花穂の長さ	中	中	長
上部外花被片の形	卵形	卵形	卵形
花被片縁の波打ちの程度	弱	弱	中
花被片縁の切れ込み有無	無	無	無
花被の色 <sup>2)</sup>	9701 (ピンク白)	9703 (紫ピンク)	2901 (黄白)
条斑の有無、程度並びに分布	I 型	I 型	I 型
ぼかし	中	中	無もしくは微
覆輪	無	無	無
絞り	無	無	無
花底部の斑の形	I 型	I 型	—
花底部の赤色・紫色系斑	小	小	無もしくは微
花底部の赤色・紫色系の色 <sup>2)</sup>	9204 (鮮紫ピンク)	9205 (鮮紫ピンク)	—
花底部の白色・黄色系斑	無もしくは微	無もしくは微	無もしくは微
花底部斑の分布	下部のみ	下部のみ	—
しょう苞の形	I 型	I 型	I 型
しょう苞の長さ	中	中	長
しょう苞のアントシアンによる着色	中	中	無もしくは微
柱頭の向き	横向き	横向き	横向き
柱頭の色	桃	桃	白
葯の色	紫	紫	紫
柱頭と葯との位置関係	上	上	やや上
球茎内部の色	黄色	黄色	黄色
開花期 (夏咲き)	早生	早生	中生

<sup>1)</sup> 1997 年当研究所で調査し、その後の再調査で一部修正した。

<sup>2)</sup> 花色は日本園芸植物標準色票のカラーチャートによる。

試験は露地季咲きで 2 等級の球根を 1 品種当たり 26～41 球を用い行った。

なったので、発病個体の淘汰を行った。1997年‘トラベラー’、‘富士の雪’を対照に用い、露地季咲きの作型で特性を調査した結果、優良性が認められた。また、茨城園研での栽培試験においても優良性が認められ、市場関係者からも高い評価が得られた。そこで、育種目標にかなった系統と判断し、‘プリンセスサマー’と命名して1998年3月31日種苗法による品種登録を農林水産省に申請し、2002年1月16日登録された(品種登録番号第9736号)。

### Ⅲ. 品種特性

‘プリンセスサマー’の品種特性を明らかにするため、1997年4月1日当研究所において露地季咲きの作型で‘トラベラー’および‘富士の雪’を対照に用い、2等級(球径32～38mm)の球根を1ベッド縦横15cm間隔、3条植えで1品種当たり26～41球を定植した。栽培管理は茨城県花き栽培基準に準じて行い(茨城県農業総合センター、1996)、特性を調査した。また、一部の特性については翌年以降も調査を継続した。

‘プリンセスサマー’の品種特性を表1に示した。草姿はⅡ型、草丈は中、茎の太さは中(9.3mm)、横断面の状態は明瞭な白化である。葉長及び葉幅は中、葉色は緑、葉数は多(8.8枚)である。小花の配列は1.5列、花被の配列は混合、一重・八重の区分は一重、内花被片の展開は中間、花の向きは斜向き、花の大きさは中(101mm)、花数は中、花穂の形は直立、長さは中、上部外花被片の形は卵形、花被片縁の波打ちの程度は弱、花被の色はピンク白(日本園芸植物標準色票のカラーチャート9701)、条斑の有無、程度並びに分布はⅠ型、ほかしは中、覆輪および絞りは無、花底部の斑の形はⅠ型、赤色・紫色系斑は小、色は鮮紫ピンク(同9204)、白色・黄色系斑は無もしくは微、花底部斑の分布は下部のみ、しょう苞の形はⅠ型、長さおよびアントシアンによる着色は中、柱頭の向きは横向き、色は桃、葯の色は紫、柱頭の葯との位置関係は上、球茎内部の色は黄、開花期(夏咲き)は早生である(図1)。

‘プリンセスサマー’は、‘トラベラー’の突然変異体で花色が極淡いピンク色に変異したものの、草姿、草丈、花穂の形、花穂長、小花の大きさ、小花数、開花期、花

茎の硬さ、耐病虫性、小花が密着して咲くなどの開花様相などは親品種‘トラベラー’とほぼ同じ特性である。

### Ⅳ. 栽培特性と市場性

#### 1. 当研究所における栽培試験

‘プリンセスサマー’の栽培特性を把握するため、当研究所において‘トラベラー’、‘富士の雪’を対照に用い露地季咲きの作型で1998～2000年の3年間、露地抑制の作型で1999、2000年の2年間栽培試験を行った。‘プリンセスサマー’の球根は自家増殖したが、他の2品種は茨城園芸株式会社(茨城県西茨城郡友部町大田)より購入した。球根の大きさは2等球(球径32～38mm)であった。露地季咲きでは3月25～30日、1ベッド縦横15cm間隔、3条植えで1品種の1区当たり15～18球の3反復、計45～54球を定植した。また露地抑制では冷蔵庫(5～8℃)に貯蔵した球根を7月7～13日、露地季咲きと同様に定植し、茨城県花き栽培基準に準じて栽培した。2～3日ごとに開花株率、草丈、花穂長、小花数、同時開花数、到花日数、葉および花被のウイルス症状などを調査した。

#### 1) 露地季咲き栽培

‘プリンセスサマー’の露地季咲き栽培における特性を表2に示した。開花株率は‘トラベラー’が93%、‘富士の雪’が80%であったのに対し、‘プリンセスサマー’が91%となり、‘トラベラー’とほぼ同じであったものの、‘富士の雪’よりやや高い傾向にあった。到花日数は‘トラベラー’が109日、‘富士の雪’が116日であったのに対し、‘プリンセスサマー’は113日となり、‘トラベラー’、‘富士の雪’とほぼ同じであった。草丈は‘トラベラー’が110cm、‘富士の雪’が135cmであったのに対し、‘プリンセスサマー’は107cmとなり、‘トラベラー’とほぼ同じであり、‘富士の雪’より有意に短かった。花穂長は‘トラベラー’が48cm、‘富士の雪’が66cmであったのに対し、‘プリンセスサマー’は44cmとなり、‘トラベラー’とほぼ同じであり、‘富士の雪’より有意に短かった。小花長径は‘トラベラー’が9.7cm、‘富士の雪’が10.6cmであったのに対し、‘プリンセスサマー’は9.8cmとなり‘トラベラー’とほぼ同じであり、‘富士の雪’より有意に短かった。小花数は‘トラベラー’が15

個, '富士の雪' が 20 個であったのに対し, 'プリンセスサマー' は 13 個となり, 'トラベラー' とほぼ同じであり, '富士の雪' より有意に少なかった. 同時開花数は 'トラベラー', '富士の雪' とともに 7.4 個であったのに対し, 'プリンセスサマー' は 7.1 個となり 'トラベラー', '富士の雪' とほぼ同じであった. 葉のウイルス症状の程度は 'トラベラー' が 1.6, '富士の雪'

が 0.3 であったのに対し, 'プリンセスサマー' は 1.0 となり, 'トラベラー' よりやや少なかったものの, '富士の雪' よりやや多かった. 花被のウイルス症状の程度は 'トラベラー' が 1.3, '富士の雪' が 0.1 であったのに対し, 'プリンセスサマー' は 0.8 となり, 'トラベラー' よりやや少なかったものの, '富士の雪' よりやや多かった.

表 2 グラジオラス 'プリンセスサマー' の作型別の特性

作 型	品 種	開花株率 (%)	到花日数	草丈 (cm)	花穂長 (cm)	小花長径 (cm)	小花数	同時開花数	葉の <sup>1)</sup> ウイルス症状	花被の <sup>1)</sup> ウイルス症状
露地季咲き	プリンセスサマー	91a <sup>2)</sup>	113a	107a	44a	9.8a	13a	7.1	1.0	0.8
	トラベラー	93a	109a	110a	48a	9.7a	15a	7.4	1.6	1.3
	富士の雪	80a	116a	135b	66b	10.6b	20b	7.4	0.3	0.1
露地抑制	プリンセスサマー	68	89	87	33	9.3	10	4.9	0.1	1.2
	トラベラー	53	87	86	35	9.2	11	4.9	0.4	1.3
	富士の雪	29	91	114	41	10.3	15	5.3	0.2	0.1

<sup>1)</sup> ウイルス症状の程度は, 0:無, 1:少, 2:中, 3:多(全面)の4段階とし, 平均値で示す.

<sup>2)</sup> 異なるアルファベットはダンカンの多重検定の5%水準で有意な差があることを示す.

露地季咲きが1998~2000年3月25~30日, 露地抑制が1999~2000年7月7~13日に2等級を用いて1区15~18球の3反復で定植し栽培した.

## 2) 露地抑制栽培

'プリンセスサマー'の露地抑制栽培における特性を表2に示した. 開花株率は'トラベラー'が53%, '富士の雪'が29%であったのに対し, 'プリンセスサマー'は68%となり, 'トラベラー'よりやや高く, '富士の雪'よりかなり高い傾向にあった. 到花日数は'トラベラー'が87日, '富士の雪'が91日であったのに対し, 'プリンセスサマー'は89日となり, 'トラベラー', '富士の雪'ともほぼ同じであった. 草丈は'トラベラー'が86cm, '富士の雪'が114cmであったのに対し, 'プリンセスサマー'は87cmとなり, 'トラベラー'とほぼ同じであり, '富士の雪'よりかなり短かった. 花穂長は'トラベラー'が35cm, '富士の雪'が41cmであったのに対し, 'プリンセスサマー'は33cmとなり, 'トラベラー'とほぼ同じであり, '富士の雪'よりかなり短かった. 小花長径は'トラベラー'が9.2cm, '富士の雪'が10.3cmであったのに対し, 'プリンセスサマー'は9.3cmとなり, 'トラベラー'とほぼ同じであり, '富士の雪'よりかなり短かった. 小花数は'トラベラー'が11個, '富士の雪'が15個であったのに対し, 'プリンセスサマー'は10個となり, 'トラベラー'とほぼ同じであり, '富士の雪'

よりかなり少なかった. 同時開花数は'トラベラー'が4.9個, '富士の雪'が5.3個であったのに対し, 'プリンセスサマー'は4.9個となり, 'トラベラー', '富士の雪'とほぼ同じであった. 葉のウイルス症状の程度は'トラベラー'が0.4, '富士の雪'が0.2であったのに対し, 'プリンセスサマー'は0.1となり, 'トラベラー', '富士の雪'とほぼ同じであった. 花被のウイルス症状の程度は'トラベラー'が1.3, '富士の雪'が0.1であったのに対し, 'プリンセスサマー'は1.2となり, 'トラベラー'とほぼ同じであり, '富士の雪'よりやや高かった.

## 3) 花色復帰の様相と栽培上の留意点

'プリンセスサマー'を通常の方法で栄養繁殖した場合に'トラベラー'と同じ花色のピンク色に変異する, いわゆる「花色復帰」が低率に観察された. そこで, 'プリンセスサマー'の「花色復帰」の様相を明らかにするため, 通常の方法で栄養繁殖し「花色復帰」の程度を確認した. 1991~2000年に通常の方法で栄養繁殖した'プリンセスサマー'および'トラベラー'の成球(球径20mm以上)および木子(同10mm以下)を用いて茨城県花き栽培基準に準じて栽培した. 開花期に2~3日ごとに花

色および花茎色を調査した。なお、調査は花色変異部位の大きさが花被片半分以上のもの、および花茎色変異部

位の大きさが幅 1mm 以上のものについて行った。

表3 通常の栄養繁殖における‘プリンセスサマー’、‘トラベラー’の花色、花茎色の変異

		調査数	LP・G 型 <sup>1)</sup>	LP・G/R 型 <sup>2)</sup>	LP・R 型	LP/P・R 型 <sup>2)</sup>	P・R 型
プリンセスサマー <sup>3)</sup>	中大球	427	0	0	426(99.8)	0	1( 0.2)
	木子	2215	3(0.14)	1(0.05)	2182(98.5)	13( 0.6)	16( 0.7)
トラベラー <sup>3)</sup>	中大球	568	0	0	0	2( 0.4)	566(99.6)
	木子	399	0	0	0	2( 0.5)	397(99.5)

<sup>1)</sup> LP・G 型:左側が花色、右側が花茎色を表す。LP は‘プリンセスサマー’と同じ極淡いピンク色、P は‘トラベラー’と同じピンク色、G は花茎色が緑色、R は花茎色が赤色を表す。

<sup>2)</sup> LP・G/R 型:A/B は、花色または花茎色が A と B のキメラであることを示す。キメラ部位の大きさは花色が花被片の半分以上、花茎色が幅 1mm 以上のものについて調査した。

<sup>3)</sup> 試験は露地季咲きで成球(球径 20mm 以上)と木子(球径 10mm 以下)を用い‘プリンセスサマー’が 1999～2000 年、‘トラベラー’が成球を 1993 年に、木子を 1991 年に行った。

‘プリンセスサマー’の通常の栄養繁殖における花色および花茎色変異を表 3 に示した。中大球の花色変異率は、‘トラベラー’が 0.4%であったのに対し、‘プリンセスサマー’は 0.2%となり、両者に差がなかったものの、変異部位の大きさは、遠観ではあるが、‘プリンセスサマー’が大きい傾向にあった。一方、木子の花色変異率は、‘トラベラー’が 0.5%であったのに対し、‘プリンセスサマー’は 1.5%となり‘トラベラー’より高かった。また、変異部位の大きさは、‘トラベラー’では個体全体に及ぶものがまったくなく、キメラであったのに対し、‘プリンセスサマー’は個体全体に及ぶものが 0.84%となり、変異部位が大きい傾向にあった。しかし、‘プリンセスサマー’の花色変異の割合は、2%以下と低率なので、通常の球根生産では問題にならないと考えられる。

以上の結果から‘プリンセスサマー’は、花色以外の特性が‘トラベラー’と酷似しているので、栽培管理は‘トラベラー’に準じて行えば良いことが明らかとなった。

栽培上の留意点は次の通りである。一つには‘トラベラー’より草丈などが多少短くなることもあるので、切花において同程度のボリュームを出すには‘トラベラー’よりやや大きい球根を用いる必要がある。二つには‘トラベラー’と同様にウイルス症状が発生するので、できるだけウイルスフリー球を利用し、栽培においてはアブ

ラムシの防除とウイルス罹病株の抜き取りを励行する。三つには低率ながら花色復帰が生じるので、球根生産および切花生産において見つけしだい株の抜き取りを励行する。

## 2. 地域適応性と市場性

### 1) 園研および現地での適応性試験

1997 年茨城園研において、‘トラベラー’、‘富士の雪’を対照に用い露地季咲きの作型で栽培試験を行った。その結果、①ライトピンクの花色がよい。②親品種‘トラベラー’よりやや小型化しているものの、花色以外の特性はほぼ同じであり、‘トラベラー’の優れた特性をそのまま引き継いでいるとして優良品性が認められた。

現地での適応性試験は 1998、1999 年に土浦地域農業改良普及センターの協力のもと土浦市小山崎の二戸の農家、また 2000～2002 年には銚田地域農業改良普及センターの協力のもと旭村子生の一戸の農家に依頼して行った。土浦市における 2 年間の結果は①花色は人気のある色であるものの、白色系品種としては‘富士の雪’より草丈がかなり小さい。②花色以外の栽培特性および切花品質は親品種‘トラベラー’とほぼ同じで商品性がある。③‘トラベラー’と同様に花茎が赤く着色するのはライトピンク系品種では欠点であるとして、優良品性を認めながらも、欠点の指摘もあった。

一方、旭村における3年間の結果は①親品種が‘トラベラー’なので小花着生が良好で、採花率が高く、促成および抑制の両作型に適応性がある。②市場では好評で、切花単価が通常品種より2割高となり、優良性がある。③‘プリンセスサマー’は独特の色合いがあるので‘トラベラー’、‘富士の雪’などと比較しないで、独自のものとして、栽培、販売すべきであると、優良性を認めた。

## 2) 市場性の評価

1997年7月14日に東京農産流通指導センターの協力のもと株式会社大田花き（東京都大田区東海）の3名に市場性の評価を依頼した。その結果、①花色および蕾の色がよい。②花卉が厚いので日持ち性がよい。③草姿のバランスがよく、花茎が硬く曲がりにくい。④‘トラベラー’と同様に花茎が赤く着色するのは、ライトピンク系品種では欠点になるものの、商品価値が十分にあると認められた。

このように‘プリンセスサマー’の地域適応性および市場性については土浦市における結果を除けば、概ね良好な結果が得られた。

## V. 育成品種の普及と今後の活用

‘プリンセスサマー’はこれまでに本県で育成された‘紫峰の朝’（浦野ら，1997）と同様に茨城県グラジオラス球根協会により種苗増殖され、県内に供給される予定である。

‘プリンセスサマー’は、‘トラベラー’の自然突然変異体でこれまでのデータから生長点の基本3層構造のうち（片桐，1983；大曾根，1983），L I層のみ花色変異し、残りのL II層およびL III層は親品種‘トラベラー’と同一、またはL I層およびL II層の両方が花色変異し、残りのL III層のみが親品種‘トラベラー’と遺伝的に同一であると想定されるが、通常突然変異は1細胞のみで生じることから、前者の可能性が高いと考えられる（霞，未発表）。一方、一般に生殖細胞はL II層由来であることから（大曾根，1983），交配育種による後代への遺伝的影響は‘トラベラー’と同一の可能性が高く、ライトピンク系品種の育種における‘プリンセスサマー’の交配母本としての意義は低いと考えられる。

著者らはグラジオラスにガンマ線照射と組織培養を併用することにより‘トラベラー’から数多くの花色変異体を得ている（霞ら，1999a；霞ら，1999b；霞，2001）。これらは調査の結果、周縁キメラではなく、変異が個体全体に及ぶ、いわゆる「完全突然変異体」であった（霞，未発表）。これらの変異体の中には花色を含めた諸特性が‘プリンセスサマー’と酷似した個体が多数認められたものの、草丈などが短く小型化しており、商品として総合的にみると‘プリンセスサマー’より劣っていた（霞，2001）。この結果から、栄養繁殖性作物の突然変異育種においては完全突然変異体の作出だけを目的とするのではなく、遺伝的に安定な周縁キメラ個体においても優れた品種が作出できる可能性があると考えられる。このことは観賞植物では特に重要になっている（大曾根，1983）。一方、カンキツでは主に耐病性を目的として人工的に周縁キメラを作出する、いわゆる「合成キメラ」の手法を用いて新品種が育成されている（菅原ら，2002）。グラジオラスにおいてはこれまで合成キメラ個体は作出されていないが、カンキツと同様に有用性が想定されるので、今後の研究に期待したい。

一方、これまで著者らはグラジオラスの自然突然変異体を‘トラベラー’、‘ヘクター’、‘プロスペクター’、‘富士の雪’、‘ホワイトジャイアント’などで認めている（霞，未発表）。今後‘プリンセスサマー’のような優良な自然突然変異体の発見が期待できるので、グラジオラス育種においてはもう一度自然突然変異体の利用を見直してもよいと考えられる。

## 謝 辞

本研究を推進するにあたり現地試験は塚本至郎氏、萩島豊氏、栗原育之助氏、皆藤忠三氏が担当して下さった。また、茨城県グラジオラス球根協会の押手永三氏、株式会社大田花き、茨城県東京農産流通指導センター、茨城県農業総合センター、同生物学研究所、同園芸研究所、同土浦地域農業改良普及センター、同鉾田地域農業改良普及センターの関係者には多大なるご協力をいただいた。さらに、所内試験圃場の栽培管理は茨城県農業総合センター施設課の小島和明氏、田崎孝氏、木村茂樹氏、福岡正子氏、武田光雄氏のご協力によるところが大きかった。



ここに記してこれらの方々に感謝の意を表する。

### 引用文献

- 茨城県 (2002) 茨城の園芸, 81-85.
- 茨城県農業総合センター (1996) グラジオラス編, 茨城県花き栽培基準, 171-175.
- 市村勉・永井永久・本岡竹司・浅野昭・高城誠志 (2000) グラジオラス新品種 '舞姫' の育成経過および特性, 茨城農総七園研報告, 8: 27-31.
- 霞正一 (2001) 放射線照射および組織培養によるグラジオラス花色変異体の作出に関する研究, 茨城農総七生工研報告, 4: 1-49.
- 霞正一・高津康正・友常秀彦・佐久間文雄 (1999a) グラジオラス木子茎頂からの不定胚形成と花色変異, 園学雑, 68: 168-175.
- 霞正一・高津康正・友常秀彦・佐久間文雄・飯田修一 (1999b) グラジオラス木子花色変異区分キメラの子房培養による解消, 園学雑, 68: 195-197.
- 片桐幸逸 (1983) 突然変異のキメラ状発現, "突然変異育種", 渡辺好郎・山口彦之監修, 養賢堂, 東京, 124-131.
- 大曾根兼一 (1983) キメラと突然変異, "突然変異育種", 渡辺好郎・山口彦之監修, 養賢堂, 東京, 69-82.
- 菅原邦明・稲田絵理子・西山聡・脇塚巧・大和田厚・森口卓哉・大村三男 (2002) カンキツ合成周縁キメラ新系統の育成について, 果樹バイオテク・ゲノム研究会, 23-24.
- 浦野永久・市村勉・本岡竹司・浅野昭 (1997) グラジオラス新品種 '紫峰の朝' の育成経過および特性, 茨城農総七園研報告, 5: 27-32.

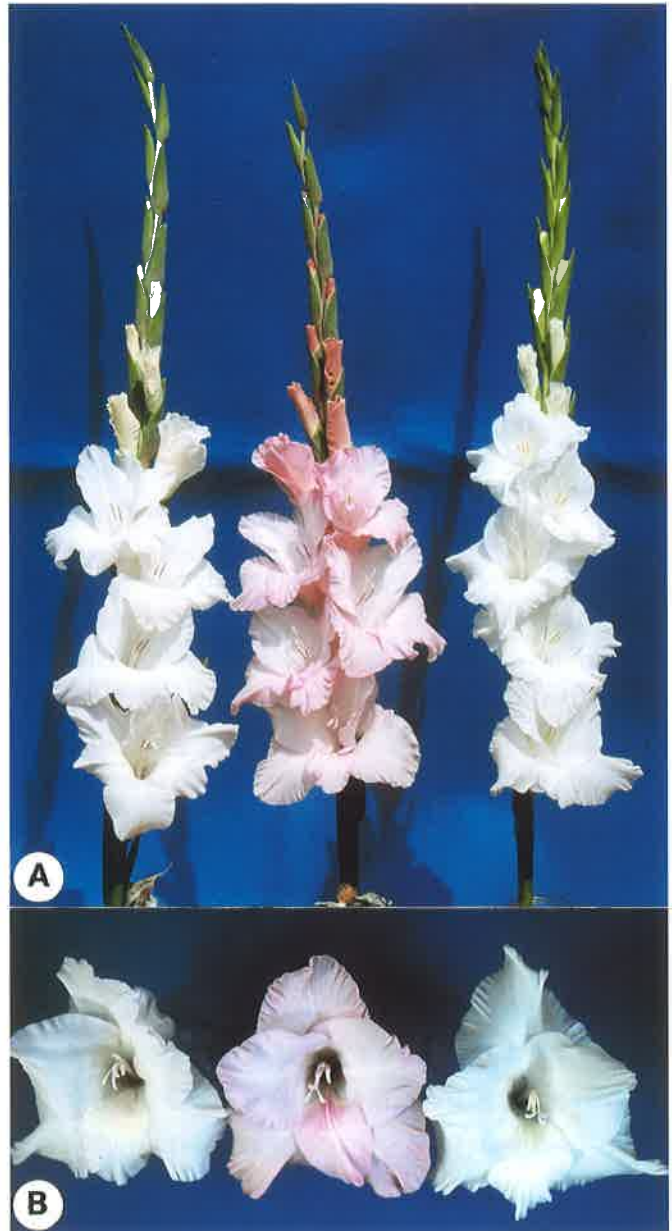


図1 'プリンセスサマー' の開花様相, 左: 'プリンセスサマー', 中: 親品種 'トラベラー', 右: 対照品種 '富士の雪', A: 花穂全体, B: 小花.

## **New Gladiolus Variety 'Princess Summer'**

Masakazu Kasumi, Yasumasa Takatsu, Toru Manabe, Mikio Hayashi<sup>1)</sup>, Hidehiko Tomotsune<sup>1)</sup>,  
Fumio Sakuma<sup>2)</sup>, Hiroshi Ezura<sup>3)</sup> and Hiroshi Amagai<sup>4)</sup>

*Plant-Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center, Ago, Iwama, Nishi-ibaraki, Ibaraki 319-0292, Japan.*

*<sup>1)</sup>Mountainous Agricultural Research Station, Ibaraki Agricultural Center, Korofuzi, Daigo, Kuzi, Ibaraki 319-3361, Japan.*

*<sup>2)</sup>Horticultural Institute, Ibaraki Agricultural Center, Ago, Iwama, Nishi-ibaraki, Ibaraki 319-0292, Japan.*

*<sup>3)</sup>Institute of Agriculture and Forestry, Gene Research Center, University of Tsukuba, Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan.*

*<sup>4)</sup>Retired*

### **Summary**

'Princess Summer' is a new gladiolus variety having light-pink flower color, and has released by Plant Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center. It was originated from a spontaneous mutation of 'Traveler' and was selected by clonal selection. Characteristics of 'Princess Summer' are remarkably similar to parental variety 'Traveler', except for flower color. This variety has early flowering time and excellent plant form, and is adaptable to year-round production.

Key Words: breeding, flower, gladiolus, mutaiion breeding, Princess Summer, variety

## フリージア品種の F<sub>1</sub> 雑種における香りの変異

高津康正, 霞 正一

香りのタイプの異なる 4 品種のフリージアを材料として正逆交雑で得られた F<sub>1</sub> 個体について、香りの強さおよび香りのタイプの変異について調査した。香りの強さについては、比較的強い香りをもつ品種どうしの交配でも F<sub>1</sub> 個体では香りが弱いものが多くなり、全体的に交配により香りが弱くなる傾向がみられた。また香りのタイプについては、全体としては両親の香りを併せもつ傾向があり、また親品種の有さない香りは後代でもほとんど感じられないことが明らかとなった。また F<sub>1</sub> 個体の特性調査の結果、到花日数は交配に用いた親品種の示す日数の範囲内であり、花色については親品種の花色によりバリエーションが変化することが示された。

キーワード : crossing, floral scent, freesia, sensory evaluation

### I. 緒言

花きにおいて色と香りは商品価値を決定する要素として重要であり、育種の上でも興味ある形質である。花色については、これまでに花卉に含まれる色素の同定 (林 1988)、色素の生合成経路の解明 (Gutterson 1993)、色素合成遺伝子の単離 (Tanaka ら 1998) および形質転換による花色変異系統の作出 (間 1999, Tanaka ら 1998) 等、精力的に研究がすすめられているが、香りについては特定の花き品目について含まれる成分の同定が行われている程度であり (加藤 2002)、育種に必要な遺伝解析等のアプローチはほとんどなされていないのが現状である。一方、過去 15 回を数える花卉懇談会フォーラム (1999) で初めて香りが取り上げられるなど近年、流通・消費の現場では花の香りに関心が集まっており、またアロマセラピー等、生花の香りを積極的に利用しようとする動きも強まっている。このことを受けて花きの育種目標として香りを挙げている研究機関や種苗会社も多く (加藤 2002)、香りをセールスポイントとした品種開発も、シクラメン (Ishizaka 1998)、スイートピー (柳下ら 2002)

およびカスミソウ (土井ら 2002) 等で進みつつある。

ところで、香りを目的とした育種のためには香りの客観的な評価方法が不可欠である。生花の香りについては、先行研究により 30 種類あまりの花きについてその香りを官能評価するための評価用語の整理が行われている (半田ら 1996, 森中ら 2001)。また特にフリージアの香りについては有効な官能評価の手法が開発されており、この方法により品種による香りのタイプの違いを識別できることも明らかになっている (森中ら 1999, 2002)。このように今後の香りの成分育種のために有用な知見は徐々に集積されつつあるが、実際の交配によって香りがどのように変化するか等の育種的なことがらについては情報に乏しい。

フリージア (*Freesia hybrida* hort.) はアヤメ科に属する南アフリカ原産の球根花き類であり甘い香りが特徴となっているが、従来から品種により香りのタイプが異なることが (菰田 1995)、また最近の品種は香りが弱いものが多いことが知られている (本図 1991)。そこで、本研究では香りの成分育種に資することを目的として、フリージアを材料に用いて交配を行い、F<sub>1</sub> 個体における香り等

の形質の変異について調査した。なお本研究は県バイオテクノロジー試験研究推進事業「有用遺伝資源の保存利用法」(2001～2002)により実施した。

## II. 材料および方法

### 1. 交配母本の選定および F<sub>1</sub> 個体の獲得

13 品種を用いた調査の結果、フリージアでは品種により香りのタイプが異なることが示されている(森中ら 2002)。そこで香りのタイプの異なる特徴的な 4 品種を交配母本として選定した。すなわち、果物のような (Fruity) 青臭い (Green) 香りの 'Aradin', コショウのような (Pepper-like) 香りの 'Elegance', 果物のような (Fruity) バラのような (Rose-like) 香りを有する 'Lewyna', および青臭く (Green) スパイスのような (Spicy) な香りを有する 'Rijnveld's Golden Yellow' である (表 1)。これらの品種の球茎を 1998 年 10 月に園芸培土を詰めたポリポットに定植し、最低夜温 5℃ のパイプハウスにおいて自然開花

Table 1 Freesia cultivars used in this experiment and its descriptors for flower scents.

cultivar	descriptors
Aradin	Green, Fruity
Elegance	Pepper-like
Lewyna	Fruity, Rose-like
Rijnveld's Golden Yellow	Green, Spicy

させた。球茎の冷蔵処理等は行わなかった。これらの個体を用いて 1999 年 3 月にそれぞれ正逆交雑を行った。得られた種子を同年 9 月に播種し 2000 年 3 月に F<sub>1</sub> 植物 (小球茎) を得た。これらを同年 9 月に定植し 2001 年 3 月に開花個体を得た。また 'Lewyna' については同様の手順により自殖を行い、開花個体を得た。

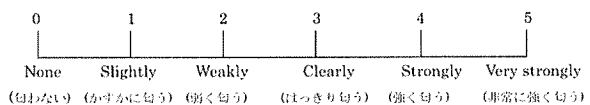
### 2. 特性調査および香りの官能評価

交配に用いた親品種および各交配組合せの F<sub>1</sub> 集団の開花個体について、2001 年 3 月に到花日数および花色を調査した。到花日数については球茎の定植から開花までの日数とし、また花色については日本園芸植物標準色票 (財団法人日本色彩研究所発行、1997 年) のコード番号 (以下コード番号と略す) を用いて記録した。また森中ら (1999) の方法を改変して香りの官能評価を行った。すなわち親品種および各

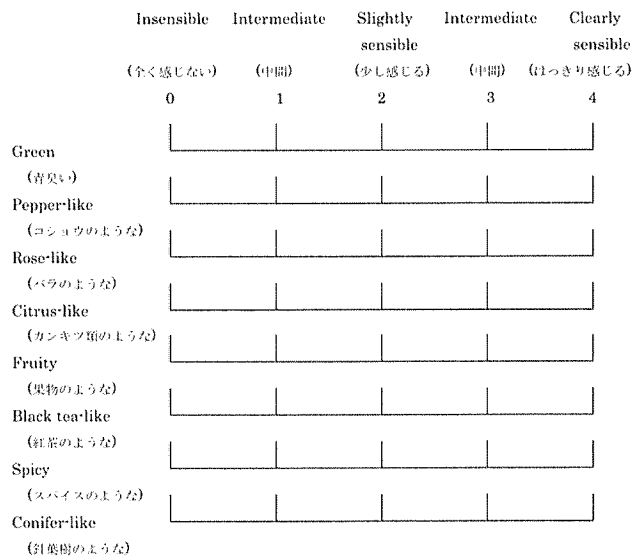
F<sub>1</sub> 集団のすべての開花個体について、まず香りの強さを 6 段階 (匂わない:0～非常に強く匂う:5) で評価した。ここで評点 0 (匂わない) と評価された個体についてはこの時点で除き、その後の評価には使用しなかった。次に香りのタイプを表現する 8 種類の用語 (表 2; 青臭い, コショウのような, バラのような, カンキツのような, 果物のような, 紅茶のような, スパイスのような, および針葉樹のような) について、5 段階 (全く感じない:0～はっきり感じる:4) で評価した。評価に用いた項目等について図 1 に示す。香りのタイプについては全体的な

Table 2 Eight descriptors used for sensory evaluation of floral scents in freesia.

English	Japanese
Green	青臭い
Pepper-like	コショウのような
Rose-like	バラのような
Citrus-like	カンキツのような
Fruity	果物のような
Blacktea-like	紅茶のような
Spicy	スパイスのような
Conifer-like	針葉樹のような



A Six-point scale for strength of floral scents (香りの強さに関する 6 段階の評価基準)



B Five-point scale for descriptors of used for sensory evaluation (香りのタイプに関する 5 段階の評価基準)

Fig.1 Six-point scale for strength of floral scents (A) and Five-point scale for descriptors (B) used for sensory evaluation of floral scents in freesia.

傾向を知るために、用語ごとに香り指数  $[(0 \times n_0 + 1 \times n_1 + 2 \times n_2 + 3 \times n_3 + 4 \times n_4) / \{4 \times (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\}]$  を算出し、それぞれの交配に用いた親品種と比較した  $n_0 \sim n_4$  は各評点 (0 ~ 4) に対する個体数を表す。香りの評価については 1 名の経験を積んだ評価者が行った。なお、香りの強さは天候、気温等の環境要因によっても変化することが知られているので、基本的に晴天日の午前中を選び、1 個体について最低 2 日をかけて官能評価を行い香りを確認した。また 2002 年 3 月にも同様の方法で調査を反復した。

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. F<sub>1</sub> 個体の獲得

'Aradin', 'Elegance' および 'Rijnveld's Golden Yellow' の間では正逆交雑の結果、9 ~ 32 の F<sub>1</sub> 個体が得られた。一方、'Lewyna' を花粉親とした場合にはすべての組合せで種子が得られなかった。また子房親にした場合には 'Lewyna' × 'Elegance' の組合せにおいて種子は得られなかったが、その他の組合せでは 12 ~ 25 の F<sub>1</sub> 個体が得られた。

'Lewyna' の自殖においては 9 の F<sub>1</sub> 個体が得られた。以上の F<sub>1</sub> 個体について特性調査を行った。

#### 2. 特性調査

到花日数を調査したところ、'Aradin' では 140 ~ 149 日に、'Elegance' では 140 ~ 149 日に、'Lewyna' では 130 ~ 139 日に、および 'Rijnveld's Golden Yellow' では 120 ~ 129 日に開花する個体がそれぞれ最も多かった。F<sub>1</sub> 個体の到花日数について調査したところ、到花日数の長い 'Elegance' と短い 'Rijnveld's Golden Yellow' の正逆交雑においては、得られたいずれの F<sub>1</sub> 集団においても交配に用いた親品種の到花日数の範囲内であることが示された (図 2)。また他の組合せにより得られた F<sub>1</sub> 集団でもほぼ同様の結果となり、交配に用いた親品種よりも極端に到花日数が長くなったり短くなったりする F<sub>1</sub> 個体はみられなかった (データ省略)。

一方、花色については交配に用いた親品種のうち 'Aradin' および 'Rijnveld's Golden Yellow' が黄色 (それぞれコード番号 2205, 2506)、'Elegance' は白色 (同

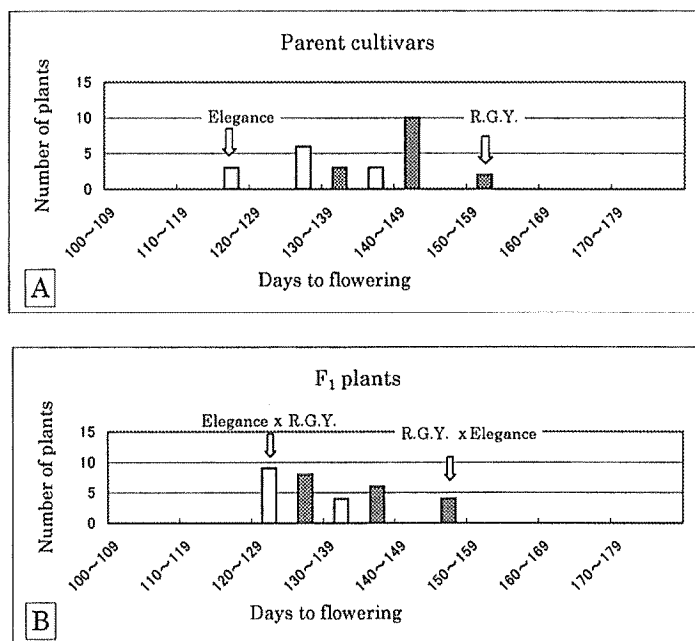


Fig.2 Variation of days to flowering in freesia cultivars 'Elegance', 'Rijnveld's Golden Yellow' (R.G.Y.) and F<sub>1</sub> plants derived from reciprocal crosses.

A: White colom indicates number of plants of 'Elegance', and dark colom indicates number of plants of R.G.Y.

B: White colom indicates number of plants of 'Elegance' x R.G.Y., and dark colom indicates number of plants of R.G.Y. x 'Elegance'.

2701), 'Lewyna' は濃ピンク色 (同 9607) である。F<sub>1</sub> 個体における花色の変異 (バリエーション) については、特に 'Lewyna' を片親に用いて得られた F<sub>1</sub> 集団においてバリエーションが最も広がった (図 3A)。一方、同じ黄色である 'Aradin' と 'Rijnveld's Golden Yellow' の組合せで得られた F<sub>1</sub> 集団においては、ほとんどの個体が黄色系の花色を有しバリエーションは狭かった (図 3B)。「Elegance」と、「Aradine」または「Rijnveld's Golden Yellow」の組合せでは、花色のバリエーションは中程度であった (データ省略)。

#### 3. 香りの強さ

香りの強さは交配に用いた親品種においても個体間で若干の違いがみられ、「Aradin」では評点 3 (はっきり匂う)、「Elegance」では評点 3 (はっきり匂う)、「Lewyna」では評点 3 (はっきり匂う) および「Rijnveld's Golden Yellow」では評点 4 (強く匂う) と評価された個体が最も多かった。これらの品種を用いた交配により得られた F<sub>1</sub> 集団における香りの強さも個体により異なっており、

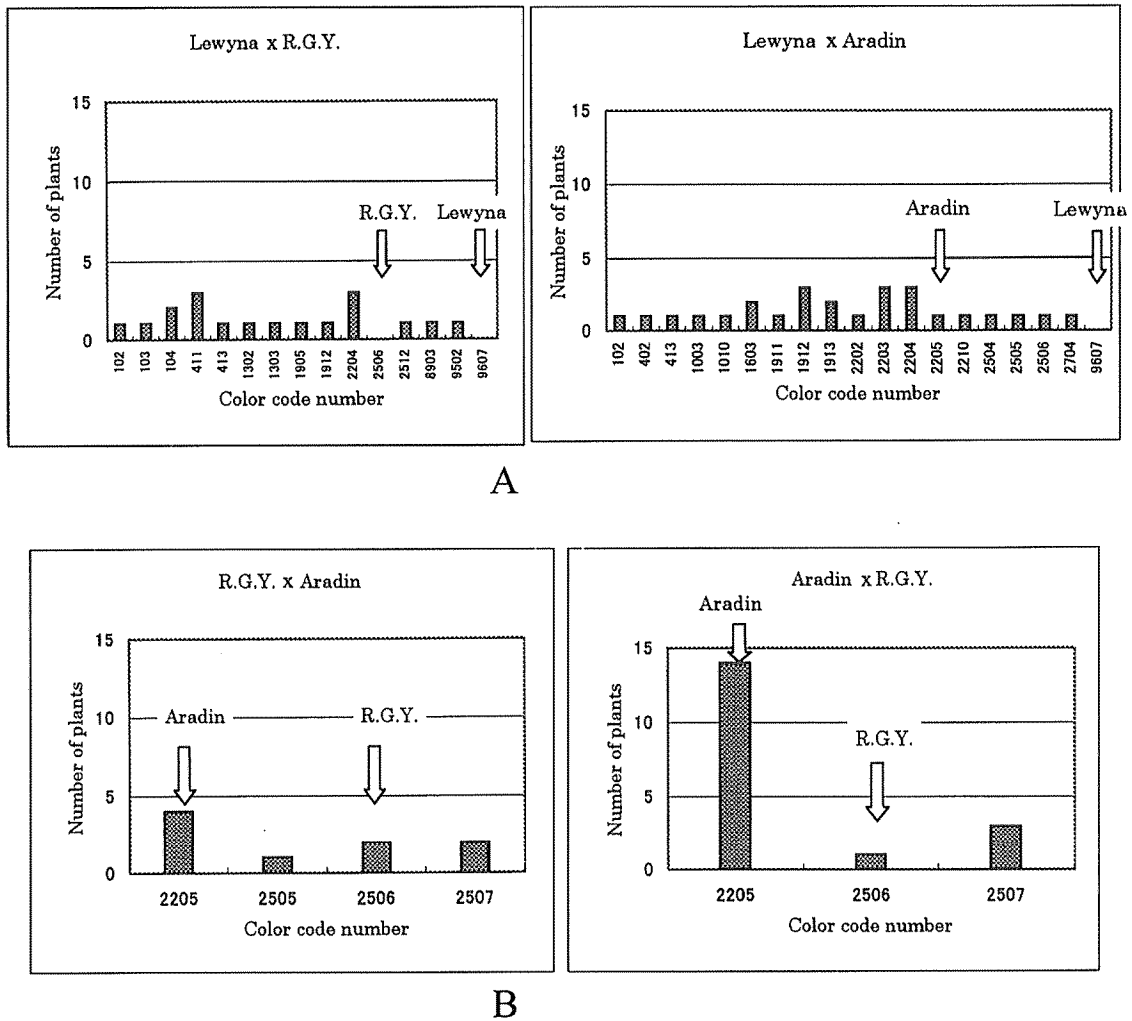


Fig.3 Variation of flower color in F<sub>1</sub> plants derived from crosses between freesia cultivars. Color code number is according to the Japan Color Standard for Horticultural Plants (1997). Arrows indicate original flower color of parent cultivars.

A: F<sub>1</sub> plants derived from crosses between 'Lewyna' and 'Rijnveld's Golden Yellow' (Lewyna x R.G.Y.), or 'Lewyna' and 'Aradin' (Lewyna x Aradin).

B: F<sub>1</sub> plants derived from reciprocal crosses between 'Rijnveld's Golden Yellow' (R.G.Y.) and 'Aradin'.

'Rijnveld's Golden Yellow' (強く匂う) と、'Lewyna' (はっきり匂う) の交配組合せであっても、評点1 (かすかに匂う) とされる F<sub>1</sub> 個体が最も多くなり、評点0 (匂わない) と評価される個体もみられた (図4)。同様に「はっきり匂う」香りをもつ2品種、'Lewyna' と 'Aradin' の交配組合せでは評点2 (弱く匂う) と評価された F<sub>1</sub> 個体が最も多くなり、評点0～評点1 と評価される個体もみられた (データ省略)。また特徴あるはっきりした香りをもつ2品種、'Rijnveld's Golden Yellow' と 'Elegance' の交配組合せであっても、評点2～評点3 と評価される F<sub>1</sub> 個体が最も多くなった (データ省略)。以上のように、香りの強さについては F<sub>1</sub> 個体において

かなりの変異がみられたが、交配により得られた F<sub>1</sub> 個体では香りが強くなるものはみられず全体的に弱くなる傾向があり、中には全く香りを有しない個体も現れることが明らかとなった。

#### 4. 香りの官能評価

交配に用いた親品種の香りのタイプは表1のとおりである。これらをレーダーチャートとして表したものを図5に示す。チャート上の8用語は官能評価に用いた評価用語 (表2) に対応する。また軸上の数字は香り度を示し、数値が大きいほどその評価用語で示される香りが強いことを表している。

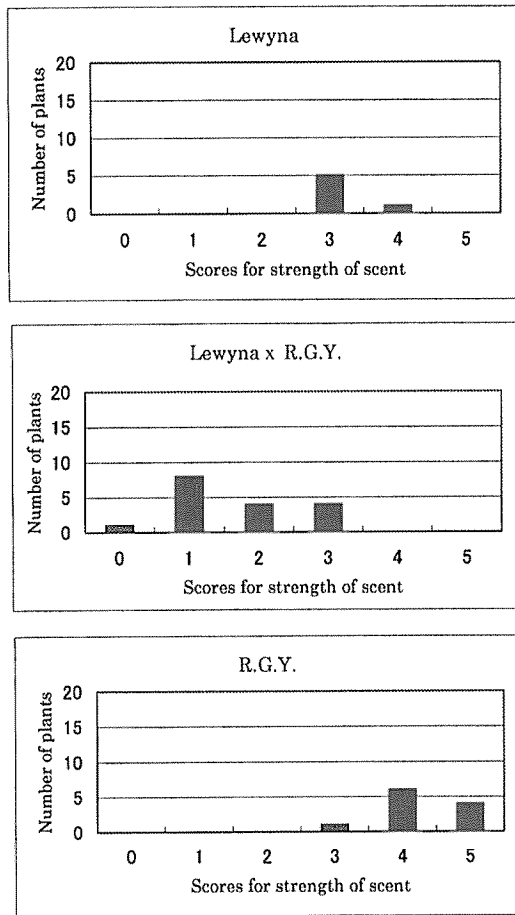


Fig.4 Variation of strength of floral scents in freesia cultivars 'Lewyna', 'Rijnveld's Golden Yellow' (R.G.Y.) and F<sub>1</sub> plants derived from crosses (Lewyna x R.G.Y.). Scores are according to 6-point scale for strength of floral scents in Fig.1A.

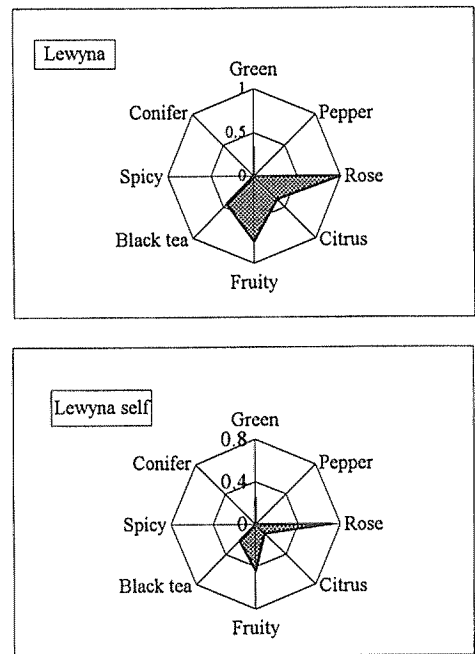


Fig.6 Results of sensory evaluation of floral scents in freesia cultivar 'Lewyna' and its self pollinated plants (Lewyna self). Each plate shows scent profiles for parent cultivar and its progeny. Eight descriptors in a radar chart are corresponding to the descriptors in Fig.1B.

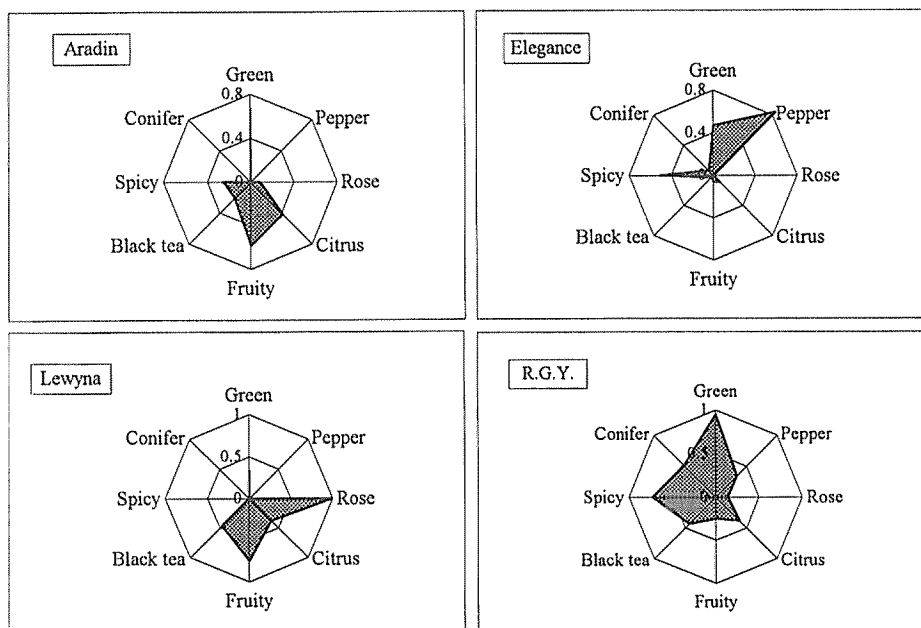


Fig.5 Results of sensory evaluation of floral scents in freesia cultivars. Each plate shows scent profiles for 4 parent cultivars used in this experiments. Eight descriptors in a radar chart are according to 5-point scale for sensory evaluation of floral scents in Fig.1B. R.G.Y. : 'Rijnveld's Golden Yellow'.

まず 'Lewyna' の自殖系統では、チャートの形は親品種とほとんど変わらないものの、それぞれの評価用語の香り度は小さくなっている (図6)。このことは自殖によって香りのタイプはほとんど変わらないが、香りの弱い個体が増えたためと考えられる。'Aradin' と 'Elegance' の正逆交雑で得られた F<sub>1</sub> 集団は互いに同じ

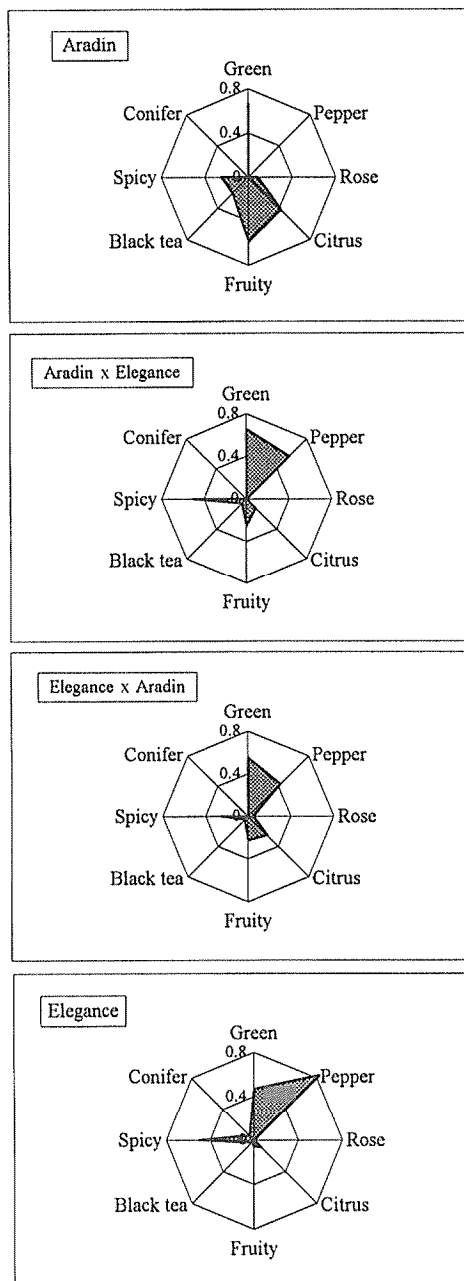


Fig.7 Results of sensory evaluation of floral scents in freesia cultivars and its progenies. Each plate shows scent profiles for parent cultivars ('Aradin' and 'Elegance') and F<sub>1</sub> plants derived from reciprocal crosses. Eight descriptors in a radar chart are corresponding to the descriptors in Fig.1B.

ようなタイプの香りを持ち、'Elegance' の特徴であるコショウのような香りが強く感じられたが 'Aradin' の果物のような香りはかなり弱くなった。また両親のもつ青臭い香りは F<sub>1</sub> 集団においても比較的強く感じられたが、両親がほとんどもないバラのような香りはごくわずかしか感じられなかった (図7)。'Rijnveld's Golden Yellow' と 'Aradin' の正逆交雑で得られた F<sub>1</sub> 集団も互いに同じようなタイプの香りをもつことが示された。

'Rijnveld's Golden Yellow' が特徴的に有する針葉樹のような、スパイスのような香りはかなり弱くなる一方、'Aradin' の果物のような香りもかなり弱くなりバランスがとれたが、両親のもつ青臭い香りは F<sub>1</sub> 集団においても強く感じられた。両親のほとんど有さないバラのよう

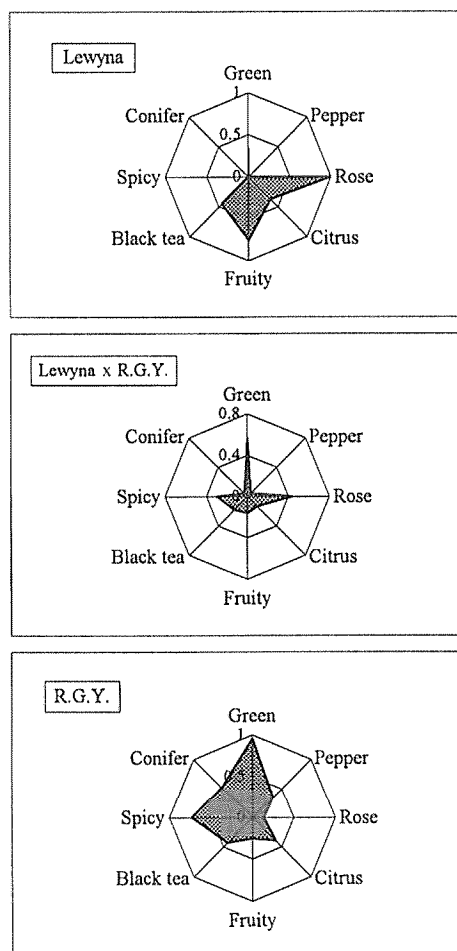


Fig.8 Results of sensory evaluation of floral scents in freesia cultivars and its progenies. Each plate shows scent profiles for parent cultivars ('Lewyna' and R.G.Y.) and F<sub>1</sub> plants derived from crosses. Eight descriptors in a radar chart are corresponding to the descriptors in Fig.1B. R.G.Y. : 'Rijnveld's Golden Yellow'



な香りはほとんど感じられなかった(データ省略)。一方、'Rijnveld's Golden Yellow' と 'Elegance' の正逆交雑で得られた F<sub>1</sub> 集団では、互いに香りのタイプがやや異なっていた。'Rijnveld's Golden Yellow' を子房親とした場合には全体的にバランスがとれた香りとなったが、'Elegance' を子房親とした場合にはコショウのような、スパイスのような香りが相対的に強く感じられた(データ省略)。

次にフリージアとしては特異的な、果物のような、バラのような香りをもつ 'Lewyna' を用いた交配についてみると、本品種を子房親に用いた場合にのみ F<sub>1</sub> 集団が得られたためデータが不足しているものの一定の傾向は認められた。すなわち、'Lewyna' と 'Rijnveld's Golden Yellow' の交配で得られた F<sub>1</sub> 集団では、針葉樹のような、スパイスのような香りは弱くなる一方、バラのような香りは比較的強く残っていた(図 8)。しかしながら全体的に香り度は小さくなり、これは図 4 に示すように F<sub>1</sub> 集団において香りが弱い個体が多くなったためと思われる。また 'Lewyna' と 'Aradin' の交配で得られた F<sub>1</sub> 集団においては両親の香りを併せもつ傾向にあったが、香り度は小さくなった。両親のもたないコショウのような香りはほとんど感じられなかった(データ省略)。

以上のように香りのタイプについては、正逆交雑で育成した F<sub>1</sub> 集団は互いに同じようなパターンを示し、また親品種の香りを併せもつ傾向があった。'Rijnveld's Golden Yellow'、'Elegance' および 'Aradin' を用いた交配では、F<sub>1</sub> 集団で親品種の特徴的な香りは弱まり全体的にバランスが取れたが、相対的に青臭い(Green)香りが強まる傾向があった。これはこれらの品種を含めフリージアでは一般的に Green 系の香りが基調となっていることによるものと考えられる。このことはフリージアとしては特異的な果物のような、バラのような香りをもつ 'Lewyna' を用いた交配においてもほぼ同様の結果となった。

本研究では香りの成分育種に資することを目的として、交配によるフリージアの香り等の形質の変化について調査した。その結果、交配により得られた F<sub>1</sub> 個体においては全体的に香りが弱くなる傾向が認められた。また実際の育種現場における選抜の過程では、花色や花形、栽培特性、耐病性等に重点が置かれ、香りについては軽視さ

れがちである(海老沢 1991)。これらの要因が重なり「最近の品種は香りが弱い」という評価になっているものと思われる。「香りが弱い」という傾向は、香りのよい花の代表とされるバラにおいても報告されている(加藤 2002)。

一方で、交配により親品種の特徴的な香りも弱くなる傾向がみられたが、中には親品種と同程度に強い香りをもつ個体や、特徴的な香りを有する個体も存在した。これらのことから、なるべく多くの異なるタイプの香りの品種を交配母本として用いることで、種々のタイプの香りをもつ系統の作出が可能であることが示唆された。また花色についてはバラエティに富んでおり、選抜の方向次第では芳香を有する優良系統の作出が期待できる。

フリージアは栄養繁殖性植物であるため遺伝的には雑ばくであり、また今回は香気成分についての詳細な機器分析等も行わなかった。このため本研究では香りの遺伝性を明らかにするまでには至らなかったが、交配により香りがどのように変異していくかについては一定の知見が得られた。また今回の実験では、交配母本のもたないタイプの香りは後代でも現れないことが明らかとなり、後代において香りの幅を広げるためには、なるべく多くの異なるタイプの香りの品種を交配母本として用いる必要があることも示唆された。これらの知見は香りに関する情報が乏しい中であって育種をすすめる上で有益なものであると考えられる。今後は個々の香りについて「快-不快」など、好まれる香りかということについても評価を行っていきたい。

ところで、フリージアの主要な香り成分とされるリナロール等は 200℃ 付近に沸点をもち、常温では発散せずに細胞内に溜めこまれている量も多いと推定される(中山 私信)。このことから実際には交配によりさまざまな香り成分が生成されているにもかかわらず、香りとして知覚されていないという可能性も考えられる。今回は香りの評価を官能評価のみで行ったが、今後香りの遺伝性等について詳細に調査する場合には、溶媒抽出等を含めた香り成分の機器分析も必要になるものと考えられる。

また近年ではシクラメン、スイートピー等における香り品種の育成に加え、香りの評価方法の確立(森中ら 2002)や、選抜の際の有力なツールとなる香りに連鎖した DNA マーカーの探索に関する研究も進みつつある(高

津ら 2003)。今後これらの分野での研究の進展により、生花の香りについても機器分析による単なる成分同定という従来の範囲を超えて、香りの成分育種の現場で利用できる効率的な選抜方法が確立できるものと期待される。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、独立行政法人農業生物資源研究所森中洋一博士、茨城県農業総合センター園芸研究所本園竹司博士、独立行政法人農業技術研究機構花き研究所中山正義博士、ならびに同・大久保直美博士には有益なご助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

## 引用文献

- 間竜太郎 (1999) トレニアの形質転換系の確立と有用形質の改変. 野菜・茶試研報 14 : 27-95.
- 土井元章・杉原ゆうこ・上田悦範・今西英雄 (2002) *Gypsophila* 属花序からの悪臭成分の発散特性. 園学雑 71 (別 2) : 413.
- 海老沢俊英 (1991) フリージアの香り. フローリスト 8 : 33-34.
- Gutterson, N.C. (1993) Molecular breeding for color, flavor and fragrance. *Scientia Horticulturae* 55 : 141-160.
- 林孝三 (1988) 日本の植物界におけるアントシアニン色素の調査研究. 植物色素 (林孝三編). 養賢堂. 東京. 479-577.
- 半田高・森中洋一・竹内晴彦・綾部早穂・斉藤幸子 (1996) 花の香りの評価と利用に関する研究 (第 3 報) 官能評価による花の香りのイメージ構造の解析. 園学雑 65 (別 1) : 38-39.
- Ishizaka, H. (1998) Production of microspore-derived plants by anther culture of an interspecific F<sub>1</sub> hybrid between *Cyclamen persicum* and *C. purpurascens*. *Plant Cell, Tiss. Org. Cult.* 54 : 21-28.
- 加藤正弘 (2002) 育種目標・芳香性. 農業技術体系花卉編 5. 農山漁村文化協会. 東京. 57-64.
- 菰田真理 (1995) フリージアの香り. 香料 188 : 45-48.
- 本園竹司 (1991) フリージアの品種の変遷とその背景. フローリスト 8 : 34-36.
- 森中洋一・高津康正・林幹夫・半田高・高柳謙治 (1999) フリージア香気官能特性と香気成分分析値との関係. 園学雑 68 (別 2) : 458.
- 森中洋一・半田高・竹内晴彦・綾部早穂・斉藤幸子 (2001) 花の香りの評価における官能評価尺度の有効性. 園学雑 70 : 636-649.
- 森中洋一・高津康正・林幹夫 (2002) フリージアの花の香気の官能評価. 園学雑 71 : 702-709.
- 高津康正・山田哲也・鈴木一典・西宮智美・郷内武・霞正一 (2003) グラジオラス野生種の香りに連鎖した RAPD マーカーの選抜の試み. 園学雑 72 (別 1) : 346.
- Tanaka Y., S. Tsuda and T. Kusumi (1998) Metabolic Engineering to Modify Flower Color. *Plant Cell Physiol.* 39 : 1119-1126.
- 柳下良美・原靖英・吉田誠・張替均 (2002) 芳香性冬咲きスイートピー育成系統の官能評価. 園学雑 71 (別 2) : 180.

**Variation of floral scents among F<sub>1</sub> plants derived from reciprocal crosses  
among freesia (*Freesia hybrida hort.*) cultivars.**

Takatsu, Y. and M. Kasumi

*Plant Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center,  
Ago, Iwama, Nishi-ibaraki, Ibaraki, 319-0292, Japan*

**Summary**

We have selected 4 freesia cultivars that have different type of floral scents, and produced F<sub>1</sub> plants derived from reciprocal crosses. Strength and type of floral scents of parent cultivars and their progenies were evaluated by sensory evaluation according to the methods of Morinaka et al. (2002). Many of F<sub>1</sub> plants, derived from crossing between cultivars that scented strongly, had a weakly fragrance. Floral scents might become weakly by crossing in freesia In addition, F<sub>1</sub> plants had both types of floral scents of parent cultivars, but did not have a type of scent that was not felled in parent cultivars.

Key words : crossing, floral scent, freesia, sensory evaluation

## イネ縞葉枯病抵抗性の小規模簡易検定法の確立

西宮智美, 桐原俊明, 飯田幸彦, 横田国夫, 田畑美奈子, 須賀立夫<sup>1)</sup>, 平澤秀雄

小規模で接種虫量が少ない, 簡便なイネ縞葉枯病抵抗性検定法を確立した. ヒメトビウカ個体群からのイネ縞葉枯病ウイルス保毒虫の選抜にあたっては, 吸汁させたイネ苗から ELISA 法によってウイルスを検出することで, イネの発病を待たずして吸汁接種後 1 週間以内に保毒の有無を判定することができた. 抵抗性検定は, 培養用試験管 (口径 30mm, 高さ 100mm) の中にイネ種子を 3 粒ずつ播き 3 日間培養後の幼苗を用いて行い, 吸汁接種は 2 週齢の保毒虫を苗あたり 2～3 頭の密度で 4 日間放飼することで, 最も効率的にウイルスを感染させ, 90%以上の高い発病株率が得られた.

また, 本法による抵抗性評価の精度は, 本県育成系統について他の検定方法による評価と比較した結果, 抵抗性系統の選抜に十分活用しうることが確認された.

キーワード: イネ縞葉枯病ウイルス, 抵抗性, 簡易検定法, ヒメトビウカ

### I. 緒言

イネ縞葉枯病は, ヒメトビウカ (*Laodelphax striatellus* FALLEN) によって媒介されるウイルス病であり, ウイルスを保毒した虫がイネを吸汁することによって感染する. その病原ウイルスであるイネ縞葉枯病ウイルス (Rice stripe virus, RSV) は虫体内で増殖して永続的に伝搬され, また次世代虫へと継卵伝染することが知られている.

茨城県でのイネ縞葉枯病は, 被害面積が 67,000ha に達した 1970 年を第一のピークとして, 1980 年代前半にかけて県西の麦作地域を中心に大発生し (横須賀 1997), 大きな減収をもたらした経緯がある. その後抵抗性品種の導入や, 畦畔整備や麦作の減少によるヒメトビウカ越冬虫数の減少等によって, 近年における本田での発生は極めて少なくなっている. しかしながら, 群馬県や埼玉県等では被害発生の報告があるほか, 1996 年の本県県西地域における保毒虫率は 2.0% であり (横須賀 未発表), 潜在的な感染源が保持されている. また, 茨城県の水稻

作付面積のうち 8 割以上をコシヒカリが占める一方で, 本病の終息に伴い '月の光' 等縞葉枯病抵抗性品種の作付けは極めて少なくなっていることから, 今後非耕作地の拡大や農家の経営形態の変化等何らかの要因によって防除体系に歪みが生じ, 保毒虫率が上昇した場合は, 本病が再び猛威を振るう可能性がありその経済的被害は甚大なものと予想される. したがって, 良質・良食味の抵抗性品種の導入が急務とされるが, 既存品種の中から本県の栽培環境に適応した有望な品種を見出すことは困難であり, 本県独自で抵抗性品種を育成する必要がある.

抵抗性品種の育成にあたっては抵抗性検定が不可欠であるが, 安定した評価を得るためには人為的接種法によって抵抗性評価を行なう必要がある. 従来的人為的接種法のうち集団網室検定法 (坂ら, 1988) は多検体を扱えるメリットが大きいものの, 専用の設備と保毒虫の大量飼育を必要とする. また, 中国農業試験場 (現, 近畿中国四国農業研究センター) による幼苗検定法 (鷲尾ら, 1968) においては, 安定した検定結果が得られ信頼度が

<sup>1)</sup> 茨城県農業総合センター

高い一方、吸汁接種や接種苗の養成等にかかる労力が大きく、保毒虫の使用量も少なくない。このように、抵抗性検定の実施に際しては制限要因が大きく、国内では一部の水稻育成地が実施するにとどまる。

そこで、本研究では保毒虫集団の迅速な作出法ならびに試験管苗を用いた高精度の接種法について検討し、実験室規模で省力的に実施できる小規模簡易検定法(付表)を確立したので報告する。なお、本研究は県バイオテクノロジー試験研究推進事業「綿葉枯病抵抗性中間母本系統の育成」(1999～2003)の中で実施した。

## II. 材料および方法

ヒメトビウンカ (*Laodelphax striatellus* FALLEN) は赤眼の無毒系統、ならびに RSV 保毒系統を供試した。いずれも当研究所生物防除研究室より分譲いただいた。

吸汁試験用のイネ苗には、特にことわりのない限り綿葉枯病感受性の '日本晴' を用いた。

### 1. ヒメトビウンカの継代飼育

ウンカの大量飼育は鷺尾ら (1668) の方法に準じて行なった。ただし、飼育容器はプラスチック製の角型容器ならびにマヨネーズびんを用いた (Fig.6)。

#### 1) 餌用イネ苗の育成

主として日本晴の種子を用い、台所用漂白剤の 1 / 5 希釈液 (有効塩素 1%) 中に 15 分間浸漬して表面殺菌後、流水で十分洗浄し、30℃ 下 3 日間吸水させて催芽した。この間 1 日 1 回水換えを行った。一方ホーローバット (キャビネ型) またはマヨネーズびん (500ml 容) に水稻用育苗培土を薄く敷いて、用土が十分湿る程度に灌水した播種床を用意し、催芽した種子を均一に播いた。前者については透明な蓋のついた容器に収め、マヨネーズびんとともに白色蛍光灯下に置き、いずれも蓋を緩めた状態で 23℃、4 日間養成したものを餌に用いた (Fig.6)。

#### 2) プラスチック製角型容器によるウンカの飼育

大きさ 242mm × 306mm × 高さ 103mm のプラスチック製角型容器側面 (長手方向) とフタに通気のための開口部を設け、ナイロンメッシュを張った。容器内にホーローバットで育成したイネ苗を入れ、若齢幼虫の場合は 2,000 ~ 5,000 頭、高齢幼虫および成虫の場合は 500 ~

1,500 頭のウンカを放飼し、白色蛍光灯下 23℃ に置いて 1 週間毎に餌換えを行なった。

孵化した幼虫は約 4 週間すると成虫になり、交尾が可能になる。したがって、翌週の餌換え時には前週与えたイネに産卵しているので、これを保存しておくこと更に翌週になって新生孵化幼虫 (次世代虫) が得られる。このようにして、毎週孵化幼虫をとっていくと、1 週間ずつ齢のずれた 0 週齢 ~ 4 週齢虫のシリーズを作成することができる。これらの 5 つの容器と卵の容器を 1 組として継代飼育を行なった。

### 3) マヨネーズびんによる飼育

イネ苗の入ったマヨネーズびんを 1 集団につき 5 本用意し、これらに上述のように 0 週齢 ~ 4 週齢虫をそれぞれ放飼し、1 週間毎に新しい餌に虫を移し替えた。

## 2. 接種用試験管苗の育成および接種後の苗の管理

培養用試験管 (口径 30mm × 高さ 100mm) の底面に脱脂綿を敷き、水稻用育苗培土を約 5mm の厚さに詰めて用土が湿る程度にかん水した。これに表面殺菌後催芽したイネ種子を 1 試験管あたり 3 粒ずつ播種し、白色蛍光灯下 25℃ で数日間育成して接種に用いた。

接種後の苗は、脱脂綿とともに試験管から取り出して細粒の赤玉土を詰めた連結ポット (30mm × 30mm × 高さ 40mm) に移植し、ガラス温室内に置き灌水条件で栽培した (Fig. 7)。この際、移植後 2 週間は白寒紗で遮光を行い、その後追肥と覆土を兼ねてポットあたり 1 g 程度の水稻用育苗培土を株元に施用した。

## 3. 酵素結合抗体法 (ELISA) による RSV 抗原の検出

### 1) イネ幼植物体からの RSV の検出

試験管内の実生苗茎葉部分を採取し、所定量の PBS-Tween (リン酸緩衝生理食塩水, pH7.4; 0.05% Tween20) とともに磨砕した。この粗汁液 100 μl を供試し、抗 RSV ウサギ IgG、ならびに同アルカリフォスファターゼ標識 IgG (いずれも (社) 日本植物防疫協会製) を用いて、直接二重抗体法 (Das-ELISA) によりウイルス抗原の検出を行なった。

### 2) ヒメトビウンカ虫体からの RSV の検出

PBS-Tween を 100 μl ずつ分注したサンプルチューブにウンカ検体を 1 頭ずつ移し、ベレットミキサーを用いて十分に磨砕した。この粗汁液 100 μl を抗原液として上述の ELISA に供試した。

### Ⅲ. 結 果

#### 1. RSV 保毒虫の効率的選抜法の確立

##### 1) RSV 保毒ウンカ個体群の継卵伝染率

RSV はヒメトビウンカ虫体内で増殖し次世代虫に継卵伝搬されるが、世代ごとに 5 ~ 10% の割合でウイルスを持たない個体を生ずる。このため、長期間継代飼育すると保毒虫率が著しく低下し、接種源として十分な接種強度を得られなくなる。したがって、接種試験の実施に先立ち、ウイルスを保持する個体のみを選抜した高保毒虫集団を作成する必要がある。この選抜母集団の大きさを左右する供試個体群のウイルス継卵伝染率を調査した。すなわち、ウイルスを 100% 保有する高保毒集団由来の自殖第 2 世代虫から無作為に 60 頭を抽出し、ELISA 法によって各個体中のウイルス抗原の検出を行なった。その結果、81% の個体が RSV 抗体に陽性反応を示したことから、本個体群における RSV の継卵伝染率は約 90% と推定された。

##### 2) 吸汁接種後のイネ苗におけるウイルスの動向

従来ウイルス保毒虫の判定は、一頭のメス成虫から次世代虫集団を獲得後、これらに吸汁させたイネ苗の発病

をもって行なわれてきた。このため選抜が長期間にわたり、イネ苗や検定個体の維持管理に多大な労力を要していた。そこで、吸汁接種後のイネ苗におけるウイルスの分布状況を調査し、発病を待たずに ELISA 法を用いて感染の有無を検定する方法を確立することで、選抜期間の短縮を図った。

まず、試験管内に 3 粒播きとして 25℃ 下 3 日間培養後のイネ幼苗に、2 週齢の保毒ウンカを苗あたり 4 頭ずつ放飼し 2 日間吸汁させた。これらを白色蛍光灯下 25℃ で培養し、吸汁接種開始後 2, 4, 7, 11 および 14 日目に試験管 3 本よりイネ苗を採取し、下端から 1cm ごとに切り分けたものを 1 試験管分ずつ - 20℃ 下凍結保存した。これらの試料を、生重の 40 倍あるいは 200 倍量の PBS-Tween で磨砕した粗汁液を ELISA に供試し、試料中のウイルス濃度を検定したところ、吸汁接種開始後 4 日目には生重の 40 倍希釈試料において、莖葉基部に近い部分からウイルス抗原が検出された。さらに、7 日目以降は生重の 200 倍に希釈した場合でも、地際部から 5~6cm の範囲にわたってウイルス抗原が認められ、吸汁後速やかにウイルスが上方へと移行し、ウイルス濃度も著しく上昇することが明らかになった。(Fig.1)

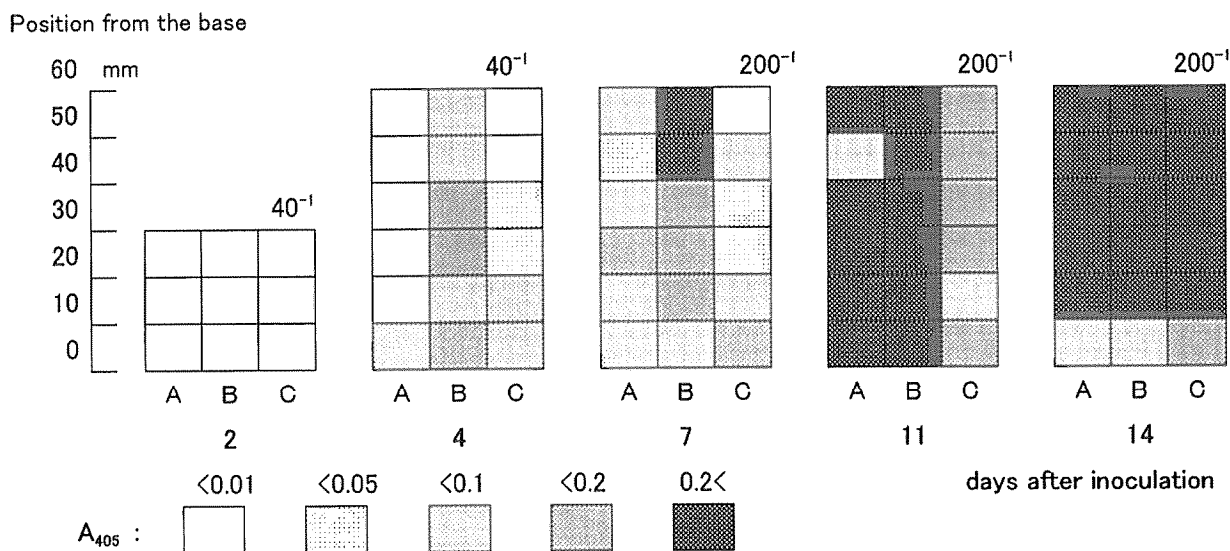


Fig.1 Detection of RSV antigen by ELISA on rice seedlings after the inoculation

Three rice seedlings growing on a test tube were inoculated with infectious insects for 2 days.

The seedlings were cut every 10mm from the base up to 60mm at 2, 4, 7, and 14 days after starting of inoculation. The cuttings from a same portion were ground in 40 to 200 volumes (fr.w) of PBS-Tween, then 100  $\mu$  l aliquot was tested for viral multiplication by ELISA.

Color intensity of each well on the ELISA plate was photometrically measured at 405 nm. Each test has been made of 3 replications; test tubes A, B and C.

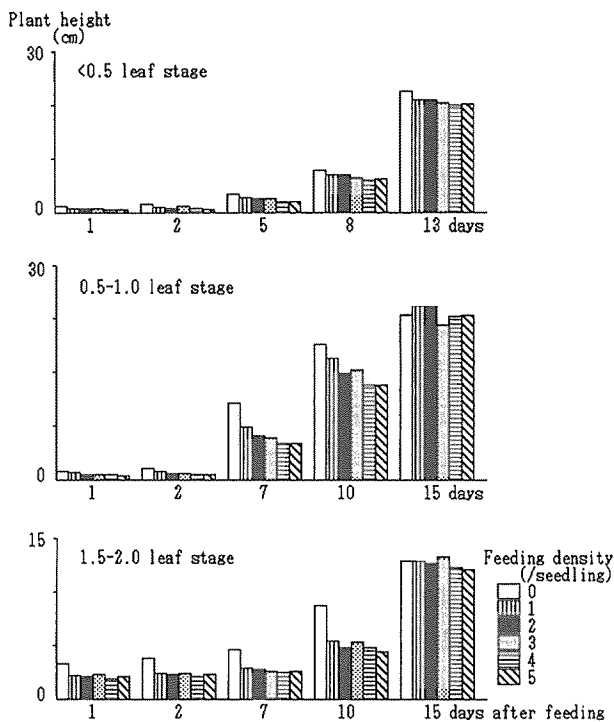


Fig.2 Effects of plant leaf stage and density of released insects on the growth of rice seedlings after the feeding.

Three rice seedlings grown on each test tube for 2, 3 and 5 days were fed with various amounts of insects (0 to 5 nymphs/seedling) for 2 days. The seedlings were transplanted to vinyl pots, and were investigated their height at various days after feeding. The average plant heights were calculated from the results of 5 replications.

ELISA に供試したイネ苗における病徴の発現は 11 日目以降認められるようになったが、11 日目に供試した 3 本の試験管のうち 1 本では発病個体が無く、他の 2 本においても 3 個体中 1 個体が発病するにとどまった。一方、ELISA ではこれらの全てにウイルスの増殖が確認された。

以上のことから、ELISA を用いたイネ苗のウイルス検定により、吸汁接種後早期に感染の有無を明確にすることが可能であり、検定期間の大幅な短縮につながるものと推察された。

## 2. 培養用試験管を用いた小規模接種法の確立

### 1) ウンカの吸汁がイネ幼苗の生育に及ぼす影響

ウイルスを保毒しないヒメトビウンカ個体群を用いて、1 区 5 反復として播種 2 日後 (< 0.5 葉期) ~ 5 日後 (1.5 ~ 2.0 葉期) の幼苗に、苗あたり 0 ~ 5 頭の幼虫 (孵化後 8 ~ 13 日程度) を 2 日間吸汁させ、イネ苗の草

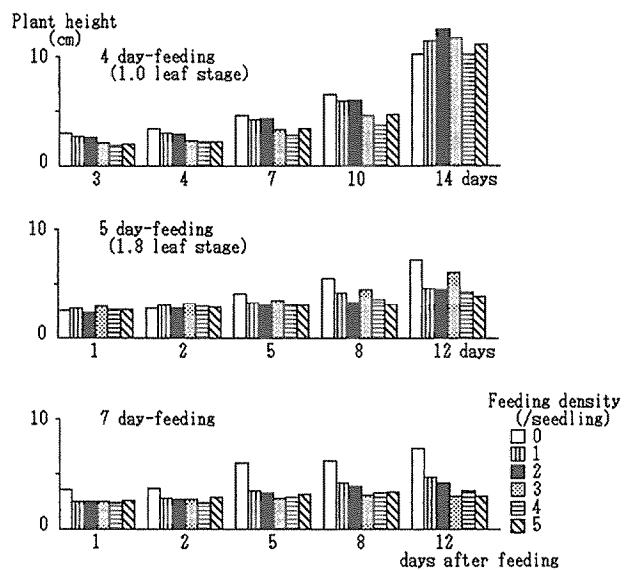


Fig.3. Effects of period and density for feeding on the growth of rice seedlings.

The experimental conditions were similar as Fig.2 except for 4, 5 and 7 days feeding.

丈の推移を比較した。その結果、いずれの葉齢の苗を用いても吸汁密度が高いほど初期生育が抑制される傾向にあったが、吸汁後 2 週間ほどで試験区間の差異はほとんど認められなくなった (Fig.2)。一方、吸汁期間を 4 ~ 7 日として同様の調査を行なったところ、4 日間の吸汁では、吸汁密度に依らず初期の生育抑制は次第に解消されたが、5 日以上吸汁させた場合は日数の経過とともに生育量の差異が著しくなった (Fig.3)。

### 2) 幼苗検定における至適接種条件

接種時期ならびに吸汁密度が発病に及ぼす影響

RSV 高保毒ウンカ個体群を用い 1 区 5 反復として、上述の接種時期ならびに吸汁密度で 2 日間吸汁接種した場合の発病状況を比較したところ、いずれの条件下においても接種後 2 週間程度で病徴の発現が認められ、3 週間以内に発病株のほとんどが枯死に至った。接種 2 週間後の発病率は、播種後 3 日目の苗を用いた場合に比較的高

く、苗あたり3頭の接種密度下で最も高い発病率(55.6%)が得られた。

そこで、播種後3日目の苗を用いて苗あたり0~3頭の密度で1~4日間吸汁させ、吸汁期間の影響を調査した結果、吸汁期間が長いほど発病率が高くなり、4日間の吸汁により苗あたり2~3頭の接種強度で90%以上の個体が発病した(Fig.4)。

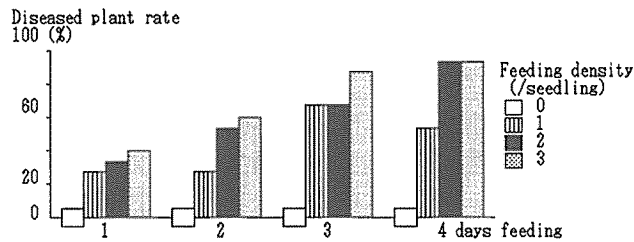


Fig.4 Effects of inoculation period and feeding density on appearance of stripe disease to rice seedlings.

Three rice seedlings were grown on a test tube for 3 days after sowing, and were released various amounts of infectious insects (0 to 3 nymphs/seedling) for 1-4 days. Each experiment has been made of 5 replications. Diseased plant rate was investigated 3 weeks after the inoculation.

#### 接種虫齢および吸汁密度が発病に及ぼす影響

RSV 高保毒ウンカ個体群由来のF<sub>1</sub>集団から、交尾後のメス成虫を回収し3日毎に順次産卵させた。これらから、孵化後2~4日の幼虫を最若齢とした約1齢ずつ齢の異なる5段階の次世代虫集団(I~V)を得た。この各集団を用い、1区5反復として苗あたり0~4頭の密度で4日間吸汁接種し、発病状況を比較した。

その結果、集団IIIおよびIV(孵化後8~13日:2週齢)を用いた場合に、低い接種密度(苗あたり2頭)でも約90%の個体が発病したほか、接種強度に依らず比較的安定した発病が認められたのに対して、集団I、II(孵化後2~7日:1週齢)では接種むらが大きくなり精度が低下した。また、集団V(孵化後14~16日:3週齢)においては高い接種密度下で発病率が向上する傾向が見られた。(Fig.5)

### 3. 小規模簡易検定法による抵抗性評価、ならびに検定結果の信頼性

#### 1) 発病株率による抵抗性評価

これまでの結果から、播種後3日目の実生苗に2週齢程

度のウンカを株あたり2~3頭の密度で4日間吸汁接種することで、90%以上の発病率が期待され、イネ縞葉枯病抵抗性検定が可能であると思われた。そこで、本県で育成中の水稲系統、ならびに抵抗性(R)および感受性(S)の基準品種として、それぞれ'月の光'と'日本晴'を供試し、1系統に付き3反復(9個体)として前述の条件下で吸汁接種を行い(Fig.7)、接種3週間後の発病状況を調査した。これによって、系統ごとに発病株率(発病個体数×100/調査個体数:%)を算出し、'日本晴'の発病株率を100とした場合の相対値が0~29を強い抵抗性(R)、30~49を中程度の抵抗性または分離(M)、50~100を感受性(S)の3段階で評価を行なった。一方、同様の系統を中国農業試験場(現、近畿中国四国農業研究センター)による網室集団検定、あるいは系統別幼苗検定に供試し、本法による結果と比較検討した。その結果、供試した6交配組み合わせのうち2組み合わせについては、本検定法と網室集団検定との間で一部の系統に評価結果の相違が見られたが、他の組み合わせについては、ほとんど一致した評価が得られた(Table 1)。

#### 2) 検定結果の信頼性

小規模簡易検定法によって中程度の抵抗性および抵抗性を示した系統(F<sub>3</sub>世代)の一部について、次世代(F<sub>6</sub>)40系統を供試し小規模簡易検定法(Table 2, A)と網室集団検定法(中国農試による:Table 2, B)により再度抵抗性評価を行なった。Table 2に示したとおり、供試系統のF<sub>6</sub>世代における抵抗性評価は本法と網室集団検定法の間で差異が見られ、本法により中程度以上の抵抗性(MおよびR)を示した40系統のうち24系統は網室集

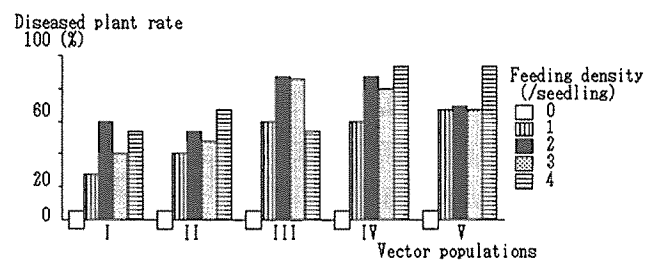


Fig.5 Effects of vector instar and feeding density on appearance of stripe disease to rice seedlings.

Five vector populations (I to V) of different instar were prepared as follows; I:nymphs of 1st instar, II :1<sup>st</sup> to 2<sup>nd</sup>, III :2<sup>nd</sup> to 3<sup>rd</sup>, IV :3<sup>rd</sup> to 4<sup>th</sup> and V :4<sup>th</sup> to 5<sup>th</sup> instar. Three-day old rice seedlings grown on 5 test tubes were inoculated with each population for 4 days. Diseased plant rate were investigated 3 weeks after the inoculation.



Table1 Comparison between the results of compact assay (A) and of mass screening (B), or Seedling test (C) for resistance to stripe disease.

Strains tested			Degree of resistance <sup>1)</sup>		Variety or strains tested			Degree of resistance <sup>1)</sup>	
Cross (Generation)	Number of strains		(A)	(B)	Cross (Generation)	Number of strains	(A)	(C)	
I-kei 13 / Kanto 169 (F <sub>7</sub> )	5		S	S	Gi-kei 89 / Tsukinohikari (F <sub>8</sub> )	21	R	R	
			S	S			R	R	
			S	S			R	R	
			S	S			R	R	
			S	S			R	R	
Chubu 88 / Kanto 169 (F <sub>7</sub> )	5		S	M	R	R			
			S	M	R	R			
			S	S	R	R			
			S	S	R	R			
			S	M	R	R			
Aichi 92 / Hokuriku 157 (F <sub>7</sub> )	5		R	R	R	R			
			R	R	R	R			
			R	R	R	R			
			R	M	R	R			
			M	S	R	R			
Kanto 163 / Koshi-hikari (F <sub>8</sub> )	5		S	S	R	R			
			R	S	R	R			
			S	S	R	R			
			R	S	R	R			
			R	S	R	R			
Akitakomachi / Ishioka Mochi (F <sub>12</sub> )	9		S	M	Nipponbare Tsukinohikari		R	R	
			S	S			S	S	
			S	S			R	R	
			S	R			S	S	
			S	S			S	S	
			S	S			S	S	
			S	S			S	S	
			S	S			S	S	
			M	M					

<sup>1)</sup> Mass screening (Saka et al. 1988) and Seedling test (Washio et al. 1968) were performed at Chugoku Agricultural Experimental station. The degree of resistance was symbolized as R (Resistant), M (Moderately resistant) or S (Susceptible) according to the ratio of diseased plant rate for each strain to that of susceptible check variety Nipponbare; R: 0-39, M: 40-59, S: 59<

団検定法では感受性 (S) と評価されており、強い抵抗性 (R) を示す系統数も少なかった。

また、次世代 (F<sub>6</sub>) 系統の評価を比較すると、本法で R と評価した F<sub>5</sub> 系統由来の 17 系統は、本法による再評価ではほとんどが M ~ R と判定された。さらに、これらの R 系統のうち 8 系統を縞葉枯病常発地帯における圃場検定 (岐阜県農業技術研究所による: Table 2, C) に供試した結果、すべてが R と判定された。一方、同 17 系統の網室集団検定法による評価では、S 系統が多数認められ、本法による判定と必ずしも一致しなかった。また、網室集団検定法で R とされた F<sub>5</sub> 系統由来の 11 系統についても、同法によ

る評価では S 系統数が M ~ R 系統数を上回っており、同一の検定方法を用いた場合にも F<sub>6</sub> 系統の評価が感受性側にシフトする傾向がみられた。

これらの結果から、小規模簡易検定法は網室集団検定法と比較して接種強度が低くなる傾向にあるものの、R 系統の抵抗性程度は、イネ縞葉枯病常発圃場による検定結果から十分実用に耐え得るものと考えられた。また、本法による抵抗性評価は連続する二世帯 (F<sub>5</sub>, F<sub>6</sub>) の系統間で大きく変動することはなかった。

#### IV. 考 察

本研究では、イネ縞葉枯病抵抗性検定の小規模簡素化を図り、水稻の品種育成のなかで系統選抜に利用可能なシステムを構築することを主眼とした。そのためには、

Table2 Comparison between the results of compact assay (A) and of Mass screening (B), or Field test (C) for resistance to stripe disease.

Strains tested			Number of F <sub>6</sub> strains estimated at each degree of resistance <sup>1)</sup>								
Estimation of F <sub>5</sub> strains			Compact assay (A)			Mass screening (B)			Field test (C)		
Method	Degree of resistance	Number of strains	R	M	S	R	M	S	R	M	S
(A)	R	17	9	7	1	1	9	7	8	0	0
	M	8	3	2	3	4	1	3	—	—	—
	R, M	11	3	7	1	2	3	6	—	—	—
	R, S	4	2	2	0	—	—	—	0	4	0
(B)	R	11	2	7	2	2	3	6	4	0	0
	M	2	1	1	0	0	2	0	—	—	—
	S	24	14	9	1	3	7	10	4	4	0
	—	3	0	1	2	2	1	0	—	—	—
	Total	40	17	18	5	7	13	16	8	4	0

<sup>1)</sup> Mass screening (Saka et al. 1988) and Field test (Yamaguchi et al. 1965) were performed at Chugoku Agricultural Experimental Station and Gifu Prefectural Research Institute for Agricultural Science, respectively. The degree of resistance was symbolized as R (Resistant), M (Moderately resistant) or S (Susceptible) according to the ratio of diseased plant rate for each strain to that of susceptible check variety Nipponbare; R: 0-39, M: 40-59, S: 59<

まず本抵抗性検定の最も大きな制限要因と考えられた媒介昆虫（ヒメトビウカ）の維持管理、とりわけ病原ウイルス（RSV）を虫体内に保有する保毒虫集団の選抜を省力化する必要が挙げられた。そこで、保毒虫による吸汁接種後のイネ苗を経時的に採取してELISAに供試し、ウイルスの動向を調査した結果、吸汁接種を開始して4日後には茎葉基部にウイルスの増殖が認められ、7日目以降はウイルスが茎葉の上方へ移行するとともにウイルス濃度も著しく上昇した。これに対して、病徴発現は吸汁後11日目になって一部のイネに観察されるにとどまった。このことから、イネ苗ではウイルスの接種から病徴発現までに少なくとも10日前後の期間を要することが明らかとなり、ウンカの吸汁程度によっては、潜伏期間がさらに長期化することや発病に至らない場合も予想された。このような不安定要因を考慮し、従来は一頭のメス成虫から子虫集団を獲得し、これらの子虫が吸汁したイネの発病を待って保毒系統を選抜していたのに対して、メス成虫に吸汁させたイネを5～7日後にELISAに供試し、ウイルスを検出することで効率的に保毒虫を選抜することが可能となった（Fig.6）。これによって、1ヶ月あまりを要していた選抜期間を10日以内に短縮し得ることから、イネ苗やウンカ検体の維持等大幅な省力化につながるものと推察された。

次に、幼苗検定法を小規模化することでスペース効率を向上させる一方、吸汁接種に要する保毒虫数を明確化してウンカの増殖や検定にかかる労力を減じ得ないかと考え、培養用試験管を用いた吸汁接種方法について検討した。石井（1972）によると、ウンカの吸汁量は飼育容器の大きさによって異なり、狭い容器で吸汁させた場合に吸汁量が多くなる傾向があるとされ、培養用試験管内での吸汁は、従来の網室や円筒（直径90mm、高さ200mm）を用いた場合よりも、吸汁効率がよい可能性が考えられた。また、無毒虫を用いて苗あたり0～5頭の密度で生育ステージの異なる苗を吸汁させ、草丈の推移を比較したところ、いずれの苗を吸汁させた場合も吸汁密度が高くなるほど初期の生育が抑制されたが、吸汁期間が4日以内であれば2週間程度で生育量に差異は見られなくなった。一方、5日以上吸汁させた場合は、吸汁密度の上昇に伴う生育抑制が更に著しくなったことから、吸汁期間は4日以内とする必要が示された。そこで、R

S V高保毒虫集団によって2日間吸汁させ、接種時期および吸汁密度による発病状況を比較した結果、播種後3日目に苗あたり3頭の密度で吸汁接種した場合に最も発病率が高かった。さらに、同様の接種条件下で吸汁期間を4日まで延長すると、苗あたり2～3頭の密度で90%以上の発病率が得られた。次に、保毒虫の成育ステージによる発病状況を比較したところ、孵化後8～13日（2週齢）のウンカを用いた場合に発病が比較的安定しており、苗あたり2頭の接種強度で90%の苗に発病が認められた。これらの結果から、播種後3日目の苗に生後8～13日のウンカを苗あたり2～3頭放飼して4日間吸汁接種することで高い発病率が期待され、イネ縞葉枯病抵抗性の検定が可能であろうと推察された。また、本実験において発病個体の殆どは、吸汁後3週間以内に枯死に至ったことから、接種3週間後に発病株率を調査することで抵抗性の程度を比較し得るものと思われた。

以上のように、培養用試験管を用いた小規模簡易検定法が十分に効力を発揮するための至適条件が明らかとなったので、本法による抵抗性評価の信頼性について検討するため、基準品種と本県育成系統を供して本法と従来法による検定結果を相互に比較した。このうち、網室集団検定法との間では一部の供試系統で評価の相異がみられたものの、殆ど一致した評価結果が得られ、系統別幼苗検定法による評価は全ての供試系統で本法のそれと一致していた。したがって、筆者らによる小規模簡易検定法の評価には妥当性が認められ、試験管苗3反復（9個体）を供試することで検定が可能であることが示された。

一方、本法と網室集団検定法との間にみられた結果の相異点にさらに注目すると、後者による評価では、本法と比較して判定が感受性側にシフトする傾向がみられ、接種強度が本法の場合よりも強かったことが推察された。また、網室集団検定法によって抵抗性を示した系統の次世代系統を同法で検定した結果においても、約半数が感受性として評価されたことから、同一の検定条件下でも接種強度が変動し、評価に影響を及ぼしたことが予想された。一方、本法においては抵抗性と評価した系統の次世代系統の大部分が中程度以上の抵抗性と評価され、試験による評価結果の変動は比較的小さく、さらにこれらの抵抗性系統の一部を本病常発地帯における圃場検定に供試し、全てが強い抵抗性と判定された。したがって、

本法は網室集団検定法と比較して接種強度が低くなる傾向にあったものの、その抵抗性評価は充分実用に耐える水準にあることが示唆された。

以上の結果から、培養用試験管を用いた小規模簡易検定法によって、省力的に育成系統の抵抗性評価が可能となり、本県の水稲品種育成に寄与するところは大きいも

のと期待される。筆者らは、本法により1ヶ月あたり250検体を延べ10日程度で無理なく検定できるようになった他、接種に要する虫量も従来の幼苗検定法（鷲尾ら、1968）の6～7%程度に削減され、プラスチック容器1箱の飼育で50検体以上に対応可能となった。

今後は、保毒虫の休眠等生態的特性を利用し、保毒率の



Fig.6 The maintenance of infectious small brown planthoppers in laboratory.

Top:The series of Plastic boxes and bottles rearing the insects of different stages.  
 Middle:Feeding material prepared in a bottle.  
 Bottom:One of female nymphs confined to test tube for the assay of their infectivity.  
 Right:Seedlings fed by each female.

They were cut and assayed by ELISA for virus multiplication



Fig.7 Compact assay system for stripe disease resistance of rice plant.  
 Upper left:Inoculation at the optimum feeding density(2 insects/seedling).  
 Upper right:Test tube containing the seedlings which have been just finished inoculation.  
 Each test consists of 3 test tubes.  
 Lower:Inoculated test strains, 0 or 7 days after transplanting to plastic pots.

低下を最小限に抑える効率的なウンカの維持・管理方法を確立することで、さらに省力化が望まれるところである。

### 謝 辞

本研究の遂行にあたり、遂次御指導を賜った(独)中央農業研究センター 根本博博士、(独)近畿中国四国農業研究センター前田英郎氏、(独)農業生物資源研究所

岡成美博士、育成系統の圃場検定にご尽力いただいた岐阜県農業技術研究所 荒井輝博博士、ならびに本稿を御高閲いただいた茨城県生物工学研究所長 松井武彦氏に深く御礼申し上げるとともに、終始御協力いただいた本研究普通作育種研究室諸氏、および実験補助の労を多とした臨時職員諸氏に心から感謝の意を表する。

## 引用文献

原敬之助・松井武彦・上田康郎・高井昭（1978）茨城県におけるイネ縞葉枯病の発生経過と発生予察に関する知見，茨農試研報 19：39-47.

石井正義（1972）ヒメトビウンカによるイネ縞葉枯病ウイルスの獲得および媒介に関する研究（第1報），吸汁時の諸条件とウイルス獲得，中国農業研究 44：12-14.

坂紀邦・朱宮昭男・藤井潔・伊藤俊雄・大谷和彦（1988）st.No.1 由来品種，雑種集団のイネ縞葉枯病抵抗性検定

法と遺伝様式，育雑 38(2)：408-409.

鴛尾養・江塚昭典・鳥山国土・桜井義郎（1968）

イネ縞葉枯病抵抗性の簡易検定法並びに抵抗性品種の育成に関する研究，中国農試報 16：29-175

山口富夫・安尾俊・石井正義（1965）イネ縞葉枯病に関する研究，第2報，品種耐病性に関する研究，農事試験報 8：109-160.

横須賀知之（1997）茨城県における普通作物病害虫の発生動向と防除対策，平成9年度水稻・畑作物病害虫防除研究会シンポジウム講要：29-37.

## 付表. 小規模簡易検定法によるイネ縞葉枯病抵抗性の評価手順

- ◎ 検定試料は温湯処理（60℃，15分）による種子消毒後，風乾して保存したものを用いる.
- ◎ 接種源は保毒虫選抜によって得られたヒメトビウンカのウイルス高保毒系統の次世代虫（F<sub>1</sub>）を増殖し，順次採卵してF<sub>2</sub>集団（保毒率80%程度）を孵化させて用いる.

### 1. 種子の催芽

供試系統ならびに基準品種の種子（籾）を水道水中に浸漬し，30℃下2～3日間催芽する.

### 2. 接種用試験管の準備

1系統あたり3本の培養用試験管（径30mm，高さ100mm）を用意しラベリングしたのち，底面に脱脂綿を敷いて厚さ5mm程度に水稻用育苗培土を充填する.

### 3. 播種

準備しておいた試験管に用土が湿る程度に灌水し，催芽した種子を3粒ずつ播く.

播種後乾燥を防ぐため，試験管の上部をまとめて透明ラップで覆い，さらに新聞紙を1枚載せて遮光し培養棚に置いて25℃下3日間育苗する.

### 4. 吸汁接種

育苗後の試験管苗に灌水しておく.

孵化後8～13日（2週齢）の若齢幼虫を，トラップ付きの吸虫管を用いて吸引し，6頭ずつ各試験管に放って直ちにナイロンメッシュで試験管の口を塞ぎ，4日間吸汁させる.

### 5. 接種苗の移植

試験管内のウンカを吸引除去した後，無肥料の用土を詰めた連結ポット（30×30×40mm）に接種後の苗を脱脂綿ごと移植し，温室内に置いて灌水条件で栽培する.

この際，移植後2週間は白寒冷紗下に置き，その後追肥を1回施す.

### 6. 抵抗性の評価

移植3週間後に各系統の発病株率を調査し，感受性の基準品種（‘日本晴’）のそれを100とした場合の相対値が0～29を強い抵抗性（R），30～49を中程度の抵抗性または分離（M），50～100を感受性（S）とする.

## 'Compact Assay System' for Stripe Resistance of Rice Plants.

Satomi H. Nishimiya, Toshiaki Kirihara, Yukihiko Iida,  
Kunio Yokota, Minako Tabata, Ritsuo Suga<sup>1)</sup> and Hideo Hirasawa  
*Plant Biotechnology institute, Ibaraki Agricultural Center,  
Ago, Iwama, Nishi-ibaraki, Ibaraki, 319-0292, Japan*

*<sup>1)</sup>Ibaraki Agricultural Center, Ago, Iwama, Nishi-ibaraki, Ibaraki, 319-0292, Japan*

### Summary

We have established the convenient method of assay for rice stripe virus (RSV) resistance, with modifications of smaller experimental scale and less of insect vectors. Infective insects were to be selected from the population of Small brown planthoppers (*Laodelphax striatellus* FALLEN) by Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) of symptom-less rice seedlings on which the individuals had been fed, within a week after feeding. The compact inoculation has been achieved using grass test tubes (30mm in diam., 100mm in height) containing three rice seedlings at 3 days after sowing. Under the conditions, 4 day-feeding at the density of 2 to 3 vectors (/ plant) from 2 week-old insect population led to the most efficient infection with virus, followed by the result of high diseased plant rate (>90%). Furthermore, we have assessed the accuracy of this compact assay system by comparison between the results of this method and the other seedling test or field test. Then, it has been confirmed that this system would be used practically for rice breeding programs.

Key words: Rice stripe virus, resistance, convenient assay, Small brown planthopper

研究資料

## 食用ハスの交配育種法

— 遺伝資源の収集から品種登録まで —

霞 正一

キーワード：食用ハス，レンコン，交配育種，遺伝資源，種苗増殖，品種，品種登録

### I. はじめに

茨城県における組織的な食用ハスの育種は，1981年から茨城県園芸試験場の小松鋭太郎により開始された。その後，著者が1988年から1998年までの11年間にわたり，茨城県園芸試験場および茨城県農業総合センター生物工学研究所（以下，当研究所とする）において担当した。この間，中生品種‘霞ヶ浦’を現地へ普及させるための種苗増殖，早生品種‘早霞’の育成とその種苗増殖（霞ら，2002），食用ハスの交配方法の開発（霞・佐久間，1998；霞ら，2000a），食用ハスの遺伝資源の探索・収集，評価，保存（霞ら，2000b），およびこの2品種と収集した遺伝資源による交配育種に携わった。この2品種は前者が栄養系選抜，後者が自然交雑実生からの選抜により育成された。さらに優良な品種を育成するには交配育種法が有効と考えられる（小松，私信）。しかし，食用ハスの交配育種に関する報告は南川（1963）のみで，しかもこの報告では，現在茨城県で栽培している品種が全く用いられておらず，不明な点が多い。

そこで，この11年間で開発，または経験的に修得した食用ハスの遺伝資源の探索・収集，評価，保存方法，交配方法，実生の養成方法，優良系統の選抜方法，品種登録の方法および種苗の増殖方法を「食用ハスの交配育種法」としてまとめた。本稿は食用ハスの交配育種全般を当研究所において行うことを前提に記述したが，他の地域においても基本的にはほぼ同様に実施できると考えられる。

なお，本稿においては前報（霞ら，2002）と同様に「ハス」の地下茎のうち肥大した可食部位である肥大茎を「レンコン」とし，このレンコンを食用に供する目的で栽培するハスを「食用ハス」，花器の鑑賞を目的とするハスを「花ハス」とする。

本研究は，県内に適用する園芸作物の優良品種系統の選抜育成「レンコンの新品種育成」（1988～1993）および新品種育成普及促進事業「レンコンの新品種育成」（1994～1998）により実施したことを付記する。

### II. 遺伝資源の探索・収集，評価，保存

#### 1. 探索・収集

ハスは，東洋原産のハス *Nelumbo nucifera* Gaertn. と北アメリカ原産のキバナハス *N. pentapetala* Fernald (= *N. lutea* Pers.) との2種に大きく分類される。日本のすべての食用ハスおよび大部分の花ハスは前者に属する（南川，1963；渡辺，1990）。*N. nucifera* は中国を始め，日本，東南アジア，インド，北アフリカ，ニューギニア，オーストラリアなどに広く分布している。日本に在来するハスは深根性の通称‘柳ハス’などで現在の主要な栽培品種は中国からの直接導入品種またはその改良品種とされている（南川，1963；岡沢，1975）。また，現在茨城県内に食用ハスとして栽培されている品種だけでも30種類程度あるといわれており（茨城県れんこん振興対策協議会，1997），その特性の違いもかなりあると考えられる。交配母本となる遺伝資源は，県内を中心とした国内に

栽培、または保存されている品種・系統の中から優良なものを探索・収集した方が入手が容易で効率的と考えられる。一方、ハスの原産地の一つとされる中国には数多くの品種が存在し（中国科学院武漢植物研究所、1987）、遺伝的変異も大きいと推測される。このため、佐賀県では中国の蘇州、武漢から食用ハスの遺伝資源を導入し育種に利用している（尾崎ら、1992）。本県においても国内での遺伝資源の探索・収集が完了後、中国などの海外にも目を向けた方が画期的な優良品種を育成するための母本を得る上で有効と考えられる。

遺伝資源を導入する際の植物体の形態には種レンコン（種苗用のレンコンのことで、県内では主に種ハスと称する）、種子の2つがある。種レンコンは栄養繁殖のため遺伝的特性が安定し遺伝資源としては効果的な導入方法である。この方法は国内の導入法として優れているものの、海外からは植物検疫上の問題でかなり困難であると考えられる。一方、ハスは遺伝的にはヘテロ性が高いため、種子は種レンコンによる導入に対して親品種から遺伝的に変異している可能性が高い。このため目的とする特性が欠落するおそれがあるものの、小さくて、運び安く、植物検疫上の問題もないので利用しやすい。これらのことを考慮して目的、導入元にあった方法を選ぶべきである。

## 2. 評価

評価には文献調査も含めて、探索地での特性の評価と導入後の試験栽培による評価の二つがある。一般には、前者で特性の概要を理解し、導入してから後者により特性を詳細に解明する。食用ハスは気象、土壌および栽培条件により特性が大きく変化することがあるので、種レンコンで導入する場合には、探索地での特性を確認する意味で導入後の試験栽培を行うべきである。一方種子で導入する場合には、種子の寿命がきわめて長い（中村、1985；長島、2001）、次項で述べるように最適な条件で種子を保存し、必要なときに発芽させた方が、特性を評価するためには効率的と考えられる。

評価項目としては、探索地での評価と導入後の試験栽培による評価のいずれにおいても、収穫期（早生、中生、晩生）、収量、柄立性、雄性または雌性不稔性、葉の大きさ、花数、花色、レンコンの節数、節間長、太さ、重量、

表皮の色、肉質の色、肉質の硬さ、分岐肥大茎の肥大程度、レンコンの深さ、食味、耐病性（腐敗病など）、耐虫性（アブラムシ、イネネクイハムシなど）、耐風害性、レンコン形成における植物体の温度、光に対する反応である感温性、感光性などがある。特に試験栽培で評価する場合には、収穫期を次のように分けた方が特性がわかりやすい。すなわち、早生（6月上旬～10月上旬）、中生（10月中旬～12月下旬）、晩生（11月下旬～翌年5月下旬）とする。特に早生についてはさらにハウス栽培（6月上旬～7月下旬）、トンネル栽培（8月上旬～下旬）、露地栽培（9月上旬～10月上旬）に分ける（太田、私信）。

なお、実際の栽培試験では1品種当たりの規模を25～100m<sup>2</sup>とし、2～3年間行うことが望ましい。

## 3. 保存

食用ハスの保存方法は交配母本としての利用も兼ねた場合には500l程度の土量が必要である（霞ら、2000b）。著者はタチバナ株式会社製のFRP製500lコンテナを容器として用い、これまでのところ10年位は保存可能であった（図1-A）。この場合、コンテナの損傷などを考慮して1品種・系統当たりコンテナを2個用いる。用土には食用ハス田の土（強グライ土壌または泥炭土壌）が理想であるが、普通の畑土（黒色火山灰土壌）でも十分に生育する。ただし、保存個体を種レンコンとして利用する場合、畑土ではかなり掘り取りにくいなどの欠点があるので利用を避けたほうがよい。なお、施肥、病害虫防除、除草、水管理などの栽培管理は、茨城県野菜栽培基準レンコン編（茨城県農業総合センター、1998）に準じて行う。

一方、この保存方法において異品種が混入するのは、種子からの自然発芽個体しか考えられないので、蕾、花器、種子を見つけしだい除去すれば、容易にしかも確実に品種保存ができる。

品種を導入した当年は、定植直後の種レンコンへカモの食害が予想されるのでネットを掛ける。種レンコンの導入時期は3月下旬～5月上旬がよいが、種レンコンを乾燥させなければ5月中旬～6月上旬でも可能である。一方、3月中旬以前の例として前年の9月に収穫した種レンコンを500lコンテナに定植した場合、県内の早生品種‘極早生’はすぐに葉を出しそのまま翌年の4月まで



越冬し、その後ほぼ通常の生育を示した。しかし、同様に行った県内の早生品種‘湖北の光’は定植後葉を出さないまま翌年の4月には腐っていた(霞, 未発表)。このことから、品種間差異はあるものの通常栽培の定植期以前のかかなり早い時期からのコンテナでの保存は一部品種・系統で可能と思われる。なお、今後遺伝資源の数および量が増加した場合、培養物などのさらに簡易で確実な保存方法を開発する必要がある。

### Ⅲ. 交配母本の選定

#### 1. 育種目標と交配母本の選定

食用ハスの育種目標として改良の対象となる主要な特性として収穫期、形状、外観、食味、収量、レンコンの深さ、耐病虫性、耐風害性の8項目が上げられる。

①収穫期：収穫期はⅡ.2)の「遺伝資源の評価」の項目で示したように早生(6月上旬～10月上旬)、中生(10月中旬～12月下旬)、晩生(11月上旬～5月下旬)となるが、育種目標としてどの時期をねらうかを定める。さらに早生についてはハウス栽培(6月上旬～7月下旬)、トンネル栽培(8月上旬～下旬)、露地栽培(9月上旬～10月上旬)に分けられる。

収穫期の異なる品種・系統同士を交配した場合には後代の収穫期がかなり分離すると思われる。このため、特定の収穫期の品種だけをねらうのは困難と考えられる。

なお、ハウス、トンネル栽培では感温性、感光性も重要となるが、この点については未解明の部分が多い。

②形状：商品価値を高めるにはレンコンの形状として節間長、節間の太さ、節数が消費者ニーズに合っていることが必要である。さらに晩生品種においてはいわゆる年明け以降に3、4節がもろくなり商品価値が著しく低下するいわゆる「すね上がり」現象がないことである。

③外観：関西ではレンコンを洗浄せずに泥の付いたまま出荷する、いわゆる「泥レンコン」であるのに対し、関東では洗浄して出荷する、いわゆる「洗いレンコン」なのでレンコンの皮色が白色で美麗であることが必要となる。また、肉質の色も白色が好まれる。一般に早生品種は黄褐色に近いのに対し、中・晩生品種は白色である。さらに、「柄刈り」による「渋抜き」を行わないハウス栽培では露地栽培と異なり渋の抜け安さが外観を決める重

要な要素となる。

④食味：食味は最も重要な形質の一つであるが、従来から肉質の硬さと関係が深いとされてきた。一般に早生品種は硬くて食味がよくないのに対し、中晩生品種は軟らかく食味がよいとされている。ただし、これもレンコンの節位により異なり、一般には基部に近いほど硬い傾向にある。

⑤収量：収量は当然多いことが望まれる。多収性の要因としては地下茎の分岐が多いこと、レンコンの肥大がよいことの二つの要因が考えられる。また、収穫前に収量性を判断するには葉数を意味する「柄立ち」の多少と葉の大きさが重要であるとされている。

⑥レンコンの深さ：掘り取り作業はレンコンが浅いほど効率的である。ただし、極端に浅いとカモの食害を受けやすくなることおよびカゴ車輪による柄刈り作業においてレンコンに傷がつく恐れがあるため、地面から30cm程度の深さが最適と思われる。

⑦耐病虫性：最も重要な病害である腐敗病に対する耐性は品種間差異があり、一般に‘中国’系品種は強く、‘天王’系品種は弱い傾向にある(南川, 1963)。アブラムシ、イネネクイハムシ、黒皮症(仮称)などの病害虫が知られているが、これらの耐性についての品種間差異は不明である。

⑧耐風害性：一般に風害は葉が大きく、葉柄が長く、地下根茎が浅いと受けやすいといわれ、品種間差異があると思われる。

これらの8項目を中心に育種目標を設定し、交配母本および交配組合せを選定する。また、交配に際し2つの交配母本のうち、どちらを種子親、または花粉親にすべきかが問題になる。食用ハスと同様にヘテロ性が高い果樹では正逆交配による実生特性の差異は、ほとんどないとして交配育種が進められていることから(志村, 私信)、食用ハスの交配育種においても正逆交配による実生特性の差異は小さいと考えられる。なお、食用ハスを含むハスには雄性不稔の品種が認められるので、この場合には種子親のみの利用になる(尾崎, 私信; 霞, 未発表)。

#### 2. 遺伝様式、実生の特性

南川(1963)によれば、観察程度の調査ながらF<sub>1</sub>世代における主要特性は、花色では桃色が白色に対して優性、

花数では多が少に対して優性、葉の大きさでは中間型もしくは雑種強勢のためか大型化し、レンコンの深さでは深いが浅いに対して優性、腐敗病耐性では強いが弱いに対して優性、レンコンの肥大性と形状では中間型、レンコンの表皮の色では個体間差異が大きかったものの中間型、皮点の数では多が少に対して優性、肉質では中間型であったとしている。これらの諸特性の遺伝様式は育種を行う上での基礎なので、今後詳細に解明する必要がある。

また、南川（1963）は実生における特性の変異の程度がかなり少ないとしている。これに対して著者らが行った‘霞ヶ浦’×‘早霞’の実生15系統の調査では、節間長、肉質の硬さ、表皮の色、レンコンの深さなど多くの特性において大きな変異が認められた（表1）。南川と著者らを用いた交配母本が異なるため、二つの結果を直接比較することはできないが、著者らを用いた‘霞ヶ浦’、‘早霞’はそれぞれ中生品種、早生品種の違いがあり、さらに節間長、肉質の硬さ、表皮の色、レンコンの深さなどの特性に大きな差異があるため、交配実生系統に変異が生じた可能性が考えられる（表1）。

#### Ⅳ. 交配方法

##### 1. 交配

露地栽培で交配する場合、梅雨明け後、最高気温が30℃以上になる7月20日頃から始め、遅くとも8月25日には終了した方が結実率が高く、種子の腐敗が少ない。種子親（雌ずい）用の花は早朝（6～8時）及び予備として夕方3時頃に、開花前日の花を除雄し小林製袋株式会社製の袋A-19で袋かけ（同時に袋の角をホチキスでとめる）し、支柱に結びつける。この時、袋に袋掛けした日を記入する。花粉親（雄ずい）用の花も同様に早朝（6～8時）および予備として夕方3時頃に、開花前日の花を前述と同様に袋かけ（同時に角をホチキスでとめる）し、支柱に結びつける。この時、袋に袋掛けした日を記入する。翌日の早朝（6～8時）、種子親用としては開花当日の花を、花粉親としては開花後1日目の花を用いて、種子親の柱頭に花粉親の花の花柄を持って花粉を直接振りかける。交配日、交配組合せを記入した袋を受粉した花に掛け、支柱に結び付ける。1個の花粉親用の花で4個の種子親用の花に受粉できる。受粉後5～7日目に袋を

表1 ‘霞ヶ浦’×‘早霞’の実生系統の特性

供試系統	第1節間長	第2節間長	表皮の色 <sup>1)</sup>	硬さ <sup>2)</sup>	レンコンの深さ <sup>3)</sup>	柄立数 <sup>4)</sup>	収量 <sup>5)</sup>
B	13.3cm	18.0cm	やや白色	中	中	やや少	やや多
C	15.0	18.7	黄白色	硬	中	多	多
D	11.0	18.3	やや白色	中	やや深	少	少
E	11.7	15.0	白色	やや軟	中	中	中
F	13.0	17.3	やや白色	中	中	やや少	やや少
G	8.7	15.0	やや白色	中	中	やや少	やや少
H	12.3	15.5	やや白色	やや軟	中	中	やや少
I	10.3	13.7	黄白色	やや硬	深	やや少	中
J	13.3	14.3	黄白色	やや硬	やや深	やや多	やや多
K	5.3	11.3	黄白色	中	やや深	やや少	やや少
L	13.3	20.3	やや黄色	やや硬	深	中	中
M	16.3	19.3	やや白色	やや軟	中	中	中
N	12.0	14.0	やや白色	やや硬	やや深	やや多	中
O	9.7	14.3	黄白色	やや硬	中	やや少	やや少
P	8.7	10.7	やや白色	中	中	少	中
霞ヶ浦	12.3	18.3	白色	軟	やや深	少	少
早霞	10.0	11.3	黄白色	硬	やや浅	やや多	多

1997年4月に播種後2年目の実生を圃場に定植し、1998年4月にいわゆる「親レンコン」3本を無作為に選び調査した。

<sup>1)</sup>表皮の色：白色、やや白色、黄白色、やや黄色、黄色の5段階に分類した。

<sup>2)</sup>硬さ：軟、やや軟、中、やや硬、硬の5段階に分類した。

<sup>3)</sup>レンコンの深さ：浅、やや浅、中、やや深、深の5段階に分類した。

<sup>4)</sup>柄立数：少、やや少、中、やや多、多の5段階に分類した。

<sup>5)</sup>収量：少、やや少、中、やや多、多の5段階に分類した。

はずし成熟種子の落下を防止するためエダマメ用ネットに掛け替える。交配後約35日目に種子が黒くなり花托が乾燥したのを確認して採種する(図1-B, 図2)。

## 2. 交配組合せと1交配当たり実生数

前述の交配方法では雌ずい数に対する結実率が約60%となる。発芽率は約80%, その後の育苗, 移植, 定植等において枯死をまぬがれて圃場で生育できる実生の割合は50%となる。よって, 雌ずい数を100個とした場合, 次式  $100 \times 0.6 \times 0.8 \times 0.5 = 24$  となり, 雌ずい数の約1/4の24個体の実生が得られることになる。1花当たりの雌ずい数は約25個なので, 例えば100個体の実生を得るには  $100 \times 4 = 400$  個の雌ずい,  $400 \div 25 = 16$  個の種子親用の花が必要となる。なお, 種子親用の花4個に対し, 花粉親用の花1個で受粉が可能なので, 4個の花粉用の花が必要となる。

優良品種を得るにはできるだけ多くの実生を扱いたい, 圃場面積, 労力, 予算には限度がある。そこで, 著者は当研究所にある圃場の形状から1交配組合せ当たりの定植する実生数を32個体とし, 1区1株植えの32個体とした。これは1区を  $5\text{m} \times 5\text{m} = 25\text{m}^2$  とすると, 16区で  $400\text{m}^2$  の圃場となる。これが2つで  $800\text{m}^2$  で32区となる。なお, 食用ハスと同様に遺伝的にヘテロ性の高い果樹の交配育種では, 1交配組合せ当たりの実生数を約100個体としている。このことは, 実生数を100個体以上に増やすよりも交配組合せ数を多くした方が優良品種の出現率が高いとする経験的なものによる(志村, 私信)。南川(1963)によれば実生群の変異はかなり小さいので, 1交配組合せ当たりの実生数は, 10個体程度でよいとしている。一方, 前述の著者らの試験では実生群にかなりの変異が認められた。これらは交配方法, 交配組合せが異なるので簡単に結論を出せないが, 今後さらに検討が必要であろう。

## 3. 種子の貯蔵法

一般にハスの種子は寿命が長い(中村, 1985; 長島, 2001)。室温においても10年程度なら十分に保存できると想定されるが,  $2^{\circ}\text{C}$  程度の冷蔵庫に貯蔵した方が無難と考えられる。

## V. 実生の養成(播種から幼苗まで)

南川(1963)は種子の発芽および実生の生育における温度をそれぞれ  $28^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$  で行っているものの, それらの最適温度は十分には解明されていない。そこで著者の経験に基づいて記述する。露地で播種する場合には, 降霜のおそれのない5月上旬以降がよい。一方無加温の温室または人工気象器などの加温施設があれば, 3月上旬~4月下旬でも可能である。著者は  $25^{\circ}\text{C}$  に設定した人工気象器を用いている。

ハスの種子は硬実のため休眠打破が必要である。種子への吸水を容易にするため, 濃硫酸で3~7時間処理し種皮の表面を溶かす濃硫酸処理法および種子の臍部をヤスリで削る付傷法がある(南川, 1963)。濃硫酸は劇物で処理には危険が伴うので, 一般には後者のヤスリによる付傷法を推薦したい。発芽処理後, 水道水の入った  $600\text{ml}$  プラスチック製容器(ピーカー)に種子を3粒程度入れる。この容器を  $25^{\circ}\text{C}$  の人工気象器に置き発芽させる。早い種子では4日目から発芽してくる。なお, 腐敗した種子は取り除き, 汚れた水を交換する。地下茎が5~10cmに伸長した実生から順に食用ハス田の土が入った18lの上面  $\phi 36\text{cm}$ , 底面  $\phi 32\text{cm}$ , 深さ  $20\text{cm}$  のプラスチック製容器に移植する。この容器を翌年の春までガラス温室内におき, 実生を養成する。なお, 施設がない場合, 露地でも温度が確保できる5月上旬以降ならば実生を養成できる(図1-C~E, 図3)。

## VI. 本圃への定植

### 1. 圃場整備(土作りと混種の回避)

実生の種レンコンを定植する圃場にはできれば既存の食用ハス田が望ましい。しかし, 稲田を食用ハス田に転用する場合は粒子の細かい膨軟な土が耕土として50cm位必要であり, 地力窒素も一定水準になるまで整備する必要がある。もしそのように整備できない場合, レンコンが正常に形成されずに凸凹になったり縦に平べったい奇形となったりする。食用ハス田の土作りには大豆糟の施用が効果的であるとされている(太田, 私信)。また, 混種の原因となる異品種の個体は, あらかじめ十分に除去しておく必要がある。

## 2. 本田への定植時期と方法

本田への定植時期としては通常栽培している食用ハスの立葉が展葉した時期でないと地温が十分に上昇せず活着がよくない。一方、プラスチック製容器の個体も立葉の展開した状態、時期のものがよく、5月中旬～下旬である。方法としては、まず手で本田に軽く穴をあけ、実生をポットの土ごと圃場に移す。逆さまになっているので、葉が上になるように上下を逆にし形を整える。この時点で通常底の部分に長さ5～10cmの小レンコンが2～3節形成されていることが確認できる。定植後、アブラムシ対策として植付け穴に専用の粒状殺虫剤を散布しておく。定植数は5×5mに区割りした圃場に1個体とする(図1-F, 図3)。なお、栽培管理は茨城県野菜栽培基準レンコン編(茨城県農業総合センター, 1998)などに準じて行う。

## VII. 優良系統の選抜

### 1. 本田1年目

定植する実生数を多くするため、1区画の栽培面積は25m<sup>2</sup>と狭い。このため芽(地下茎の先端)が仕切り板などにぶつからないように芽回しを十分に行う。また混種を防ぐため花の形態、色を確認しておく。早生性については8月上旬～9月下旬まで7～10日間おきに数本のレンコンを手で試し掘りを行い調査する。本格的なレンコンの調査は落葉後栽培面積25m<sup>2</sup>のうち約半分の12～13m<sup>2</sup>を掘り取って行う。残りの面積は選抜した系統の場合、種レンコンとして残し、翌春に掘り取って定植する。この際、種レンコン用圃場とは別に定植用圃場を用意した方が作業性および種レンコンの傷みが少なくよい。なお、淘汰した系統は掘り取って処分する。レンコンの調査においては、実際に掘り取り作業を行うことで特性が明確になるものとして、レンコンの深さ、「親レンコン」、「子レンコン」および「孫レンコン」の量などがある。「親レンコン」とは地下茎の主茎の先端に形成される大型のレンコンで、それ以外の分岐した小型のレンコンを分岐形態により「子レンコン」および「孫レンコン」と呼ぶ(大賀, 1937)。よって、レンコンの特性を正確に把握するためには育種担当者が実際に掘り取り作業を行

うのが必須条件と考えられる。

また、選抜のための調査にはレンコンの形状、深さ、肉質の硬さを検討し、定植実生数の30～40%に淘汰する。なお、特徴のある系統については、これとは別に遺伝資源として保存する。以下の段階でも同じである。

### 2. 本田2年目

4月に掘り取った種レンコンをすぐに1区50m<sup>2</sup>に定植し、本田1年目と同様に管理する。ただし、貴重な種レンコンをカモの食害から守るため、定植後すぐに網目の粗いネットを掛ける。ネットの除去時期は立葉が数枚出る5月下旬頃がよい。選抜のための調査は本田1年目に準ずるが、調査項目として新たに収量、食味を加え検討し、初年に定植した実生数の10～20%に淘汰する。

### 3. 本田3年目

4月に掘り取った種レンコンを1区100m<sup>2</sup>に定植し、本田2年目と同じ管理をする。選抜のための調査は本田2年目と同じであるが、一定水準以上の優良系統(ここから実生を系統と呼ぶこととする)を選抜する。系統数を2～4系統にしぼり込むことが望ましい。

### 4. 本田4, 5年目

4月に掘り取った種レンコンを1区100m<sup>2</sup>に定植し、本田3年目と同じ管理をする。対照には収穫期が同じ品種登録の標準品種および主要品種をそれぞれ1つ以上おき比較検討する。調査は本田3年目と同じであるが、普及性を検討するため、レンコン技術者または農家にみてもらう。評価の良いものだけを選抜し、系統数は多くても2系統までとする。

## VIII. 選抜した優良系統の現地適応性と市場性の検討

所内圃場で選抜した系統の栽培を現地農家に依頼し、その有用性の有無を検討する。中晩生品種は露地栽培だけであるが、早生品種では露地栽培の他にハウス、トンネル栽培も行う。圃場条件として現地圃場は1作型で2カ所以上とし、1カ所は必ず大産地である土浦市または霞ヶ浦町を入れる。試験は1区当たり最低100m<sup>2</sup>とし、3年間行う。また、対照に2品種を用いる。この場合、地

域への普及性を検討するので、品種登録のための標準品種にとらわれずに、その地域の主要品種を用いる。特に農家の選定では専門技術員、各地域農業改良普及センターと十分に相談する（図1-G）。

また、市場における優良性をみるため、茨城県東京農産流通指導センターに依頼して市場性を検討する。

なお、この期間は所内圃場では本田6～8年目になり、品種登録に必要な特性の調査を本田4年目に準じて行う。

## IX. 育成品種の品種登録

### 1. 品種登録の目的、要件

現地の栽培性と市場性について優良性が認められしだい、品種登録の手続きに入る。品種登録制度は、育成者の権利を保護し、新品種育成の振興を図るものである。育成者の権利である育成権は登録から20年間存続する（農林水産省、1998）。これにより、例えば容易に栄養繁殖で種苗増殖できる食用ハスにおいては育成者の権利が守られることになる。一方、一部の民間育種家では品種登録せずに育成品種を販売または無償譲渡する場合がありますものの、公的機関においては品種登録することが一般的である。なお、農家も含めた民間育種においても品種登録することが、世界的な流れに合致すると思われる。

品種登録するための要件として、次の五つが上げられる。すなわち、①区別性：既存品種と重要な形質（形状、品質、耐病性等）で明確に区別できること、②均一性：同一世代でその形質が十分均一で、定植した種レンコンからすべて同じものが生産されること、③安定性：増殖後も形質が安定しており、何代増殖を繰り返しても同じものが生産できること、④名称：品種の名称が既存のものとは紛らわしいものでないこと、⑤未譲渡性：出願日から1年さかのぼった日より前に種苗や収穫物を販売していないことである（農林水産省、1998）。

ここでは著者らが育成後、茨城県知事が1992年3月25日に品種登録を出願し、1994年8月22日に登録された‘早霞’（農林水産省品種登録 第4059号）の経験を中心に記述する（霞ら、2002）。なお、種苗法は時々改正されるのでその都度、農林水産省生産局種苗課に確認することを薦める。

### 2. 品種登録の申請まで

栄養繁殖性作物の食用ハスを品種登録する場合、作物の特性に関する三つ要件の区別性、均一性、安定性のうち、後者の二つはほとんど問題にならず、区別性が最も重要である。ただし、均一性および安定性に関するデータを取るためには、1品種当たり種レンコン20個の2反復で通常3年分が必要となる。このデータは前述の所内圃場での定植6～8年目の試験結果を用いる。最も重要な特性である区別性については、特性表の基準に従って測定し、類似品種に対していくつかの項目で違いのあることが必要となる。詳細は農林水産省生産局種苗課に確認することを薦める。

### 3. 出願公表から現地審査まで

食用ハスの品種登録における審査方法は、これまですべて現地審査であると聞いている。通常、現地審査は申請した翌年度になることが多いが、念のため種苗課に確認した方が圃場の準備などに都合がよい。審査圃場の最低規模は1区100m<sup>2</sup>当たり20株の2反復、同様に対照2品種をおき、計600m<sup>2</sup>となる。この他に、特性項目の一つとして地下茎の分岐の程度をみる目的で種レンコンの1本植え区を設置するなら（図1-H）、さらに1品種約70m<sup>2</sup>の3倍で約200m<sup>2</sup>が必要となり、合計800m<sup>2</sup>となる。なお、対照品種には通常、標準品種および類似品種をそれぞれ1品種ずつ用いるが、場合によってはさらに審査官から別の対照品種の追加を指示されることもある。この場合はさらに面積が増えることになるので、審査圃場には余裕を持たせた方がよい。

現地審査は通常一度しか行わないので、レンコンが形成され、かつ地上部がある程度きちんと残っている時期、早生では9月下旬～10月上旬、中晩生で10月上旬～中旬がよい。

### 4. 現地審査から登録まで

申請から登録まで順調に経過しても4年程度かかる。この期間は審査中なので、種苗課からの質問、要望などには的確かつ迅速に対応するように心掛ける。また、この期間は保護制度により種苗の販売が可能なので、利益を得るにはできるだけ早い時期から種苗を販売すべきであろう。

## X. 育成品種の種苗増殖

### 1. 育成品種の増殖

種苗法では申請の1年以内なら種苗の販売が可能なので、現地試験が終了し、優良性が認められた時点で種苗の増殖にかかるべきであろう。

増殖方法としては種苗増殖のための原種圃、第1次採種圃、第2次採種圃、一般農家の4段階で行う。これまでの経験から原種圃を県原種苗センターまたはこれに準ずる機関、第1次採種圃を県を代表する農業団体、第2次採種圃をレンコン産地の農協または任意組合の単位で設置するのが適当と考えられる。各段階における担当農家の選定はそれぞれの機関に任せるものの、圃場条件としては隣接食用ハス田などからの他品種の侵入を避けるため、幅が数mの土手に囲われた圃場が理想的である。また、土壌条件および栽培管理は通常の食用ハス田と同様とする。混種を避けるための管理方法として、前作の掘り残しをしないこと、当年に種子から発芽した個体は形態的に明瞭に区別できるので見つけしだい除去すること（霞，2000b）、土手および畝間に発生した異品種個体を除去することの3点である。また、増殖に用いる種レンコンは各段階とも形状などにに基づき厳選する。

### 2. 育成品種の保存

登録品種は登録が抹消しない限り保存する必要がある、育成した機関が行うべきである。保存方法は前述の500Lコンテナと食用ハス田の二つの方法を取り、万が一にも消失することを避けるべきである（霞，2000b）。

## XI. 終わりに

本稿は、これまでに著者に寄せられた食用ハスの育種方法および花ハス種子の発芽方法の指導依頼に的確に対応することを目的に執筆した。本稿が食用ハスの育種を行う人々、さらには趣味で花ハスを楽しむ人々に少しでも役立てば幸甚である。

## 謝 辞

本研究を推進するにあたり現地試験の圃場管理は、山

崎清氏、山崎利夫氏、山崎由雄氏、野口久敬氏、野口信男氏、前島和夫氏、中島信夫氏、来栖孝一氏、飯田敬市氏、齊藤幸雄氏、宮本和昭氏が担当して下さった。また元茨城県園芸試験場の（故）小松鋭太郎氏、元東京農工大学農学部教授の志村勲博士、九州大学農学部の尾崎行生博士、千葉県長南町蓮根研究会の金坂孝澄氏には数多くのご教授、ご指導を賜った。また、茨城県農業総合センター、同生物工学研究所、同園芸研究所、同土浦地域農業改良普及センター、同江戸崎地域農業改良普及センターの関係者には多大なるご協力をいただいた。特に太田利美氏には数多くの貴重な情報とご助言をいただいた。さらに、所内試験圃場の栽培管理は小島和明氏、田崎孝氏、木村茂樹氏のご協力によるところが大きかった。ここに記してこれらの方々に感謝の意を表する。

## 引用文献

- 茨城県農業総合センター（1998）レンコン編，茨城県野菜栽培基準，156-160。
- 茨城県れんこん振興対策協議会（1997）茨城県におけるれんこんの品種，pp19。
- 岡沢成美（1975）品種，“水生蔬菜の栽培と経営”猪崎政敏編集。家の光協会。東京。40-45。
- 霞正一・小松鋭太郎・八城和敏・林幹夫・佐久間文雄・雨ヶ谷洋・江面浩・西宮聡・宮川雄一・飯田伸彦・石塚由之（2002）食用ハスの中生品種‘霞ヶ浦’及び早生品種‘早霞’（はやか）の育成とその特性。茨城農総セ生工研。5：61-69。
- 霞正一・佐久間文雄（1998）食用ハスの開花，受精および種子形成。園学雑。67（4）：595-599。
- 霞正一・八城和敏・林幹夫（2000a）食用ハス（*Nelumbo nucifera*）の交配種子の獲得に及ぼす花粉の低温貯蔵の効果。園学雑。69（6）：732-735。
- 霞正一・八城和敏・佐久間文雄・林幹夫（2000b）繊維強化プラスチック製大型容器を用いた食用ハス遺伝資源の簡易保存と交配育種への利用。茨城農総セ生工研。3：61-68。
- 南川勝次（1963）食用蓮に関する研究。佐賀農試研報。4：1-73。
- 長島時子（2001）800年前のハス（中尊寺ハス）の開花。

- 惠泉短大紀要. 32 : 1-17.
- 中村俊一郎 (1985) 種子の生存年限, “農林種子学総論” 養賢堂. 東京. 228-230.
- 農林水産省農産園芸局種苗課 (1998) 新しい品種保護制度の仕組み. pp8.
- 大賀一郎 (1937) 食用シナバスの蓮根について. 植物及動物. 5 (1) : 39-46.
- 尾崎行生・森欣也・松尾要 (1992) 中国より導入されたレンコンの早出し品種特性. 園学雑. 61 (別 1) : 773.
- 中国科学院武漢植物研究所 (1987) 中国蓮. pp163. 科学出版社. 北京.
- 渡辺達三 (1990) 魅惑の花蓮. pp259. 精興社. 東京.



図1. 食用ハスの交配方法. A: 容量 500l コンテナに保存中の遺伝資源. B: 交配直後の袋掛け. C: 発芽した種子の様相. D: 発芽後茎葉が伸張し、田土入りポットに移植直前の実生の様相. E: ガラス室で養成中の '霞ヶ浦' × '早霞' の実生個体. F: 本田に定植 2 か月後の実生の生育状況. G: 育成系統の現地試験における調査の様子. H: 品種登録の現地調査における地下茎の分岐の程度. 黒い矢印は 4 月に定植した種レンコン, 白い矢印は秋に形成されたレンコン.



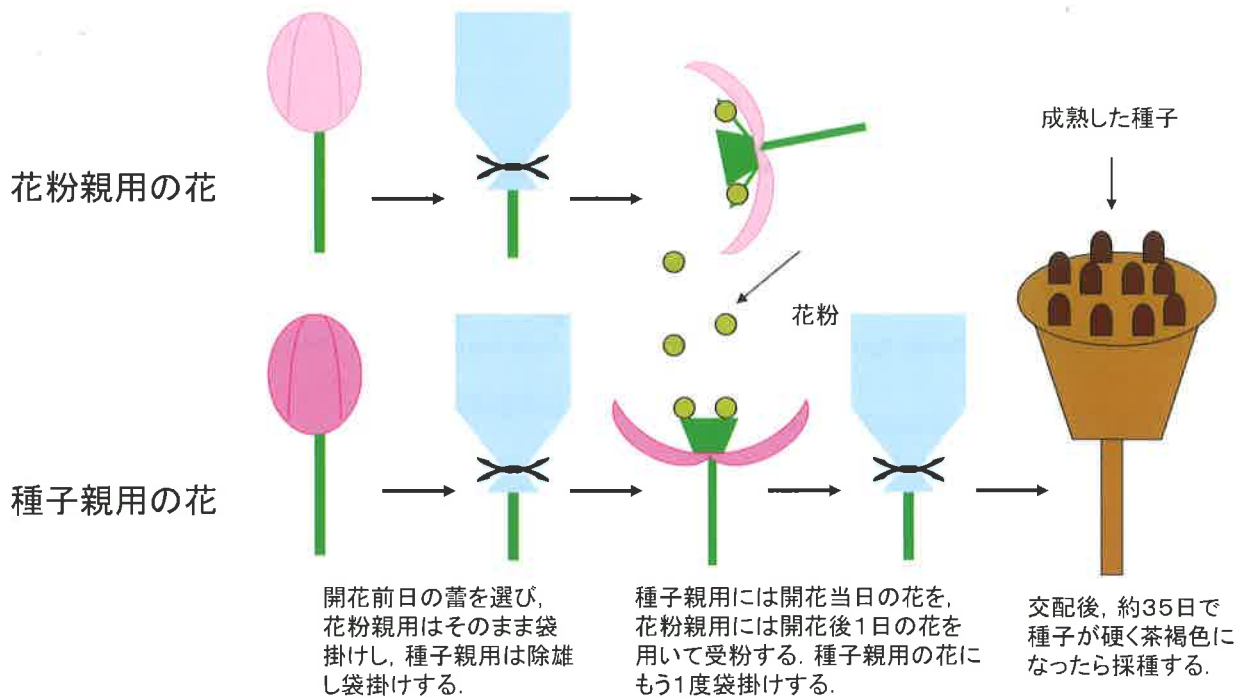


図2. 食用ハスの交配方法

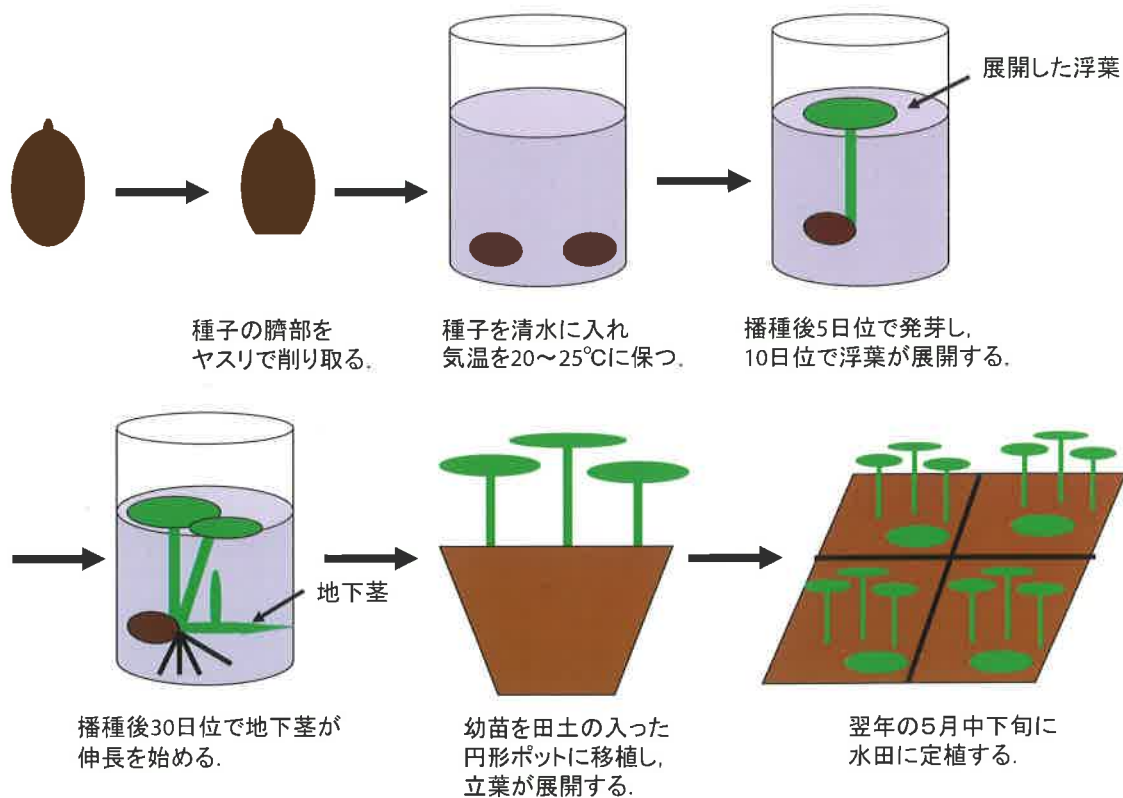


図3. 食用ハス実生の養成方法

research note

**Method of Crossbreeding in Edible Lotus Rhizome (*Nelumbo nucifera* Gaertn.)**

Masakazu Kasumi

*Plant-Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center, Ago, Iwama, Nishi-ibaraki, Ibaraki 319-0292, Japan.*

Key Words: crossbreeding, edible lotus rhizome, variety

所 長 松 井 武 彦

編集委員長 池 上 隆 文

編集委員 富 田 健 夫  
飯 田 幸 彦  
鈴 木 一 典

茨城県農業総合センター生物工学研究所研究報告 第6号  
平成15年3月20日発行

発行所 茨城県農業総合センター生物工学研究所  
〒319-0292 西茨城郡岩間町安居3165-1  
電話 029 - 45 - 8330

印刷所 ワタヒキ印刷株式会社  
〒310-0012 水戸市城東1丁目5番21号  
電話 029 - 221 - 4381(代)

Bulletin  
of the  
Plant Biotechnology Institute  
Ibaraki Agricultural Center  
No.6 (2003)

Contents

Original Papers

- New Gladiolus Variety 'Princess Summer' ..... 1  
Masakazu Kasumi, Yasumasa Takatsu, Toru Manabe,  
Mikio Hayashi, Hidehiko Tomotsune, Fumio Sakuma,  
Hiroshi Ezura and Hiroshi Amagai
- Variation of floral scents among F<sub>1</sub> plants derived from reciprocal  
crosses among fleesia (*Freesia hybrida hort.*) cultivarts. ....9  
Yasumasa Takatsu and Masakazu Kasumi
- 'Compact Assay System' for Stripe Resistance of Rice Plants. .... 17  
Satomi H. Nishimiya, Toshiaki Kirihara, Yukihiro Iida,  
Kunio Yokota, Minako Tabata, Ritsuo Suga and Hideo Hirasawa

Research Note

- Method of Crossbreeding in Edible Lotus Rhizome  
(*Nelumbo nucifera Gaertn.*) ..... 29  
Masakazu Kasumi