

耐暑性サイインゲン ‘ OHB00-1K ’ の育成経過とその特性

誌名	沖縄県農業研究センター研究報告 = Bulletin of the Okinawa Prefectural Agricultural Research Center
ISSN	18829481
著者名	川上,光男 橘,知行 計良,貴子 和田,美由紀 田場,奏美 棚原,尚哉 坂本,守章
発行元	沖縄県農業研究センター
巻/号	1号
掲載ページ	p. 46-52
発行年月	2008年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



耐暑性サヤインゲン‘OHB00-1K’の育成経過とその特性

川上光男¹・橘 知行²・計良貴子³・和田美由紀⁴・田場奏美³・
棚原尚哉⁵・坂本守章⁶

¹ 沖縄県農業研究センター石垣支所, 〒907-0003 沖縄県石垣市宇平得地底原1178-6

² 沖縄県八重山支庁農林水産整備課, 〒907-0002 沖縄県石垣市宇真栄里438-1

³ 沖縄県中部農業改良普及センター, 〒904-2242 沖縄県うるま市宇高江洲361

⁴ 鹿児島県立短期大学, 〒890-0005 鹿児島県鹿児島市下伊敷1丁目52-1

⁵ 沖縄県農業研究センター宮古島支所, 〒906-0012 沖縄県宮古島市平良字西里2071-40

⁶ 沖縄県立農業大学校, 〒905-0019 沖縄県名護市宇大北1丁目15-9

要 約

- 1) 沖縄県内で主に栽培されている若莢用インゲンマメ（以下、サヤインゲンと記す）品種‘ケンタッキーブルー’とマレーシア国から導入され国際農林水産業研究センターによって選抜された耐暑性サヤインゲン‘南星’との交雑後代から、莢色、莢長、耐暑性に関する選抜を繰り返して、県内出荷用耐暑性サヤインゲン‘OHB00-1K’を育成した。
- 2) ‘OHB00-1K’は、莢色は緑で、莢長は長い。食味は良好で、比較的高温条件下においても着莢することから、沖縄県内の6月上旬～7月上旬及び10月上旬～11月上旬の県内出荷向けのサヤインゲンとして活用できる。
- 3) サヤインゲンの莢色・莢長・耐暑性の遺伝解析を行うため、莢が濃緑で長く耐暑性の弱い品種‘ケンタッキーブルー’と、莢が淡緑で短く耐暑性の強い品種‘南星’との正逆交雑を行い、個体別にホモ接合性を高めた自殖後代を育成し分離を調査した。その結果、莢色・莢長の遺伝には、細胞質遺伝はなく、不完全優性で複数の遺伝子が相加的に関与していると推測された。又、耐暑性の遺伝にも細胞質効果はないが、耐暑性に関わる遺伝子は劣性で複数存在すると推測された。

キーワード：莢色、莢長、高温、着莢、遺伝解析、南星

緒 言

サヤインゲン (*Phaseolus vulgaris* L.) は、沖縄県における県外出荷野菜の主要品目（沖縄県農林水産部、2005）である。亜熱帯性気候の沖縄県においては、高温のため6月～10月の期間に収穫されるサヤインゲンは無かったが、1994年に国際農林水産業研究センターによって育成された耐暑性サヤインゲン‘南星’の普及により、比較的高温条件下においてもサヤインゲンの栽培が可能となった（図1）。しかし、‘南星’は莢色が淡緑で、莢長が短いため、市場や生産者からの評価は低く、生産現場ではその改良が求められていた。

サヤインゲンの莢色に関する研究では、色彩色差計のL*値（明度）が莢色の視覚調査と高い相関を示すこと（久場ら、1999）、また、莢の緑色の色素はクロロフィルであること、莢の発達とともにクロロフィルが減少していくことが報告されている（Mayland and Dean, 1971）が、サヤインゲンの莢色の遺伝に関する報告はない。莢

長に関しても、品種によって有意な差があること、収穫後半になると莢長が短くなる傾向があることが知られている（中野ら、1994）が、莢長の遺伝に関する報告はない。耐暑性品種‘南星’の着莢のための高温限界は、日平均気温で28.0～29.5℃前後と報告されている（中野ら、1994）。また、耐暑性品種には、着莢性において高温馴化と脱馴化の能力があること（Nakano et al, 2000）、高温条件下において花粉稔性が高いこと（Suzuki et al, 1999）、強光に強く、高温乾燥時においても光合成能力が高いことが報告されている（崎山ら、2001）。耐暑性の遺伝に関しては、生殖成長期の蓄形成期と莢充実期が高温によるダメージを受けやすく、蓄形成期と莢充実期の耐暑性は、量的遺伝を示す連続変異であること、細胞質が遺伝に関与しており、有意な相加遺伝効果であるため、蓄発育と莢充実の耐暑性を選抜できるとの報告がある（Shonnard and Gepts, 1994）。

本報告では、沖縄県内で主に栽培されているサヤインゲン品種‘ケンタッキーブルー’とマレーシア国から導入さ

○ 播種 □ 収穫

品 種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
ケンタッキーブルー チーバー、キセラ		○ ○							○ ○ ○		○ ○ ○	
鴨川グリーン									○		□ □ □	
在来平莢 (県内用)	○ ○ ○ ○ ○									○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		□ □ □
南星 ,OHB00-1K (県内用)				○ ○ ○			□ □ □ □ □	○ ○ ○		□ □ □ □ □		

図1 沖縄県におけるサヤインゲンの作型と品種

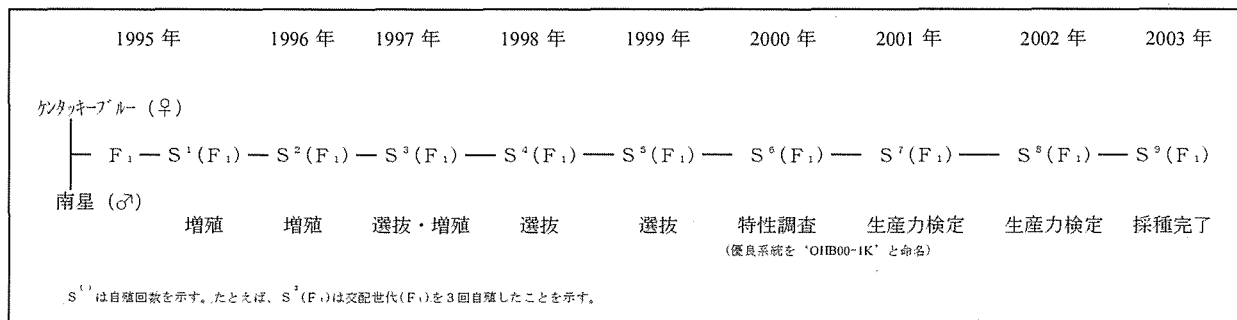


図2 サヤインゲン‘OHB00-1K’の育成経過

れ国際農林水産業研究センターによって選抜された耐暑性サヤインゲン‘南星’との交雑後代から、莢色、莢長、耐暑性に関する選抜を繰り返して、当初の育種目標（‘南星’より莢が濃緑で長く、‘南星’と同程度の耐暑性を持つ）にほぼ合致した県内出荷用耐暑性サヤインゲン‘OHB00-1K’が育成できたので、その育成経過と特性を報告する。

材料および方法

耐暑性品種の育成経過

サヤインゲン‘OHB00-1K’の育成経過を図2に示す。1995年に莢長が長く莢色が濃緑な沖縄県内の関東市場向け主力品種‘ケンタッキーブルー’（サンドシード）にマレーシア国から導入され国際農林水産業研究センターによって選抜された耐暑性サヤインゲン‘南星’を交雑し、F₁種子を得た。同年及び1996年に無選抜で自殖による種子の増殖を行い、1997年～1999年にかけて、供試株数約400株、選抜率約5%で、莢色、莢長、耐暑性（夏季における着莢数）に関する選抜を3回繰り返した。2000年の特性調査において、これまで選抜してきた8系統の中から、育種目標にほぼ合致した優良系統が見いだされたので、‘OHB00-1K’と命名した。その後、2001年4月～7月と2002年8月～11月に夏季における生産力検定を行った。その結果、‘OHB00-1K’は、収穫量が高く、莢色が緑で莢

長も長いことから、県内出荷用耐暑性サヤインゲンとしての活用が期待された。さらに、純系化を図るための自殖を行い、2003年の自殖9回目において、ほぼ遺伝的に固定したと判断されたので採種を完了し、現在、沖縄県農業研究センター野菜花き班の野菜遺伝資源保管庫に保存している。

莢色・莢長・耐暑性の遺伝

サヤインゲンの莢色・莢長・耐暑性の遺伝解析を行うため、莢が濃緑で長く耐暑性の弱い品種‘ケンタッキーブルー’と莢が淡緑で短く耐暑性の強い品種‘南星’との正逆交雑を行い、個体別かつ無作為にホモ接合性を高めた自殖後代を育成し分離を調査した。試験は、琉球大学農学部農場（2001～2003年）と沖縄県農業試験場園芸支場（2004年）で行い、純系の‘ケンタッキーブルー’、‘南星’、‘OHB00-1K’は、それぞれ約20株、それらの雑種後代は、それぞれ約200株を供試した。

莢色の測定では、各供試系統から個体別に収穫適期の5莢を任意に採取し、色彩色差計（MINOLTA CR-300）で測定したL*値（明度）の平均値をその個体の莢色として頻度分布図に示した。

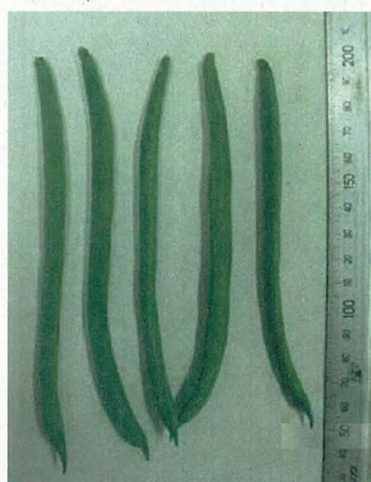
莢長の測定では、各供試系統の莢が成熟し伸長が停止した段階で、比較的生育の良い5莢を個体別に採取し、測定した莢長の平均値をその個体の莢長として頻度分布図に示した。

表1 サヤインゲン‘OH00-1K’の主要特性

項目	OH00-1K	南星	ケンタッキーブルー
胚軸の色	緑	赤紫	緑
伸育性と草型	無限つる性	無限つる性	無限つる性
花色	白	赤紫	白
莢の長さ (cm)	17.1 ± 2.7 ^a	13.5 ± 1.4 ^b	16.8 ± 0.9 ^a
莢の幅 (cm)	1.0 ± 0.1 ^a	1.2 ± 0.1 ^b	0.9 ± 0.1 ^a
莢の横断面	やや楕円	楕円	円
莢の筋の有無	あり	あり	あり
若莢の地色	緑	淡緑	濃緑
若莢のL値 (明度)	42.8 ± 3.7 ^a	54.6 ± 2.3 ^b	40.1 ± 2.7 ^a
若莢の斑紋の種類	無し	無し	無し
若莢の凹凸	ややあり	無し	あり
子実の斑紋の種類	無し	無し	無し
種皮の地色	白	黒	白
耐暑性	極強	極強	中
*高温条件下での着莢数(本)	54 ± 12 ^a	54 ± 12 ^a	1 ± 2 ^b

異なるアルファベットは、5%水準 (Tukey) で同一項目内で有意差あり。

高温条件下での着莢数は、2004年5月6日播種 (沖縄県うるま市、6月中～7月中旬平均気温 27.6℃) での1株当たり着莢数を示す。



OH00-1K



南星



ケンタッキーブルー

写真 サヤインゲン‘OH00-1K’‘南星’‘ケンタッキーブルー’の莢

耐暑性は、着莢時期が高温に遭遇する可能性が高いと予測される2003年4月26日 (琉球大学) と2004年5月6日 (園芸支場) に播種し、露地立体栽培において9cm以上に肥大した1株当たりの着莢数で評価した。

結果及び考察

品種特性

‘OH00-1K’‘南星’‘ケンタッキーブルー’の主要特性を表1および写真に示す。‘OH00-1K’の胚軸は緑で無限つる性であった。花色は白で、莢の長さは‘ケンタッキーブルー’と同程度であった。莢の横断面はやや楕円形となり、若莢の地色は‘南星’に比較すると濃緑になっていたが、‘ケンタッキーブルー’には及ばなかった。種子色は白で、耐暑性は極強であるが‘南星’に比較するとわずかに

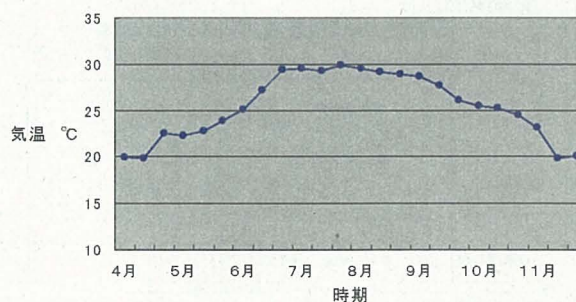


図3 生産力検定試験地周辺における旬別平均気温の推移 (2001年, 気象庁データ, 沖縄県金武)

劣った。又、関東市場で重要な莢の凹凸程度は‘ケンタッキーブルー’と‘南星’の中間の形状を示した。

4月下旬播種の生産力検定の結果 (表2) では、‘OH00-1K’は、収穫開始が‘南星’より遅れるが、高

表2 サヤインゲン‘OHB00-1K’の生産力検定(4月下旬播種)

単位：kg/10a

品 種 名	6月上旬	6月中旬	6月下旬	7月上旬	合 計
OHB00-1K	5	583	1,679	256	2,524
南 星	30	1,037	1,322	152	2,541
ケンタッキーブルー	0	4	352	259	614
在来ヒラザヤ	0	0	0	8	8

収穫量はA品+B品の合計

栽培概要：2001年4月27日播種、畦幅1.25m 株間30cm 2条植え 露地立体栽培 基肥 N:P:K=25:36:21(kg/10a)

試験場所：農業試験場園芸支場(沖縄県うるま市)

表3 サヤインゲン‘OHB00-1K’の生産力検定(8月中旬播種)

単位：kg/10a

品 種 名	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	合 計
OHB00-1K	109	1,471	1,161	31	2,773
南 星	335	1,662	890	52	2,940
ケンタッキーブルー	19	685	756	115	1,575
在来ヒラザヤ	0	643	1,197	176	2,016

収穫量はA品+B品の合計

栽培概要：2001年8月11日播種、畦幅1.25m 株間30cm 2条植え 露地立体栽培 基肥 N:P:K=25:36:21(kg/10a)

試験場所：農業試験場園芸支場(沖縄県うるま市)

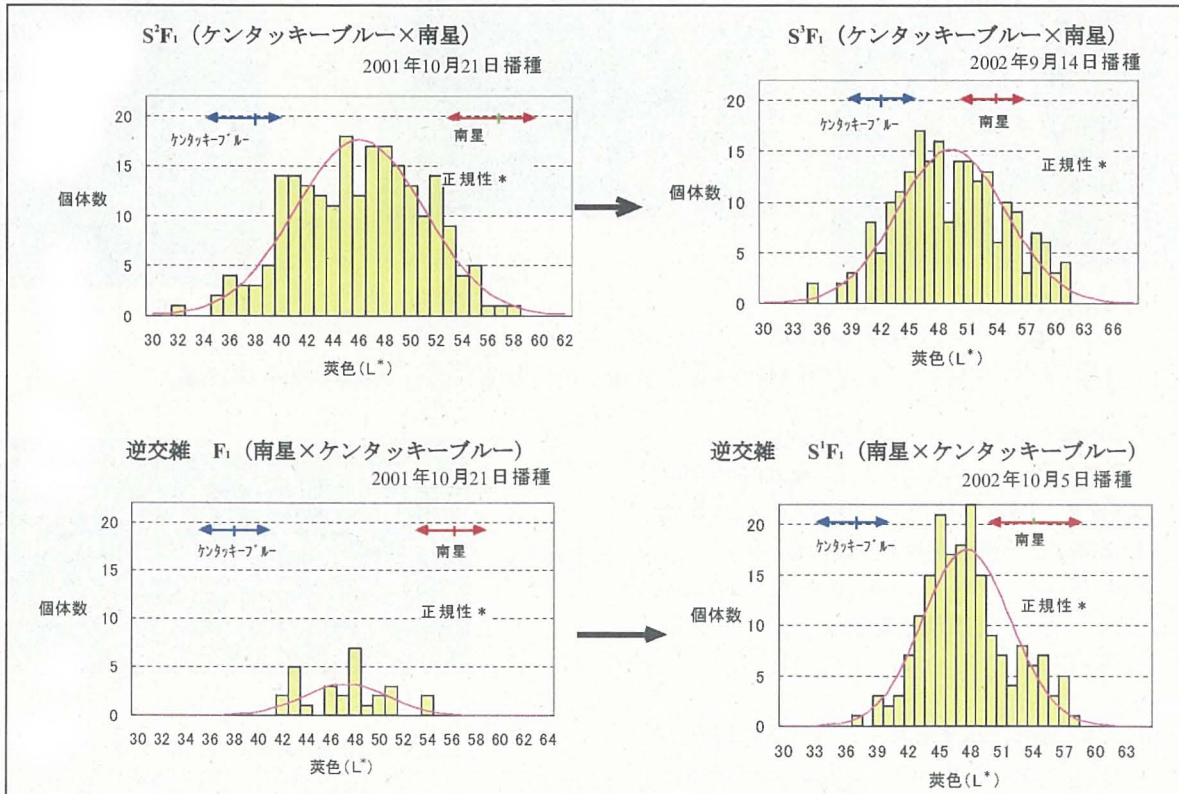


図4 ケンタッキーブルーと南星の正逆交雑後代における莢色の頻度分布図

L*：色彩色差計による明度を示す。 正規性*：有意水準5%で正規分布の可能性あり

試験実施場所：琉球大学農学部農場 施肥：堆肥2トン/10a 元肥N-P-K 25-25-25(kg/10a)

栽植様式：畦幅1m×株間30cmの露地立体栽培

←→の矢印は、交配父母本におけるL*の分布域を示し、中央の線は平均値を示す。

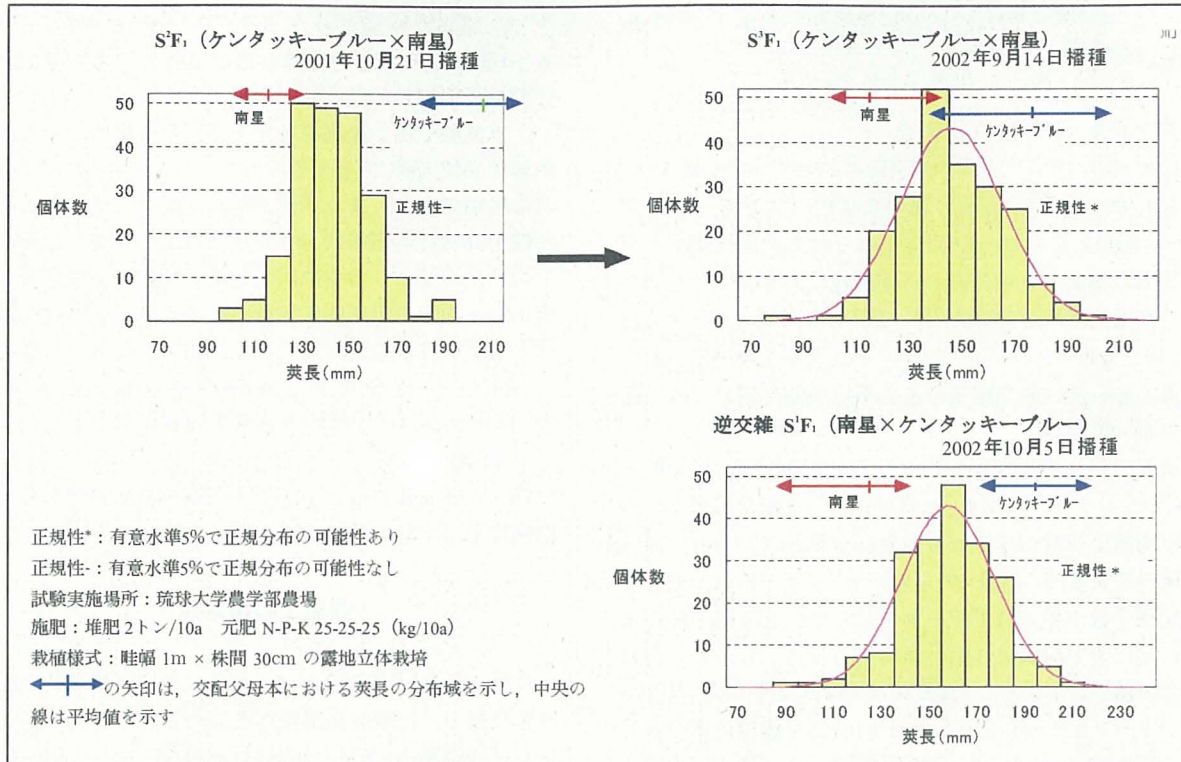


図5 ケンタッキーブルーと南星の正逆交雑後代における莢長の頻度分布図

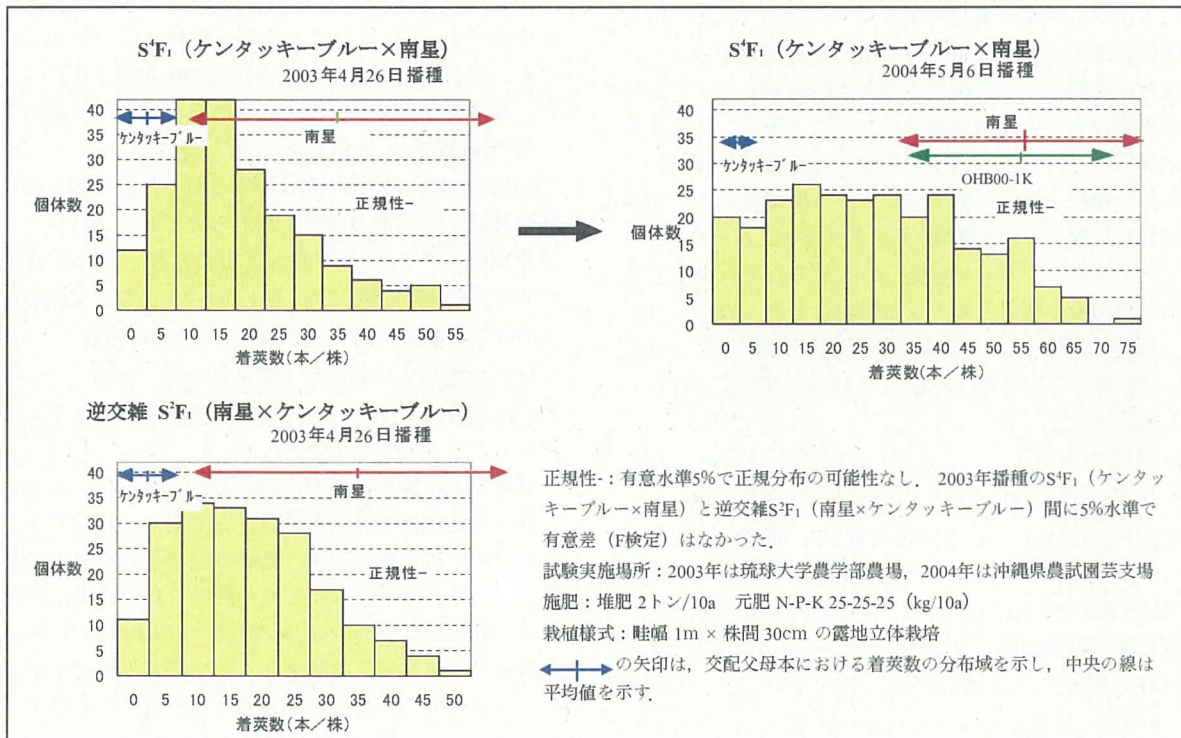


図6 ケンタッキーブルーと南星の正逆交雑後代における高温条件下での着莢数の頻度分布図

温条件下 (図3) での収穫量は同程度であった。'ケンタッキーブルー'は、大幅な減収となった。又、沖縄県内で5月まで生産されている'在来ヒラザヤ'は、6月下旬~7月上旬の高温長日条件下での収穫量は極端に減少した。

8月中旬播種の生産力検定の結果 (表3) でも、'OHB00-1K'は、収穫開始が'南星'より遅れるが、収穫量は同程度であった。'ケンタッキーブルー'は、低温に向かうにつれ収穫量が増加する傾向が見られたが、生育前半が低収であったため結果的には減収となった。

又、‘在来ヒラザヤ’は、低温短日条件に向かうにつれ収穫量は増加した。

莢色・莢長・耐暑性の遺伝

莢色は図4に示すように、 S^2F_1 （ケンタッキーブルー×南星）及びさらに自殖を進めた S^3F_1 （ケンタッキーブルー×南星）における L^* 値はそれぞれの交配父母本の平均の間に幅広く正規分布し、細胞質効果を調べるために行った逆交雑の F_1 （南星×ケンタッキーブルー）とその自殖1回目の世代 S^1F_1 （南星×ケンタッキーブルー）においても、それぞれの交配父母本の平均の間に同じような正規分布を示した。

莢長の測定結果を図5に示す。2001年10月21日播種の S^2F_1 （ケンタッキーブルー×南星）は、交配父母本の平均の平均値より莢が短くなる傾向に分布した。一方、同日播種の逆交雑 F_1 （南星×ケンタッキーブルー）は、十分な交配種子数が得られずデータを示していないが、父母本それぞれの平均値より短い傾向にあった。しかし、自殖を進め播種日を早くした2002年9月14日播種の S^3F_1 （ケンタッキーブルー×南星）と2002年10月5日播種の逆交雑の S^1F_1 （南星×ケンタッキーブルー）は、それぞれの交配父母本の平均の間に正規分布を示した。

このように莢色・莢長の測定結果において、 F_1 集団が交配父母本の中間的な正規分布型の連続変異を示し、ホモ接合性を高めた自殖後代及びその逆交雑においても同様な正規分布型の連続変異を示したことから、莢色・莢長の遺伝は、複数の遺伝子に支配され、大部分相加的に関与しており、細胞質遺伝はしないと推定される。2001年10月21日播種の F_1 （南星×ケンタッキーブルー）と S^2F_1 （ケンタッキーブルー×南星）の莢がそれぞれの交配父母本の平均の中間より短くなる傾向に分布したのは（図5）、播種時期が遅く、低温の影響で、‘南星’の持つ低温時に莢が短くなる性質（中野ら、1994）が強く表れたものと思われる。

耐暑性の遺伝では、2003年に実施した試験において、‘南星’の着莢数はかなりの幅があり、 S^4F_1 （ケンタッキーブルー×南星）と、その逆交雑 S^2F_1 （南星×ケンタッキーブルー）は、それぞれの交配父母本の平均の平均値より着莢数が減少する同じような連続的な分布を示し、正逆交雑の両集団間に有意差はなかった（図6）。又、2004年に実施された試験でも、 S^4F_1 （ケンタッキーブルー×南星）は前年と同じような分布を示し、育成された‘OHB00-1K’は、‘南星’と同程度の着莢数を示した。

サヤインゲンは、開花約10日前（花粉四分時期頃）の高温が花粉稔性を低下させ、開花期の高温が着莢率を低下させると報告している（Suzuki et al., 1999）。また、蕾形成期と莢充実期に高温にさらすことはダメージが大きいとの報告もある（Shonnard and Gepts, 1994）ことから、本実験の播種日は、大量の個体の耐暑性を選抜する

上で、適当な時期だったと考える。遺伝的に純系である‘南星’の着莢数の分布域が広いことは、より精度が高く簡易な耐暑性の選抜法が必要であることを示しているが、本試験で用いた高温条件下における平均着莢数は、耐暑性品種‘南星’と感受性品種‘ケンタッキーブルー’を有意に区別できた。また、両品種を交配し、任意にホモ接合性を高めた自殖後代とその逆交雑が、両交配父母本の平均の平均値より着莢数が減少する同様な連続的な分布を示し、両方の母集団に有意な差がないことから、耐暑性の遺伝には細胞質効果はなく、耐暑性に関わる遺伝子は劣性で複数存在すると推測された。育成された‘OHB00-1K’が、‘南星’と同程度の着莢数を示したことは、蕾発育と莢充実の耐性を選抜できるとの報告（Shonnard and Gepts, 1994）を証明するものであるが、細胞質効果があるとした報告とは矛盾した。

栽培上の留意点

育成された‘OHB00-1K’は、莢色は緑で莢長は長く、食味は良好で、比較的高温条件下においても着莢することから、沖縄県内の6月上旬～7月上旬及び10月上旬～11月上旬の県内出荷向けのサヤインゲンとして活用できる。しかし、沖縄県の野菜の作付体系は、冬春期の県外出荷が中心で9～10月にかけて圃場の作付準備が必要になること、夏秋期には大型台風の襲来が毎年のようにあること、高温条件下では、カメムシの発生が多く、防虫ネット等で被覆する必要があること等から、サヤインゲン‘OHB00-1K’の播種時期は限定される。最も効果的な播種時期は、冬春期の作付が終わったビニールハウスや平張り施設の中で、4月中旬～下旬である。県内産‘在来ヒラザヤ’の出荷が無くなる6月上旬～7月上旬に県内市場に出荷すると収益が高い。ビニールハウスの内部は、5月中旬以降30℃以上に温度が上昇するので、被覆しているビニールを防虫ネットに張り替え、風通しを良くする等の温度を下げる工夫が必要である。

夏秋期の沖縄県内消費のサヤインゲンは、本土の高冷地から低価格で移入されることもあり、沖縄県内の生産農家は少数である。又、近年は温暖化の影響により、冬春期ハウス栽培においても一時的な高温による落莢・減収が問題となっている。今後は、‘OHB00-1K’に県外出荷用のサヤインゲン品種をさらに交配し、県外市場の受け入れる莢形状・品質・耐暑性を合わせ持つ品種を育成することが沖縄県の野菜生産振興のために重要である。

謝辞

本研究は、特産野菜の品種育成に関する試験（県単：1994年～）及び、琉球大学大学院在学中（川上・橘）に行ったものです。本研究を実施するに当たり、多大なる御指導および御助言をいただいた琉球大学農学部佐藤茂

俊教授(故)、新城明久教授、本村恵二助教授に心から感謝の意を表します。また、色彩色差計を快く貸して下さった沖縄県南部農業改良普及センターの金城鉄男氏に対しても深くお礼申しあげます。

引用文献

- Gisela C. Shonnard, P. Gepts (1994), Genetics of Heat Tolerance during Reproductive Development in Common Bean, *Crop Sci*, **34** : 1168-1175
- Hiroshi Nakano, Makoto Kobayashi, Takayoshi Terauchi (2000), Heat Acclimation and De-acclimation for Pod Setting in Heat-tolerant Varieties of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Jpn. J. Trop. Agr.*, **44**(2) : 123-129
- Katsuki Suzuki, Hiroyuki Takeda, Yoshinobu Egawa, Naofumi Tsukaguchi (1999), Morphological study on injury of pollen of snap bean by heat stress. *Proc. Int. Symp. "World Food Security"*. Kyoto : 203-206
- 久場峯子・宮城信一・長嶺由範・比嘉良興・望月龍也・田中和夫 (1999), 露地矮性サヤインゲンの一斉収穫栽培における品種特性 第2報 収穫時期の違いが品質に及ぼす影響, *九州農業研究*, **62** : 176
- Mayland, F.A. and L.L. Dean (1971), Chlorophyll content of persistent-green and normal snap bean pod (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **96**(3) : 362-365
- 中野寛・桃木徳博・大塚紘雄・大城正市・安田慶次・杉本明・中川仁・松岡誠・小林真・宮重俊一・寺内方克・花田俊雄 (1994), いんげんまめ農林1号 (ハイブシ), 新品種命名登録候補に関する資料, 国際農林水産業研究センター沖縄支所作作物育種研究室, p2, p15-18
- 沖縄県農林水産部 (2005), 沖縄県の園芸・流通, 那覇市, p123
- 崎山澄寿・宮崎浩平・福澤康典・川満芳信・上野正実 (2005), 沖縄産夏期野菜の光合成速度に与える各種環境要因の影響の光合成特性に関する研究, *沖縄農業*, **39**(1) : 19-35