

# 柱頭毛数の品種間差異および柱頭毛におよぼす低温処理の影響

誌名	育種学雑誌
ISSN	05363683
著者	鈴木, 正一
巻/号	35巻1号
掲載ページ	p. 65-71
発行年月	1985年3月

Shoichi Suzuki: Varietal Differences in Number of Stigma-hairs and Effect of Cold Treatment on the Character (Cold Tolerance in Rice Plants, with Special Reference to the Floral Characters III) (English summary on p. 71)

## 柱頭毛数の品種間差異および柱頭毛におよぼす 低温処理の影響(イネにおける障害型耐冷性 と花器形質との関係Ⅲ)

鈴木 正一

(名古屋大学農学部, 名古屋市<sup>1)</sup>, 〒464)

障害型耐冷性における花器形質とくに柱頭の大きさの意義を明らかにするために、柱頭毛の数と分枝の状態およびこれらの形質におよぼす低温の影響について検討した。葯長、柱頭長の異なる日本型品種の金南風、染分とその雑種 F<sub>2</sub> 分離個体ならびに柱頭長の異なる 7 品種を供試した。葯長、柱頭長ともに低温処理によって約 10% の減少が認められた。無処理区においては、柱頭長と柱頭毛の数との間および柱頭長と柱頭毛の長さとの間に高い正の相関関係(それぞれ  $r=0.872$ ,  $r=0.992$ ) が認められ、柱頭が長いものほど受粉可能な柱頭表面積が大きくなることが示唆された。また、低温処理による柱頭毛の数の変化は少ないが、分枝の少ない柱頭毛の比率が増加する傾向を示した。その結果、柱頭当りの総分枝数は低温処理によって著しく減少した。以上の結果から、柱頭の長いものは柱頭の短いものにくらべて受粉可能な柱頭表面積が大きいことによって受粉効率を高めていると考えられる。低温処理による柱頭長の減少は柱頭の長いものも短いものも 10% 程度で大差ないが、もともと柱頭の短いものでは低温処理による柱頭長の減少(受粉可能な柱頭表面積の減少)が受粉効率の低下に一層つながりやすいと考えられる。

KEY WORDS : *Oryza sativa*, cold tolerance, anther length, stigma length, stigma-hair.

### 緒 言

前報(鈴木 1982)において、葯長および柱頭長が障害型耐冷性の一つの指標となることを明らかにした。本報告は、受粉効率を規定する一つの要素である柱頭表面積の大小について検討したものである。柱頭毛の数と分枝の状態を調査することによって、柱頭表面積の品種間差異を明らかにするとともに、これらの形質におよぼす低温の影響と葯長におよぼす低温の影響についても言及した。

### 材料および方法

#### 葯長、柱頭長におよぼす低温の影響

金南風×染分の F<sub>2</sub> とその両親を供試した。材料種子を 1980 年 5 月上旬にバットに播種した。前報(鈴木 1982)と同様に、分けつの生育を促進するために播種密度を低くし(3 cm 間隔)、2 本目の分けつが 3 葉期になった時に主稈と各分けつを安全カミソリで切り離し、同一遺伝子型を有する個体を 3 個体ずつ養成した。それぞれ土を満した発泡スチロール製のカップ(口径 9 cm, 深さ 13 cm)に移植し、カップを水田に並べて自然条件下で栽培した。施肥は化成肥料(N : 3.6 kg/30 kg, P : 1.5 kg/30 kg, K : 3.0 kg/30 kg)を用い、移植 1 週間後、7 月上旬および 8 月上旬にカップ当たり 0.5 g を液肥として与えた。

同一遺伝子型を有する 3 個体のうち 2 個体を減数分裂期にフェイトロン(昼温 17°C, 夜温 12

1984 年 4 月 5 日受領

<sup>1)</sup> 現、富山医科薬科大学薬用植物園, 富山市

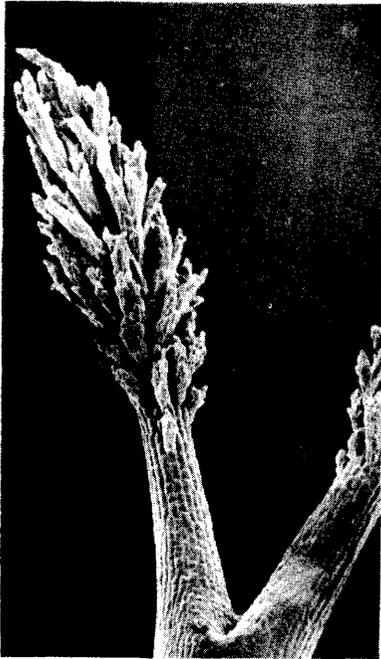


Fig. 1. Scanning electron micrograph of a stigma (variety Fujiminori).

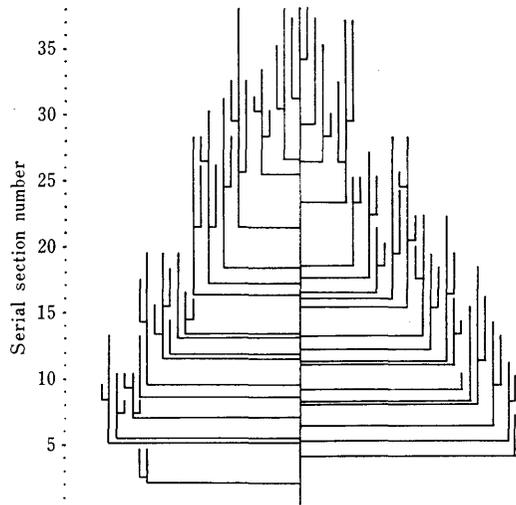


Fig. 2. Diagram illustrating a stigma reconstructed from serial transverse sections. Thirty-seven stigma-hairs are observed in this stigma (variety Sakaikaneko).

℃)へ搬入し、低温処理(5日間)を行った。低温処理を行った2個体のうち1個体は登熟期まで自然条件下で栽培し、不稔歩合を調査した。 $\arcsin \sqrt{\text{不稔歩合}}$ を不稔指数とした。低温処理を行った他の1個体および無処理区の1個体については、出穂日に個体当たり1穂をホルマリン・酢酸・80%アルコール混液(F. A. A.)で固定し、葯長、柱頭長を測定した。低温処理を行った個体については、処理終了後7~9日目に穂を出穂した穂を用いた。供試穎花の穂上位置は前報(鈴木1982)と同様とし、穂の先端より2, 3番目の一次枝梗の先端より3, 4番目の穎花を用いた。

#### 柱頭長と柱頭毛の数および長さとの関係

柱頭長の異なる7品種(酒井金子, 金南風, はやゆき, 清水糯, 染分, しおかり, 照稔)および金南風×染分のF<sub>2</sub>で分離した柱頭長の異なる7個体を供試した。品種については前々報(鈴木1981)で報告した材料(柱頭)を用い、F<sub>2</sub>の分離個体については前報(鈴木1982)で報告したものを用いた。柱頭毛は極めて密生しており(Fig. 1), 顕微鏡下でその数および分枝の状態を調査することは困難であるので、通常パラフィン切片法によって10~15μの連続横断切片を作製し、各切片をビニールシートにトレースし、柱頭を再構成した。再構成された柱頭の一例をFig. 2に示した。柱頭ごとに同様な図を作製して柱頭毛の数および分枝の状態を調査した。Fig. 2に示した柱頭の場合、37本の柱頭毛を有し、そのうちの9本(24.3%)は分枝が認められず、21本(56.8%)はふたまたに分枝し、残りの7本(18.9%)は2本の分枝を有していた。柱頭毛の長さについては、柱頭上部、中央部および基部に位置するものを柱頭当たりそれぞれ3本ずつ測定した。各品種、F<sub>2</sub>の分離個体ごとに5本の柱頭を供試した。

#### 柱頭毛の数におよぼす低温の影響

染分, 照稔, ミョウジョウ, 金南風の4品種を供試した。1/5000aのワグネルポットに移植し、減数分裂期に低温処理(昼温17℃, 夜温12℃, 5日間)を行った後、出穂日に穂をF. A. A.で

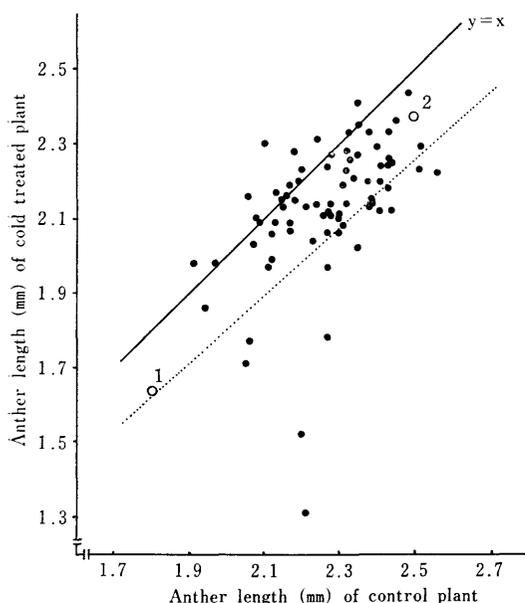


Fig. 3. Effect of cold treatment on anther length in  $F_2$  of Kinmaze  $\times$  Somewake. 1, 2: Parental variety Kinmaze and Somewake, respectively. Dotted line indicates 90% value of anther length of control plants.

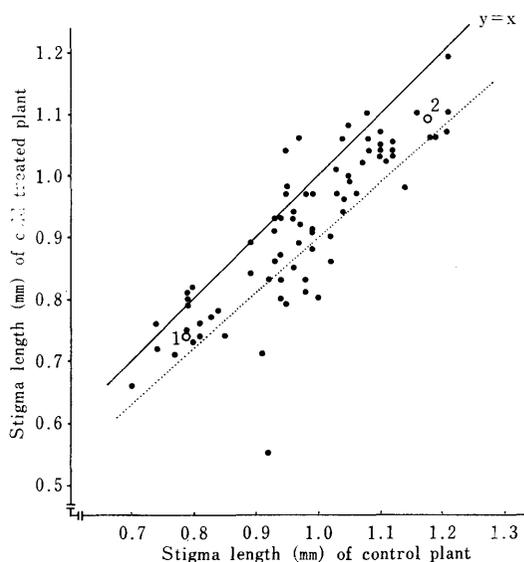


Fig. 4. Effect of cold treatment on stigma length in  $F_2$  of Kinmaze  $\times$  Somewake. 1, 2: Parental variety Kinmaze and Somewake, respectively. Dotted line indicates 90% value of stigma length of control plants.

固定した。固定穂を用いて上記と同様の方法によって柱頭を再構成し、柱頭毛の数および分枝の状態を調査した。

葯長、柱頭長、柱頭毛の長さの測定および柱頭の連続横断切片のトレースには、投影機 (Microviewer M-400, Hoken Shizai Hambai Co., Ltd.) を使用した。

## 結 果

### 葯長、柱頭長におよぼす低温の影響

Fig. 3 に無処理区の葯長と低温処理区の葯長との関係を、Fig. 4 に無処理区の柱頭長と低温処理区の柱頭長との関係を示した。縦軸、横軸にそれぞれ低温処理区と無処理区の値をとり、同一遺伝子型を有する個体を1つの点で表わした。葯長、柱頭長ともに大多数の点が  $y=x$  の直線よりも下方に分布し、両形質ともに低温処理によって短くなる傾向が認められた。低温処理の影響が著しかった個体を除くと、低温による葯長、柱頭長の減少程度は無処理区における葯および柱頭の長短とは関係なく、10% 前後であった。低温処理による葯長、柱頭長の減少が著しい個体についてみると、柱頭長の方が減少程度が大きい個体 (柱頭長で無処理区の 21% 減少、葯長で 9% 減少)、葯長の方が減少程度が大きい個体 (葯長で 17% 減少、柱頭長で 7% 減少) および両形質とも著しい減少を示した個体 (葯長で 41%、柱頭長で 40% 減少) が認められた。

低温処理区における不稔指数は 16.95 から 62.74 の間に分布した。不稔指数と無処理区の葯長、柱頭長との相関係数はそれぞれ  $r = -0.500$ ,  $r = -0.583$  で 0.1% 水準で有意であった。不稔指数と低温処理区の葯長、柱頭長との相関係数もそれぞれ  $r = -0.271$ ,  $r = -0.543$  と 5%, 0.1%

Table 1. Percentage of branched stigma-hairs in control plants

Variety	No. of stigmas observed	No. of branches per stigma-hair				
		0	1	2	3	4 ≤
Variety	13	27.8±7.79 <sup>1)</sup>	57.7±5.53	12.1±5.39	2.2±2.49	0.2±0.47
F <sub>2</sub> <sup>2)</sup>	7	34.4±5.96	46.9±8.86	12.5±5.88	2.9±1.94	3.5±6.24
	20	30.1±7.73	53.9±8.50	12.2±5.09	2.4±2.29	1.3±3.87

1) Mean (percentage)±standard deviation

2) F<sub>2</sub> of Kinmaze×Somewake

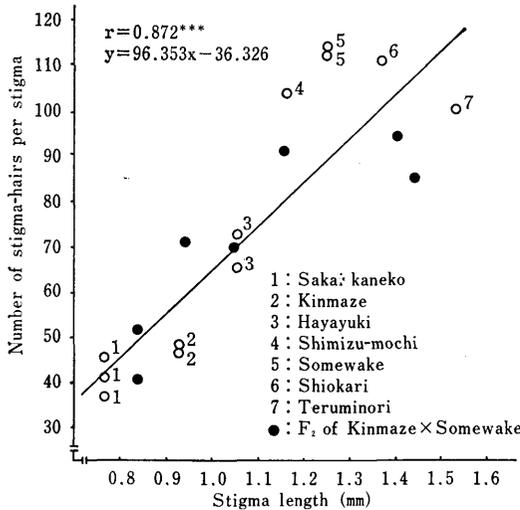


Fig. 5. Relation between the number of stigma-hairs per stigma and stigma length.

\*\*\*: Significant at the 0.1% level

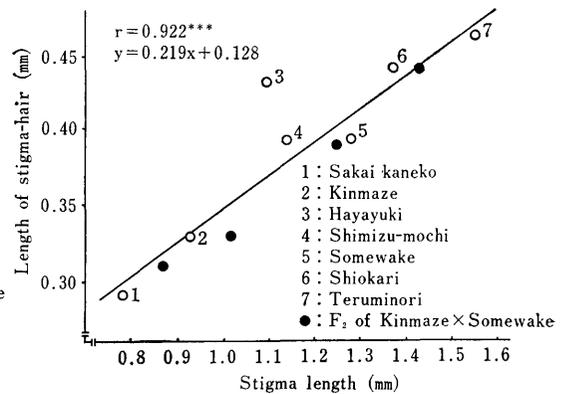


Fig. 6. Relation between the length of stigma-hair and stigma.

\*\*\*: Significant at the 0.1% level

水準で有意であった。一方、不稔指数と低温処理による葯長、柱頭長の減少程度{(無処理区の長さ)-(低温処理区の長さ)}との相関係数はそれぞれ  $r=0.035$  および  $r=-0.027$  であった。

#### 柱頭長と柱頭毛の数および長さとの関係

Fig. 5 に柱頭長と柱頭毛の数との関係を示した。柱頭毛の数には顕著な品種間差異が認められ、最も少ない酒井金子で 37 本、最も多い染分で 114 本であった。品種、F<sub>2</sub> の分離個体ともに柱頭が長いものほど柱頭毛の数は多くなる傾向を示した。柱頭長と柱頭毛の数との相関係数は、品種間で  $r=0.903$ 、F<sub>2</sub> の分離個体間で  $r=0.859$ 、品種と F<sub>2</sub> の分離個体を込みにした場合  $r=0.872$  で、それぞれ 0.1%、5%、0.1% 水準で有意であった。

Table 1 に柱頭毛の分枝の状態を示した。分枝数 1 (ふたまた分枝) の柱頭毛の頻度が最も高く(約 54%)、次いで分枝数 0 (分枝しない) の柱頭毛が多かった(約 30%)。柱頭長と柱頭毛の分枝の状態との間には一定の関係は認められず、長い柱頭(柱頭毛の多い柱頭)においても短い柱頭(柱頭毛の少ない柱頭)においても分枝数 0, 1, 2, 3 および 4 以上の柱頭毛の存在比率は同様であった。

柱頭毛の長さについては、柱頭上部に位置するものと中央部に位置するものとの間に位置による差は認められなかった。しかし、基部に位置する柱頭毛は上部および中央部のものよりも短く、かなりのばらつきが見られた。そこで、上部と中央部に位置する柱頭毛の平均長と柱頭長との関係を

Table 2. Effect of cold treatment on stigma-hair

Variety		No. of stigmas observed	No. of stigma-hairs per stigma	No. of branches per stigma-hair					No. of branches per stigma
				0	1	2	3	4 ≤	
Somewake	C <sup>1)</sup>	5	103.4 ±8.79	24.6 ±3.59 <sup>2)</sup>	57.4 ±8.23	15.0 ±6.30	2.9 ±1.92	0.2 ±0.40	213.2
	C. T	5	100.0 ±8.09	29.0 ±4.91	56.5 ±5.59	14.1 ±2.58	0.4 ±0.52	0	185.6
Teruminori	C	4	92.8 ±9.91	30.4 ±1.90	58.5 ±3.39	10.0 ±4.49	1.1 ±1.56	0	168.3
	C. T	5	98.6 ±6.84	45.2 ±12.23	50.8 ±10.20	3.8 ±3.11	0.2 ±0.49	0	156.0
Myoujou	C	5	66.2 ±3.43	34.7 ±4.93	46.3 ±6.19	16.2 ±1.79	2.1 ±0.92	0.6 ±0.79	124.2
	C. T	5	58.6 ±6.43	49.3 ±9.93	40.0 ±6.98	9.7 ±4.89	0.9 ±1.34	0	95.0
Kinmaze	C	5	59.2 ±3.96	34.2 ±6.51	50.5 ±6.06	12.2 ±3.44	2.0 ±2.17	0.7 ±1.61	107.8
	C. T	5	52.4 ±6.95	36.1 ±4.45	51.8 ±3.45	11.8 ±2.77	0.3 ±0.72	0	92.4

1) : { C : Control  
C. T : Cold treatment

2) : Mean (percentage) ± standard deviation

\*, \*\*: Significant at the 5%, 1% level, respectively

Fig. 6 に示した. 柱頭毛の長さはいかなる品種間差異を示し, 0.29 mm (酒井金子) から 0.46 mm (照稔) の間に分布した. F<sub>2</sub> の分離個体においても同様に個体間差異が認められ, 0.31 mm から 0.44 mm の変異を示した. 柱頭長と柱頭毛の長さの間には密接な関係が認められ, 柱頭が長くなるにつれて柱頭毛も長くなった. 両形質間の相関係数は品種間で  $r=0.903$ , F<sub>2</sub> の分離個体間で  $r=0.993$ , 品種と F<sub>2</sub> の分離個体を 込みにした場合  $r=0.922$  ともに 0.1% 水準で有意であった.

#### 柱頭毛の数におよぼす低温の影響

Table 2 に同一遺伝子型を有する個体の無処理区および低温処理区における柱頭毛の数と分枝の状態を示した. 低温処理による柱頭毛の数の変動は少なく, ミョウジョウにおいて有意な減少が認められたに過ぎなかった. 一方, 分枝数 0, 1, 2, 3 および 4 以上の柱頭毛の存在比率は低温処理によって変化し, 分枝の少ない柱頭毛の比率が高くなる傾向を示した. とくに照稔とミョウジョウでこの傾向が顕著であった. この結果として, 柱頭当りの総分枝数は低温処理によって著しく減少した. 総分枝数の減少程度は染分, ミョウジョウで大きく (それぞれ 1% レベルで有意), 金南風がこれに次いだ (5% レベルで有意).

#### 考 察

低温によって葯の発育が抑制され, 開花時で無処理区に比べ葯長が 10~20% 短くなることが報告されている (NISHIYAMA 1970, SATAKE and HAYASE 1970). また, 低温処理後開花時に葯が裂開し, 受精が行われるためにはある値以上の花粉稔性が必要であり, その値は品種により異なるが 30~50% である (SAWADA 1971). 減数分裂期の低温処理によって葯長が無処理区の 90% 以下となった場合には花粉稔性が著しく低下する (鈴木 1978). したがって, 本実験において認められた低温処理による葯長の減少は, 花粉稔性の低下を伴うものと考えられる. その結果, 受粉効率を規定する 1 つの要素である葯からの花粉放出量も低下するものと考えられる. さらに, 本実験にお

いても不稔指数と無処理区の葯長、柱頭長との間に有意な負の相関関係が認められ前報(鈴木1982)の結果が確認された。

これまでに柱頭長や柱頭毛の量と稔性との関係を詳しく研究した報告は見られない。本実験の結果によれば、柱頭当りの柱頭毛の数には顕著な品種間差異が認められ、最も多い染分では最も少ない酒井金子の約3倍に達した。また、柱頭長と柱頭毛の数および長さとの間にそれぞれ高い正の相関関係が認められ、柱頭が長くなるにつれて柱頭毛の数は増加し、柱頭毛の長さも増加した。一方、柱頭毛の分枝の状態については、柱頭の長短による差異は認められなかった。直接的には柱頭表面積の測定を行っていないが、長い柱頭は短い柱頭よりも受粉に関与する柱頭表面積が大きく、より効率的に受粉を行えるものと考えられる。さらに、育種的には柱頭長を受粉可能な柱頭表面積の指標として用いることができると考えられる。

低温処理によって柱頭長は葯長と同様に約10%減少したが、柱頭毛の数の変動は少なかった。しかし、柱頭毛の分枝の状態は低温処理によって変化し、分枝の少ない柱頭毛の比率が高まり、これに伴ない柱頭当りの総分枝数は著しく減少した。柱頭毛の数に対する低温処理の影響が小さかったのは、低温処理開始前に柱頭毛原基の形成が完了していたためと考えられる。また、柱頭毛の分枝数が低温処理によって大きく減少したのは、分枝の分化が低温処理開始以後に行われたためと考えられる。これらの結果として低温処理によって受粉に関与する柱頭表面積は減少するものと考えられる。

柱頭については、低温によってその機能は低下するが、開花時に健全な花粉を受粉することによって高い稔実歩合を示すことから、不稔の原因となるほどの障害は受けないとされている(寺尾ら1940, HAYASE et al. 1969)。しかし、不稔指数と柱頭長(受粉可能な柱頭表面積)との間に負の相関関係が認められることから、柱頭表面積の減少が不稔発生の一因であると考えられる。たとえば、染分のように長い葯(穎花当りの花粉粒数が多い)、長い柱頭(受粉可能な柱頭表面積が大きい)を有する品種は低温処理された場合にも、開花時に葯より放出される花粉粒数が多く、受粉可能な柱頭表面積も大きいものに対して、金南風、ミョウジョウのようにもともと葯、柱頭ともに短く、穎花当りの花粉粒数が少なく、受粉可能な柱頭表面積の小さい品種では、低温処理によって受粉効率を規定する2つの要素(葯からの花粉放出量と受粉可能な柱頭表面積)がともに低下するために不稔になりやすいと考えられる。葯が長く柱頭が短い品種あるいは葯が短く柱頭が長い品種は受粉効率も中程度となり、低温処理による不稔の発生は、両形質とも長い品種と短い品種との中間的な値を示すものと考えられる。

以上のように障害型耐冷性の品種間差異は葯当りの花粉粒数と受粉可能な柱頭表面積によって規定される受粉効率の差異として説明できるものと考えられる。さらに、これらの育種的な指標として無処理区の葯長、柱頭長を用いることができると考えられる。

低温処理による発育の抑制程度が葯と柱頭とで異なる個体が認められたが、この差異が遺伝的なものか低温の影響を受けた発育ステージの差によるものかは明らかではない。

#### 謝 辞

本研究の遂行に当り、終始適切なお批判とご助言をいただいた名古屋大学農学部の蓬原雄三教授に心から感謝いたします。また、柱頭の走査電子顕微鏡写真(Fig. 1)は、名古屋大学農学部の武岡洋治助教授よりいただいた。記して感謝の意を表します。

#### 引用文献

HAYASE H., T. SATAKE, I. NISHIYAMA and N. ITO 1969. Male sterility caused by cooling treatment at

- the meiotic stage in rice plants. II. The most sensitive stage to cooling and the fertilizing ability of pistils. Proc. Crop Sci. Soc. Japan **38** : 706~711.
- NISHIYAMA I. 1970. Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. IV. Respiratory activity of anthers following cooling treatments at the meiotic stage. Proc. Crop Sci. Soc. Japan **39** : 65~70.
- SATAKE T. and H. HAYASE 1970. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. V. Estimations of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. Proc. Crop Sci. Soc. Japan **39** : 468~473.
- SAWADA S. 1971. Relationships between pollen fertility and fertilization in rice plants. Res. Bull. Obihiro Univ. Series I, **7** : 351~356.
- 鈴木正一 1978. 低温処理によるイネの葯および花粉の異常とその品種間差異. 育雑 **28** : 21~32.
- 1981. イネにおける障害型耐冷性と花器形質との関係. I. 葯長および柱頭長の品種間差異と栽植密度の影響. 育雑 **31** : 57~64.
- 1982. ———— II. 分離世代における花器形質と障害型耐冷性との関係. 育雑 **32** : 9~16.
- 寺尾 博・大谷義雄・土井彌太郎・趙 重九 1940. 水稻冷害の生理学的研究(予報)〔Ⅲ〕花粉並に雌蕊の機能に関する低温の影響. 日作紀 **12** : 196~202.

### Summary

Varietal differences in the number of stigma-hairs and the effect of cold treatment on the character were studied in several Japanese paddy rice varieties and in the  $F_2$  of the hybrids between the varieties Kinmaze and Somewake. As it was difficult to count the number of stigma-hairs under a microscope, stigmas were reconstructed from serial transverse sections. The length of both anther and stigma was less by ten percent than that of the control after cold treatment (day temperature 17°C and night temperature 12°C for 5 days) at the meiotic stage. Two floral characters (anther and stigma length) of the control and plants subjected to the cold treatment were both negatively correlated with the sterility index,  $\arcsin \sqrt{\text{percent of sterility}}$ .

There were distinct varietal differences in the number and length of hairs per stigma. In control plants, the mean number of stigma-hairs per stigma ranged from 41 (Sakai-kaneko) to 113 (Somewake) and was highly correlated with the stigma length ( $r=0.872$ ). Moreover there was a significant correlation between the length of stigma-hair and that of stigma ( $r=0.922$ ). The frequency of branched stigma-hair was constant in control plants whereas stigma length varied. From these observations it is reasonable to conclude that the longer the stigma, the wider the surface area of a stigma to which pollen grains adhere at anthesis. In plants subjected to the cold treatment, the decrease in the number of stigma-hairs was negligible whereas the total number of stigma-hair branches was significantly decreased, especially in Somewake and Myoujou. This suggests that the long stigma character was affected by the cold treatment at the meiotic stage as well as that of the short one, but that the decrease in the surface area of the long stigma was lower than that of the short one.

S. SUZUKI

*Faculty of Agriculture, Nagoya University, Nagoya, 〒464*

Present address : *Herbal Garden, Toyama Medical and Pharmaceutical University, Toyama, 〒930-01*