



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	印度稻 Surjamkhi にみられる稈先の花青素着色形質の遺伝子分析 : (稲の交雑に関する研究 第L II 報)
Author(s)	森, 宏一; MORI, Koh-ichi; 木下, 俊郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 8(3), 267-276
Issue Date	1972-06-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11837">https://hdl.handle.net/2115/11837</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	8(3)_p267-276.pdf



# 印度稲 Surjamkhi にみられる稈先の 花青素着色形質の遺伝子分析\*

(稲の交雑に関する研究 第LII報)

森 宏一・木下俊郎・高橋萬右衛門

## Genic analysis of anthocyanin color character in the indica type rice variety "Surjamkhi"

(Genetical studies in rice plant, LII)

Koh-ichi MORI, Toshiro KINOSHITA and Man-Emon TAKAHASHI

(Plant Breeding Institute, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

Received November 30, 1971

### 緒 言

稲体の花青素着色形質に関しては従来多くの報告がなされている。まず日本稲群間では長尾(1947), 高橋(1957), 長尾・高橋(1963)により花青素着色には色原素C, 活性化遺伝子A及び分布遺伝子Pの存在により稈先着色がみられることが報告され, 一方印度稲群間でも基本的にはC-A-P遺伝系が存在し, これらに加えて花青素の色調を変更する遺伝子やC座やA座に於いて複対立遺伝子の分化が進んでいる可能性をも認められた(高橋・木下1967, 高橋・木下・森1968)。また特定の印度稲品種を用いたときにはC-A-P遺伝系からは期待されない異常分離比が観察されることも水島・近藤(1959, 1960)により報告されている。

本実験では水島等が先に日印間交雑で異常分離を見出した交雑実験に用いた印度稲品種“Surjamkhi”を日本稲の花青素分析用検定系統と交雑し, F<sub>3</sub>世代までの観察結果にもとづいて花青素基本着色遺伝子の構成につき検討を行なった。

実験の遂行にあたり, 実験材料の栽培・管理に種々の御援助を賜った弘前大学附属農場長森助教授に対して深く感謝の意を表する。

### 材料及び方法

供試した検定系統及び品種はTable 1に示す如くであ

Table 1. List of strains used in this experiments.

strain	genotype
A-5 Akamuro	$C^{Br}AP$
A-13 Chabo	$C^{BA}P$
A-28 Ebisu-mochi	$C^{BA}P$
A-31 Fukoku	$C^{Bm}A^+P$
A-43 Hokkai-mochi	$C^{Bm}A^+P$
A-58 Kokushokuto-2	$C^{BA}P$
A-133 Norin No. 9	$C^+A^dP$ or $C^{Bm}A^dP$
N-4 Yoshin momo	$C^{BA}dP$
N-44	$C^+AP$ or $C^{Bm}AP$
H-21	$C^{Bv}A^+P$
H-59	$C^{BA}dP$
H-61	$C^{Bv}AP^+$
H-123	$C^{BA}P$
H-138	$C^{BA}dP$
I-33 Surjamkhi	$(C^{BA}P)$

る。印度稲品種として用いた Surjamkhi はインド原産で農業技術研究所伊藤隆博士から分譲を受けたもの, その他の系統は北海道大学農学部育種学教室保存のものである。Surjamkhi と日本稲の標識遺伝子型系統間の交雑14組合せについてはF<sub>1</sub>及びF<sub>2</sub>世代を, またそのう

\* 北海道大学農学部育種学教室業績

Table 2. Classification of anthocyanin coloration.

type of coloration	genotype	anthocyanin color shade	mode of coloration		
			apiculus	empty glume	internode
I	<i>C<sup>B</sup>AP</i>	blackish red purple	full	full	striped
II	<i>B<sup>Bp</sup>AP</i>	pansy purple	do	do	—*
III	<i>C<sup>B</sup>A<sup>d</sup>P</i>	amaranth purple	do	do	striped
IV	<i>C<sup>Bp</sup>A<sup>d</sup>P</i>	pomegranate purple	do	colored at apex	—
V	<i>C<sup>Br</sup>AP</i>	rose red	do	do	—
VI	<i>C<sup>Br</sup>A<sup>d</sup>P</i>	seashell pink	only at apex	not detectable	—
GT	<i>C<sup>B</sup>A<sup>+</sup></i> or <i>C<sup>Bp</sup>A<sup>+</sup></i>	russet or tawny	full	full	—
Gt	<i>C<sup>+</sup>A, C<sup>+</sup>A<sup>+</sup>, CAP<sup>+</sup></i>	white or straw white	—	—	—

Note: \* indicates "uncolored"

Table 3. Segregation mode of apiculus color in F<sub>2</sub> of the crosses.  
I-33 Surjamkhi × tester strains.

genotype of tester	combination	type of cross	type of F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> segregation								total	fitness		
				I	II	III	IV	V	VI	Gt	GT		ratio	χ <sup>2</sup>	P
<i>C<sup>B</sup>AP</i>	A-58 × I-33	I × I	I	385		<u>17*</u>						402			
<i>C<sup>B</sup>A<sup>+</sup>P</i>	A-28 × I-33	GT × I	I	258		<u>2</u>					72	332	I+III:GT=3:1	1.94	.2-.1
	I-33 × H-123	I × GT	I	198	<u>10</u>	<u>13</u>		3		3	12	297	I+II+III+V:VI+Gt+GT=3:1	0.03	.9-.8
	I-33 × A-13	I × GT	I	282							97	379	I:GT=3:1	0.07	.8-.7
<i>C<sup>B</sup>A<sup>d</sup>P</i>	I-33 × N-4	I × III	I	240	<u>43</u>	73	<u>27</u>					383	I+II:III+IV=3:1	0.25	.7-.5
	I-33 × H-59	I × III	I	287		106	<u>1</u>					394	I:III+IV=3:1	0.98	.5-.3
	I-33 × H-138	I × III	I	334		89				<u>1</u>		424	I:III+VI=3:1	3.22	.1-.05
<i>C<sup>+</sup>AP</i>	I-33 × N-44	I × Gt	I	418	<u>45</u>	<u>21</u>				<u>7</u>	7	498	I+II+III:VI+Gt=3:1	130.77	.001>
<i>C<sup>Br</sup>AP</i>	I-33 × A-5	I × V	I	318	<u>135</u>			19				472	I+II:V=3:1	110.75	.001>
<i>C<sup>Bp</sup>A<sup>+</sup>P</i>	I-33 × H-21	I × GT	I	242	<u>58</u>	<u>2</u>	<u>1</u>				17	398	I+III:II+IV:Gt+GT=9:3:4	5.29	.1-.05
<i>C<sup>Bm</sup>A<sup>+</sup>P</i>	I-33 × A-43	I × Gt	I	551	<u>87</u>	<u>17</u>				8	24	687	I+II+III:VI+Gt=9:7	326.72	.001>
	I-33 × A-31	I × Gt	I	245	<u>43</u>						24	410	I+II:Gt+GT=9:7	32.63	.001>
<i>C<sup>+</sup>A<sup>d</sup>P</i>	A-133 × I-33	Gt × I	I	374	<u>81</u>	127				<u>1</u>	47	630	I+II:III:VI+Gt=9:3:4	105.36	.001>
<i>C<sup>Bp</sup>AP<sup>+</sup></i>	H-61 × I-33	Gt × I	I	242	117					<u>1</u>	133	493	I+II:VI+Gt=3:1	1.25	.3-.2

\* The underlined indicates the unexpected type from the genotypes of the parents.

ちの4組合せについてはF<sub>3</sub>系統をも育成して後代検定を行なった。F<sub>2</sub>集団を北海道大学農学部世代短縮温室、同大学農学部実験圃場に加えて、弘前大学農学部附属金木農場の水田にも栽植することにより、花青色素着色形質発現の環境変異をたしかめ、分析の精度を高めることに留意した。花青色素の着色様式並びに色調の調査に用いた記号はTable 2に示す如くである。即ちI型からVI型までの花青色素着色型、Tawny型(GT)及び緑色—葉色型(Gt)の8種である。

### 実験結果

印度稲 Surjamkhi (以後 I-33 と略称) の稈先色は暗紫色であり、これは日本稲の  $C^BAP$  にもとづく表現型、即ち I 型に相当する。I-33 を一方の親とする 14 交雑組合せの F<sub>1</sub> の稈先色は全て I 型である。F<sub>2</sub> に於ける着色型の分離は Table 3 に示す如く、両親型と F<sub>1</sub> 型のほかに種々の着色型を分離した。

日本稲検定系統の遺伝子型が  $C^BAP$  の交雑、A-58 × I-33、に於いては F<sub>1</sub> は I 型、F<sub>2</sub> では I 型の他に III 型を生じた。いま I-33 の遺伝子型を  $C^BAP$  とするならばこの組合せでは III 型の出現は期待されない。F<sub>2</sub> 系統の調査を行なったところ F<sub>2</sub> で III 型となった個体は F<sub>3</sub> では全て I 型に固定した。従って F<sub>2</sub> に於ける III 型の着色は環境変異によるとみなしてよい。

遺伝子型が  $C^BA^+P$  あるいは  $C^BA^dP$  の検定系統と組合せた場合には A 遺伝子のみについての分離が期待される。まず、検定系統が  $C^BA^+P$  の組合せ、A-28 × I-33 では、I-33 が  $C^BAP$  ならば F<sub>2</sub> は I 型と GT 型となるはずであるが、実験結果は期待外の 2 個体 (III 型) を生じた他は期待と一致した。一方、I-33 × H-123 では各種の予期されない着色型 (II, III, V 及び VI 型) をかなり生じた。然しいま仮に I 型のなかに II, III 及び V 型を加えて花青色素着色型とし、また Tawny 色と微量着色である VI 型を緑色型に含めて着色型と緑色型に大別するならば A 遺伝子単独による分離 (A : A<sup>+</sup>) による期待比 3 : 1 によく一致する。 $C^BA^dP$  の検定系統との交雑、即ち I-33 × N-4、I-33 × H-59、I-33 × H-138 の 3 種の組合せでも理論上期待されない II, IV, VI 型を生じたが、これらを夫々類似の型に含めて着色型 (I+II) : 着色型 (III+IV+VI) に 2 大別すると、やはり A : A<sup>d</sup> の分離による期待比 3 : 1 によく一致する。従ってこれも A 遺伝子に基づく分離であるとみなしてよいと考えられる。

一方、日本稲検定系統に  $C^+AP$  あるいは  $C^{Br}AP$  を用いた場合の交雑組合せ、I-33 × N-44 及び I-33 × A-5 で

は C 遺伝子座についての分離のおこることが期待される。I-33 × N-44 の F<sub>2</sub> は着色 (I+II+III) : 緑色 (VI+Gt) に大別され、I-33 × A-5 では (I+II) 型 : V 型に分類が可能であった。然し両組合せ共に観察値は C の分離として期待される分離比 3 : 1 とは明らかに一致しなかった。

日本稲検定系統が  $C^{Br}A^+P$ 、 $C^{Br}A^dP$  あるいは  $C^+A^dP$  の遺伝子型である交雑組合せでは、C 及び A 遺伝子の複合分離比が期待される。まず I-33 × H-21 に於いては I-33 を  $C^BAP$  とすると F<sub>2</sub> では  $C^BAP : C^{Br}AP : C^BA^+P + C^{Br}A^+P$ 、即ち I 型 : II 型 : 緑色型を 9 : 3 : 4 の比に分離するはずであるが、観察結果は期待比に適合した。また A 遺伝子のみについての分離をとると (I+II+III+IV) : (Gt+GT) に大別して A : A<sup>+</sup> が 3 : 1 によく適合したが、C に関する分離では I : II+III+IV = 242 : 61 となり、これは 3 : 1 に適合しない。I-33 × A-31 及び A-133 × I-33 では着色型 (I+II+III) : 緑色型 (VI+Gt+GT) に分類した場合、C と A の複合分離比としての 9 : 7 が期待される。然し観察値は理論比に適合しなかった。

日本稲検定系統が  $C^{Br}AP^+$  なる遺伝子型を有する交雑組合せである H-61 × I-33 に於いては P 遺伝子による分離が期待される。ここで着色型 : 緑色型に区分するならば、観察結果は期待比 3 : 1 によく適合したが、 $C^B : C^{Br}$  の分離である I 型 : II 型については期待比 3 : 1 に適合しなかった。水島・近藤 (1959, 1960) 及び近藤 (1963) によると I-33 は C 座を重複して有しているため日本稲と交雑するとしばしば 4 遺伝子を担う染色体が自由に対合する場合があります、その結果 4 染色体分離 (例えば  $C^B : C^+ = 35 : 1$ ) がみられると推定している。また 2 個の相同染色体を選択的に対合する場合には重複遺伝子による比、例えば  $C^B : C^+ = 15 : 1$ 、になると仮定している。また C と A が同時に分離する場合には、C と A のいずれか一方のみが転座をおこしている時には 15 : 1 と 3 : 1 の組合せによる 57 : 7 (約 8 : 1) の分離比が期待されると論じている。さて著者等の得た Table 3 の異常分離について水島・近藤の仮説を適用してみると I-33 × N-44 の F<sub>2</sub> では Table 4 に示す如く C 座の重複による 4 染色体分離から期待される理論比 35 : 1 によく適合する値となった。また I-33 × A-5 の F<sub>2</sub> では 15 : 1 と 35 : 1 のいずれにも適合するとみてよい結果であった。I-33 × H-21 は C, A 両遺伝子の分離がみられる場合であるが、Table 5 の如く着色型 (I+II+III+IV) : 緑色型 (Gt+GT) に分けると、期待比 3 : 1 によく適合した。I-33 × A-43 では C 座

**Table 4.** F<sub>2</sub> segregation of the apiculus color in the crosses, I-33×N-44 and I-33×A-5.

combination	segregation ratio	F <sub>2</sub> segregation			total	fitness	
			colored (C <sup>B</sup> )	colorless (C <sup>+</sup> )		χ <sup>2</sup>	P
I-33×N-44	C <sup>B</sup> : C <sup>+</sup>	obs.	484	14	498	130.77	.001>
	3 : 1	cal.	373.5	124.5	498		
	15 : 1	cal.	467	31	498	10.05	.01-.001
	35 : 1	cal.	484	14	498	0.00	1
			colored (C <sup>B</sup> )	colored (C <sup>B<sup>r</sup></sup> )			
I-33×A-5	C <sup>B</sup> : C <sup>B<sup>r</sup></sup>	obs.	453	19	472	110.75	.001>
	3 : 1	cal.	354	118	472		
	15 : 1	cal.	442.5	29.5	472	3.99	.05-.02
	35 : 1	cal.	459	13	472	2.72	.1-.05

**Table 5.** F<sub>2</sub> segregation of the apiculus color in the crosses, I-33×H-21, I-33×A-43, I-33×A-31 and A-133×I-33.

combination	segregation		apiculus color			total	fitness		
	C locus	A locus	colored		colorless		χ <sup>2</sup>	P	
I-33×H-21	C <sup>B</sup> : C <sup>B<sup>p</sup></sup>	A : A <sup>+</sup>	obs.	303	95	398	0.27	.7-.5	
	3 : 1	3 : 1	cal.	298.5	99.5	398			
I-33×A-43	C <sup>B</sup> : C <sup>B<sup>m</sup></sup>	A : A <sup>+</sup>	obs.	655	32	687	326.72	.001>	
	3 : 1	3 : 1	cal.	386	301	687			
	35 : 1	35 : 1	cal.	648	39	687			1.33
I-33×A-31	C <sup>B</sup> : C <sup>B<sup>m</sup></sup>	A : A <sup>+</sup>	obs.	288	122	410	32.63	.001>	
	3 : 1	3 : 1	cal.	231	179	410			
	15 : 1	3 : 1	cal.	288	122	410			0.00
			colored		colorless				
			(I)	(III)					
A-133×I-33	C <sup>B</sup> : C <sup>+</sup>	A : A <sup>d</sup>	obs.	455	127	48	630	105.36	.001>
	3 : 1	3 : 1	cal.	355	118	157	630		
	15 : 1	3 : 1	cal.	443	148	39	630		

も A 座も 4 染色体分離をする場合、即ち (35:1) と (35:1) の組合せから期待される着色型: 緑色型=1225:71 の比として、よくそれに適合した。然し、I-33×A-31 では C<sup>B</sup>:C<sup>B<sup>m</sup></sup> が 15:1, A:A<sup>+</sup> が 3:1 に分離する場合の着色型: 緑色型 (GT を含む)=45:19 の比の方に適合する。A-133×I-33 では C<sup>B</sup>:C<sup>+</sup> が 15:1, A:A<sup>d</sup> が 3:1 に分離する場合の I, II 型着色: III 型着色: 緑色=45:15:4 の比に適合する。従って I-33×A-43 については C 座についても A 座についても遺伝子を重複して有していることになる。然し Table 3 で明らかな如く、日本稲

検定系統の A-28, H-123, A-13, N-4, H-59, H-138, H-21 を用いると A 座の重複による分離比 (A:A<sup>+</sup>=35:1) は全く生じない。一方日本稲検定系統 A-31, A-133 を用いた場合には C<sup>B</sup>:C<sup>+</sup> は 15:1 となり、これは水鳥説による C 座の転座或いは選択的対合による結果と考えられる比となったわけである。次いで C と P の分離の期待される交雑組合せ H-61×I-33 に於いては P:P<sup>+</sup> は 3:1 となるが C<sup>B</sup>:C<sup>B<sup>p</sup></sup> は 35:1, 15:1 のいずれの分離比にも適合せず、ここでの分離比は 2:1 である (Table 6)。

**Table 6.** Segregation of apiculus color in F<sub>2</sub> of the cross H-61×I-33.

segregation ratio		F <sub>2</sub> segregation		total	fitness	
		colored (P)	colorless (P <sup>+</sup> )		χ <sup>2</sup>	P
P : P <sup>+</sup> 3 : 1	obs.	359	134	493	1.25	.3-.2
	cal.	370	123	493		
		colored (C <sup>B</sup> )	colored (C <sup>Bp</sup> )			
C <sup>B</sup> : C <sup>Bp</sup> 3 : 1 2 : 1	obs.	242	117	359	11.03	.001 >
	cal.	269	90	359		
	cal.	239	120	359		

**Table 7.** Segregation of apiculus color in the F<sub>3</sub> pedigrees.

F <sub>2</sub> phenotype	F <sub>3</sub>					observed number of pedigrees* a) b) c)			
	type of segregation		theoretical expectation						
	colored (C <sup>B</sup> )	colorless (C <sup>+</sup> )	ratio	cal.					
colored (C <sup>B</sup> )	1		1	12	12.5	10	12	17	
	3	:	1	2	25	25	21	22	15
	15	:	1				3	5	15
	9	:	7				2		
	12	:	27				1		
colorless (C <sup>+</sup> )		1	1	12	12.5	12	11	3	
total			4	49	50	49	50	50	
	colored (C <sup>B</sup> )	colored (C <sup>Bp</sup> )				d)			
colored (C <sup>B</sup> )	1		1		12.5	22			
	3	:	1	2	25	10			
	15	:	1			10			
	2	:	39			1			
colored (C <sup>Bp</sup> )		1	1		12.5	7			
total			4		50	50			

Note \* a) I-33×A-43, b) I-33×N-44, c) A-133×I-33, d) I-33×A-5

I-33 と日本稲検定系統との交雑 4 組合せ、即ち I-33×A-43, I-33×N-44, A-133×I-33, I-33×N-4 の F<sub>2</sub> 集団より無作為に抽出した個体を用いて F<sub>3</sub> 系統を養成した結果は Table 7 の如くである。I-33×A-43 の F<sub>2</sub> に於ける着色個体由来の F<sub>3</sub> 系統では着色型及び緑色型固定系統群と着色型：緑色型に分離する系統群を生じた。尚、F<sub>2</sub> で III 型着色を示した個体の F<sub>3</sub> 系統はいずれも I 型：G (t) 型に分離するか、或いは I 型の固定系統となった。従って A-58×I-33 の場合の如く I 型と III 型着色は同じ遺伝子型を有すると考えられる。F<sub>3</sub> の系統内分離比

は着色型：緑色型につき 3:1 の場合と 15:1 の場合の外に、新たに 9:7 に分離する 2 系統と 12:27 に分離する 1 系統があった。次いで I-33×N-44 の F<sub>3</sub> 系統では着色型固定系統、単遺伝子分離型及び 2 因子分離型と緑色型固定系統が得られた。尚 F<sub>2</sub> で III 型着色個体の F<sub>3</sub> 系統はいずれも I 型固定系統か、或いは I 型：G (t) 型の分離を示した。A-133×I-33 の F<sub>3</sub> 系統は着色型固定、3:1 及び 15:1 の分離並びに緑色型固定と言う結果であった。I-33×A-5 に於いては F<sub>2</sub> で濃紫色着色個体 (I 型) と淡紫色・赤淡個体 (II 型及び V 型) を生じたが I 型個体由

来の  $F_3$  系統では濃紫色固定系統と濃紫色:淡赤色が 3:1 或いは 15:1 に分離する場合及び異常分離比である 2:39 に分離する場合がみられ、淡赤色 (V 型) 由来の  $F_3$  系統からは淡赤色固定系統のみを生じた。I-33×A-43, I-33×N-44, A-133×I-33 の  $F_3$  に於いて着色型固定系統群と着色分離型系統群の系統比をとると 1:2 によく適合する結果となった。これらの  $F_3$  の後代検定の結果は水鳥説によっては説明が困難である。

尚、遠縁稲間交雑に於いては交雑不稔性がおこり、それが原因となって各種形質の異常分離をおこしている場合があるが、本実験に用いた交雑組合せの  $F_1$  は Table 8 にみられる如くほとんど総ての組合せで高稔性を示すものである。もっとも一部には稔性の低い組合せもあるが、そのことと異常分離の出方との間には関連があるとは認めがたかった。

Table 8. Spikelet fertility in the  $F_1$  of the cross combination.

combination	spikelet fertility (%)
A-58 × I-33	96
A-28 × I-33	62
I-33 × H-123	80
I-33 × A-13	95
I-33 × N-4	97
I-33 × H-59	91
I-33 × H-138	86
I-33 × N-44	81
I-33 × A-5	86
I-33 × H-21	62
I-33 × A-43	84
I-33 × A-31	90
A-133 × I-33	57
H-61 × I-33	96
mean	84

### 考 察

Table 3 に示すごとく、日本稲検定系統、A-28, H-123, A-13, N-4, H-59, H-138, H-21, A-31 及び A-133 を印度稲 I-33 に配した組合せでは A 遺伝子については、ほぼ期待通りの正常な分離が観察されたのに対し、A-43 と I-33 の交雑では A: A<sup>+</sup> の分離との予想に反し、

activator によるはずの分離比が 35:1 に近似した。もし水鳥らの主張するごとく、I-33 が A 座を重複して有し、そこに 4 染色体分離があるとすれば、A 遺伝子座の差に関して 3:1 の分離を示した日本稲検定系統では I-33 と同様に A 座を重複して有すると共に、その 1 対に於いてのみ分離が生じたものと考えねばならない。これらの日本稲検定系統と A-43 の交雑組合せでは A 座の重複による異常分離比 (35:1 或いは 15:1) は観察されていない。従ってここではこれら日本稲検定系統や I-33 が A 座を重複して有すると言う仮説は認めがたい。

I-33 との交雑に於いて、C 遺伝子座に関して分離が期待される日本稲検定系統のうち、N-44, A-5, A-43 を用いた場合には C の分離が 4 染色体分離による 35:1 になり、A-31, A-133 を用いた場合には C 座が選択的に対合すると考える比 15:1 に適合するのに対し、H-21 を用いた場合では正常分離比 (3:1) となり、また H-61 を用いた場合には C の分離は約 2:1 であった。C 座の異常分離が 35:1, 15:1 の分離を示した場合のみは水鳥説で説明可能であるが、正常分離或いは 2:1 の異常分離比については説明困難である。

また、Table 3 にみられるごとく各種の両親の遺伝子型から期待される以外の着色型を析出した点についても、水鳥説によっては説明が困難である。即ち水鳥説では I-33 が C 座に関し、重複した遺伝子  $C^P$ ,  $C^B$  をもち、これらは  $C^B > C^P \geq C^{Bv} > C^B \geq C^{Bt} > C^{Br} > C^+$  なる優劣関係にあり、 $C^B$  は他の遺伝子との間に累積的作用 (例えば  $C^P + C^B = C^B$ ) をもつことを前提としている。色調の分離様式は、 $C^P C^B A \times C^+ C^- A^+$  の交雑組合せの下で C 遺伝子が選択的に対合する場合、濃紫色 ( $C^P C^B A$ ): 赤紫色 ( $C^P C^- A + C^B C^+ A$ ): 無着色 ( $C^+ C^- A, C A^+$ ) = 27:18:19, 4 染色体分離がおこる場合、濃紫色 ( $C^P C^B A + C^P C^+ A$ ): 赤紫色 ( $C^P C^- A + C^B C^+ A$ ): 淡赤色 ( $C^B C^- A$ ): 無着色 ( $C^+ C^- A + C A^+$ ) = 72:30:3:39 となる。いまこの解釈に従って、I-33×A-43, A-133×I-33, I-33×A-31 及び I-33×A-5 の  $F_2$  を眺めると、Table 9 にみられるようになり、I-33×A-43, I-33×A-31 及び A-133×I-33 については水鳥説による色調の差のみでは説明しきれない結果となる。ただし I-33×A-5 のみは C 座が 35:1 に分離する場合に適合する値となった。I-33×N-44 及び I-33×A-43 の  $F_3$  については系統内に 35:1 の分離型に相当するものは認められず、むしろ正常分離の 3:1 に適合するものが増加した。以上の結果から、水

\*  $C^-$  は  $C^B$  遺伝子座に対応する遺伝子座が欠失しているか否か、また  $C^+$  遺伝子をもつか否かが共に不明なるもの。

**Table 9.** Application of the genetical hypothesis by Mizushima for the F<sub>2</sub> segregation of the apiculus color.

combination	segregation ratio	F <sub>2</sub> segregation				total	fitness		
		dark purple	red purple	pale red	colorless		χ <sup>2</sup>	P	
I-33 × A-43	C <sup>B</sup> : C <sup>+</sup> A : A <sup>+</sup> 15 : 1 3 : 1	obs.	551	87	17	32	687		
			27	18	0	19			
	35 : 1 3 : 1	cal.	290	193	0	204	687	438.14	.001>
		cal.	344	143	14	186	687	274.64	.001>
I-33 × A-31	C <sup>B</sup> : C <sup>+</sup> A : A <sup>+</sup> 15 : 1 3 : 1	obs.	245	43	0	122	410		
			27	18	0	19			
	35 : 1 3 : 1	cal.	173	115	0	122	410	75.04	.001>
		cal.	205	85	9	111	410	29.65	.001>
I-33 × A -5	C <sup>B</sup> : C <sup>Br</sup> 15 : 1	obs.	318	135	19	—	472		
			9	6	1	—			
	35 : 1	cal.	265.5	177	29.5	—	472	24.08	.001>
		cal.	315	131	26	—	472	2.04	.5-3
A-133 × I-33	C <sup>B</sup> : C <sup>+</sup> A : A <sup>+</sup> 15 : 1 3 : 1	obs.	374	81	127	48	630		
			36	24	4				
	35 : 1 3 : 1	cal.	354	236	39		629	6.30	.05-.02
		cal.	420	193	18		631	56.20	.001>

鳥説は F<sub>2</sub> の交雑結果の一部にはよく適合するとしても、その他の組合せ並びに F<sub>2</sub> と F<sub>3</sub> の結果を統一的に説明する上にも不充分であるといわざるを得ない。

日・印間の交雑実験で形質の異常分離のおこる機構として水島らの説の外に、岩田ら (1964) による *ga* (配偶体遺伝子) との連鎖にもとづく説がある。しかし F<sub>2</sub> で C の異常分離の顕著にみられる I-33 × A-43 の F<sub>3</sub> では異常分離 (15:1) よりむしろ正常分離型 (3:1) を多く生じているから、*C-ga* 連鎖説も採用するわけにはいかない。従って著者はここに *C-A-P* 遺伝子系について新たな複対立遺伝子の分化があるものと仮定して実験結果を検討することにする。即ち、i) C 系複対立遺伝子として、従来から知られている C<sup>B</sup> > C<sup>Bp</sup> > C<sup>Bt</sup> > C<sup>Br</sup> > C<sup>Bm</sup> > C<sup>+</sup> の 6 種のうちで、A-43, A-31, A-133, N-44 はいずれも C<sup>Bm</sup> を有している。ii) I-33 の有する遺伝子 C<sup>B</sup> はアクチベーター遺伝子 A 或いは A<sup>a</sup> との補足作用に関しては日本稲検定系統に於ける C<sup>B</sup> 遺伝子と変わらない。

iii) ただし A 複対立系には A<sup>m</sup> なる新たなアレーレが存在し、これとの補足作用に関し I-33 のもつ C<sup>B</sup> は日本稲の C<sup>B</sup> と作用を異にする。iv) 従って I-33 の有する C<sup>B</sup> 遺伝子は C<sup>Bs</sup> と仮称する。v) この仮定での C 座の優劣関係は C<sup>Bs</sup> ≥ C<sup>B</sup> > C<sup>Bp</sup> > C<sup>Bt</sup> > C<sup>Br</sup> > C<sup>Bm</sup> > C<sup>+</sup> である。vi) この外に A 系複対立遺伝子については新たな対立遺伝子の分化を仮定する。即ち I-33 の有する A 遺伝子は作用力が強く、とくに C<sup>Bm</sup> 遺伝子との補足作用に於いて、II 型或いは I 型の濃紫色の稈先着色を示すから、これを A<sup>S</sup> とする。vii) また A-43 の有する A<sup>m</sup> 遺伝子は C<sup>Bs</sup> を除いた C 系複対立遺伝子に関しては A<sup>+</sup> と全く変わらぬ作用を有するが、I-33 の有する C<sup>Bs</sup> 遺伝子との補足作用に於いては少なくとも II ないし I 型の着色を示すものとする。viii) 従って A 座の優劣関係は A<sup>S</sup> ≥ A<sup>E</sup> > A > A<sup>a</sup> > A<sup>m</sup> ≥ A<sup>+</sup> となる。以上の条件の下では異常分離を示した交雑親の遺伝子型と表現型は次記のごとくになる。

I-33	$C^{Bs}AS^P$	I型着色
A-31	$C^{Bm}A^+P$	Gt型
A-133	$C^{Bm}A^dP$	"
N-44	$C^{Bm}AP$	"
A-5	$C^{Br}AP$	V型着色
A-43	$C^{Bm}A^mP$	Gt型

I-33と他の検定系統との交雑のF<sub>2</sub>分離について、花青素着色程度を考慮せず着色型：緑色型に分類して上記の遺伝子仮説にもとづく理論値と観察値の適合度を示したのがTable 10であり、各組合せを通じて満足すべき成績である。F<sub>3</sub>検定結果(Table 7)について検討するならば、2遺伝子分離型(15:1)と単遺伝子分離型(3:1)を生ずる点はF<sub>2</sub>での遺伝子仮説が妥当であることを裏づけているといってよい。A-133×I-33及びI-33×A-5の2交雑に於けるF<sub>3</sub>の分離系統比は2遺伝子から期待さ

れる系統分離比である着色固定型(3:1)型(15:1)型=7:4:4に極めてよく適合した(夫々 $\chi^2=2.14$ ,  $0.2>P>0.1$ ,  $\chi^2=1.00$ ,  $0.5>P>0.3$ )。しかしI-33×A-43及びI-33×N-44の2交雑についてはF<sub>3</sub>で15:1の分離比を示すべき系統の数が過少であった。その原因は現在のところ不明である。しかしここに注目すべきことはこの2交雑は、いずれもwx遺伝子座(糯遺伝子)に関しても分離する交雑組合せであり、しかも糯硬性に関しても分離が異常となっていると言う事実である。wxの異常分離機構については、稿を改めて論ずるが、wx<sup>+</sup>花粉とwx花粉の間には受精競争がおこる可能性のあること、並びにCはwxと連鎖することを指摘したい。これがF<sub>2</sub>及びF<sub>3</sub>に於けるC遺伝子の分離に影響を与えているのかもしれない。尚、ここに残された大きな問題点の一つは、多くの交雑組合せに認められたところの理論的に

Table 10. Application of author's hypothesis for F<sub>2</sub> segregation of apiculus color.

combination	genotype of cross	F <sub>2</sub>			total	fitness	
		colored		colorless		$\chi^2$	P
		( $C^{Bs}AS$ , $C^{Bm}AS$ )	( $C^{Bs}A^+$ )	( $C^{Bm}A^+$ )			
I-33 × A-31	$C^{Bs}AS \times C^{Bm}A^+$	obs. 312 ratio 12 : 3 : 1 cal. 307	98	24	410	5.96	.1-.05
A-133 × I-33	$C^{Bm}A^d \times C^{Bs}AS$	( $C^{Bs}AS$ , $C^{Bs}A^d$ , $C^{Bm}AS$ )	( $C^{Bm}A^d$ )				
		obs. 582 ratio 15 : 1 cal. 591	48		630	2.02	.2-.1
I-33 × N-44	$C^{Bs}AS \times C^{Bm}A$	( $C^{Bs}AS$ , $C^{Bs}A$ , $C^{Bm}AS$ )	( $C^{Bm}A$ )				
		obs. 484 ratio 15 : 1 cal. 467	14		498	10.05	.01-.001
I-33 × A-5	$C^{Bs}AS \times C^{Br}A$	( $C^{Bs}AS$ , $C^{Bs}A$ , $C^{Br}AS$ )	( $C^{Br}A$ )				
		obs. 453 ratio 15 : 1 cal. 442.5	19		472	3.99	.05-.02
I-33 × A-43	$C^{Bs}AS \times C^{Bm}A^m$	( $C^{Bs}AS$ , $C^{Bm}AS$ , $C^{Bs}A^m$ )	( $C^{Bm}A^m$ )				
		obs. 655 ratio 15 : 1 cal. 644	32		687	2.97	.1-.05

は期待されない各種の色調をもった分離個体の少なからぬ出現をいかに解釈するかと言うことである。この内には A-58×I-33 や I-33×A-43 に於ける III 型のごとく、F<sub>3</sub> 検定の結果、I 型の環境変異によることの明らかとなったものもある。しかしそのような場合のみであるかは、今後さらに精密な実験を必要とする。色調を変更する新たな遺伝子の存在をも考慮しなければならぬかも知れない。

以上、著者らは I-33 の着色に関する基本遺伝子型は C<sup>Bs</sup>ASP であり、稈先色の異常分離として認められる現象は、夫々が複対立遺伝子系を構成する C, A 両座に於ける遺伝子の分化にもとづくものではないかと論じ、あわせて標遺伝子座に於ける分離のひずみも C の分離に影響を与えている可能性のある事を推論した。

### 摘 要

1) 印度稲品種 Surjamkhi を種々の着色型の日本稲検定系統と交雑して、稈先の花青素基本着色遺伝子 C・A・P に関する分離を調査した。Surjamkhi を C<sup>B</sup>AP なる遺伝子型とした場合、交雑組合せを異にすることにより両親の着色型から期待される通りの正常分離を行なう場合と従来の期待とは異なる、いわゆる異常分離を生ずる場合とがみられた。

2) A-58×Surjamkhi の F<sub>2</sub> では分離はおこらなかったが、他の交雑組合せに於いては両親の遺伝子よりの期待外の着色型を析出する場合が多かった。しかし、色調段階をまとめて着色と緑色と言う区分だけでは、A 座については 1 組合せで異常分離比 (35:1 に近い) がみられたのみで他は全て正常分離比 (3:1) であった。C 座については正常分離比 (3:1) を示す場合と、種々の異常分離比 (15:1, 35:1, 2:1 等) を示す場合がみられ、P 座については正常分離 (3:1) を示した。

3) F<sub>2</sub> で異常分離を示す組合せについては、水島等が仮定したごとく、Surjamkhi が C を重複してもち、各々が自由に対合する 4 染色体分離による場合の期待比 35:1、或いは各々が選択的に対合する場合の期待比 15:1 によく適合した。しかし、この説では著者らの実験結果を統一的に説明することは不可能である。

4) 両親の遺伝子型から期待されない各種の着色型を水島説による分離比により検定したが、よく適合する組合せと適合しない組合せが混在する。

5) 尚、異常分離と種子稔性との間には何らの関連も認められない。

6) 全ての結果を最もよく説明しうるものとして、

Surjamkhi の遺伝子型が C<sup>Bs</sup>ASP、日本稲検定系統 A-43 が C<sup>Bm</sup>A<sup>m</sup>P なる遺伝子型を有し、C・A 両座が C<sup>Bs</sup> ≥ C<sup>B</sup> > C<sup>Bp</sup> > C<sup>Bt</sup> > C<sup>Br</sup> > C<sup>Bm</sup> ≥ C<sup>+</sup> 及び A<sup>S</sup> ≥ A<sup>E</sup> > A > A<sup>d</sup> > A<sup>m</sup> ≥ A<sup>+</sup> なる複対立遺伝子系のアレーレの分化があるものと仮定した。この説明によれば異常分離を示すとみられる各交雑組合せの F<sub>2</sub> 及び F<sub>3</sub> に於ける遺伝子分離の結果はこれを統一的に説明し得られる。

7) Surjamkhi×N-44 或いは Surjamkhi×A-43 のごとく、wx 遺伝子の異常分離を伴う場合は、C が wx の連鎖することから、wx 遺伝子についての受精競争の影響をも考慮に入れて検討する必要がある。

### 参 考 文 献

- 岩田伸夫・永松土巳・大村 武 (1964): イネの第 1 連鎖群に属する配偶体遺伝子によるモチ性および稈先色の異常分離。育種雑, 14: 33-39.
- 近藤 晃 (1963): 栽培稲品種間雑種での形質分離様式から帰納される染色体接合。育種学最近の進歩, 4: 15-25.
- 水島宇三郎・近藤 晃 (1959): 日本稲と外国稲との交雑による育種の基礎的研究, I. 日本品種×インド品種の雑種で観察される花青素着色。育種雑, 9: 212-218.
- (1960): 同上, II. 花青素着色形質の異常分離から帰納される供試及びインド品種間の染色体構造差異。育種雑, 10: 1-9.
- 長尾正人・高橋萬右衛門 (1947): 稲の交雑に関する研究, 第 6 報. 稲の花青素による着色に関する実験遺伝学的研究。遺伝学論文集, 1: 1-27.
- NAGAO, S. and M. TAKAHASHI (1963): Trial construction of twelve linkage groups in Japanese rice. (Genetical studies on rice plant XXVII), J. Fac. Agr., Hokkaido Univ., 53: 72-130.
- and T. KINOSHITA (1962): Genetical studies on rice plant, XXVI. Mode of inheritance and causal genes for one type of anthocyanin color character in foreign rice varieties. J. Fac. Agi., Hokkaido Univ., 52: 20-50.
- TAKAHASHI, M. E. (1957): Analysis on apiculus color genes essential to anthocyanin coloration in rice. J. Fac. Agi., Hokkaido Univ., 50: 266-361.
- 高橋萬右衛門・木下俊郎 (1967): 遠縁稲品種間の花青素遺伝子の異同。育種雑, 17: 別冊 2, 145-146.
- ・森 宏一 (1968): 遠縁栽培稲における着色形質の遺伝について。育種雑, 18: 別冊 2, 79-80.

### Summary

Mode of inheritance and causal genes for anthocyanin color character of apiculus in the Indica type rice variety "Surjamkhi" was studied by crossing with many Japanese testers.

Surjamkhi produces blackish red purple apiculus of which color type is similar to the color type caused by a genotype,  $C^BAP$ , of the Japanese tester.

The apiculus color of  $F_1$  hybrids between Surjamkhi and the testers was blackish red purple without exception.

Employing genic schemes proposed in Japanese rice,  $F_2$  and  $F_3$  generations were examined.

In the  $F_2$  generation, however, genetic situation of segregation patterns were divided into two cases, viz. normal and anomalous segregation patterns.

As to alleles of  $A$  locus, they segregated almost normal in  $F_2$ , except for one cross combination. In  $C$  locus, segregation types were various, giving such ratios of colored vs. colorless as 3:1, 15:1, 35:1 and 2:1.

MIZUSHIMA and KONDO (1959) previously inferred that, as far the  $C$  locus is concerned, there was

structural difference of chromosomes between the Japanese and the Indian variety. This was based on the facts that their data were in favor of the theoretical segregation ratio calculated on the bases of criptic translocation and included inversion. Our results in  $F_2$  segregation were partly satisfied by the above hypothesis, however, this could not explain our data of other  $F_2$ s and  $F_3$ s.

As far as the present examinations are concerned sterility barrier did not preclude the genetic situation in the standard segregation mode of the color character.

To cover all the data we have obtained in this experiment we tentatively propose the existence of three new alleles at the  $C$  and the  $A$  loci. They are  $C^{Bs}$  in the  $C$ , and  $A^s$  and  $A^m$  in the  $A$ .

The rank of dominancy of alleles in these loci are;

$$C^{Bs} \geq C^B > C^{B\gamma} > C^{Bt} > C^{Br} > C^{Bm} > C^+ \\ A^s \geq A^E > A > A^d > B^m \geq A^+$$

In this scheme the genotype of Surjamkhi and A-43 are estimated to be  $C^{Bs}A^sP$  and  $C^{Bm}A^mP$  respectively.