

蚕の食性突然変異に関する研究-第2部(13)

誌名	蠶絲科學研究所彙報
ISSN	03888630
著者	田島, 弥太郎 大沼, 昭夫
巻/号	39号
掲載ページ	p. 1-9
発行年月	1991年4月

蚕糸科学研究所彙報

第 39 号

平成 3 年 4 月

報 文

蚕の食性突然変異に関する研究 (第 2 部)

第 13 報 2 種の広食蚕系統の遺伝的解析

蚕品種研究所 田島弥太郎・大沼昭夫

Further studies on non-preference mutations in the silkworm.

(13) Genetic analysis of two non-preference mutation strains, S_j and Brd.

Yataro Tazima and Akio Ohnuma

Institute of Silkworm Genetics and Breeding

緒 言

桑以外の食物を食下する蚕の食性突然変異系統は今ではその数も少くないが、それらのうちで食物選択範囲が広く、しかも致死遺伝子を伴わないで、実用性が高いと見られるものに 2 系統ある。その一は横山 (1970) によりキャベツを食下する突然変異として発見された「沢」(S_j) 系統であり、他の一は真野ら (1990) により選抜された広食蚕系統である。後者は育成中の系統の中から低コスト人工飼料に適合する系統として選抜されたもので、代表的なものは NS82A (後の日 601 号) である。この系統は本報文では食物の選択範囲が広いという意味で Broad と命名し Brd の略号で表わしてある。

この研究では上記二つの広食蚕系統が遺伝子組成上、相同のものか、異るとすればどう異なるかについて、飼料の食下性、食性既知の 2 系統との交雑、および S_j, Brd 両系統間の交雑等を行い、桑を含まない基本飼料 (堀江ら, 1969) で飼育して遺伝的解析を行った。

その結果この二つの広食蚕系統はフダンソウ食下性に関し明に異なる遺伝子構成を持つことが判明したので、ここに報告する。

研究材料および方法

この実験に用いた飼料は第 10 報に記したものと同じで、堀江・渡辺 (1969) により提案された半合成飼料から桑の臭いの成分モリンを抜いたものである。これを基本飼料と呼ぶ、また

一部の実験には低コスト人工飼料 (柳川, 1991) LPY-141 から桑粉を抜いた飼料 (これを LPY-0 と略す) を用いた。

研究に用いた蚕の系統としては上記 S_j と Brd のほかに従来食性に関し遺伝的性状のよく判っている青熟の 2 系統, As および Is, も用いた。As は食下が殆ど桑葉に限られ, 桑粉を含まない基本飼料では 4 令起蚕までの生存率が 1~2%, フダンソウ食下蚕率も 0~1% に過ぎない。これに対し Is 系統は食物の選択範囲がやゝ広く, 基本飼料で飼育した場合の生存率 30~70%, フダンソウ食下蚕率 0~1%, 程度を示す。

遺伝的解析のためには As, Is 等に S_j 系統や Brd 系統を交雑し, それらの F₁, もどし交雑, または F₂ 等を作り, これらを親系統と同時に掃立て, 基本飼料で 3 令まで飼育して, 4 令起蚕について約 12 時間絶食させた後, フダンソウを給与し, 1 時間以内に食下することが確認された個体を数え, これの 4 令起蚕数に対する比率をもってフダンソウ食下蚕率とした。

この実験で桑粉を含まない基本飼料を用いた理由は, さきに報告 (第 10 報, 1990) したように S_j 系統では稚蚕期をこの飼料で飼育すると, 4 令起蚕の中にフダンソウを食下する個体がかかりの数出現するに拘らず, 稚蚕期を桑で飼育すると, 4 令にフダンソウを食う個体は殆ど認められない事実が判っているので, この性質を手掛りとして解析をして見ようと考えたからである。

飼料食下状態の良否は当然蚕の発育の良否や速度にも反映し, 食下の良い場合は発育もよく, 経過も早い。そこでこの研究では 4 令蚕が大部分起き揃って, フダンソウ食下テストを行う際に, 生存している蚕を令別に分けて数え, 表示することとした。また掃立からフダンソウテスト実施までの所要日数を付記することとした。

蚕の生存率は組成的に同一と思われる飼料を用いた場合でも飼育期を異にしたグループ間に

表 1 基本飼料で育てた蚕の 4 令調査時における発育状態

試験期 飼料	系統	掃立 蚕数	発育状態			生存蚕数 合計	生存率	調査日*
			2 令	3 令	4 令			
894 基本	As	895	7	6	1	14	1.6	19 ^日
	Is	918	0	117	152	269	29.3	15
	S _j	678	0	43	256	299	44.1	13
	Brd	648	0	76	425	501	77.3	13
	As×S _j	689	2	128	69	199	28.9	19
	S _j ×As	770	2	68	49	119	15.5	19
	Is×S _j	862	0	65	152	217	25.2	13
	S _j ×Is	685	0	59	281	340	49.6	13
	As×Brd	825	34	294	176	504	61.1	15
	Is×Brd	940	0	295	302	597	63.5	13
893 基本	Is	520	0	41	330	371	71.3	15
	S _j	402	0	27	326	353	87.8	14
	Brd	602	1	25	484	510	84.7	13
	Brd×S _j	613	0	26	528	554	90.4	13
893 LPY-0**	Is	537	0	36	286	322	60.0	14
	S _j	407	0	4	303	307	75.4	12
	Brd	670	0	15	581	596	89.0	12
	Brd×S _j	562	0	2	502	504	89.7	12

* 調査日は掃立からの日数

** 飼料は LPY-141 から桑粉を抜いたもの

かなり著しい変動が見られるので、絶対値による比較を避け交雑種と両親系統とを同時に飼育して、それらの間の相対値で比較するようにした。

実験結果

1. 桑を含まない基本飼料に対する各供試系統の食下・発育状態

供試した 4 系統と、その交雑組合せを基本飼料で飼育した場合の発育状態を表 1 に掲げる。

表 1 からわかるように As は基本飼料の食下状態が極めて悪く、掃立蚕 895 頭中大部分は 1 令で死亡してしまい、4 令テスト時まで生き残ったものは、僅に数頭に過ぎなかった。また生き残った個体の発育速度も極めて遅かった。

これに対し Sj や Brd は食下状態が極めて良好で調査時まで大部分 (893 期では約 85%) は 4 令に達した。しかし発育速度は Brd の方が Sj より幾分早かった。

Sj は基本飼料をよく食下し、生存率も高い値を示したが、試験飼育期により生存率にかなりの変動が見られた。F₁ の食下状態は As との交雑組合せを除いて概して良好であった。

2. Sj および Brd 系統と As および Is 系統との交雑

(a) Sj 系統と As および Is 系統との交雑

表 2 に Sj と As 系統との交雑を、表 3 に Sj と Is 系統との交雑結果を掲げた。

生存率に関して見ると両表とも試験飼育期が異ると生存率が大きく変動していることがわかる。例えば Sj の生存率だけを見ても、44.1, 50.4 (表 2), 80.1, 44.1, 50.4 (表 3) のように大きく変動している。しかしこれらと同時期に飼育した Is 系統や交雑組合せの値もほぼ平行して変動していることが見られる。このことはこれらの実験値を図に示すといっそう明瞭になる (図 1~4)。

生存率に関しては As は殆ど 0 に収斂しているが、Is では平均値 43.1 を中心に 68.6, 29.3, 32.9 とかなり変動していることが認められる (図 3)。F₁ は両親系統のほぼ中間値を示した。さらによく注意して見ると、F₁ の値は交雑に用いた母親の方により近づいた値を示すことがわかる。

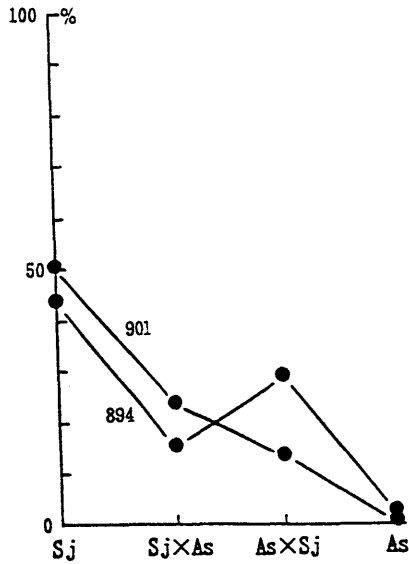
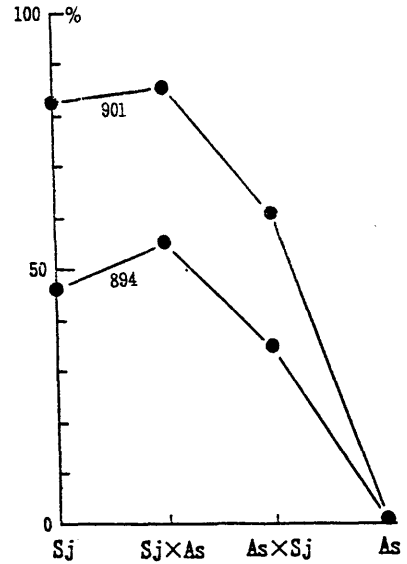
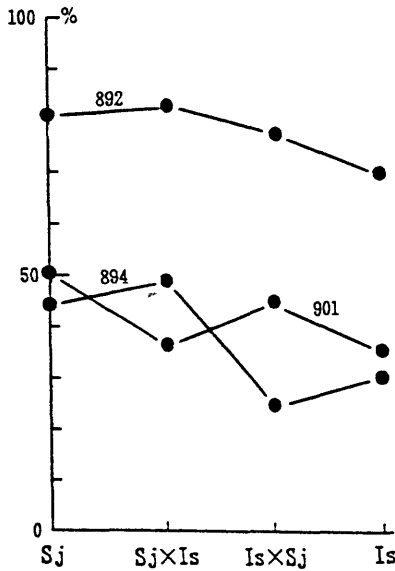
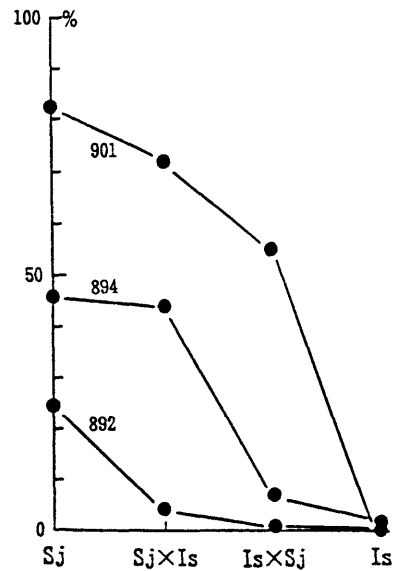
つぎにフダンソウ食下蚕率について見ると、飼育期の相違による変動が生存率の場合よりも著しいことがわかる。F₁ の値は両親の中間値を示すが正逆交雑間で比較すると、生存率の場合

表 2 Sj と As

飼育期	系統	生存率	フダンソウ食下蚕率
894	Sj	44.1	46.5
	As	1.6	0.0
	As×Sj	28.9	33.3
	Sj×As	15.5	53.1
901	Sj	50.4	82.2
	As	0.2	0.0
	As×Sj	13.7	61.3
	Sj×As	22.8	85.7

表 3 Sj と Is

飼育期	系統	生存率	フダンソウ食下蚕率
892	Sj	80.1	24.3
	Is	68.6	0.0
	Is×Sj	75.3	0.2
	Sj×Is	82.9	2.9
	Sj	44.1	46.5
894	Is	29.3	1.3
	Is×Sj	25.2	7.2
	Sj×Is	49.6	42.7
	Sj	50.4	82.2
	Is	32.9	0.0
901	Is×Sj	46.0	52.8
	Sj×Is	37.7	71.2

図1 S_jとA_sの生存率図2 S_jとA_sのフダンソウ食下蚕率図3 S_jとI_sの生存率図4 S_jとI_sのフダンソウ食下蚕率

に見られたと同様に母親系統の値に近い値を示すことがわかる。

(b) Brd 系統と A_s および I_s 系統との交雑

Brd と A_s および I_s 系統との交雑 F₁ について生存率およびフダンソウ食下蚕率を調査した結果を表 4 および図 5, 6 に示す。

生存率に関しては I_s は S_j に似て、飼育期によりやゝ変動が見られる。これに対し Brd は食下状態が良好でかつ変動も小さい。Brd との F₁ は S_j の場合と同様に両親系統の中間を示す。

表 4 Brd と As および Is

飼育期	系統	生存率	フダンソウ食下蚕率
894	Brd	77.3	0.5
	As	1.6	0.0
	Is	29.3	1.3
	As×Brd	61.1	0.6
	Is×Brd	63.5	0.3
902	Brd	74.8	0.0
	Is	35.0	2.4
	Is×Brd	59.1	0.6
	Brd×Is	67.5	0.4

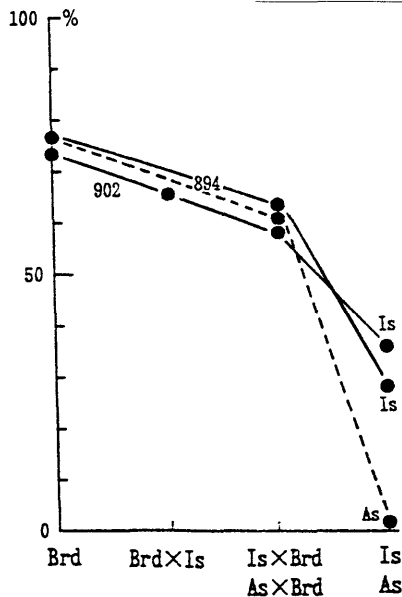


図 5 Brd と As および Is の生存率

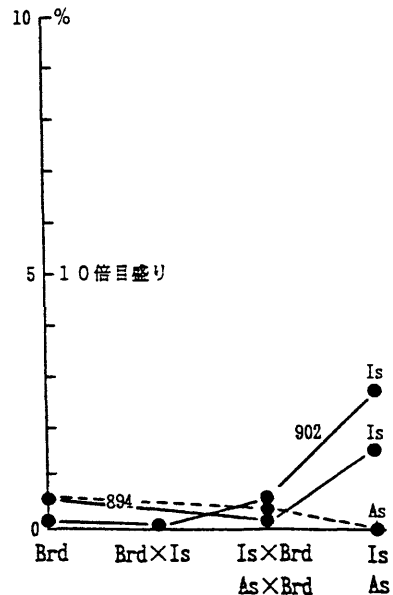


図 6 Brd と As および Is のフダンソウ食下蚕率

図 6 はフダンソウ食下蚕率を示したものであるが、ここでは食下状態が悪いので、縦軸を 10 倍してあらかずことにした。この場合顕著な現象としては Brd 系統では Sj 系統と異ってフダンソウ食下蚕率が殆ど 0 に近いことである。また F₁ が、As との組合せでも、Is との組合せでも殆ど Brd 親に近く、極めて低いことである。このことは一見 Brd が Is のフダンソウ食下性を抑圧しているかのように見える。

3. Brd と Sj との交雑

つぎに Brd と Sj との交雑 F₁ を作り、これを両親系統と同時に飼育して食下状態を観察してみると、食いこみ状態は Brd の方が幾分すぐれているが、調査時までの生存率については両者の間に大きな差は認められない (表 5, 図 7 および 8)

このことは両系統の持つ食物識別能力を決定する遺伝子については、ほぼ同種のものであることを示す。ここで、901 期に飼育した (Sj×Brd) F₂ が 892 期および 893 期に飼育した F₁ より低い値を示していることは注目を要する。901 期には Sj の値も低いので、あるいはそれに引

表5 SjとBrdの比較

飼育期	系統	基本飼料		LPY-0 飼料	
		生存率	フダンソウ食下蚕率	生存率	フダンソウ食下蚕率
892	Sj	80.1	24.3		
	Brd	74.3	0.3		
	Brd×Sj	73.6	1.2		
893	Sj	87.8	34.4	75.4	10.2
	Brd	84.7	0.2	89.0	0.2
	Brd×Sj	90.4	3.2	89.7	1.0
901	Sj	50.4	82.2		
	Brd	79.4	1.4		
	(Brd×Sj)F ₂	42.3	50.6		

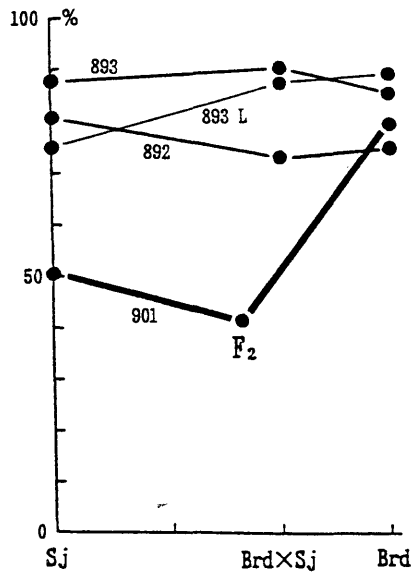


図7 SjとBrdの生存率

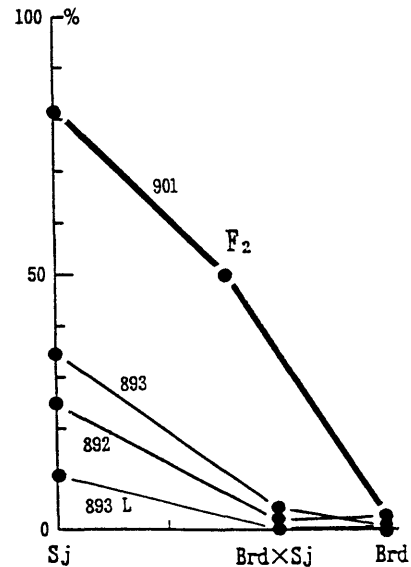


図8 SjとBrdのフダンソウ食下蚕率

ずられて低い値を示したのかも知れないが、この点に関し山本ら(1982)もほぼ同様の結果を得ている。彼らはSjに人工飼料摂食性の低い漢川を交雑し、これを桑粉22%を含む人工飼料で飼育した場合にF₂の毛振り率が同時期飼育のF₁のそれにくらべて、明に低い値を示したという。このことはここに得られた結果を支持しているように思われる。フダンソウ食下性は稚蚕期に桑を含まない人工飼料で飼育した場合に、4令期以後フダンソウを食下する個体がSj系統では多出するのに対し、Brd系統ではその出現率が極めて低い。ではSjとBrd両系統を交雑した場合はどうであろうか。F₁については3例の実験がある。すなわち基本飼料で飼育した892期、893期の2例と、LPY-0飼料で893期に飼育した実験とである。これらの結果は表5および図8に示した。

これらの結果から明なようにBrdは殆どフダンソウを食下しないのに対し、Sjは明に食下している。また、F₁でもフダンソウ食下蚕率が極めて低い。これに対し901期に飼育したF₂では両親のほぼ中間値を示している。しかもF₁にくらべて、いちじるしく高い。この結果は明

に意味ありそうである。

論 議

1. 基本飼料で飼育した場合の Sj および Brd の食下・生存率

Sj 系統と、基本飼料食下・生存率の極めて低い As や、中位程度である Is との交雑 F_1 を両親の系統と同時に基本飼料で飼育した結果は表 2, 3 および図 1, 3 に示したが、 F_1 の生存率は両親の中間値を示すことから、Sj の広食性は As や Is に対し不完全優性であることがわかる。

このことは Brd についてもほぼ同様（表 4 および図 5）である。Brd も As や Is に対し、不完全優性を示す。このことは従来 Np や Nps について認められていた処と全く同様で、Sj や Brd についても、食性異常性（雑食性, Polyphagous, Ph ）主遺伝子と、この発現を強調する修飾遺伝子が存在し、それらの協力により、広食性が表現されるという従来の考え方をもってよく理解することができる。このことはまた Sj と Brd 交雑 F_1 が両親の中間値を示すことから支持される。

これに対し (Sj×Brd) F_2 (表 5, 図 7) の生存率が F_1 より下廻るという結果が得られたことは一見矛盾した現象のように見えるが、これは Sj か Brd かいずれかの系統から負の方向に働く劣性の修飾遺伝子が持ちこまれ、これが F_2 においてホモの状態になったために、食性異常性（広食性）が抑制されて正常化（狭食性）したためであるとすれば一応理論的に矛盾はない。

2. フダンソウ食下性から見た Sj と Brd

Sj は基本飼料食下性に関し、As や Is に対し不完全優性に働くばかりでなく、フダンソウ食下性に関しても As や Is に対し不完全優性に働く（図 2, 4）。

では Brd に対してはどうか。表 5, 図 8 から Sj と Brd の交雑ではフダンソウ食下性が極めて低いことがわかる。このことは Brd 系統が、Sj 系統の持つフダンソウ食下性を抑圧する優性遺伝子を持っていることを示す。この遺伝子はフダンソウ食下性という異常性をおさえる遺伝子（つまり正常性を規定する）を Brd 側が持っているということになり、Sj のフダンソウ食下性はこの正常遺伝子に対し、劣性の遺伝子であるということになる。Sj の持つこの劣性遺伝子を ex (exaggerate, 異常性拡大) と呼ぶことにする。これに対し Brd 系統では優性遺伝子+ ex (正常) を持つことになり Sj と Brd の F_1 は $ex/+ex$ でフダンソウ食下性を示さないことになる。

一方 Sj 系統も Brd 系統も食物識別能に欠陥のある広食性遺伝子を持つ。この遺伝子を Ph (Polyphagous, 雑食性) とすれば、Sj も Brd もこの遺伝子を持つことになり、これを修飾遺伝子（複数）が協調して桑以外の食物を摂取することになる。 Ph 遺伝子が既知の Np や Nps とどのような関係にあるかは今後の研究にまたねばならないが、作用的にはほぼ、同質のものと見てよいと思う。

このように仮定すると Sj 系統は $Ph \cdot ex$, Brd 系統は $Ph \cdot +ex$ という遺伝子構成になる。この場合 ex (+ ex についても) が Ph と同一染色体上にあるか、別個の染色体上にあるかゞ次に問題となるが、同一染色体上に座位するとすれば Sj×Brd の F_2 では $Ph \cdot ex$ が 1/4 分離してきて、これがフダンソウを食下することになり、 F_2 が F_1 よりもフダンソウ食下蚕率が高くなることも説明できる。

また Sj×As や Sj×Is でフダンソウ食下蚕率が両親の中間値を示した事実も $ex/+$ の表現にあたり不完全優性である+に他の修飾遺伝子が関与したものとすれば一応理解できる。

摘 用

2種の広食蚕 S_j および Brd 系統について、それらと食性遺伝子型既知の A_s および I_s 系統との交雑、もしくは S_j と Brd 相互間の交雑を行い、これらを桑粉を全く含まない基本飼料で飼育して遺伝的分析を行った。

その結果 S_j, Brd 両系統とも飼料識別能力に異常のある遺伝子(仮に Polyphagous, *Ph* と名づけた)を共通に持ち、その発現を増進させる修飾遺伝子の協力によって食性異常が発現されるらしいという従来の考え方で理解できることを知った。なお修飾遺伝子の中には負の方向に働くものもあるらしい事を示唆する事実も得られた。

上記諸系統についてフダンソウ食下調査を行ったところ、Brd 系統には S_j 系統の持つフダンソウ食下性を抑圧する遺伝子が含まれているらしいことが推定され、フダンソウ食下遺伝子を(exaggerate, *ex*, 劣性)と仮定すると S_j 系統の遺伝子型は *Ph*・*ex*, Brd 系統の遺伝子型は *Ph*・+^{ex}とあらわせることを知った。現在までのところ *ex* 遺伝子の存在は S_j 系統以外には検出されていない。

引 用 文 献

- 藤巻胡友, 山本俊雄, 田中教夫 (1982): 食性異常蚕「沢丁」の人工飼料摂食性の遺伝様式, 日蚕雑 51(3): 235~236
- 堀江保宏, 渡辺喜二郎 (1969): 人工飼料育における家蚕の熱量要求について, 日蚕雑 38:377~385
- 真野保久 (1990): 広食性蚕品種の育成, 蚕糸技術 (139): 33-37
- 田島弥太郎, 小林義彦, 小沢民治, 町田勇, (1984): 蚕の食性突然変異 (N_p) の研究, 蚕研彙報 (32): 7-30
- 田島弥太郎, 大沼昭夫, 田中幸夫 (1990): 蚕の食性突然変異に関する研究 (第2部) 第10報 SJ 系統に見られる飼料選択特性の学習依存性, 蚕研彙報 (38):1~6
- 横山忠雄 (1970): 食性異常蚕の品種分布とその人工飼料に対する反応について, 蚕研彙報 (18): 27~30
- 柳川弘明 (1991): 蚕の飼育技術-低コスト人工飼料と広食性蚕, バイオインダストリー 8(1): 6~11

Further studies on non-preference mutations in the silkworm.
(13) Genetic analysis of two non-preference mutation
strains, S_j and Brd.

Yataro Tazima and Akio Ohnuma
Institute of Silkworm Genetics and Breeding

Genetic analysis has been made for two non-preference mutation strains, S_j and Brd. All crosses and their parental strains were reared simultaneously on semisynthetic food which did not contain mulberry leaf powder.

Survival in F₁ of either S_j or Brd with As or Is were intermediate between both parental strains, but comparatively lower in F₂ of the cross between S_j and Brd. The results seemed to be explained satisfactorily in a similar way to our previous hypothesis that postulated major dominant non-preference gene and its modifiers. Lower survival in F₂ seemed to suggest the presence of recessive modifiers that act even towards negative direction. The postulated non-preference gene was provisionally named "polyphagous" (*Ph*).

Feeding test with beet leaves carried out in the fourth instar indicated that the beet feeding potentiality of S_j in F₁ was suppressed by a gene involved in Brd, but the suppression was somewhat relieved in F₂. The observation seemed to indicate that Brd strain possesses a dominant suppressor against beet feeding gene activity which was involved in the S_j strain. The latter gene was named "exaggerate" (*ex*).

In conclusion, genetic constitutions were assumed to be *Ph · ex* for S_j and to be *Ph · +^{ex}* for Brd. No other strains except S_j have so far been found to carry +^{ex} gene.