Yoshichiro UMEYA: Fertilizing activity of the sperm entered the matured egg of the silkworm under the low temperatures, with special reference to the heterosis theory. Jap. Jour. Genet. 30 (1955) : 133—138.

カイコの成熟卵内における精子の低温に対する 受精能力、特にヘテロシスについての一考察*

梅 谷 與 七 郎**

農 林 省 蚕 糸 試 験 場

昭和 30 年 3 月 1 日受領

UDC 595. 787 : 591. 463. 1 :
591. 3 : 575. 125 : 591.
465. 1

Résumé

In the egg of the silkworm fertilization under the room temperature generally takes place within approximately 2 hours after insemination. Present experiments are concerned with the tolerance of the fertilizing activity of the sperm within the egg to low temperatures applied at different times prior to the establishment of fertilization.

It was learned that the fertilizing activity of the sperm within the egg was wholly impaired by refrigeration at 2.5°C. for over 5 days, but normal fertilization took place under the temperature of 5°C. Accordingly, it appears likely that a critical point might exist within the range between 2.5°C. and 5°C. with respect to the temperature effect upon fertilization. It was of most interest to see, as the result of the cooling experiment on the eggs inseminated by the same strain and those laid after mating between different strains, that the fertilizing activity of the sperm in the latter eggs was less affected by low temperature.

Such observations as well as Umeya's experiments that reported in 1930 may throw light for the analysis of the "heterosis theory" which concerns the problem why the vigor of the silkworm is intensified by hybridization. A work is now under the way in connection with the significance of the present finding.

緒 言

1950 年茨城県から採集した天蚕繭(俗にノッコという)約 1000 粒の発蛾は長野県有明村のものと同様に、7 月下旬から 8 月上旬頃と期待していたが、ずつとおくれて 10 月下旬頃となり、しかも非常に不受精卵が多かったように思われた。ところが松本県蚕の西村国男氏がこの不受精と思われた越冬卵を 25°C で保温したところ、胚子が發育して受精卵であることを発見した。梅谷はこの現象から受精していても環境の低温のため受精核の分裂が抑制されていたのではないかと暗示をうけ、蚕卵を材料にして成熟卵内に侵入した精子が低温下で、どの程度の受精への抑制をうけるかどうかを検討してみた。そもそもカイコの成熟卵内に入った精子は卵子が極体を放出して間もなく受精(核の合一)が行なわれるのは 23°C~25°C の室温で約 2 時間を要するとされている。それで精子が成熟卵内に侵入して未だ受精が起らない期間(2 時間以内)にその卵子を冷蔵してのち出庫し、25°C に保温し、

* 本研究は 1951 年第 22 回動物学広島大会の席上で予報す。

** National Sericultural Experiment Station, Tokyo.

その受精による着色化（卵が受精すると黄白卵が着色する）を観察した。ところが面白いことには受精現象が起る温度に 2.5°C と 5°C の間に一線を画すべき臨界点があることが明らかとなった。そして 2.5°C に数日冷蔵すると、精子の受精力が消失することを見出した。そこでこの事実に立脚して成熟卵の 2.5°C への冷蔵による、同品種間あるいは異なる品種間における交配による精子の受精能力を比較検討して、雑種のヘテロシス現象に言及することにしたと思う。

因に本研究に助力をうけた浅野清志、戸谷和夫両氏に謝意を表する。

実験方法とその材料

午前中に発蛾した雌雄を室温で約 3 時間交尾せしめてのち産卵せしめた。一般に長時間交尾せしめて割愛すると母蛾は直ぐに産卵するので、産卵後 10 分を経過する毎に産卵台紙を集め、これを産卵時間の基準として、10 分、30 分、1 時間、2 時間区を設け、 2.5°C と 5°C とに 1 日より 60 日間冷蔵してのち、それぞれ 25°C に催青して受精率を調査した。周知の通り受精の有無は着色卵によって一目でわかるので、その受精卵数の歩合によって受精能力を比較検討した。

供試材料は最初晩秋蚕の支 108×日 115 の雑種を用い、その後は、支 110、日特、日 111、などの固定種を用いた。そしてこれらの材料で、同品種間あるいは異品種間の交配を行ない、精子の卵子への受精歩合を調べた。なお最後に支 122×日 115 の雑種を用いて体内の精子や卵子の冷蔵に対する受精の抵抗力を検討した。

観 察 結 果

1. 雑種の産卵後の経過と冷蔵温度

まず材料として雑種（支 108×日 115）を用い、産卵後に一定期間（10 分間、1 時間、2 時間）を経過するとにそれぞれ、 2.5°C と 5°C に 1 日から 60 日間冷蔵した後、催青室（ 25°C ）に移し、受精の能力（着色卵の歩合）を調査した。

第 1 表 雑種（支 108×日 115）の産卵後の経過と冷蔵における受精歩合

冷蔵温度 経過 期間(日)	2.5°C			5°C		
	10 分	1 時 間	2 時 間	10 分	1 時 間	2 時 間
	%	%	%	%	%	%
5	31.0	42.7	44.6	85.0	95.5	74.3
10	4.5	10.7	1.4	86.2	89.1	72.0
15	3.3	0.6	1.1	83.7	96.8	66.1
20	13.6	0.8	0.0	85.3	89.9	67.5
25	2.7	0.0	0.7	81.1	84.4	68.9
60	0.0	0.0	0.0	70.5	89.2	75.6

対照区（無処理）98.3%

第 1 表に示してあるように、産卵後の経過即ち 10 分、1 時間、2 時間、の各区の間には受精歩合に大差はないが、冷蔵温度の 2.5°C と 5°C の間には 1 線を画すべき臨界点があることがわかった。そして 2.5°C に 5 日以上冷蔵すると、精子の受精率は著しく低下してくる。これに反して 5°C の冷蔵に対しては相当な抵抗力があり、冷蔵期間が 60 日の長期におよんでもなお 70% 以上の受精歩合を示している。

2. 固定種の産卵後の経過と冷蔵温度

次に材料として用いた支 110 は今日では純系に近い支 2 化の交雑より分離固定させた品種であり、また日特種は日支交雑より分離した固定品種である。この 2 品種を材料にして、第 1 表の場合と同じ方法で冷蔵による受精歩合を調査した。この場合の冷蔵期間は 1 日より 20 日におよんでいる。

第 2 表 固定種支 110 と日特における受精歩合 (%)

種 名 冷蔵日数	支 110		日 特	
	冷蔵温度 2.5°C	5°C	2.5°C	5°C
	%	%	%	%
1	34.6	60.3	91.5	96.9
3	3.8	59.4	53.3	87.0
4	7.3	42.9	52.6	88.4
5	14.0	37.6	45.5	66.2
7	11.0	26.0	32.4	60.2
10	1.8	9.4	12.7	42.6
15	0.0	0.6	5.7	30.4
20	0.0	0.0	3.2	3.6
対 照	(無処理) 97.7%		(無処理) 96.7%	

上に掲げた第 2 表に示すように、この場合もまた冷蔵温度 2.5°C と 5°C との間に受精力の臨界点があり、支 110 では 2.5°C の冷蔵が 3 日以上におよぶと受精率が 3.8% に低下してくるが、冷蔵が 5 日より 7 日になると、かえって 11~14% の受精歩合を示して、やゝ増加している（これは一種の慣れ現象？）しかし 10 日以上冷蔵では 1% 前後となつて、受精力がほとんど失われてくる。ところが 5°C では 10 日間冷蔵してもなお 9.4% の受精率を示している。しかしそれ以上の冷蔵では受精がほとんど起らない。（5°C への 15 日間冷蔵では 0.6%）、他方において日特の日支固定種では 2.5°C に 10 日間冷蔵すると受精率が 12.7% に低下してくる、とはいえ支 110 のそれと比較するとやや高いし、冷蔵温度が 5°C になると 10 日でもまだ 42.6% を示していて、2.5°C と 5°C の冷蔵にはやはり受精力に判然たる臨界点が認められる。しかし全般的に見て、純系に近い支 110 の品種に比して日支交雑種の固定種である日特の受精率が高い傾向があることは注目される。

3. 同品種および異種間内における受精能力

材料として支 110 と日 111 を用い、それらの相互間の交配によつて、同品種間および異なる品種間における受精の状況を観察した結果は次の第 3 表に示す通りである。

因に第 3 表の雑種×支 110 の雑種とは梅谷が保有する死卵系の雑種である。

第 3 表 冷蔵における固定種と雑種の受精歩合

固定種と雑種	冷蔵日数	3 日 間	5 日 間	10 日 間
	産卵後の経過時間			
支 110(♀)×支 110(♂)	10 分	30.0	7.8	1.5
	30 分	12.9	11.9	0.0
	1 時間	22.3	3.5	1.8
日 111(♀)×支 110(♂)	10 分	—	0.0	0.9
	30 分	—	5.7	0.7
	1 時間	57.0	33.4	0.9
雑種(♀)×支 110(♂)	10 分	48.6	49.5	3.9
	30 分	68.2	56.1	7.1
	1 時間	35.3	56.3	2.3

第3表に示すように、同じ品種の卵子に入つた場合である支 110(♀)×支 110(♂) の受精歩合に比べて、異なる卵子日 111 に入つた支 110 の精子の受精歩合の方が大きい様相を呈している。(産卵経過1時間区を参照せよ)。例えば冷蔵 3~5 日間の 2.5°C の冷蔵においては、支 110(♀)×支 110(♂)の受精歩合よりも日 111(♀)×支 110(♂)の方が受精率は高い。しかし冷蔵が 10 日におよぶと、この低温冷蔵が禍して、支 110×支 110 と日 111×支 110 の両者とも受精歩合は 1%前後を示して大差が認められない。しかし前表最後の欄に示す雑種の形、即ち卵細胞が雑種の形となっているものの成熟卵内の支 110 の精子の受精歩合(5日間冷蔵区参照)は約 50%以上を示し、他の同品種や異品種のものに比して受精率が高いことを示す。そして冷蔵期間が 10 日におよんでもなお 4~7%を示している。この点は興味あることで、卵子が異なっている場合、とくにこれが雑種の形となっているものの卵細胞の中に入っている精子はさらに受精能力が強いことを示す点は興味深く感ずる。

4. 低温に対する卵子の受精能力

さて今まで成熟卵内に入つた精子の低温に対する受精力について観察してきたが、卵細胞それ自身の低温における精子を受け入れる立場について検討して見よう。しかしわれらの体験から卵子は冷蔵に対する抵抗力が強く、受精率が相当高いものであることを知つたが、ここであらためて卵子を冷蔵した場合における受精能力を検討した。それでまず母蛾を 2.5°C に 5~10 日間冷蔵してのち取り出し、これに健康雄蛾を交配し、精子の卵子への受精率を支 122×日115 の雑種を材料にして観察した。その結果は次表に示す通りである。

第 4 表 卵子の低温に対する受精能力

項 目		総 卵 数	受 精 卵	不 受 精 卵	受精卵歩合 %
冷蔵日数					
無 冷 蔵					
		1936	1884	52	97.3
冷 ♀×♂ (♀ 2.5°C 冷蔵)					
5	日 間	1950	1933	17	99.1
10	日 間	2260	2185	75	96.7
♀×冷♂ (♂ 2.5°C 冷蔵)					
5	日 間	1263	1105	158	87.5
10	日 間	2401	2393	18	99.3
冷♀×冷♂ (♀♂ 2.5°C 冷蔵)					
5	日 間	2082	1698	384	81.6
10	日 間	687	576	111	83.8
冷♀×♂ (♀ 5°C 冷蔵)					
10	日 間	1936	1889	47	97.6
♀×冷♂ (♂ 5°C 冷蔵)					
10	日 間	2413	2409	4	99.8
冷♀×冷♂ (♀♂ 5°C 冷蔵)					
10	日 間	949	824	125	86.8

第4表に示してあるように、雌蛾や雄蛾を 2.5°C に 5~10 日間冷蔵して後に、相互に交配して、産卵せしめると、その受精率が相当に高く、無冷蔵(対照区)の受精率の 97.3%にはおよばないが、

いずれも 90% 以上の受精率を示し、卵子の 2.5°C 冷蔵による影響はほとんど認められなかった。ただしここで考えねばならないことは、卵子は母体の卵管内にあり、精子もまた体内の貯精囊内にあるので、それらが単独に冷蔵されたものではない。またさきの成熟卵内の精子も精子そのものの冷蔵でないから、自ら事情が異っている。しかし卵子をとりだして単独に冷蔵して試験することは不可能である。上記の観察から大体の傾向として体内にある卵管内の卵子や貯精囊内の精子は低温に対する抵抗力は単独に冷蔵されたものに比して相当に強いものであることが推定される。

かく卵子は精子と異つて、2.5°C における受精力の臨界点は見出しえなかつたが、卵子は 2.5°C に長期冷蔵しても、精子が健在である限り交配による受精能力がかなり高いことがわかる。故に卵子に入つた精子（あるいは精核）の冷蔵による受精力については、卵子の短期間の冷蔵による影響はあまり深く考えなくてもよい。それでこの場合は主として精子の 2.5°C における冷蔵に対する受精の影響のみについて検討して差支えないものと思われる。

考 察

前に述べたように卵子の受精に対する冷蔵抵抗力は精子と異つて、2.5°C に受精力の臨界点が認められなかつたが、体内（卵管）の卵子の冷蔵に対する抵抗力は相当に強いものであり、精子が健在である限り受精するもののようである。これに反し卵内に入つた精子は、2.5°C 冷蔵によつて受精が強く影響をうけ、数日の冷蔵によつてその受精力を消失する。しかるに冷蔵温度が 5°C になると、受精が普通に行なわれる。それでも純系に近い固定品種の精子の冷蔵抵抗力が弱く、冷蔵温度が 5°C に上つても、5 日間の冷蔵では受精率が半減する（第 2 表の支 110 参照）。また前掲の第 1 表に示してあるように、雑種（支 108×日 115）の精子は、第 2 表に示してある純系に近い支 110 の精子に比して受精率が高い。この事実は雑種強勢の現象から当然考えられることである。また日支固定種の日特の精子が、純系に近い支 110 の精子よりも受精力が高いのは、日特は日支の分離固定種であり、支 110 は支支の 2 化固定種であるけれども、長期の育成によつて支 110 の方が純系に近いものになっているための両者の相異によるものと思われる。

なおここに興味あることは、第 3 表に示すように、日 111×支 110 の場合において成熟卵内における精子の受精率が、同品種間（支 110×支 110）の卵子内におけるものに比して高いことである。一般に雑種強勢の事実は遺伝学的に言えば核の優良形質の顕性的総合組合せによる場合とされていて一般的には卵細胞質は母体から誘導された固有なものであり、卵細胞質それ自身は雑種強勢現象に関与していないと考えられている。しかし第 3 表に示すように雑種(♀)×支 110 (♂) の観察から卵細胞質が雑種の形になっている場合もまた受精力の強勢に一役買つていて、それが同品種の卵細胞質よりも好影響を精子の受精作用に与えていることは興味深く感ずる。

同じようなことが次の場合にもいえる。即ち同品種間の交配の場合における精子の受精率が、異なる品種の卵細胞質内での受精率が高いことである。即ち第 3 表に示すように、支 110×支 110 の同品種間の精子の受精率よりも、異品種（日 111(♀)×支 110(♂)）への精子の受精率（第 3 表の産卵 1 時間経過を参照）の方が高いことも、前記と同様に卵細胞質が精子の働く場として受精作用に好影響を与えた結果と考えてよいと思う。

これらの事実は梅谷 (1928,'30) がさきに説いたように雑種のヘテロシス現象には遺伝学者が主張するように、核がヘテロとなる点を重視し、受精が起る場としての卵細胞質の生理的役割を軽視するきらいがあつたことは、以上の実験的観察から許されないと思う、故にヘテロシスの現象には少くとも細胞質も働き手として一役を買つているとの主張は本実験結果が充分裏がきしていると思う。なおこれらの研究は目下続行中である。

摘 要

1. カイコの成熟卵内の精子の受精力には、 2.5°C と 5°C の間に判然たる臨界点があることを見出した。そしてこの 2.5°C への冷蔵によつて種々な受精現象を観察した。
2. 2.5°C に 5 日以上成熟卵を冷蔵すると精子は受精能力を消失するが、 5°C の冷蔵では受精が正常に行われる。
3. 2.5°C の冷蔵における雑種の成熟卵内の精子は純系に近い卵細胞内の精子よりも受精率が高くまた雑種の形となつている卵細胞質内の精子もまた純系の卵細胞質内の精子よりも受精率が高い。
4. 同品種間の交配よりも異品種間の交配における卵細胞質内の精子の方が受精率が高い。これらの事実は、精子が受精作用に働く場として卵細胞質の役割は軽視できないことを示す。雑種のヘテロシスの原理として梅谷が説いた異系統の卵細胞の好影響があるとの説を裏書きするものである。
5. 卵細胞は精子が示したような 2.5°C 冷蔵の受精力に対する臨界点は見出されなかつたが、一般に卵子の 2.5°C への冷蔵抵抗力は強く、精子が健全である限り受精は正常に行なわれる。

文 献

- 梅谷与七郎 1925：卵巣移植及血液移注の実験特に性化変化について、遺伝学雑誌。3 卷 第 4 号。
 ——— 1928：異品種間の卵巣移植及同品種の環境を異にせる 2 形質間の交配による家蚕の強勢に就て 朝
 鮮蚕糸試験所報告 2 卷 第 2 号。
 ——— 1930：Studies on the Vigor of Silkworms. *Bombyx mori*. Genetics 15.
 ——— 1952：形質と環境 東京 裳華房。

本 会 記 事

1. 編集幹事かわる

編集幹事湯浅明氏は米国の Southern Illinois University にてフルブライト交換教授として 1 年間をすごすため、来る 8 月 28 日出発するので、同氏ののこりの任期をみたすため小野記彦氏が編集幹事に会長より依頼された。
 “遺伝学雑誌”によせる原稿の送先または問合せは、これからはつぎのようである。

東京都目黒区深沢町 東京都立大学理学部生物学教室 小野記彦
 なお、校正、校正刷、別刷などに関する問合せはつぎのほうが便利である。
 東京都目黒区駒場町 東京大学教養学部生物学教室 平野 正

2. 役員会をひらく

1955 年 10 月 15 日（土）岡山大学にて本会役員会を開くので、役員、談話会または会員で同会にかけたい議題があるときは、なるべくまえもつて会長あてに送ること。

3. 本会会員に

本会会員に、会として、談話会として、または会員として知らせること、または、はかりたいことがあるばあいは、できるだけ本誌の“本会記事”欄を活用したいので、会員は毎号本欄にとくに注意されたい。

4. 本会第 27 回大会

“大会にゅうす” No. 25 でみるように、本年 10 月 16—18 日、岡山大学を中心に、本大会が開かれるので、会員はふるつて参加されたい。なお本大会の講演要旨は“遺伝学雑誌” Vol. 30 No.4 (1955 年 9 月発行) にのせる予定である