

熱帯系蚕品種の休眠性に対する
日長条件の影響

小林 淳・海老沼宏安・小林正彦・吉武成美

東京都文京区・東京大学農学部 (〒 113)

(1986年2月27日 受領)

JUN KOBAYASHI, HIROYASU EBINUMA, MASAHIKO KOBAYASHI and NARUMI
YOSHITAKE: Effect of photoperiod on the diapause egg production in the tropi-
cal races of the silkworm, *Bombyx mori*

日本蚕糸学雑誌

第55巻 第4号 (昭和61年8月) 別刷

Reprinted from

THE JOURNAL OF SERICULTURAL SCIENCE OF JAPAN

Volume 55, Number 4, (August)

熱帯系蚕品種の休眠性に対する 日長条件の影響

小林 淳・海老沼宏安・小林正彦・吉武成美

東京都文京区・東京大学農学部 (〒 113)

(1986年2月27日 受領)

JUN KOBAYASHI, HIROYASU EBINUMA, MASAHICO KOBAYASHI and NARUMI YOSHITAKE: Effect of photoperiod on the diapause egg production in the tropical races of the silkworm, *Bombyx mori*

An investigation was carried out on [the effect of constant photoperiod and changes in the photoperiod on the diapause egg production in the tropical races of the silkworm, *Bombyx mori*, especially in Ringetsu. All the tropical races investigated showed the long-day photoperiodic response to the constant photoperiods, 15L9D and 12L12D, to which silkworms are exposed during the rearing seasons in Japan. The tropical races were divided into two groups with respect to the pattern of the photoperiodic response. Races belonging to one of the groups were Cambodge (fixed race), Mysore and Ringetsu. Their diapause egg production was more affected by changes in the photoperiod than by a constant photoperiod. Races belonging to the other group were Annam, Cambodge, Pure Mysore, Br9 and Nk4. Their diapause egg production was controlled mainly by the photoperiod during the developmental stages following the onset of the third larval instar. The tropical races were also divided into two groups with respect to their sensitivity to photoperiod. Br9 and Nk4, preserved at the Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, were found to display a low sensitivity. In contrast, the other races, preserved at the Division of Breeding, the Sericultural Experiment Station, showed a striking sensitivity. These results suggest that the seasonal changes in the diapause egg production in the tropical races, which was observed during the rearing seasons at the Sericultural Experiment Station, was induced by the photoperiod.

(Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113)

農林水産省蚕糸試験場蚕品種保存研究室で保存されている熱帯系蚕品種の休眠性には、飼育期による差異が見られた。その原因の一つとして、日長条件の季節的変動が考えられたので、蚕糸試験場保存の熱帯種と東京農工大学で保存されているタイの品種を供試して、光周反応の調査を行った。日本の飼育環境においてカイコが遭遇すると推定される、15L9Dと12L12Dの日長条件に対して、すべての熱帯種は長日型の光周反応を示した。そして、供試した熱帯種を、日長条件の変化によって最も大きな休眠率の差異を示す品種と、3齢幼虫期以降の日長条件によって休眠性がほぼ決まる品種とに大別できた。また、蚕糸試験場保存の熱帯種は、東京農工大学保存のタイの品種よりも、日長条件に対して敏感に反応した。これらの結果から、蚕糸試験場保存の熱帯種は、飼育期の日長条件により、休眠性を決定している可能性が強く示唆された。

カイコ卵の休眠誘導に影響を与える環境要因としては、前代における温度(渡辺, 1918; 1919; 1922

; 1924), 光線(Kogure, 1933), 湿度(水野, 1925)および栄養(梅谷, 1928; 永盛, 1930; 北沢, 1932)が知られてきた。一方、人工飼料で飼育した2化性の蚕品種の休眠性は、桑葉で飼育した場合と異なり、幼虫期の日長条件によって大きく変化する

熱帯系蚕品種の休眠性に関する研究 第1報。
本報告の一部は、日本蚕糸学会第52回学術講演会で発表された。

(高宮・中村, 1973; 高宮, 1974; 加藤, 1974; 佐本, 1974)。桑葉育した場合でも, 2化性や4化性蚕品種の休眠性は, 幼虫期の日長条件によってある程度変化することが知られており (Kogure, 1933), 田中 (1964) は, 2化性の大造において, 幼虫後期の短日が, 休眠誘起に決定的であると報告した。さらに, 人工飼料育蚕と桑葉育蚕の両者とも, 幼虫期の光周反応が, 卵催青期とは逆の長日型であるという共通性を示した。したがって, 人工飼料育蚕の反応は単なる異常とはいきれないし, 桑葉育した場合でも, 幼虫期に顕著な光周反応を示す品種が大造の他にも存在する可能性は, 十分にあると考えられる。

農林水産省蚕糸試験場蚕品種保存研究室で保存されている熱帯種の休眠性は, 春蚕期と初秋蚕期あるいは晩秋蚕期とで著しく異なり, 山本ら (1982, 1984) は, 壮蚕期から前蛹期にかけての温度条件が, これら熱帯種の休眠性に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。これに対して, 著者らは, 蚕糸試験場で保存されている熱帯種の輪月を, 窓のない恒温室で, 給桑時だけ照明するという極めて短日な日長条件で飼育したところ, すべての雌蛾に休眠卵を産下させることができた。したがって, 輪月は, 幼虫期の日長条件に対して, 強い感受性を示すものと考えられた。

本報では, 熱帯種輪月の休眠性に対する日長条件の影響を, 发育段階全般にわたって調査するとともに, その他の熱帯種との共通性を探り, カイコ全体の中で, 熱帯種の光周反応の位置づけを検討した。その結果, 若干の知見を得たので報告する。

本文に入るに先立ち, タイの蚕品種を分譲して下さった東京農工大学助手浜野国勝氏に謝意を表す。

材料および方法

1. 供試蚕品種

農林水産省蚕糸試験場蚕品種保存研究室において保存されている熱帯種 (カンボウジュ (固定種), アンナン, カンボウジュ, ピュアマイソール, マイソールおよび輪月) と東京農工大学農学部において保存されているタイの蚕品種 (Br 9 と Nk 4) を用いた。これらの品種のうち, カンボウジュ (固定種) は2化性であり, 残りの7品種がいわゆる多化性で

ある。

2. 環境条件

一定の日長条件だけでなく, その変化が休眠性に応どのような影響を与えるかを調査するため, 12時間明12時間暗 (12L12D) と15L9Dの2種類の日長条件を設定し, それぞれの日長条件下でカイコを飼育するとともに, 3齢幼虫起蚕直後にもう一方の日長条件への移動を行った。また, 特に輪月においては, 日長条件を8L16D, 12L12D, 13L11D, 14L10D, 15L9Dおよび16L8Dの6種類設定し, Fig. 1aに示したように, さまざまな发育段階において他の日長条件への移動を行った。そして, 12L12Dと15L9Dにおいては, ある发育段階だけを異なる日長条件下で飼育保護する実験も行った (Fig. 1b)。

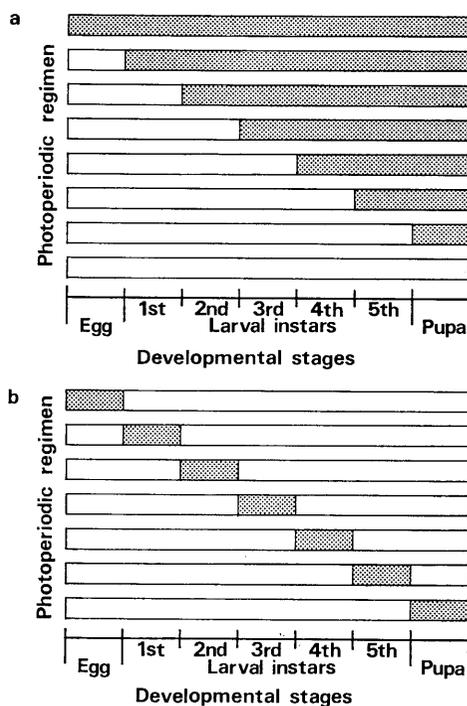


Fig. 1. Design of photoperiodic treatments during the development of the silkworm. The plain rectangles and the shaded rectangles represent different photoperiods, respectively. Insects were exposed to constant and changing photoperiods (a), and, especially in the case of Ringetsu, they were exposed to different photoperiods during one of the developmental stages (b).

卵の催青から幼虫の飼育、蛹の保護そして産卵に至るまで、温度条件は25°Cとした。幼虫は、桑葉で飼育した。光源は白色蛍光灯を用いた。明期の照度は、棚飼いのため位置により100~1600 luxの範囲で変動した。湿度などその他の環境要因については、できるだけ均一になるように配慮した。なお、以上の環境制御は、東京大学農学部生物環境制御システムセンターにおいてNK式低温恒温器(日本医科機器製)を使用して行った。

3. 休眠性の判定

山本ら(1982)に準じ、蛾区内の休眠卵が80%以上のものを休眠卵蛾区、20%以下のものを非休眠卵蛾区とし、その間のものを混合卵蛾区として区別した。そして、休眠卵蛾区数の、全蛾区数に対する割合を、それぞれの実験区の休眠率として百分率で表示した。

結 果

1. 日長条件の変化が輪月の休眠性に及ぼす影響

6L18Dの短日条件と18L6Dの長日条件を設定し、1981年8月下旬から10月初旬にかけて実験を行った。即時浸酸した卵を25°Cで催青して実験に供試した。催青期の日長条件は、特に制御しなかった。各実験区では、それぞれ30個体を飼育した。

結果は、Table 1, 2に示した。明らかに幼虫期の日長条件が、輪月の休眠性に影響を及ぼしてい

る。18L6Dと6L18Dでは、それぞれ0%と94.1%の休眠率を示した。したがって、輪月は、幼虫期の日長条件に対して長日型の光周反応で休眠性を決定しているといえる(Table 1)。

日長条件の変化は、18L6D→6L18Dの短日化を2齢から4齢起蚕で行った場合、6L18Dと同程度かそれ以上の休眠率を示した。5齢起蚕での短日化でも、18L6Dにおける0%の休眠率と比べて十分大きな61.5%の休眠率を示した。また、6L18D→18L6Dの長日化の場合は、変化の時期が早いほど、低い休眠率を示した(Table 2)。このように、適当な時期の短日化や長日化によって、短日条件や長日条件とほぼ同じか、それ以上(あるいは以下)の休眠率が得られた。

Table 1. Effect of constant photoperiods on the diapause egg productino in the tropical race, Ringetsu.

Photoperiodic treatment	Diapause (%)
18L6D*	0
6L18D*	94.1
15L9D	7.9
12L12D	16.7

* : Photoperiod during egg incubation was not controlled.

Table 2. Effect of changes in the photoperiod on the diapause egg production in the tropical race, Ringetsu.

Photoperiodic treatment	Stage at transfer*					
	Larval instar					Pupa
	1st	2nd	3rd	4th	5th	
18L6D →6L18D**	—	91.7	100.0	91.7	61.5	—
6L18D →18L6D**	—	0	0	7.1	52.9	—
15L9D →12L12D	23.9	70.4	79.6	78.6	40.0	10.9
15L9D →13L11D	0	70.0	73.7	87.5	46.2	0
15L9D →14L10D	0	10.0	66.7	26.1	13.3	0
12L12D→15L9D	4.3	2.0	0	0	2.7	8.5
12L12D→14L10D	25.0	6.3	12.5	0	6.3	10.0
12L12D→13L11D	0	16.7	50.0	11.1	33.3	7.1

* : Insects were transferred within 24 hr of hatch or ecdysis.

** : Photoperiod during the egg incubation was not controlled.

Figures in the table denote the diapause(%).

日本において蚕が飼育される春から秋にかけての日長の変動は、大体 12L12D (春分と秋分) と 15L9D (夏至) の間に限定される。そこで、日長条件を 12L12D, 13L11D, 14L10D および 15L9D の 4 種類設定し、1981年10月下旬から12月上旬にかけて実験を行った。即時浸酸卵を供試し、各実験区の飼育個体数は、12L12D と 15L9D およびその間での移動実験区では、100 個体とし、その他の日長条件への移動実験区では、30 個体とした。ただし、12L12D と 15L9D で行った、ある発育段階だけを他方の日長条件で飼育する実験においては、50 個体とした。

結果を Table 1~3 に示した。15L9D の長日条件と 12L12D の短日条件では、それぞれ 7.9% と 16.7% の休眠率を示した (Table 1)。どちらも低い値であるが、短日条件の方が幾分高く、18L6D と 6L18D の場合と同様に、長日型の光周反応による休眠性の決定が行われていると考えられた。これに対して、15L9D から相対的に短日な日長条件 (12L12D, 13L11D そして 14L10D) への変化では、非常に高い休眠率を示す実験区が現われた (Table 2)。特に、12L12D と 13L11D への変化を 2 齢から 4 齢起蚕にかけて行った場合や、14L10D への変化を 3 齢起蚕に行った場合には、65% 以上の休眠率を示した。逆に、12L12D から相対的に長日な日長条件 (15L9D, 14L10D そして 13L11D) への変化では、15L9D への変化を 2 齢から 4 齢起蚕にかけて行った場合や、14L10D への変化を 4 齢起蚕時に行った場合および 13L11D への変化を孵化直後に行った場合に、2% 以下の低い休眠率を示した。

ただし、13L11D への変化では、休眠率はあまり低下せず、3 齢および 5 齢起蚕時に変化した場合には、それぞれ 50.0% と 33.3% の比較的高い休眠率を示した。また、14L10D への変化を孵化直後に行った場合には、25.0% の休眠率を示し、長日化が必ずしも休眠率を低下させるとは限らないことを示した。

Table 3 は、ある発育段階だけを、別の日長条件下に置く実験の結果である。ただし、胚子期と蛹期のデータは、Table 2 の孵化直後と蛹化直後に長日化あるいは短日化を行った実験区のデータと同一である。各実験区の休眠率を、Table 1 の変化のない日長条件での休眠率と比較すると、15L9D の長日条件に対して、ある発育段階だけ 12L12D の短日条件を与えた場合、2 齢幼虫期と 3 齢幼虫期の間で、それ以前の休眠率を低下させる方向から増加させる方向に効果が逆転していた。また、12L12D の短日条件に対して、ある発育段階だけ 15L9D の長日条件を与えた場合も、2 齢幼虫期と 3 齢幼虫期の間で、休眠率を増加させる方向から低下させる方向に効果が逆転していた。したがって、2 眠を境にして、短日型の光周反応から長日型の光周反応へ変化していると考えられた。しかも、短日型の光周反応の主な感受期は、1 齢幼虫期であり、長日型の光周反応の主な感受期は、3~5 齢幼虫期であると推察された。

2. 日長条件の変化が熱帯系蚕品種の休眠性に及ぼす影響

輪月に見られた光周反応が、熱帯種に共通した現象かどうかを調査するため、1985年5月上旬から6

Table 3. Sensitivity to photoperiod of each developmental stage in the tropical race, Ringetsu.

Photoperiodic treatment	Stage at which the exposure to 12L12D occurred		Diapause (%)	Photoperiodic treatment	Stage at which the exposure to 15L9D occurred		Diapause (%)
15L9D ↔ 12L12D	Egg (Embryo)		4.3*	12L12D ↔ 15L9D	Egg (Embryo)		23.9*
	Larva 1st instar		0		Larva 1st instar		40.0
	2nd instar		3.8		2nd instar		22.2
	3rd instar		15.8		3rd instar		7.1
	4th instar		15.0		4th instar		5.6
	5th instar		22.2		5th instar		0
	Pupa		10.9*		Pupa		8.5*

*: Data from Table 2.

Table 4. Effect of constant photoperiod and changes in photoperiod on the diapause egg production in the tropical races.

Race	Photoperiodic treatment			
	15L9D constant	12L12D constant	15L9D→12L12D*	12L12D→15L9D*
Cambodge (fixed race)	26.6	57.6	89.0	14.1
Annam	23.0	62.2	60.0	15.4
Cambodge	12.5	74.5	71.3	24.3
Pure Mysore	38.7	97.5	95.8	72.2
Mysore	85.0	92.2	98.8	41.7
Ringetsu	34.9	36.7	100	3.8
Br 9	23.1	41.9	38.7	31.7
Nk 4	0	6.3	15.5	0

*: 3rd instar larvae were transferred within 24 hr of ecdysis.
 Figures in the table denote the diapause (%).

月初旬にかけて実験を行った。Br 9 と Nk 4 は、人工飼料で飼育された雌の産下した非休眠卵を供試し、それ以外の品種は、低温下で越冬させた休眠卵を供試した。各実験区における飼育個体数は、70～80 個体とした。

結果は、Table 4 に示した。変化のない日長条件だけを比較すると、すべての品種において、12L12D の短日条件よりも、15L9D の長日条件の休眠率の方が低い。したがって、各品種とも、長日型の光周反応によって、休眠性を決定していることが明らかになった。また、すべての品種において、最高の休眠率を示したのは、12L12D の実験区か、あるいは3齢起蚕時に15L9D から12L12D へ変化させた実験区であった。逆に、最低の休眠率を示したのは、15L9D の実験区か、あるいは3齢起蚕時に12L12D から15L9D へ変化させた実験区であった。そして、最高ならびに最低の休眠率を示した実験区の傾向から、日長条件の変化によって、最も大きな休眠率の差異を示す品種（カンボウジュ（固定種）、マイソールおよび輪月）と、日長条件の変化の有無に関わらず3齢幼虫期以降の日長条件で休眠性がほとんど決まってしまう品種（アンナン、カンボウジュ、ピュアマイソール、Br 9 および Nk 4）とに大別できた。

また、日長条件に対する反応の感度にも、品種による差異があった。すなわち、タイの蚕品種の Br 9 と Nk 4 は、日長条件の違いやその変化に対する反応が鈍く、それぞれ20%と5%前後の低い休眠率

を示した。これに対して、蚕糸試験場で保存されている熱帯種は、程度の差はあるものの、日長条件に対する反応は鋭く、それぞれの品種における最低の休眠率と最高の休眠率の差は、最小のアンナンでさえ44.0%であった。特に、輪月ではその差が98.1%になり、供試蚕品種の中では最大であった。

考 察

カイコの熱帯種の休眠性に対する日長条件の影響についての報告は、これまでほとんどなかった。今回の実験の結果、熱帯種の休眠性が日長条件の影響を受けて変動することが明らかになった。特に、輪月の光周反応については、その詳細が明らかになった。

輪月は、変化のない日長条件に対して、長日型の光周反応を示した (Table 1)。16L8D と 8L16D の実験区は、卵催青期の日長条件を制御していないので、15L9D および 12L12D の実験区の結果と全く同列には扱えないが、臨界日長は、12L12D と 8L16D の間にあると考えられる。したがって、日本の飼育環境で遭遇するはずの日長条件 (12L12D～15L9D) は、すべて臨界日長よりも長日側にある。これに対して、変化する日長条件では、少数の例外的な実験区を除けば、2～4 齢起蚕での日長条件の短日方向への変化が休眠率を増加させ、長日方向への変化が減少させる傾向を示した (Table 2)。しかも、日長条件の変化の幅が大きいほど、休眠率も大幅に増減した。特に重要なことは、15L9D～

12L12D の日長条件が、変化のない日長条件としては、臨界日長よりも長日側にあるにも関わらず、この範囲内での短日方向への変化によって、65%以上の高い休眠率が得られたことである。この結果から、輪月は、日長条件の変化から休眠性を決定する能力を有することが明らかになった。

また、輪月では、2齢幼虫期と3齢幼虫期の間で、短日型の光周反応から長日型の光周反応への逆転が起きていた (Table 3)。したがって、光周反応の逆転が起こる発育段階あたり (2~4 齢起蚕) で日長条件を変化させたことにより、著しい休眠率の増加あるいは減少が誘導された (Table 2) ものと考えられる。すなわち、この光周反応の逆転現象が、日長条件の変化から休眠性を決定する能力の本質であると推察される。さらに、輪月が、変化のない日長条件に対して長日型の光周反応を示した (Table 1) のは、逆転以後の長日型の光周反応の方が、それ以前の短日型の光周反応よりも、休眠性に対する影響力が大きいためであると推察される。

光周反応の逆転現象は、すでに Kogure (1933) により、1化性、2化性および4化性品種において明らかにされている。これらの品種と比較すると、輪月は、短日型の光周反応よりも、長日型の光周反応の方が、休眠性に対して相対的に強い影響を及ぼすという点で特異的である。しかし、以下の3点から、この輪月に特異的な光周反応は、2化性品種の光周反応に比較的近い変異であると判断される。すなわち、①2化性品種の中でも、輪月と同じ中国南部の広東地方原産の大造では、幼虫後期の長日型の光周反応の方が、休眠性に対して強く影響すると報告された (田中、1964)。②人工飼料育した2化性品種は、幼虫期に長日型の光周反応を顕著に示した (高宮、1974; 住本、1974)。③今回の実験に供試した熱帯種の中で、カンボウジュ (固定種) とマイソールは、輪月と同じように、日長条件の変化によって、最も大きな休眠率の差異を示した (Table 4) のだが、そのうちカンボウジュ (固定種) は、2化性品種である。

これに対して、熱帯種の中で、アンナン、カンボウジュ、ピュアマイソール、Br9 および Nk4 の各品種は、3齢幼虫期以降の長日型の光周反応だけで、ほとんど休眠性を決定している点で、輪月に代表される光周反応とは異なっていた。したがって、

これらの熱帯種では、短日型の光周反応の休眠性に対する影響力がかなり弱まったものと推察される。特に、ピュアマイソールでは、3齢起蚕において12L12D から15L9D への変化を行った実験区よりも、15L9D の実験区の方がかなり低い休眠率を示したことから、2齢幼虫期以前でも長日型の光周反応を示すものと考えられる。

以上のように、熱帯種は、光周反応の傾向から2種類に大別されたが、変化のない日長条件に対して、長日型の光周反応を示すという点は、すべての熱帯種に共通していた。したがって、カイコという種全体の中では、桑葉育した場合に限定すると、長日型の光周反応は、熱帯種の特徴であると考えられる。さらに、熱帯種の中でも、カンボウジュ (固定種)、マイソールおよび輪月の3品種は、2齢幼虫期以前の短日型の光周反応の強さから見て、2化性品種と、この3品種以外の熱帯種の間中に位置するものと考えられる。

一方、熱帯種は、日長条件に対する感度という観点からも、2種類に大別された。すなわち、タイの品種の Br9 と Nk4 は、日長条件に対する反応が鈍く、常に非休眠卵を産下する雌蛾の割合が多かった。これに対して、蚕糸試験場保存のすべての熱帯種は、日長条件に鋭敏な反応性を示した。東京農工大学では、1983年にタイの2品種を導入して以来、冬期も人工飼料で飼育し、非休眠卵での継代を続けているのに対し、蚕糸試験場では、熱帯種を休眠卵で越冬させて継代している。中水流ら (1978) は、継代方法を変えることにより、熱帯種のアンナンとマイソールの休眠卵産下率に変化が生ずることを明らかにした。したがって、蚕糸試験場の熱帯種が共通に示した鋭敏な日長感受性を、それぞれの品種に本来備わっていた性質そのものであると考えるよりは、日本 (温帯) への適応による産物であると考えたほうが良いと思われる。

山本ら (1982) は、10年間の蚕糸試験場での飼育成績から、アンナン、カンボウジュおよびマイソールでは、晩秋蚕期>初秋蚕期>春蚕期の順に、休眠率が高くなる傾向を認めた。一方、今回の実験において、熱帯種は、春蚕期の日長条件に対応する15L9D および12L12D→15L9D のいずれかの実験区で最低の休眠率を示し、初秋蚕期から晩秋蚕期の日長条件に対応する12L12D および15L9D→12L

12D のいずれかの実験区で最高の休眠率を示した。このように、実験の飼育環境における日長条件を、大まかに模倣しただけで、休眠率の傾向を近似できた。したがって、蚕糸試験場における、熱帯種の蚕期による休眠性の変動の主要因の一つが日長条件であると強く示唆される。

ただし、日長条件以外の環境要因も、熱帯種の休眠性に対して影響を及ぼす。山本ら (1982, 1984) は、熱帯種の休眠性に対して、壮蚕期から前蛹期にかけての温度条件が、強い影響を及ぼすことを明らかにした。したがって、日長条件に温度条件を加味することにより、各蚕期における熱帯種の休眠率の傾向を、さらにうまく説明できるものと考えられる。その他に、湿度、桑葉質および幼虫の飼育密度なども、休眠性に対して影響を及ぼしているかもしれない。これらの要因が、どれだけ大きな影響力を持つのかは、今後の課題である。

文 献

加藤 勝 (1974) : 生物環境調節, 12, 1-4.

北沢 茂 (1932) : 蚕糸界報, 41, 464-470.

KOGURE, M. (1933) : J. Agric. Kyushu Imp. Univ., 4, 1-93.

水野辰五郎 (1925) : 佐久良会雑誌, 17, 9-30.

中水流操・吉村 洋子・吉村 亮 (1978) : 蚕糸研究, 106, 52-57.

永盛新三郎 (1930) : 応動雑, 2, 217-220.

住本憲一 (1974) : 生物環境調節, 12, 103-107.

高宮邦夫 (1974) : 日蚕雑, 43, 35-40.

高宮邦夫・中村正雄 (1973) : 蚕試集報, 96, 129-141.

田中 深 (1964) : 日蚕雑, 33, 249.

梅谷与七郎 (1928) : 蚕糸界報, 37, 1-5.

渡辺勘次 (1918) : 蚕試報, 3, 397-437.

渡辺勘次 (1919) : 蚕試報, 4, 87-106.

渡辺勘次 (1922) : 蚕試集報, 16, 15-42.

渡辺勘次 (1924) : 蚕試報, 6, 411-455.

山本俊雄・藤森 胡友・清水 文信・田中 教夫 (1982) : 日蚕雑, 51, 445-446.

山本俊雄・榎島 守利・藤巻 忠彦 (1984) : 蚕糸研究, 130, 42-45.