

ヤサイゾウムシの發育に及ぼす温湿度の影響*

安江安宣・河田和雄

筆者は第1報(1952)においてヤサイゾウムシ *Listroderes costirostris obliquus* KLUG, 1829 幼虫の食性を調査した結果、その食餌植物となるものは11科28種をかぞえ、そのうちキク科7種、十字科6種がもつとも多く、この害虫の海外における食性調査とほぼ同様の傾向をしめしたことを報告した。わが国におけるヤサイゾウムシの発生経過および習性については熊代(1950)、白神・石井(1950)、大谷(1951)、吉井(1952)、松沢(1953)などの一般的な報文が既にあるので、この害虫の生態の大要は判明したといえるが、卵期より成虫にいたるまでの發育過程において最も重要な環境因子である温度と関係湿度の種々なる変化にたいして如何なる生理的反應をしめすかという課題、いかにすればこの害虫の環境にたいする物理的な好適条件については現在までのところ内外を通じて精細な資料を欠いていた。

しかも植物防疫ならびに生物地理学のうからみてヤサイゾウムシは日本においても、また世界においても現在尚その分布区域を漸次拡大しつつある害虫であつて、すなわち日本では中田(1954)によれば東京都以南の表日本に分布地域が限られていたが、その後日本海上にある隠岐群島へも侵入するにいたり筆者も1956、1957両年にわたり現地を確認した。また本害虫の最初の発見地である岡山県下においても当初は県南部に限られていたが、年々その棲息地域は冷涼な北方地域へと拡大しつつあつて、熊代(1959)の調査によればその北限は津山市、久米郡、英田郡南部に達している。一方海外においては生物地理学でいう旧北区における分布地域はひとり日本のみであつたが、第2次世界大戦後、アフリカ西北部の太西洋上にあるカナリー群島に1948年にヤサイゾウムシが発見されたことをHoffmann(1950)が報じている。したがつて応用的見地から将来の分布可能限界を予察するにあつても、この害虫の具体的な実験結果をえておくことは必要であると考えたのでこの研究を実施した。

実験材料及方法

岡山県倉敷市住吉町にある岡山大学農業生物研究所内の蔬菜畑から採集してきたヤサイゾウムシ成虫を20°Cの定温のもとで飼育産卵させ、この卵を実験に用いた。

卵期および孵化に関する実験については各実験区とも供試卵を100個とし、すべて産下後24時間以内のものを用いた。実験温度区は-2.5, 0, 5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5°Cの13段階を設けて、それぞれの温度区における偏異はおおむね1°C以内をたもつた。関係湿度の調節にはZwölfer(1931)、Chapman(1931)の方法にしたがい、

Cu(NO ₃) ₂	40~50%	KBr.....	80~90%
NaBr.....	50~65%	KNO ₃	90~95%
NaCl.....	70~80%	H ₂ O.....	100%

の飽和溶液を用い、容器は直径8cmの小型デシケーターの上段に金網をおき、この上に供試卵を

* ヤサイゾウムシの生態に関する研究第2報

のせて、下段には上記の各種塩類飽和溶液を入れて器内の関係湿度を所定の標準にたもつた。

幼虫の発育に及ぼす種々な環境温度の実験については供試した幼虫の飼料は山東白菜を与え、直径5cmのシャーレに定性濾紙をしいてその上で飼育した。この場合蛹化をたやすくするために第3回目の脱皮後において土壌を少量入れた。実験温度は5, 10, 15, 17.5, 20, 22.5, 25, 27.5, 30°Cの9通りの定温をえらび各温度区共10~20頭の幼虫を用いた。なお定温器内はすべて暗黒状態にした。この実験において関係湿度は設備の都合から特に考慮しなかつたが、ほぼ飽和状態におかれたものと考えられる。観察および飼料の交換は毎日1回10時におこなつた。なお本実験は1957~1959年の期間にわたつて実施した成績をまとめたものである。

実 験 結 果

(1) 種々な定温定湿のもとにおける孵化率と卵内幼虫体完成率の変化

(i) 孵 化 率

温度5.0~32.5°C, 関係湿度40~100%の各組合せ全72区について調査したヤサイゾウムシ卵の孵化状態をしめすと第1表の通りである。これによれば孵化可能温度は5.0~30.0°Cの範囲にあり、孵化可能湿度は70~80%以上であつた。80%以上の良好な孵化率をしめした実験区は関係湿度90~95%区においてはこれに対応する温度は12.5~25.0°Cの範囲にあり、また関係湿度100%区のもとでは温度範囲は15.0~27.5°Cとなる。また関係湿度80~90%区では温度5.0~17.5°Cの範囲内で50%以上の孵化率をしめしたが、これより乾燥した70~80%区では10°C区以外はいずれも50%以下の悪い孵化率となる。これより低湿の50~60%区および40~50%区では実験した全温度とも孵化は行なわれなかつた。

第1表 定温定湿における孵化率(%)

関係湿度% 温度°C	40~50	50~60	70~80	80~90	90~95	100
5.0	0	0	15.0	58.1	66.7	64.5
10.0	0	0	58.5	64.6	67.1	71.0
12.5	0	0	40.8	69.6	80.0	68.8
15.0	0	0	44.2	51.2	81.3	86.5
17.5	0	0	22.6	52.5	97.1	100.0
20.0	0	0	11.2	47.1	76.6	100.0
22.5	0	0	12.5	43.0	84.3	83.0
25.0	0	0	0	3.8	89.3	91.7
27.5	0	0	0	0	73.9	85.0
30.0	0	0	0	0	20.3	43.0
32.5	0	0	0	0	0	0

各湿度の段階を通じて孵化率の変化をみると、孵化率が最高となる温度は高湿になるにしたがつて高くなり、関係湿度100%, 温度17.5~20.0°Cの範囲では100%の孵化率を維持した。

(ii) 卵内幼虫体完成率

つぎに孵化しなかつた残留卵について、卵内幼虫体完成率 = $\frac{\text{孵化卵数} + \text{卵内幼虫体完成数}}{\text{総卵数}}$

×100を求めた結果は第2表の通りである。この結果よりみると卵内幼虫体完成は5.0°~30.0°Cの温度範囲内で行なわれ孵化率の場合と同様であつた。卵内幼虫体完成率を湿度の点からみると50~60%湿度区では12.5°Cの温度のもとで43.9%を示すほか、10.0°, 15.0°, 17.5°, 20.0°および22.5°Cの各温度区においてもわずかながら幼虫体の完成がみられる。70~80%湿度区では20.0°C温度区のもとにおいて96.6%の卵内幼虫体完成率をえられたのをはじめとし5.0°~30.0°Cの殆んどの実験温度範囲内で幼虫体の形成が行なわれ、80~90%区の22.5°C、90~95%区の17.5°C、100%区の17.5~20.0°Cではそれぞれ完成率は100%に達した。又湿度100%区の17.5°~20.0°Cの温度範囲において卵内幼虫体完成率と孵化率が全く相一致することは注目すべきである。

第2表 定温定湿における卵内幼虫体完成率(%)

関係湿度% 温度°C	40~50	50~60	70~80	80~90	90~95	100
5.0	0	0	26.0	64.4	75.0	77.4
10.0	0	14.6	75.8	71.0	81.7	74.2
12.5	0	43.9	57.7	76.8	82.4	78.8
15.0	0	30.0	79.1	87.8	90.7	91.7
17.5	0	30.0	76.6	62.5	100.0	100.0
20.0	0	14.0	96.6	94.3	84.4	100.0
22.5	0	5.4	90.6	100.0	87.0	100.0
25.0	0	0	85.3	78.8	94.7	100.0
27.5	0	0	55.6	80.0	95.7	95.0
30.0	0	0	30.1	35.3	78.5	87.7
32.5	0	0	0	0	0	0

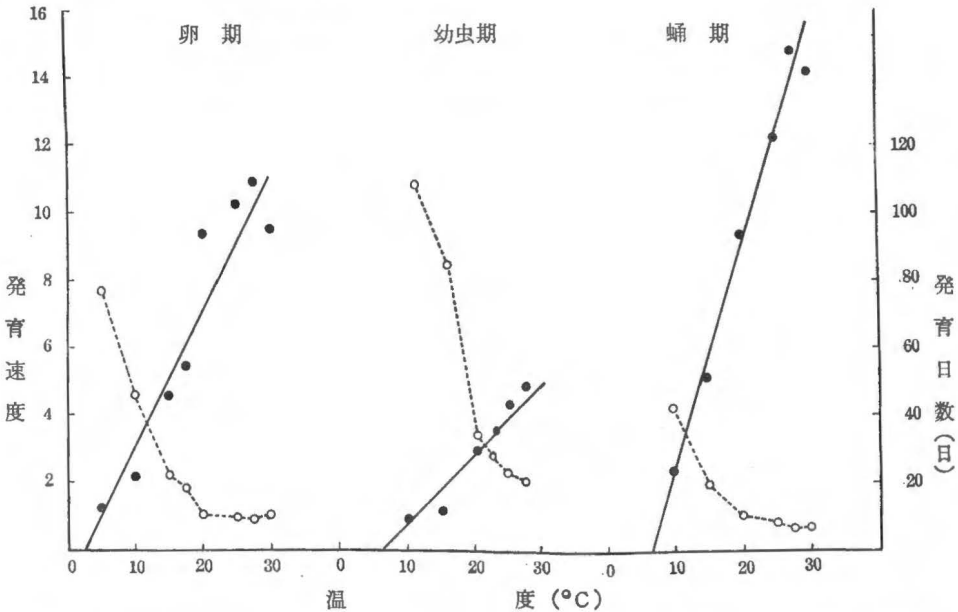
(2) 卵, 幼虫, 蛹期間にたいする温度の影響

(i) 卵 期 間

卵期間は第1図および第3, 第4表に示めしたが, この場合関係湿度100%区における最長日数をあげると95日(5.0°C)で, 最短日数は8日(27.5°C)であつた。本実験においては限界温度の低温部は明らかにしえなかつたが, 第9, 第10表に示したように0°C, -2.5°Cに10日間曝露しても孵化の能力があることより考えると, ヤサイソウムシ卵は低温に対してかなりの抵抗力をもつものと思われる。発育期間の平均値と温度との関係は第1図, 第3表および第7表の通りで, 発育期間の逆数より求めた比較発育速度直線は $y = 0.41x - 1.12$ で表わされ, これより求められる理論的発育零点は2.76°Cとなるが, 既に定説(内田俊郎, 1957)の如く実際のそれよりも幾分高いように考えられる。一方高温限界は孵化率の場合などよりみて30.0°C前後と考へてよいようである。しかし32.5°Cでは胚子の発育は制限され卵内での幼虫体形成は全然行なわれない。なお恒温のもとでは孵化しえない34.0°Cという致死的高温に一定の短時日をかきつて曝露後, これを25.0°Cに移して高温障害の結果を調査したのが第8表である。この表によると34.0°Cに24時間曝すことによつて既に其の影響がみられ, 144時間で孵化率は終に0%となつた。卵期間の発育有効積算温度を計算すると427.9日度であつた。

(ii) 幼虫期間

幼虫期間は第1図、第5表および第7表に示めしたように幼虫期間の最長は環境温度 10.0°Cのもとにおいて127日であるが同温度におけるヤサイソウムシ幼虫の平均発育日数は108.6日であり、最短は飼育温度 27.5°Cにおける18日で、同温度における平均発育日数は20.5日であった。限界温度の低温部は5.0°Cで95日間飼育した結果終令迄達したので、恒温器の故障さえなければ或は蛹化迄飼育可能であったかもしれない。以上のことより推定すると発育可能限界温度は5.0°C前後と考えられるが、後ほど今一度確かめるつもりである。なお発育速度直線は $Y = 0.22x - 1.36$ となりこれより求めた理論的発育零点は6.3°Cであった。ヤサイソウムシ幼虫の高温に対する限界温度は27.5°Cであり、これは卵期におけるそれに比べ2.5°C低い。しかし22.5°C以上の温度区になると老熟後蛹化直前になると弊死する個体が続出して、実験開始時における供試幼虫に対する止歩りが著るしく悪くなり、孵化幼虫が完全に蛹化する個体の割合は第5表最後の欄にあげたように卵、蛹期の止歩りを下廻つて33%以下に低下する。なお幼虫の発育有効積算温度は684.2日度でこれは卵期の約1.5倍、蛹期の5倍強である。



第1図 ヤサイソウムシ *Listroderes costirostris obliquus* KING 各世代の発育と温度との関係 (破線は発育日数, 実線は発育速度)

(iii) 蛹 期 間

蛹期は第6、第7表および第1図のように最長は環境温度 10.0°Cのもとにおいて49日間、最短は環境温度 25.0°, 27.5° および 30.0°Cのもとにおける6日間である。限界温度は高温部では30.0°Cであるが、しかしこのような高温部区では羽化率50%のうち奇型が10%も発生しているところよりみて、正常な羽化が行なわれるのは27.5°C以下と考えられる。低温部は5°C区では弊死個体が多く、明らかにしえなかつたが、発育速度直線 $Y = 0.65x - 4.05$ から求められる理論的発育零点は6.64°Cであった。これは卵期より3.88°C、幼虫期より0.34°C高い。なお蛹期の発育有効積算温度は132.0日度で前二者に比較して最も短かつた。

第 3 表 卵 期 間 と 温 度 (関係湿度 100%)

飼育温度	個体数	発育日数 M+m	発育日数 の範囲	標準偏差 σ	変異係数 C. V.	平 均 発育速度 ×100	孵化率
5.0°C	50	78.0 ±0.30	76~95	±2.12	2.69%	1.28	64.5%
10.0	81	46.30±0.31	42~55	2.06	4.45	2.16	71.0
15.0	63	22.06±0.25	20~28	2.27	10.30	4.59	86.5
17.5	90	18.27±0.11	17~22	1.01	5.46	5.47	100.0
20.0	79	10.68±0.10	10~13	0.89	8.29	9.36	100.0
25.0	80	9.79±0.07	9~11	0.59	5.98	10.21	91.7
27.5	68	9.19±0.01	8~13	0.83	8.70	10.89	85.0
30.0	28	10.57±0.25	9~14	1.30	12.26	9.49	43.1

第 4 表 定温定湿における卵期間とその変異

温 度	関係湿度		70~80%		80~85%		90~95%		100%	
	日数		A	B	A	B	A	B	A	B
5.0°C			89	2.39	90	0.93	89	2.94	78	2.12
10.0			47	3.57	46	3.56	47	2.67	47	2.06
12.5			32	4.52	31	2.42	32	2.42	30	—
15.0			29	2.13	27	2.54	22	2.27	20	2.27
17.5			21	3.21	21	1.99	18	1.88	17	1.01
20.0			19	4.91	20	1.34	16	0.76	13	0.89
22.5			15	2.20	14	1.56	12	0.48	12	—
25.0			—	—	17	—	13	0.75	10	0.59
27.5			—	—	—	—	10	0.82	9	0.83
30.0			—	—	—	—	11	0.83	10	1.30

註. A : 卵期間のモード, B : 標準偏差

第 5 表 幼 虫 期 間 と 温 度 (関係湿度約 100%)

飼育温度	個体数	発育日数 M+m	発育日数 の範囲	標準偏差 σ	変異係数 C. V.	平 均 発育速度 ×100	蛹化率
10.0°C	10	108.6±3.16	104~127	±9.94	9.21%	0.92	50.0%
15.0	7	84.86±0.32	83~86	0.85	1.06	1.18	70.0
20.0	20	34.20±1.40	25~44	6.26	18.42	2.92	44.4
22.5	10	28.40±0.99	26~32	3.12	10.92	3.52	33.3
25.0	20	23.10±0.82	20~31	3.69	16.02	4.33	25.3
27.5	20	20.45±0.49	18~26	2.21	10.73	4.88	23.7

第 6 表 蛹 期 間 と 温 度 (関係湿度 100%)

飼育温度	個体数	發育日数	發育日数 の範囲	標準偏差 σ	変異係数 C. V.	平 均 發育速度 ×100	羽化率
10.0°C	20	42.20±1.02	40~49	±4.58	10.90%	2.37	50.0%
15.0	31	19.45±0.19	16~22	1.06	5.64	5.14	77.5
20.0	22	10.68±0.14	10~12	0.58	5.61	9.39	88.0
25.0	20	8.20±0.24	6~10	1.07	13.41	12.20	69.0
27.5	24	6.72±0.10	6~8	0.42	7.35	14.81	80.0
30.0	20	7.05±0.09	6~8	0.41	5.63	14.18	54.1

第 7 表 發育速度回帰式發育零点及び有効積算温度

世 代 別	卵 期	幼 虫 期	蛹 期
發育 零 点	2.76	6.30	6.64
有効積算温度	427.9	684.2	132.0
回 帰 式	$Y=0.41X-1.12$	$Y=0.22X-1.36$	$Y=0.65X-4.05$
相 関 係 数	$r = +0.941 (P<0.005)$	$r = +0.867 (P<0.05)$	$r = +0.988 (P<0.05)$
自 由 度	6	4	4

第 8 表 高温 34.0°C に各種
時間曝露後 25.0°C
に移した時の孵化率
(湿度 100%)

曝露時間	孵化率
0	91.7%
24	79.2
48	57.5
72	47.6
96	38.5
120	8.2
144	0
192	0

第 9 表 低温 0°C に各種時
間曝露後 25.0°C
に移した時の孵化率
(湿度 100%)

曝露時間	孵化率
0	91.7%
48	75.6
96	70.8
144	86.7
192	74.0
240	56.4

第 10 表 低温 -2.5°C に各種
時間曝露後 25.0°C
に移した時の孵化率
(湿度 100%)

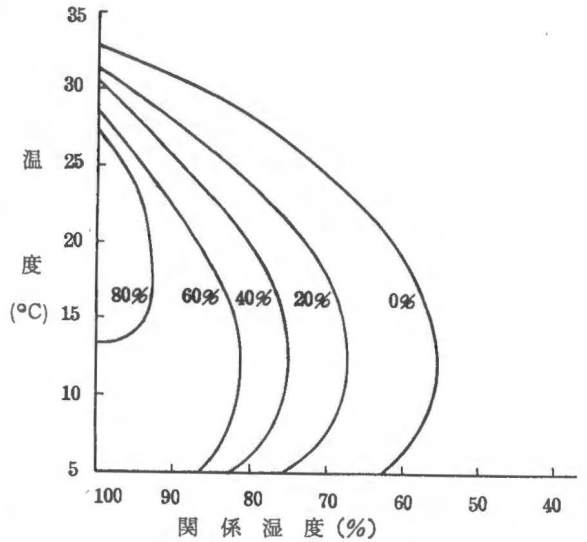
曝露時間	孵化率
0	91.7%
48	39.0
96	37.0
144	33.0
192	19.0
240	45.0

考 察

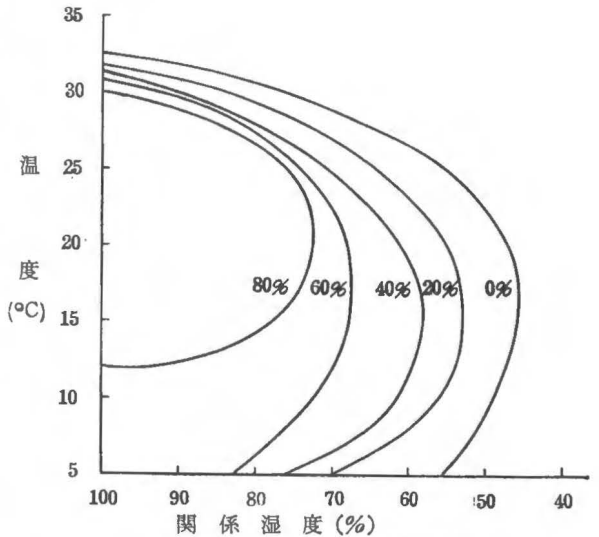
定温定湿の組合せにおけるヤサイゾウムシ卵の孵化率及び卵内幼虫体完成率相互の関係を明らかにするために両者の等率線 (80, 60, 40, 20, 0%) を示す温湿図表 (Thermohygrogramm) をえがいてみると第 2 図及び第 3 図の通りである。この図表によると終始定温湿度組合せにある時の孵化可能とみられる温度は 5.0°~30.0°C であり、孵化率 80% 以上を示す最適条件としては温度 12.5°~27.5°C, 関係湿度 90~100% である。又卵内幼虫体完成が可能とみられる温度は 5.0°

岡山大学理学部数学教室

~30.0°C であり、卵内幼虫体完成率80%以上を示す温度範囲は12.0°C ~30.0°C、関係湿度70~100%とみられる。ここにおいて卵の孵化と卵内において幼虫体が完成する時期との温湿度特に湿度に対する適応範囲が異なり、卵の孵化の方が卵内幼虫体完成期より低湿高温に対して適応性が狭いという現象が認められた。ヤサイゾウムシ卵の孵化におよぼす温湿度の影響について他の数種の昆虫マツカレハ、カイコ、サクサン、ニジュウヤホシテントウ、ナガチャコガネ、ニカメイチュウと比較すると第11、第12表の通りである。この表から考えると本種の高湿限界温度30.0°Cの数値は家蚕卵の40.0°Cを除き大差は認められないが、やはり最低であり、低温限界温度においてはヤサイゾウムシ卵の2.8°Cがこれら7種の昆虫卵のうちでは1段と低い。一方孵化最適条件の温湿度関係を比較すると本種とナガチャコガネが乾燥に対して最も弱いことが判った。なおヤサイゾウムシの発育に及ぼす温湿度の影響について本実験の結果、具体的に精細な資料がえられたのでこれを根拠として日本および世界におけるこの害虫の地理的分布と之におよぼす気候的要因との関係については次回において論述することにする。本実験の要旨は昭和34年



第2図 ヤサイゾウムシ卵孵化率温湿図表



第3図 卵内幼虫体完成率温湿図表

2月8日、日本応用動物昆虫学会中国支部第1回例会（倉敷市）において発表してある。

第11表 数種昆虫の発育限界温度との比較(卵期)

種名	マツカレハ	カイコ	サクサン	ニジュウヤホシテントウ	ナガチャコガネ	ニカメイチュウ	ヤサイゾウムシ
	小島(1935)	道家(1935)	山崎(1939)	安江・河田(1957)	内田・中島(1948)	八木(1934) 鏑木他(1939)	本実験
低温限界	14.2°C	11.5°C	10.0°C	12.5°C	13.0°C	12.0°C	2.8 °C
高温限界	34.5	40.0	34.5	32.5	32.5	36.8	30.0

第 12 表 数種昆虫の孵化最適条件の温湿度（卵期）

種 名	条 件	温 度	関係湿度
ニカメイチュウ	孵化率95%以上を期待せられる条件	17.8~33.2°C	90~100%
マツカレハ	〃 95	〃	〃
カイコ	〃 90	〃	〃
サクサン	〃 85	〃	〃
ニジュウヤホシテントウ	〃 85	〃	〃
ナガチャコガネ	〃 65	〃	〃
ヤサイゾウムシ	〃 80	〃	〃

摘 要

(1) 種々な恒温恒湿を組合せた人工的環境のもとでヤサイゾウムシ *Listroderes costirostris obliquus* KLUG 卵の孵化状態を実験的に調査した結果によると、孵化は温度 5.0°~30.0°C、関係湿度 70~100%の範囲において認められた。又孵化率 100%を示めず最適条件は温度 17.5°~20.0°C、関係湿度 100%である。

(2) 卵内幼虫体完成は温度 5.0°~30.0°C、関係湿度 50~100%の範囲において認められた。又卵内幼虫体完成率 100%を示すと考えられる最適条件は温度 17.5°~25.0°C、関係湿度 80~100%である。

(3) 卵期間は最短 8 日 (27.5°C, 100%) より最長 95 日 (5°C, 100%) におよび、一般に低温なる程、又同温区にあつても低温な程長時日を要する傾向がある。最適条件においては 8~13 日で孵化する。ただし環境温度が低温になる程、また関係湿度が低くなるにつれて孵化は不斉一になる。

(4) 孵化可能温度の高温限界は本実験によると 30.0°C であり、また計算によつて求められたその低温限界（発育零点）は 2.8°C である。この 2 数値は既に発表されている他の昆虫卵（マツカレハ、カイコ、サクサン、ニジュウヤホシテントウ、ナガチャコガネ、ニカメイチュウ）いずれよりも低く、特に後者即ち発育零点が著しく数値が小さいことはヤサイゾウムシが上記のすべての昆虫と異つて冬期に繁殖期間をもつ特性をよく現わしているものといえる。

(5) 幼虫および蛹の発育適応温度は、発育速度直線、発育の正常さおよび飼育時における歩止り（生育率）などの点よりみて大体 15.0°~25.0°C の範囲と考えられる。しかし発育速度の最も速いのは卵、幼虫、蛹期を通じて飼育温度 27.5°C の場合である。

引 用 文 献

Chapman, R. N. (1931): Animal ecology, 464 pp.
 道家信道 (1935): 蚕卵の催青温度が孵化率に及ぼす影響。応動誌, 7 卷, 63—69.
 Hoffmann, A. (1950): Descriptions et observations concernant divers coléoptères phytophages de la région paléarctique. Rev. franc. Ent., vol. 17, 192—199.
 鍋木外岐雄他 6 氏 (1939): 螟虫に関する研究。第 3 報。農事改良資料, 第 140 号, 178 pp.
 小島俊文 (1935): 松枯斯卵の孵化に及ぼす温湿度の影響。応動誌, 8 卷, 299—307.

- 熊代三郎 (1950) : 野菜象虫の徹底的防除について。農業改良速報 (岡山県), 18報, 44—52.
- 熊代三郎 (1959) : 7月26日付私信。久米郡旭町栃原, 英田郡作東町川崎, 御津郡御津町宇甘, 津山市山下に定着 (1959, 2—3月調査), この外に亀山竹志氏 (1958) によれば高梁市高梁地区でも発見。以上の地点は岡山県におけるヤサイソウムシの北限となるが, この限界線は筆者の調査 (1954) によるニジュウヤホシテントウの北限とほぼ一致する。
- 松沢寛 (1953) : 渡来害虫ヤサイソウムシに就いて。宮崎大学開学記念論文集, 122—129.
- 中田正彦 (1954) : 日本におけるヤサイソウムシの防除顛末。植物防疫, 8巻, 211—218.
- 大谷快夫 (1951) : たばこの新害虫やさいぞうむしに就て。たばこ耕作参考資料, 6号, 37—39.
- 白神虎雄, 石井卓爾 (1950) : ヤサイソウムシについて。農薬と病虫 (植物防疫), 4巻, 277—283.
- 内田登一, 中島敏夫 (1948) : ナガチャコガネの生態学的研究。北大農演習林報告, 14巻, 101—138.
- 内田俊郎 (1957) : 昆虫の發育零点。応動昆誌, 1巻, 46—53.
- 八木誠政 (1934) : 二化螟虫の等發生帯に就て。農試彙報, 2巻, 381—394.
- 安江安宣 (1952) : ヤサイソウムシの生態に関する研究 第1報 特に食餌植物に就て。農学研究, 40巻, 151—155.
- 安江安宣, 河田和雄 (1957) : マダラテントウ類の發育に及ぼす温湿度の影響。日本昆虫学会第17回大会講演要旨。
- 吉井孝雄 (1952) : ヤサイソウムシの生態に就いて。中国四国農業研究, 1号, 69.