- Workshop (N.S. TALEKER and T.D. GRIGGS eds.), Shanhuai, Taiwan: AVRDC, pp. 89-95.
- HOU, R.F. and M. HSIAO (1986) *Chinese J. Entomol.* **6**: 31-37.
- HSIAO, J.H. and R.F. HOU (1978) *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.* **17**: 97-102.
- 伊藤智夫 (1983) 蚕の栄養と人工飼料. 東京: 日本蚕糸新聞社, pp. 21-25.
- 金子順一・喜多孝一 (1989) 応動昆 **33**: 152-154.
- 腰原達雄・山田偉雄 (1976) 応動昆 **20**: 110-114.

- 宮園 稔・山本牧子・大羽克明・腰原達雄・石黒丈雄・林 幸之 (1992) 応動昆 **36**: 193-196.
- MIYASONO, M., S. INAGAKI, M. YAMAMOTO, K. OHBA, T. ISHIGURO, R. TAKEDA and Y. HAYASHI (1994) *J. Invertebr. Pathol.* **63**: 111-112.
- 宮園 稔・山本牧子・稲垣秀一郎・大羽克明・石黒丈雄・林 幸之・武田禮二 (1994) 応動昆 **38**: 101-108.
- 山田偉雄・腰原達雄 (1978) 植物防疫 **32**: 253-256.

ガンマキンウワバとタマナギンウワバの耐寒性

金子 順一

北海道農業試験場

Differences in Cold-Hardiness between Silver-Y Moth, *Autographa gamma* (L.) and Asiatic Common Looper, *A. nigrisigna* (WALKER). Jun'ichi KANEKO (Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Hitsujigaoka, Toyohira-ku, Sapporo 062, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* **40**: 305-308 (1996)

Abstract: The cold-hardiness of the Silver-Y moth, *Autographa gamma*, at the egg, larval and pupal stage was compared with that of the Asiatic Common Looper, *A. nigrisigna*. In each stage, nearly all individuals died at chilling (0°C, 100% RH) for 10 to 30 days without hardening (10°C for 1 day and then 5°C for 5 days). However, if hardened, more individuals survived chilling for more days in both species. This effect was most remarkable in *A. gamma*. Hardened third-instar larvae of *A. gamma* survived chilling for 120 days at a rate of 1.4%. By contrast, no individuals of hardened *A. nigrisigna* survived chilling for 90 days.

Key words: *Autographa gamma*, *Autographa nigrisigna*, cold-hardiness

ガンマキンウワバ *Autographa gamma* (L.) (Noctuidae: Plusiinae) が長距離移動性で、耐寒性が大いことは以前から知られている (WILLIAMS, 1958; NOVAK, 1971, 1972)。日本においては 1960 年代に北海道で初めて記録された (飯島, 1966; 館山, 1967) が、北海道への渡来と定着・分布拡大の要因として、この二つの性質が関与していたと考えられている (金子, 1993 b)。同属のタマナギンウワバ *A. nigrisigna* (WALKER) は、ガンマキンウワバが記録される以前から北海道で見いだされていたが、ガンマキンウワバが北海道で越冬しているのが明らかになっている (兼平・島倉, 1988; 金子, 1993 a) のと対照的に、北海道での越冬は確認されていない。世界における分布をみても、ガンマキンウワバが、地中海沿岸からユーラシア大陸にかけて広く分布しているのに対し、タマナギンウワバは東南アジア北部・インド

北部から中国、日本、サハリンにかけての比較的狭い範囲に限られる (KOSTROWICKI, 1961)。それらの違いの原因の一つに耐寒性が関係している可能性が考えられるので、両種で比較を行った。

本稿執筆に際し、助言を頂いた北海道大学低温科学研究所の丹野皓三博士に対し感謝申し上げる。

材料と方法

1. 供試虫

1994 年 9 月から 10 月にかけて、札幌市羊ヶ丘の北海道農業試験場内の牧草地とキャベツ圃場から卵を採集し、20°C、LD15:9 の条件下で孵化させ、人工飼料 (金子, 1993 a) を用いて飼育した。得られたガンマキンウワバ・タマナギンウワバ両種の成虫は、採卵のため 30×30×30 cm のアクリル製ケージに入れ、餌として、水を含ませた脱脂綿に適量、蜂蜜を加えて与えた。卵は、容器の壁面にペーパータオルを張って産ませた。数日間にわたって採卵したが、成長を揃えるため、採卵日の前日午後後にケージ内に張ったペーパータオルを採卵当日午前中に取り外した。実験には、これら両種の卵およびそれから孵化した幼虫、蛹を使用した。

卵の産みつけられたペーパータオルは適当な大きさに切り、径 9 cm のプラスチック製シャーレに入れ、採卵の翌日にそれぞれの実験条件に移した。1~3 齢幼虫は、卵が産みつけられたペーパータオルを同様に、濾紙を敷いた径 9 cm のプラスチック製シャーレに人工飼料とともに入れて飼育して得た個体を、脱皮直前直後を避けて、シャーレごと実験に供した。20°C での各齢期間は 3~4 日であった。4 齢幼虫は、3 齢幼虫を、15×25×5 cm のプラスチック製容器に移して飼育してから得た個体を、濾紙を敷いた径 9 cm のシャーレに 10~20 頭くらいずつ人工飼料とともに入れ、20°C に数時間おいて食い付きをみてから、実験条件に移した。5 齢幼虫は、4 齢幼虫と同様にして

Table 1. Survival ratio (%) of *Autographa gamma* through chilling for 10 to 120 days at 0°C, 100% RH

Stage	Survival ratio (%)							
	10*	20*	30*	40*	50*	60*	90*	120*
Egg	87.5 (40)	17.2 (99)	1.4 (139)	0.0 (118)	0.0 (79)	0.0 (37)	0.0 (160)	
	88.2 (169)	52.8 (303)	3.3 (212)	0.0 (77)	0.0 (121)		0.0 (122)	
1st instar larva	98.1 (313)	9.0 (288)	0.0 (351)	0.0 (399)	0.0 (361)	0.0 (122)		
	98.6 (579)	88.7 (355)	28.9 (474)	3.6 (387)	0.0 (351)	0.0 (340)		
2nd instar larva	61.5 (663)	4.9 (550)	1.2 (241)	0.0 (641)	0.0 (94)	0.0 (244)		
	99.2 (394)	95.5 (559)	62.8 (459)	37.9 (298)	7.1 (381)	1.4 (148)		
3rd instar larva	36.1 (936)	2.0 (835)	0.2 (471)	0.0 (882)	0.0 (430)			
	98.4 (548)	92.5 (682)	51.7 (936)	18.8 (951)	17.3 (594)	12.6 (262)	5.9 (237)	1.4 (660)
4th instar larva	74.5 (106)	31.0 (100)	4.5 (110)	0.0 (60)				
	90.3 (113)	64.3 (98)	58.0 (112)	62.1 (87)	55.6 (90)	66.6 (36)	0.8 (119)	
5th instar larva	80.0 (30)	20.0 (30)	3.3 (30)	0.0 (25)	0.0 (10)	0.0 (10)	0.0 (5)	
	90.0 (30)	76.7 (30)	71.4 (35)	55.0 (20)	20.0 (10)	0.0 (10)	0.0 (10)	
Pupa	87.5 (40)	52.5 (40)	22.0 (50)	10.0 (30)	0.0 (20)	0.0 (30)	0.0 (40)	0.0 (70)
	96.7 (60)	93.3 (60)	70.0 (50)	56.7 (30)	13.3 (30)	3.3 (30)	0.0 (40)	0.0 (20)

Number of tested individuals in parentheses. *: Chilling periods (days).
Numbers in upper row in each stage: Control moths.
Numbers in lower row in each stage: Hardened moths.

Table 2. Survival ratio (%) of *Autographa nigrisigna* through chilling for 10 to 120 days at 0°C, 100% RH

Stage	Survival ratio (%)							
	10*	20*	30*	40	50*	60*	90*	120*
Egg	52.4 (267)	0.0 (68)	0.0 (99)	0.0 (112)		0.0 (159)		
	86.7 (150)	36.2 (224)	0.6 (311)	0.0 (111)				
1st instar larva	51.4 (876)	0.0 (700)	0.4 (505)	0.0 (690)	0.0 (693)	0.0 (258)		
	92.8 (940)	50.4 (659)	0.2 (464)	0.0 (362)	0.0 (317)	0.0 (691)		
2nd instar larva	51.5 (68)	0.0 (193)	0.0 (82)	0.0 (85)				
	99.5 (189)	64.8 (216)	14.7 (68)	2.2 (180)	1.7 (121)	0.0 (102)		
3rd instar larva	29.2 (315)	0.3 (684)	0.0 (329)	0.0 (98)	0.0 (110)			
	88.9 (460)	72.4 (275)	18.0 (266)	4.3 (161)	0.0 (85)	0.3 (295)	0.0 (228)	
4th instar larva	50.0 (40)	6.0 (50)	4.4 (135)	0.0 (44)				
	83.0 (100)	51.4 (70)	35.9 (181)	34.8 (179)	11.0 (163)	0.0 (63)		
5th instar larva	20.0 (15)	0.0 (10)	0.0 (10)	0.0 (10)	0.0 (10)			
	70.0 (10)	80.0 (10)	10.0 (10)	0.0 (10)	0.0 (10)	0.0 (10)		
Pupa	95.0 (20)	50.0 (20)	30.0 (20)	10.0 (20)	0.0 (20)	0.0 (20)	0.0 (20)	
	95.0 (20)	86.7 (30)	55.0 (20)	15.0 (20)	5.0 (20)	0.0 (20)	0.0 (10)	

Number of tested individuals in parentheses. *: Chilling periods (days).
Numbers in upper row in each stage: Control moths.
Numbers in lower row in each stage: Hardened moths.

5 個体ずつシャーレに入れ、20°C に数時間置いた後、実験条件に移した。幼虫では共食いによる死亡をなくすため、シャーレ内に人工飼料を十分に入れるよう気を付けた。蛹は、上記のプラスチック製容器で蛹化させた個体を、脱皮直後を避けて 10 個体ずつシャーレに入れ、水で濾紙を湿らせてから実験条件に移した。

2. 実験条件

供試する個体は、予冷区と非予冷区との二つに分けた。前者

は、10±1°C に 1 日置いた後に 5±1°C に 5 日間置いてから 0°C、100% RH の実験条件に移した。後者の区は、20°C の飼育条件から直ちに、0°C、100% RH の実験条件に置いた。0°C、100% RH という条件は、北海道における積雪下での長期間越冬を想定して設定した。その条件は、デシケーター (30×50×37 cm) の内部に水を入れた容器を置き、このデシケーターを、0°C に調節した恒温器に入れることによって得た。恒温器内は ± 1°C のふれを示すが、デシケーターの扉の開閉がなければデ

シケーター内部は変動がほとんどみられない。シャーレの取り出しの際の扉の開閉によるデシケーター内部の温度変動はあると思われるが、これは考慮しなかった。デシケーターの内部に実験供試個体を入れた。恒温器内は全暗とした。

実験条件においた日から数えて、10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 日後に、シャーレを取り出し、生存率を調べた。

3. 生存率の調査

卵の生存率は、冷蔵終了直後の卵内における生死を判別できなかったで、0°C から 20°C に戻した後、2~7 日の間に孵化する 1 齢幼虫を数えて算出した。1~5 齢幼虫は、0°C から 20°C に戻して数時間後と、1 日後の 2 回、生存を確認した。また、生存していても死にそうな個体については、その後も生死の確認を続けた。ピンセットで触れると動くなどの反応のある個体、息を吹きかけると反応のあるものを生存個体とした。死亡個体は、体の一部または全部が黒あるいは茶色に変色していたり、表皮に張りなくなっているため、外観からもおよそ見分けることができた。蛹は、0°C から 20°C に戻した後数時間経てから、ピンセットで触れると動く個体を数え、またそれ以後 20 日間にわたり、羽化の有無を確かめた。ピンセットで生死を確かめたときには反応がなくても、後に羽化することもあり、両方の確認の際の数値のうち大きい方を用いて生存率を計算した。

結 果 と 考 察

予冷のない場合、卵と幼虫についてみると、ガンマキンウバでは、3 齢幼虫を除き、冷蔵 10 日後には大部分の個体が生存していたが、30 ないし 40 日後にはゼロないしゼロ近くまで生存率が下がった (Table 1)。これに対し、タマナギンウバでは、冷蔵 10 日後に生存率が 50% またはそれ以下にまで低下し、冷蔵 20 日後には生存率がゼロまたはゼロ近くまで下がった (Table 2)。

予冷を行うと、ガンマキンウバ・タマナギンウバともに、耐寒性が増すことが明らかになった。その傾向はタマナギンウバよりもガンマキンウバでより明瞭であった (Table 1 および 2)。ガンマキンウバの方がタマナギンウバより耐寒性が高いと考えられる。

予冷による耐寒性の向上は、両種とも 2 齢、3 齢幼虫と 4 齢幼虫とで特に大きかった。しかし、タマナギンウバでは 90 日の冷蔵に耐えられる個体は存在しなかったのに対し、ガンマキンウバ 3 齢幼虫では少数ながら 120 日間 0°C に耐えられる個体が得られた。その生き残った 9 個体は、20°C に戻して新しい餌を与えたところ、すべて 4 齢になった。

ガンマキンウバの 3 齢幼虫の耐寒性が高いことはすでに報告されている (NOVAK, 1971, 1972) が、それは予冷によってもたらされる性質であり、予冷のない場合にはむしろ耐寒性がどのステージよりも小さかった (Table 1)。また、ガンマキンウバでは 4 齢幼虫も予冷によって耐寒性が 3 齢幼虫と同等かそ

Table 3. Ratio (%) of individuals of *A. gamma* and *A. nigrisigna* eclosed normally to individuals surviving chilling for 10 to 90 days in pupae

Species	Ratio (%)						
	10*	20*	30*	40*	50*	60*	90*
<i>A. gamma</i>	85.7	42.9	0.0	0.0			
	74.1	76.8	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>A. nigrisigna</i>	63.2	40.0	0.0	0.0			
	73.7	19.2	9.1	0.0	0.0		

*: Chilling periods (days).

Numbers in upper row in each species: Control moths.

Numbers in lower row in each species: Hardened moths.

れ以上に大きくなることが、今回の実験で初めて明らかになった。この結果は、札幌の圃場での越冬調査結果 (越冬個体は 3 齢、4 齢幼虫同数であった) とよく符合する (金子, 1993 a)。同様にタマナギンウバでは、4 齢幼虫が最も高い耐寒性を示した。

蛹では、ガンマキンウバ、タマナギンウバ両種間で、生存率に大きな違いがなかった。しかし、翅のちぢれや褪色がなく外観上正常に羽化した個体の生存個体に対する割合をみると、Table 3 に示すように大きな違いがあり、やはりガンマキンウバの方が耐寒性が高いと判断してよいと思われる。

予冷方法が一通りなので断定はできないが、予冷のない場合の耐寒性が小さいことと、予冷によって耐寒性が十分大きにならないことが、タマナギンウバの北海道での越冬が観察されない理由であろう。北海道へは、毎年本州以南から移動してくるものと推定され、また、その世界における分布も、この耐寒性が限定要因となり決められている部分が高いと考えられる。

ガンマキンウバの北海道での野外越冬においては、本実験結果を考え併せると、秋から冬にかけて徐々に寒くなる期間が馴化として働き、この期間に十分な耐寒性を獲得した個体が、以後の長期間の積雪下での越冬に耐えられると考えてよいであろう。

ガンマキンウバ 3 齢幼虫を予冷して 120 日間置いた後の生存率 (1.4%) は、1991 年 12 月から 1992 年 4 月にかけて (積雪期間はほぼ 120 日) 野外のキャベツ圃場で行った越冬個体調査の時の推定値 3.6~23.5% (金子, 1993 a) の下限値よりさらに低い。キャベツと人工飼料という餌の種類の違い、越冬・冷蔵期間中の腐敗・劣化状況の違いが生存率に影響している可能性も考えられる。また、野外では、積雪に至るまでの温度条件も単純でなく、より大きな耐寒性を獲得するような馴化をもたらしていることも十分考えられる。

タマナギンウバ、ガンマキンウバともに予冷期間中には、餌を食べていることが幼虫で観察されたが、0°C の実験条件では、歩行・移動する個体はなく、餌も全く食べていないようであった。全く餌をとらない状態で、0°C におけるゆるやかな代謝条件に長期間耐えられるための体内の変化が、ガンマキ

ンウワバの場合、10°C 1 日と 5°C 5 日という短い期間に起き得るということは注目に値する。虫体の凍結や過冷却に対して抵抗性を高めるには、糖や糖アルコールの蓄積が有効であるという研究は数多いが、凍結に至らないほど十分に低い過冷却点をもったガンマキンウワバのような非耐凍性昆虫(筒井, 1983)が 0°C 以下の過冷却の小さい温度領域で長期間生存できることを示す研究例は少なく(RICKARDS et al., 1987), ましてや馴化と関連したその生理的メカニズムについての例は全くないといつてよいので、寒冷地の野外における実際の越冬状況を考慮すれば、このあたりの研究をさらに進める必要があると思われる。本稿に述べた 2 種の比較が鍵を与えてくれるかも知れない。

引用文献

飯島一雄 (1966) 蛾類通信 No. 44: 421-433.

- 兼平 修・鳥倉英徳 (1988) 北日本病虫研報 **39**: 218-220.
 金子順一 (1993 a) 北日本病虫研報 **44**: 124-126.
 金子順一 (1993 b) 応動昆 **37**: 61-67.
 KOSTROWICKI, A.S. (1961) *Acta Zoologica Cracoviensia* **10**: 367-472.
 NOVAK, I. (1971) *Proc. 18th Intern. Congr. Entomol. Moscow 1968*, p. 533.
 NOVAK, I. (1972) *Ochrana Rostrin* **8**: 305-312.
 RICKARDS, J., M.J. KELLEHER and K.B. STOREY (1987) *J. Insect Physiol.* **33**: 443-450.
 館山一郎 (1967) *Coenonympha* No. 20: 389.
 筒井 等 (1983) 十勝病虫研報 **17**: 2.
 WILLIAMS, C.B. (1958) In: *Insect Migration*. London: William Collins & Sons Co. Ltd., 237 p.

茎穿孔性鱗翅目害虫 *Chilo partellus* の 幼虫寄生蜂 *Cotesia flavipes* と *Goniozus indicus* の産卵行動¹⁾

高 須 啓 志²⁾・William A. OVERHOLT
国際昆虫生理生態学研究センター

Oviposition Behavior of *Cotesia flavipes* and *Goniozus indicus*, Larval Parasitoids of the Lepidopteran Stemborer *Chilo partellus*. Keiji TAKASU³⁾ and William A. OVERHOLT (Thé International Center of Insect Physiology and Ecology, P. O. Box 30772, Nairobi, Kenya). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* **40**: 308-310 (1996)

Abstract: Observing the oviposition behavior of ingress-and-sting larval parasitoids of lepidopteran stemborers is difficult due to the cryptic feeding behavior of the hosts. A method for observing their oviposition behavior was developed. An individual stemborer larva was introduced into a glass tube (0.7 cm in diameter; 7 cm in length) which contained a piece of maize stem (0.5-0.6 cm in diameter; 4-5 cm in length). The larva was allowed 14-20 h to feed on the maize and produce frass before introducing a single adult female parasitoid. Using this method, we observed the endoparasitoid *Cotesia flavipes* (CAMERON) and the ectoparasitoid *Goniozus indicus* ASHMEAD ovipositing on the pyralid stemborer *Chilo partellus* (SWINHOE). On contacting *C. partellus* larvae, *C. flavipes* females quickly stung them and immediately left the glass tube. *G. indicus* females paralyzed the hosts before ovipositing on them, and stayed with the hosts inside the glass tube for a few days after oviposition. After stung by either *C. flavipes* or *G. indicus* females, *C. partellus* larvae spat saliva and often aggressively bit

the female parasitoids.

Key words: stemborer, *Chilo partellus*, larval parasitoids, oviposition behavior, aggressive behavior

イネ科作物の茎内部を穿孔する主要な害虫としてメイガ科やヤガ科に属する鱗翅目幼虫が知られている (JEPSON, 1954; HARRIS, 1990; SMITH et al., 1993)。これら鱗翅目幼虫の有力な天敵として寄生蜂が知られているが、それら寄生蜂は寄主探索および産卵行動の様式により 2 つのグループに分類できる (SMITH et al., 1993)。第 1 のグループは、蜂が茎の外側を探索することにより茎内部に潜む寄主の存在を認知し、茎の外側から産卵管を茎内部に挿入、寄主に卵を直接産下するものである。第 2 のグループは、寄主によって作られた茎内の坑道を利用して蜂が茎内部へ侵入し発見した寄主に直接産卵するものである。後者の場合、茎内部で起こる寄生蜂の寄主探索から産卵に至る過程やその蜂の産卵に対する寄主の反応は、直接観察できないためほとんどわかっていない (KAJITA and DRAKE, 1969; SMITH et al., 1993)。

そこで、われわれは、茎を穿孔する鱗翅目幼虫の寄生蜂の産卵行動が茎内と同じような閉鎖環境下で簡単に観察できる、ガラス管を用いた方法を考案した。その方法を用い、アフリカやアジアにおいてトウモロコシやサトウキビ、ソルガムなどイネ科作物の茎に穿孔し、大きな被害を与える害虫 *Chilo partellus* (SWINHOE) (鱗翅目、メイガ科) の幼虫に寄生する内部寄生蜂

1) 本研究は日本学術振興会 ICIPE 派遣研究員の援助を受けて行った。

2) 現在 神戸大学農学部

3) Present address: Faculty of Agriculture, Kobe University, Kobe 657, Japan.

日本応用動物昆虫学会誌 (応動昆) 第 40 巻 第 4 号: 308-310 (1996)

1995 年 11 月 30 日受領 (Received 11 November 1995)

1996 年 4 月 26 日登載決定 (Accepted 26 April 1996)