

월동 끝동매미충(*Nephotettix cincticeps*)의 약충태별 두폭크기 및 밀도변화강석민 · 백채훈* · 이건휘 · 최만영¹ · Senthil-Nathan Sengottayan² · 황창연³국립식량과학원 벼백류부, ¹국립농업과학원 곤충산업과, ²Manonmaniam Sundaranar University, ³전북대학교 농업생명과학대학Head Capsule Width and Population Densities of Overwintering Nymphal Stages of the Green Rice Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Hemiptera: Cicadellidae)Seok-Min Kang, Chae-Hoon Paik*, Geon-Hwi Lee, Man-Young Choi¹,
Sengottayan Senthil-Nathan² and Chang-Yeon Hwang³

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

¹Applied Entomology Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea²Division of Biopesticides and Environmental Toxicology, Sri Paramakalyani Centre for Environmental Sciences, Manonmaniam Sundaranar University, Tamil Nadu 627-412, India³College of Agriculture and Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to investigate specific stages and distribution of overwintering nymphs of green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* by measuring head capsule width. The nymphal head capsule width of the 1st instar to the 5th instar was 0.381, 0.502, 0.673, 0.979 and 1.128 mm, respectively. Its coefficient variation was 5.3, 4.0, 3.0, 4.5 and 5.3%, respectively. Growth ratio of each instar was not significantly different among 2nd to 4th instars as 1.31 to 1.34, but for the 5th instar it decreased as 1.28. The logarithm of the nymphal head capsule width was regressed as a function of the stage number of insects, resulting in $\text{Log}Y = 1.4627 + 0.1192X$ ($r^2 = 0.9993$). Also fitness to the Dyar's law for the nymphal head capsule width of each instar was 98% or over and the Dyar's constant (K) was 1.316. The occurrence of *N. cincticeps* was maximum at the end of January with 195 individuals/0.25 m². The most abundant instar in the overwintering *N. cincticeps* population was 4th instar accounting for over 90%. Population of the 5th instar began to increase from mid-March, and adults began to occur in early April.

KEY WORDS : Head capsule width, *Nephotettix cincticeps*, Overwintering, Insect stages, Population

초 록 : 본 연구는 월동하는 끝동매미충의 충태별 분포를 두폭측정법을 활용하여 분석하였다. 끝동매미충 1령, 2령, 3령, 4령 및 5령 약충에 대한 두폭크기는 각각 0.381, 0.502, 0.673, 0.879 및 1.128 mm였으며, 변이계수는 5.3, 4.0, 3.0, 4.5 및 5.3%였다. 성장률은 2령, 3령, 4령 약충에서는 1.31~1.34로 큰 차이가 없었지만 5령에서 1.28로 약간 감소하였다. 두폭측정값의 회귀식을 구한 결과, $\text{Log}Y = 1.4627 + 0.1192X$ ($r^2 = 0.9993$)으로 고도의 유의성이 인정되었고, Dyar 공식에 의한 적합도는 98% 이상으로 매우 적합하였으며, Dyar 계수(K)는 1.316이었다. 월동하는 끝동매미충의 밀도 및 충태 변화를 조사한 결과, 2006년 1월 하순에 0.25 m² 당 195마리가 채집되어 밀도가 가장 높았고, 월동 충태 조사에서는

*Corresponding author. E-mail: paikch@rda.go.kr

90% 이상이 4령 약충이었다. 3월 중순부터 5령 약충의 발생량이 증가하였고, 월동 후 첫 성충발생은 4월 상순이었다.

검색어 : 두пок, 끝동매미충, 월동, 충태, 밀도

끝동매미충은 주로 우리나라, 일본, 중국 등에 분포하고 있으며(Nasu, 1963; Hoyko, 1972; Hokyo *et al.*, 1976; Ran *et al.*, 1985), 우리나라에서는 년 4회 발생하고(Bae, 1985), 마지막 4회 성충이 산란하여 부화된 3~4령 약충은 논, 밭두렁, 제방 등의 잡초에서 월동한다(Tokuzo and Nagai, 1962; Bae, 1985). 이듬해 3~4월경에 독새풀로 이동해 1세대를 지낸 후 6월 중순경 이앙답에 침입하여 바이러스병을 매개하고, 다음 세대부터 그 밀도가 크게 증가하여 벼에 피해를 주는 것으로 알려져 있다(Tokuzo and Nagai, 1962; Nasu, 1963; Hoyko, 1972; Choi and Lee, 1976; Bae, 1985). 끝동매미충은 흡즙에 의한 벼 잎의 황변, 분얼수 감소 및 임실장해 등의 직접적인 피해를 줄뿐만 아니라, 오갈병 매개 및 그을음병 유발 등 간접적인 피해도 주는 해충으로 알려져 있다(Hokyo, 1972; Choi, 1975; Uhm *et al.*, 1986).

최근 지구온난화로 인한 온도의 지속적인 상승 및 친환경 재배를 위한 녹비작물의 동작물 재배가 증가하여, 끝동매미충 등 매개충의 월동밀도 증가에도 영향을 주게 되고, 이로 인하여 바이러스병의 발생을 야기시킴으로서 고품질 쌀의 생산 및 수확에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 끝동매미충의 발생예측과 방제를 보다 더 효과적으로 하기 위해서는 월동 개체군의 정확한 충태 측정법에 관한 연구가 필요하다. 두пок의 크기에 의해 유충의 영기를 판별하는 방법은 Dyar and Rhinebeck (1890)에 의해서 처음 제시된 이래 현재까지 많은 연구자들이 사용하고 있다(Peterson and Haeussler, 1928; Talyor, 1931; Wilson, 1974; Tateishi *et al.*, 1988; Yoon and Mah, 1997; Park *et al.*, 2001). 이는 곤충의 머리부분은 단단한 키틴질로 구성되어 있기 때문에 유충이 탈피한 후 발육이 급격하게 이루어지며, 유충의 발육기간 중 머리부분의 각질화 부분은 충태별로 일정하게 증가함으로써 기하급수적 성장을 하는데, 이와 같은 성장형태를 Dyar의 법칙이라고 한다(Gaines and Campell, 1935). 이러한 방법을 이용하여 끝동매미충 월동충의 충태별 밀도 및 동태를 정확히 파악

함으로서 피해를 줄일 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 전북지역 친환경 벼 재배지역에서 월동하는 끝동매미충의 밀도와 각각의 충태별 두пок을 측정하여 정확한 발생밀도 변동예측과 예찰 및 방제에 이용하는 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충 사육 및 기주식물 재배

본 연구에 이용한 끝동매미충은 2006년 12월에서 2007년 4월까지 전북 김제시 죽산면의 친환경 벼 재배지역 3~5지점을 선정하여 포충망 및 동력흡충기(Backpack 2-cycle aspirator)로 채집하였고, 사육실(온도 25~27°C, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60%)에서 기주식물을 공급하면서 누대사육하였다. 기주식물인 신동진벼를 종자소독(스포탁 유제)한 후 200~300립 정도의 범씨를 스테인레스 사각포트(12×2×3 cm)에 파종하고, 사육실에서 7일 이상 경과한 2~3엽기 유묘를 아크릴 사육상자(30×22×23.5 cm)에 끝동매미충과 함께 넣은 후 3~4일 간격으로 새로운 유묘로 교체하면서 사육하였다.

월동 끝동매미충 밀도조사 및 두пок측정

전북지역에서 발생하는 끝동매미충의 발생 밀도는 2006년부터 2년에 걸쳐 12월에서 4월까지 전북 김제시 죽산면 친환경 벼 재배지역에서 월동하는 끝동매미충을 2주일 간격으로 3반복씩 채집하였다. 채집방법으로는 조사구(50×50×60 cm)에 발생하는 끝동매미충을 동력흡충기로 3반복씩 채집하였다. 채집된 개체는 지퍼백(45×35 cm)에 넣어 아이스박스에 담고, 이를 곤충사육실로 가져와 저온냉동기에서 치사시킨 후 실체현미경(모델명 : Discovery. V12, Carl Zeiss)하에서 형태적 특징과 두пок을 측정하여 영기별로 구분이 가능한지 확인하였다.

결과 및 고찰

월동 끝동매미충의 형태 및 두폭측정

끝동매미충 약충태의 형태적 특징은 Fig. 1과 같으며, 월동 중인 끝동매미충 3, 4, 5령 약충(Fig. 1-C, D, E)의 특징은 전체적으로 짙은 암갈색을 띠고 있었다. 4령 약충부터 시초가 보이기 시작하여, 5령 약충에서는 그

모양이 더 두드러졌으며, 길이 또한 증가하였다. Bae *et al.*(1996)은 월동 끝동매미충의 약충태를 구분하기 위해서 채집한 충을 개체사육하면서 탈피각을 조사하여 영기를 구분하였는데, 이는 시간이 많이 소요되지만 실제현미경으로 영기를 구분하면 간편하고 빠른 측정 방법이 될 것으로 생각된다.

끝동매미충 월동개체군의 두폭을 측정한 결과(Fig. 2), 1령에서 5령까지 각 영기별 두폭의 범위를 알 수

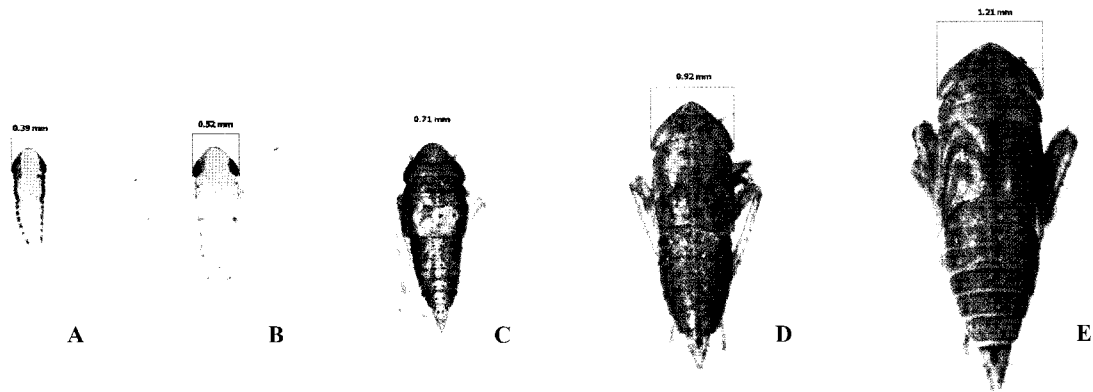


Fig. 1. Nymphal stages of the green rice leafhopper, *N. cincticeps* (A: 1st, B: 2nd, C: 3rd, D: 4th, E: 5th instar).

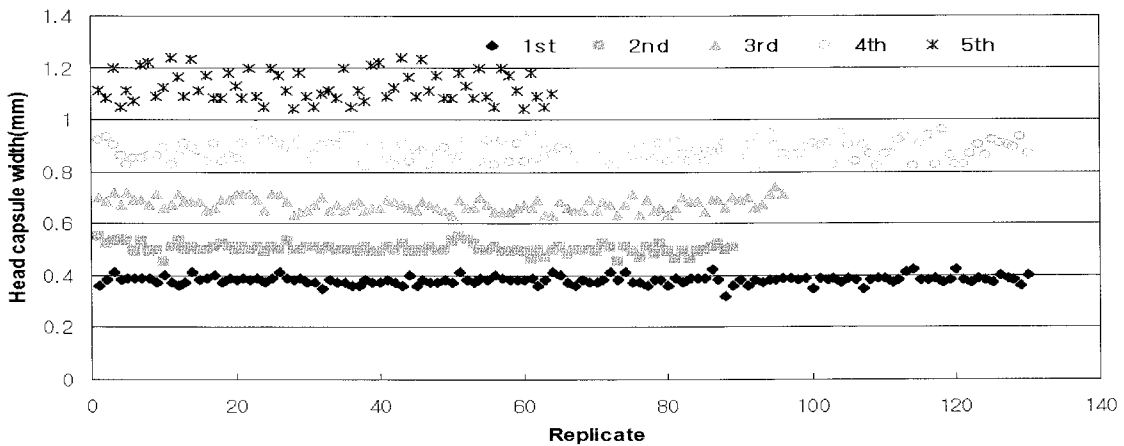


Fig. 2. Distribution of head capsule widths of the nymphs of *N. cincticeps*.

Table 1. Head capsule widths and growth ratios of the nymphal stages of *N. cincticeps*

Instar	n*	Mean±SD (mm)	Range (mm)	Coefficient variation (%)	Growth ratio
1	130	0.38 ± 0.02	0.32 ~ 0.42	5.3	-
2	97	0.50 ± 0.02	0.45 ~ 0.55	4.0	1.32
3	104	0.67 ± 0.02	0.63 ~ 0.74	3.0	1.34
4	130	0.88 ± 0.04	0.82 ~ 0.98	4.5	1.31
5	72	1.13 ± 0.06	1.04 ~ 1.24	5.3	1.28

* n : No. of nymphs examined.

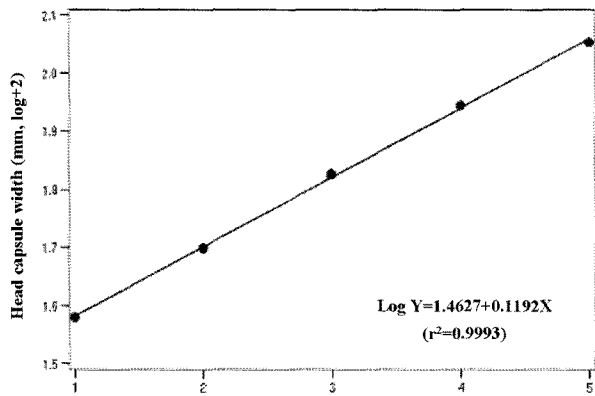


Fig. 3. Correlation between the head capsule width and the nymphs of *N. cincticeps* ($r^2 = 0.999$).

있었다. 두폭의 변이를 이용한 약충태 구분여부를 조사한 결과(Table 1), 1, 2, 3, 4 및 5령 약충의 평균 두폭은 각각 0.38, 0.50, 0.67, 0.88 및 1.13 mm이었다. 두폭의 분산정도를 변이계수로 비교한 결과, 1령과 5령 약충은 5.3%로 다른 영기보다 개체간 변이가 큰 것을 확인할 수 있었으나, 3령 약충은 3.0%로 적은 경향이였다. 또한, 성장률은 1.28~1.34로 큰 차이가 없었지만 5령 약충이 상대적으로 낮은 성장률을 보였다. 약충태와 두폭과의 연관성 여부를 확인하기 위해 두폭 측정값의 상용대수를 Y축, 영기를 X축으로 하여 회귀식을 구한 결과(Fig. 3), $\text{Log } Y = 1.4627 + 0.1192X$, 상관계수(r^2)가 0.9993으로 고도의 상관관계를 보여 주었다. 끝동매미충의 두폭으로 성장정도를 분석하기 위해 각 충태별 두폭을 Dyar식인 $\text{Log } Y = a + bX$ (Y는 각 영기의 두폭의 평균치, X는 영기, a, b는 상수)에 대입하여 적합도($[1 - (\text{측정치} - \text{계산치}) / \text{측정치}] \times 100$)를 구한 결과(Table 2), 1령에서 5령 약충까지의 두폭 적합도는 98% 이상을 보이며, 이론상 영기별 두폭의 성장과 유사성을 나타내었다. Dyar and Rhinebeck(1890)은 28종의 나비목 유충의 두폭을 측정하고 측정치와 계산치와의 차이가 0.1 mm 이내라고 하였으며, 그 오차가 0.2 mm를 초과

하면 유의성이 없다고 보고하였는데, 본 연구에서의 수치는 모두 0.1 mm 이내로 유의성이 인정되었다. 또한, Dyar의 계수(K)는 Dyar식 b값의 역 대수치로서 1.316으로 나타났는데, Harris and Henderson(1938)은 대부분의 곤충에서 K는 1.35~1.50 사이에 분포한다고 하였는데, 본 연구는 Dyar 법칙의 범위에서 약간 벗어났다. 그러나 이 법칙은 각 영기간이 같아야 된다는 조건이 있는데 많은 곤충 종에 있어서는 그렇지 않은 경우도 있다고 보고하였다(Schmidt and Lauer, 1977).

월동 끝동매미충 충태 및 밀도변동

친환경농업지역에서 끝동매미충의 월동개체군 밀도와 충태변화를 조사한 결과(Fig. 4), 월동개체군의 90% 이상이 4령 약충으로 나타났으며, 이후 5령 약충의 출현과 함께 4월 상순부터 성충이 발생하기 시작하였다. Bae *et al.*(1996)과 Uhm *et al.*(1986)이 각각 밀양과 진주지방에서 조사한 결과에 따르면 월동 약충 중에서 5령 약충이 20%를 차지하는 시기가 2월 중순인데 반해 김제지역에서는 3월 중순(Fig. 4-A)과 4월 중순(Fig. 4-B)이었다. 이러한 차이는 조사지역간 연 평균온도의 차이가 원인인 것으로 생각된다.

2006년에 채집된 월동개체군은 1월 하순에 0.25 m² 당 195마리로 가장 많았고, 이후 계속적으로 감소하는 경향을 보이는데, 점점 날씨가 따뜻해짐에 따라 주변의 먹이와 서식처가 되는 자운영과 독새풀과 같은 다른 기주로 이동함으로써 밀도가 낮아지지 않았나 생각되지만 이에 대한 조사가 더 필요할 것으로 보인다. 1월부터 3월 중순까지는 월동개체군의 90% 이상이 4령 약충으로 나타났으며, 이후 영기 변화를 보이며 5령 약충의 출현과 함께 4월 상순부터 성충이 발생하는 개체군 충태 변동양상을 보였다. 월동 끝동매미충 밀도가 2006년과 2007년, 2007년과 2008년에 큰 차이를 보이는데, 이것은 월동 전 끝동매미충의 발생량이 2007년 겨울철

Table 2. Fitness to Dyar's formula for head capsule width of *N. cincticeps*

Instar	Head capsule width (mm)			Fitness (%)
	Observed	Theoretical	Discrepancy	
1	0.381	0.382	0.001	99.7
2	0.502	0.503	0.001	99.8
3	0.673	0.661	-0.012	98.2
4	0.879	0.870	-0.009	99.0
5	1.128	1.145	0.017	98.5

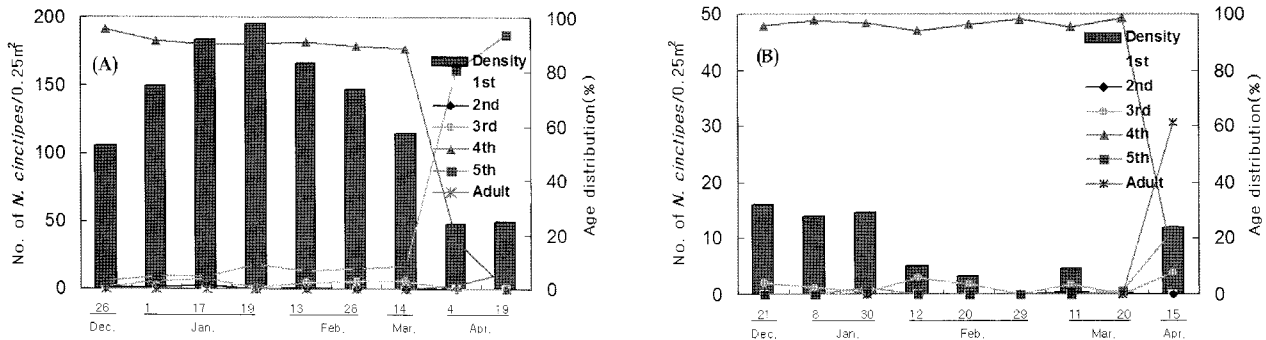


Fig. 4. The densities and changes in instar distribution of the overwintering *N. cincticeps* population collected from environmental-friendly agricultural area in Gimje, Jeonbuk province (A: 2006~2007, B: 2007~2008).

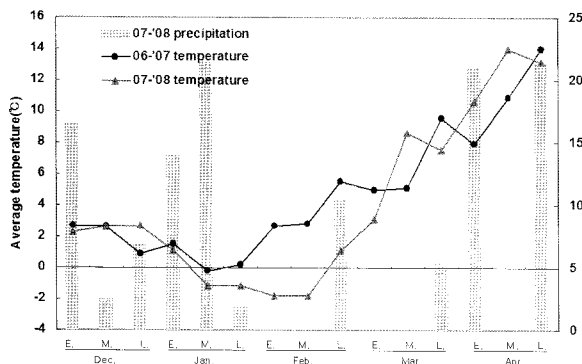


Fig. 5. Changes in average temperature and precipitation from November to April, 2006~2008 in Gimje area.

보다 2006년 겨울철에 많았기 때문인 것으로 판단된다. 더욱이 2008년 2월 상순부터 3월 중순 사이에 밀도가 급격히 감소하는데(Fig. 4-B), 2월 상순과 중순에 내린 눈이 녹으면서 기온하강(Fig. 5)에 따른 결빙으로 인해 감소한 것으로 보이며, 실제 채집당시 월동기주인 독새풀과 더불어 눈이 결빙되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 월동기간 중 끝동매미충의 저온에 대한 적응력 등에 대한 연구를 추후 검토해 보아야 할 것으로 생각된다.

전년도 벼 포장에서 증식된 끝동매미충이 겨울철 이상기온, 기주식물 및 주변 환경여건에 따라 월동충 밀도 및 바이러스 보독충의 증가로 인하여 이듬해에 큰 피해를 줄 수 있기 때문에 세심한 관찰이 필요하다.

Literature Cited

Bae, S.D., Y.H. Song and K.B. Park. 1996. Study on the bionomics of overwintering green leaf-hopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler, in Milyang. Korean J. Appl. Entomol. 35: 140-145.

Bae, T.U. 1985. Studies on the population dynamics of green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler, in the southern region of Korea rice cultural areas. The Korean J. Entomol. 15: 67-76.

Choi, S.Y. 1975. Varietal resistance of rice to the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler. Kor. J. Pl. Prot. 14: 13-21.

Choi, S.Y. and H.R. Lec. 1976. Host preference by the small brown planthopper and green rice leafhopper on barley and water foxtail (I). Kor. J. Pl. Prot. 15: 179-181.

Dyar, H.G. and N.Y. Rhinebeck. 1890. The number of molts in Lepidoptera larvae. Psyche. 5: 420-433.

Gaines, J.C. and F.L. Campell. 1935. Dyar's rule as related to the number of instars of the corn ear worm, *Heliothis obsoleta* (FAB), collected in the field. Ann. Ent. Soc. Am. 28: 445-461.

Harris, F.H. and C.F. Henderson. 1938. Growth of insect with reference to progression factor for successive growth stages. Ann. Ent. Soc. Am. 31: 557-572.

Hokyo, N. 1972. Studies on the life history and the population dynamics of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler. Bull. of Kyushu Agr. Expt. Sta. 16: 283-382.

Hokyo, N., M.H. Lee and J.S. Park. 1976. Some aspects of population dynamics of rice leafhoppers in Korea. Kor. J. Pl. Prot. 15: 111-126.

Nasu, S. 1963. Studies on some leafhoppers and planthoppers which transmit virus diseases of rice plant in Japan. Bull. of Kyushu Agr. Expt. Sta. 8: 153-349.

Park, E.C., H.J. Park, G.H. Kim and J.W. Kim. 2001. Developmental ecology of persimmon fruit moth, *Stathmopoda masinissa* Meyrick (Lepidoptera: Stathmopodidae). Korean J. Appl. Entomol. 40: 41-43.

Peterson, A. and G.J. Haeussler. 1928. Some observations on the number of larval instars of the oriental peach moth *Laspeyresia molesta* Busck. J. Econ. Entomol. 21: 843-852.

Ran, Y.L., S.X. Chen and D.D. Jin. 1985. On the population dynamic of the rice virus vector green leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler and its chemical control. Insect Knowledge (Kunchong Zhishi) 22: 54-57.

Schmidt, F.H. and W.L. Lauer. 1977. Developmental polymorphism in *Choristoneura* spp. (Lepidoptera: Tortricidae). Ann. Ent. Soc.

- Ann. 70: 112-118.
- Tateishi, K., S. Yagi and T. Shimizu. 1988. Determination of larval instar number in the common armyworm, *Leucania separata* (Lepidoptera: Noctuidae) I. Temporal patterns of ecdysis in the penultimate instar larvae. Appl. Ent. Zool. 23: 490-493.
- Taylor, R.L. 1931. On Dyar's rule and its application to sawfly larvae. Ann. Ent. Soc. Am. 24: 451-466.
- Tokuzo, S. and K. Nagai. 1962. Relation between the life history of green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler, and rice yellow dwarf propagation. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 6: 267-273.
- Uhm, K.B., M.H. Lee, K.M. Choi and J.S. Park. 1986. Development of green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler, population in the fields at Jinju. Kor. J. Pl. Prot. 24: 203-208.
- Wilson, L.F. 1974. Life history and habits of a leaf tier, *Aroga argutiola* (Lepidoptera: Gelechiidae), on sweet fern in Michigan. Can. Entomol. 106: 991-994.
- Yoon, H.J. and Y.I. Mah. 1997. The estimate of larval growth of mulberry longicorn beetle, *Apriona germari* Hope on the basis of the larval head capsule width, larval weight and length. Korean J. Seric. Sci. 39: 174-179.

(Received for publication April 17 2009;
revised June 11 2009; accepted June 12 2009)