

파를 가해하는 파굴파리의 총태별 피해 양상 및 행동

최인후* · 김정화¹ · 김길하¹ · 김철우호남농업시험장 목포시험장, ¹충북대학교 농생물학과Injury Aspects of the Stone Leek Leafminer, *Liriomyza chinensis* Kato (Diptera: Agromyzidae) on Welsh OnionIn-Hu Choi*, Jeong-Wha Kim¹, Gil-Hah Kim¹ and Cheol-Woo Kim

Mokpo Experiment Station, Nat'l Honam Agricultural Station, RDA, Muan, 534-830, Republic of Korea

¹Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, Chong-ju, 361-763, Republic of Korea

ABSTRACT : An experiment was conducted to investigate types of injury inflicted by the stone leek leafminer, *Liriomyza chinensis* Kato (Diptera: Agromyzidae) on welsh onion. A feeding scar made by an adult female was a hole round in shape, with diameter of 0.08 mm and 0.48 mm in lesion, resulting in a white spot, many of which often form vertical dotted lines on a leaf. Egg spots were oval with 0.1 × 0.14 mm in size, one or several of which often form a V-shape in group. Feeding by adults began immediately after emergence and was very active from 4th to 5th day. Oviposition was done from 2nd to 6th day after emergence. In both feeding and oviposition, they were more active in the day time. Larvae after emergence crawled up the leaf at first, and then moved up and down to feed on mesophyll. When in high density, they feed on leaf from leaf tip to bottom, and let the leaf die. Area of damage per one larva was calculated as 72.1 mm². The aged larvae escaped from the leaf in early morning, usually between 5 and 7 am. Most pupation sites were distributed near plants, 5cm in soil depth and within 10 cm away from the plant. Pupae of *L. chinensis* overwintered 10cm below soil surface and emerged from early May to late June the next year. Adults then moved to welsh onions near over wintering sites, nursery, transplanted, and levee.

KEY WORDS : *Liriomyza chinensis*, Adult, Larva, Type of injury, Welsh onion

초 록 : 파굴파리의 파 잎의 가해 습성을 조사한 결과 암컷성충은 잎의 외부에서 즙액을 섭취하고 엽육에 산란함으로써 피해를 주었다. 피해 잎은 직경 0.48 mm의 백색 원형의 흡즙흔이 수십 개씩 점선을 형성하였고, 산란흔은 0.1 × 0.14 mm 장타원형이고 1개 또는 수 개씩 V자형으로 무리를 지어 산란하였다. 집단사육에서 성충의 흡즙은 우화당일에 시작하여 4-5일째에 가장 왕성하였고, 산란은 우화 2일부터 6일째까지 일별 산란수가 비슷하였다. 또한 흡즙과 산란은 밤보다는 낮에 더 활발하였다. 유충은 엽육에 갭도를 뚫고 엽의 위아래로 섭식하다가 밀도가 높고 발육이 진전되면 잎 끝쪽에서부터 아래쪽으로 이동하면서 잎을 고사시켰다. 유충 1마리의 식해량은 72.1 mm²이었다. 노숙유충이 앞에서 탈출하는 시간은 오전 5-7시이었고, 번데기는 토양깊이 5 cm, 파 측면 10 cm 근처에서 대부분 용화하였다. 월동태는 번데기로 지표에서 토양깊이 10 cm 이내에서 서식하였으며, 5월상순부터 6월하순까지 약 2개월 사이에 우화하였다. 성충은 잔존된 파, 묘상, 이식된 포장, 밭둑 등으로 이동하여 생존하였다.

검색어 : 파굴파리, 성충, 유충, 가해습성, 파

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

파는 내한성과 내서성 등 기후 적응성이 매우 넓어 전국적으로 재배되고 있으며(Lee *et al.*, 1994, Anonymous c, 2002) 특히 봄에 파종하여 재배하는 작형의 파는 여름 고온기에 생육기간을 거치면서 여러 가지 해충에 쉽게 노출되게 된다. 파를 가해하는 해충은 한국식물병해충잡초명감(1986)에는 총 36종이 기록되어 있으나 실제 포장에서 확인된 종은 Ahn *et al.* (1991) 이 파 잎을 가해하는 해충으로 9종을 보고하였고, Goh *et al.* (1992)은 13종, 1998년에는 20여종(Ahn *et al.*, 1998)으로 점차 증가하였고 이중에서 문제되는 해충으로는 파굴파리, 파밤나방, 파좀나방, 파총채벌레 등이 보고되었다. Hwang and Kim (1993)은 전북지방에서 파에 발생하는 파좀나방, 파굴파리, 파밤나방, 총채벌레류에 대한 발생생태 등 종합방제에 대해 연구하였다. 이들 문제 해충 중에 파밤나방에 대해서는 기주범위(Goh *et al.*, 1991), 유충의 공간분포(Goh *et al.*, 1993b), 성충과 유충의 발생정도(Goh *et al.*, 1993a), 성페로몬을 이용한 파밤나방 방제(Kim *et al.*, 1995; Yoo *et al.*, 1995) 등 피해해석 및 방제에 대한 연구가 비교적 많이 이루어졌으나 파굴파리, 파좀나방 및 총채벌레에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

파굴파리(*Liriomyza chinensis* Kato)는 파리목(Diptera), 굴파리과(Agrotyzidae)에 속하며 1949년 Kato가 처음 보고하였다(Kato, 1949). 우리나라에서 굴파리과(Agrotyzidae)의 해충 기록은 한국 식물병해충잡초명감에 1972년에는 2종(Anonymous a, 1972), 1986년에는 7종(Anonymous b, 1986)이 기록되어 있고 파굴파리에 의한 피해는 1978년 부천에서 파의 묘상부터 생육기, 수확기에 걸쳐서 피해를 확인한 이후(Kim and Lee, 1978), Ahn *et al.*(1991, 1993, 1994, 1998)은 채소해충조사에서 파굴파리에 의한 피해가 계속적으로 나타나고 있음을 확인하였다. 한국산 애잎굴파리속(*Liriomyza*)은 8종이며 그중 파굴파리의 기주로는 파속작물인 대파와 쪽파를 보고하였고, 국내 채집지는 전남, 전북, 대구, 부산 등 13지역이고, 세계적으로 분포하는 지역은 일본, 중국, 말레이시아, 싱가포르라고 하였다(Suh *et al.*, 1998). *Liriomyza*속 굴파리과(Agrotyzidae)중에 경제적 피해를 주는 종으로는 1994년에 국내에 처음 보고된 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)가 하우스 재배 작물에 많은 피해를 준다(Han *et al.*, 1996; Hong *et al.*, 1996; Park *et al.*, 2000a; Park *et al.*, 2000b; Park *et al.*, 2001; Song *et al.*, 2000). 기주식물도 10과 47속으로 다식성이며 Venezuela에서 파속작물인 양파와

세파(chives)를 가해하는 것으로 보고(Rabinowithch *et al.*, 1990)되었으나 우리나라에서는 확인된 바 없다(Lee *et al.*, 1999). 굴파리류의 피해에 관하여 *Liriomyza*는 최소한 6가지 유형으로 피해를 주는데 병을 옮기고, 유묘 때 가해를 받으면 고사, 수량감소, 낙엽촉진, 관상식물의 가치저하, 식물검역상의 문제점 등을 들 수 있다(Parrella, 1987). 굴파리는 성충의 흡즙에 의한 피해와 유충이 엽육을 섭식하여 피해를 주게되며 이러한 결과로 농산물의 품질저하, 광합성저해로 인한 수량감소, 다발생시 잎이 고사 하는 등 직간접적인 피해를 준다(Bethke and Parrella, 1985; Han *et al.*, 1996; Hong *et al.*, 1996; Nagata *et al.*, 1998; Park *et al.*, 2000a).

우리나라에서는 Ahn *et al.* (1991), Goh *et al.* (1992)이 파에 발생하는 잎 가해 해충 조사연구에서 파굴파리의 피해정도를 언급하였으나 총태별 가해습성에 대한 상세한 정보는 미흡한 실정이다. 따라서 파에서 가장 피해를 많이 주고 있는 파굴파리에 대한 총태별 가해습성을 조사하여 합리적인 방제체계 확립을 위한 기초자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

성충

파굴파리는 전남 무안군 청계면 소재 호남농업시험장 목포시험장의 파 시험포장에서 자연 발생한 충을 대상으로 포장과 실내 실험을 하였다. 성충의 가해습성을 조사하기 위하여 2002년 9월 하순에 야외에서 심하게 피해를 받은 파 잎을 절취하여 실험실에서 스텐레스 사각박스(가로 30×세로 35×높이 4.5 cm) 위에서 48시간 이내에 용화된 번데기를 모래가 들어 있는 플라스틱상자(14×14×7 cm)에 넣고, 30°C 항온기에서 약 10일정도 보관한 후 우화 직전에 꺼내어 실온(20-25°C)에서 건전한 파 잎이 들어있는 사육상자(35×35×40 cm)에 넣고, 하룻밤 사이에 우화된 성충 158마리를 집단사육하면서 우화 후 사충수, 식혼수, 산란수 등을 매일 09시와 18시 2회 조사하였다.

암컷과 수컷의 흡즙여부 관찰은 하우스에서 교미중인 성충을 채집하여 암수로 분리한 다음, 파 잎이 들어 있는 투명 플라스틱 원통형 튜브(직경 5cm×높이 20cm)에서 개체 사육하면서 사망시까지 흡즙수를 조사하였다. 성충의 흡즙흔과 산란흔의 크기, 분포 등 주

요 특성은 포장에서 피해 초기인 파 잎을 채취하여, 실험실에서 현미경(40배), 확대경(8배), 캘리퍼스(Mitutoyo) 등을 이용하여 조사하였다.

유충

유충의 가해습성은 피해초기의 파 잎(길이 43 cm, 엽폭 1.4 cm)을 반복당 10엽씩 채취한 후 상중하로 3등분하여 식흔수를 조사하였고, 식흔 방향은 갱도 내의 유충의 위치를 보고 판단하였으며, 피해면적은 파 굴파리와 파좁나방 1마리가 각각 섭식한 식흔길이의 폭을 캘리퍼스로 측정하였다.

번데기

노숙유충의 탈출시각은 피해 잎을 사육상자에 넣고 경시적으로 탈출한 개체수를 조사하였다. 파가 생육중인 포장조건에서 번데기의 수직분포는 파 뿌리 부분을 표토-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm 등급으로 나누고, 횡적분포는 파의 구간을 엽초경-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm로 구분해서 월동 번데기 채취 면적과 동일한 방법으로 채취하고 조사하였다.

월동충

월동중인 번데기의 토양 내 분포는 2002년 2월 상순에 사질토인 전남 영광과 사양토인 전남 진도의 파 재배지에서 조사하였으며 조사방법은 각 포장별로 임의의 3지점을 선정하고 파가 재식된 두둑 방향으로 2,000 cm² (가로 20 cm × 세로 100 cm) 면적을 표토에서 20 cm 깊이까지 5 cm 간격으로 흙을 채취한 후, 비닐봉투에 넣어 실험실로 옮겨 보관하였다가, 3월 상순에 스텐레스 사각받드(가로 30 × 세로 35 × 높이 4.5 cm)에 물과 시료를 넣어, 물 위에 뜨는 번데기를 붓으로 채집하였다. 번데기의 생존여부는 확대경(8배)으로 관찰하여 우화한 탈피각은 버리고 잔존한 번데기 수를 조사하였으며, 이를 m²단위로 환산하여 깊이에 따른 밀도로 표시하였다. 월동한 번데기에서 성충의 우화시기는 사질토양의 표토 10 cm 이내에서 채집된 번데기 509개를 모래와 함께 혼합하여 패트리디쉬 10개에 나누어 후 지퍼비닐봉투 속에 넣고, 상온조건에서 1주일 간격으로 우화한 성충수를 조사하였다. 야외포장에서 월동한 번데기에서 우화한 성충의 발생양상을 파악하기 위하여 파 정식 초기인 5월 13일에 진도지

역의 파 묘상과 월동된 파 및 정식된 파 그리고 밭뜩에서 포충망(직경 30 cm)으로 20회 왕복 채집한 성충수와 밭뜩을 제외한 각 지점별로 10주에서 파 잎에 나타난 성충 흡즙흔 수를 조사하였다.

결과 및 고찰

성충

파 잎에서 파굴파리 성충의 가해양상 및 산란 습성은 성충 암컷은 잎과 반대방향으로 자세를 취하면서 잎에 흡즙흔을 남기지만 수컷은 흡즙 활동이 미약하여 육안으로 흡즙흔을 발견하지 못하였다(Table 1). 흡즙공의 직경은 0.08 mm이고, 흡즙으로 인해 발생한 흡즙흔은 직경이 0.48 mm인 백색원형의 모양이며, 산란공의 직경은 0.1 mm이고, 산란흔은 0.14 × 0.49 mm의 긴 타원형으로 백색을 띠었다(Table 2). 흡즙공과 산란공의 방향은 서로 달랐다. 즉 흡즙공은 전부 흡즙

Table 1. Number of punctures sucked by female and male adults of *Liriomyza chinensis*

Sex	No. of puncture sucked/fly ^a		
	n	Average	Range
Female	5	38.8 ± 21.8	10-60
Male	5	0	0

^aFlies were reared individually in Ø5 × H 20 cm plastic cylinder until dead.





Table 2. Size of the leaf lesions sucked and oviposition spot by *L. chinensis* adults

Division	Sucking ^a		Oviposition	
	ØHoles	ØLesions	ØHoles	Lesions (W × L)
Size (mm)	0.08 ± 0.01	0.48 ± 0.03	0.10 ± 0.02	0.14 × 0.49
Recognition ^b	Difficult	Easy	Difficult	Difficult

^aNo. of insects tested were 20.

^bInjury spots recognized with naked eyes.

Table 3. Shape of leaf punctures sucked and oviposited by *L. chinensis* adults

Division	No. of punctures observed	% different shape of holes on leaf ^a			
					
Punctures sucked	230	100	0	0	0
Punctures oviposited	260	4.2	3.5	1.5	90.8

^aHole types were determined by the locations in legions on leaf (● : hole, ○ : legions).

흔의 수직하단에 위치한 반면에 산란공은 산란흔의 대각선 하단에 위치하였다(Table 3). 잎(길이 42.5 cm × 엽폭 1.4 cm)에서의 흡즙흔과 산란흔의 위치를 조사한 결과 흡즙흔은 중간부위에 많았고, 산란흔은 중하단 부위에 많이 분포하였다(Fig. 1). 흡즙흔은 약 1.1 mm의 규칙적인 간격으로 백색의 점선을 형성하여 육안으로 쉽게 식별되었고, 산란은 날개로 하나 대부분이 엇갈린 “V”자 대형으로 4-14개씩 그룹을 지어 산란흔을 형성하였으며, 산란흔은 약 0.7 mm 간격으로 엽육 깊은 곳에 산란하여 육안식별이 곤란하였다

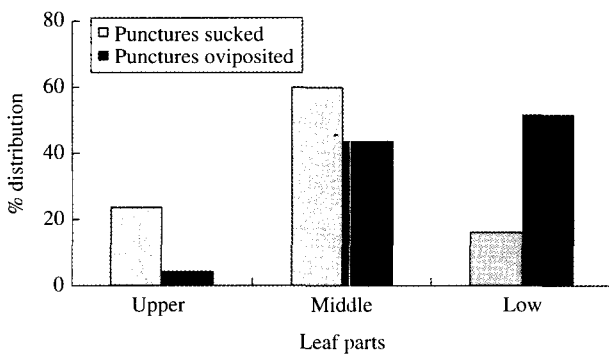


Fig. 1. Distribution of punctures sucked and oviposited by *Liriomyza chinensis* adults with parts of welsh onion leaves.

Table 4. Oviposition type of *L. chinensis* in field condition

	Interval (mm)		No. of eggs in group ^a
	Punctures sucked	Punctures oviposited	
No. of observed	30	30	24
Mean ± SD	1.13 ± 0.30	0.7 ± 0.20	8.6 ± 2.90
Range	0.54-1.75	0.54-1.08	4-14

^aEggs were deposited with zigzag pattern on leaf.

(Table 4, Fig. 2). 또한 같은 잎에서 흡즙흔과 산란흔이 5 mm 이상 떨어져 있어, 흡즙과 산란행동은 서로 다르다는 것을 알 수 있었다(Fig. 3).

실온조건인 20-25°C의 사육상에서 성충집단을 사육하면서 성충수명, 흡즙수, 산란수를 조사 결과 암컷성충 50%가 생존하는 기간은 우화 후 약 5일이었고 최장 10일까지도 생존한 반면 수컷의 50%가 생존하는 기간은 약 4일이었으며 최고 7일까지 생존하여 암컷수명이 수컷보다 더 길었다. 또한 암컷의 흡즙은 우화 당일부터 시작하였고, 우화 후 4-5일째에 흡즙량이 많았으며, 밤보다 낮에 흡즙흔 수가 약 2배 많았다. 산란은 우화 2일째부터 시작하였고, 6일째까지 일별 산란수가 비슷하게 유지되었으며, 암컷의 평균 산란수는 3.9개로 사망 직전까지 산란하였다. 또한 흡즙수가 밤보다는 낮에 1.4배 많은 것으로 보아 흡즙과 산란 행동이 낮에 활발함을 알 수 있었다(Table 5).

Hwang and Moon (1995)은 파굴파리를 실내에서 관찰한 결과 성충은 빛을 조사한 후 4시간 30분내에 77.5%가 우화하였고, 암컷의 수명은 8.5일, 수컷은 5.0일로 암컷이 더 길고 산란기간은 6.8일 이었으며 산란수는 165.8개, 흡즙수는 983.8개라고 하였는데 본시험의 집단 사육시 암컷의 평균 산란수 3.9개와는 큰 차이를 보였다. 평균 산란수는 집단내 총 산란수(276개) 대비 암컷 수(70마리)의 평균치로 집단내 모든 개체의 교미여부는 확인하지 않은 상태로 조사방법간 차이로 생각된다. 성충수명은 종과 기주 조건에 따라서 다르고, 아메리카잎굴파리의 산란수는 토마토 잎에 진딧물의 honeydew가 있는 조건이 없을 때보다 산란수가 더 많다고 보고하였다(Zoebisch and Schuster, 1987). 대부분의 잎굴파리류는 한 개씩 산란하지만, 그

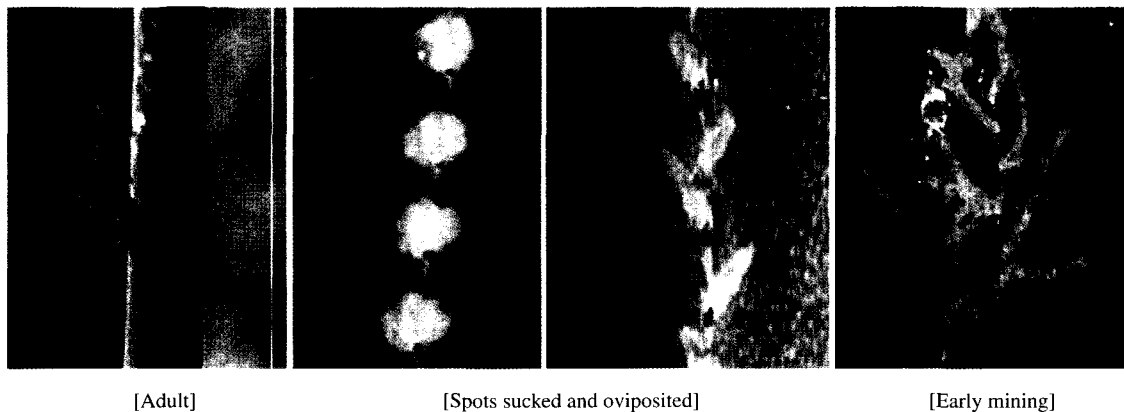


Fig. 2. Different injury types of each stage of *L. chinensis*.

Table 5. Longevity, feeding, and oviposition of *L.chinensis*

Days after emergence ^a	Population ^b		No. of punctures sucked			No. of eggs		
	Female	Male	Day	Night	Total	Day	Night	Total
1	70 (100)	88 (100)	59	82	141 (6.1)	0	0	0
2	68 (97.1)	81 (92.0)	149	128	277 (12.1)	29	15	44 (15.9)
3	63 (90.0)	74 (84.1)	96	123	219 (9.6)	12	26	38 (13.8)
4	45 (64.3)	50 (56.8)	275	234	509 (22.2)	47	8	55 (19.9)
5	39 (55.7)	35 (39.8)	484	90	574 (25)	16	20	36 (13.0)
6	20 (28.6)	15 (17.1)	117	47	164 (7.2)	11	26	37 (13.4)
7	12 (17.1)	6 (6.8)	107	25	132 (5.8)	18	4	22 (8.0)
8	4 (5.7)	0	89	24	113 (4.9)	4	3	7 (2.5)
9	2 (2.9)	0	95	23	118 (5.1)	8	11	19 (6.9)
10	2 (2.9)	0	26	20	46 (2)	18	0	18 (6.5)
Total	-	-	1,497 (A)	796 (B)	2,293 (100)	163 (C)	113 (D)	276 (100)
			A/B = 1.9			C/D = 1.4 M = 3.9c		

^aAdults emerged at night of October 7, 2002.

^bRearing in L35 × W35 × H40cm transparence box with 3 stainless net faces under 20-25°C of room temperature.

^cMean number of eggs/female.

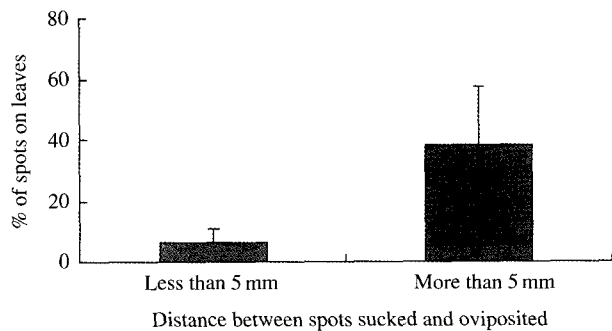


Fig. 3. Distance between punctures sucked and oviposited on leaf by *L. chinensis* adults.

톱을 지어 산란하는 종도 있고 유충들이 합동으로 갱도를 형성하기도 한다(Hespenheide, 1991). Park and Lee (1999)는 아메리카잎굴파리의 산란 일주 패턴을 조사한 결과 산란 최대 시간은 강남콩에서 명조건이 시작된(05시)후 7-11시간 사이에, 방울토마토는 9-13 시간 사이에 최대를 보였으며, 완전한 암조건인 22-04 시까지는 산란하지 않았다. 따라서 앞에서 살펴 본 굴파리의 행동습성은 본 조사와 비슷한 경향이였다.

유충

파굴파리 유충에 의한 피해 초기에는 잎에 나타난 갱도의 분포가 상단, 중단, 하단 순으로 상단에 많은 경향이였으나, 변이가 심하여 통계적인 유의성은 인정할 수 없었다. 유충의 갱도 방향은 잎에서 수직 방향으로 유충이 주로 잎의 상하방향으로 식해 하였으며 (Table 6), 수직선의 갱도내에서 유충은 대부분 위쪽에

Table 6. Mining location on different parts of leaves and feeding direction of *L. chinensis* early instars

Division	Location of feeding traces			Direction of feeding	
	Upper	Middle	Low	Horizontal	Vertical
No. FT ^a	30.9 ± 17.8a ^b	17.3 ± 9.1a	9.5 ± 2.1a	9.2 ± 4.0b	37.5 ± 7.6a
Rate (%)	53.6	29.8	16.5	17.7	80.4

^aNo. of feeding traces per leaf, observed leaves were 46.9 ± 2.0 cm in length and 14.8 ± 0.6 mm in width, 5 leaves per replication

^bMeans followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT within each observation result.

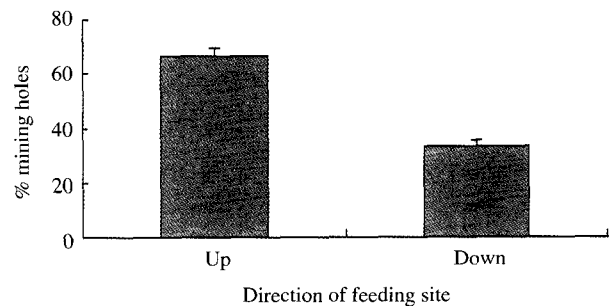


Fig. 4. Mining direction on leaf of *L. chinensis* larvae at the early stage of injury under early damage condition, Observed leaves has 46.9 ± 2.0 cm in length and 14.8 ± 0.6 mm in width.

위치하였었다(Fig. 4). 그러나 밀도가 높고 유충 발육이 진전되면 잎 위쪽부터 흰색으로 고사하면서 아래쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있었다. 한편 유충이 잎을 식해하는 해충으로는 파굴파리, 파좁나방, 파밤나방이 있고, 피해증상이 비슷하여 서로 혼동하기 쉽다. 더욱이 파굴파리와 파좁나방은 갱도를 형성하여 더욱 구별하기 어렵지만 피해 특징은 파굴파리 유충 1마리가 쉽

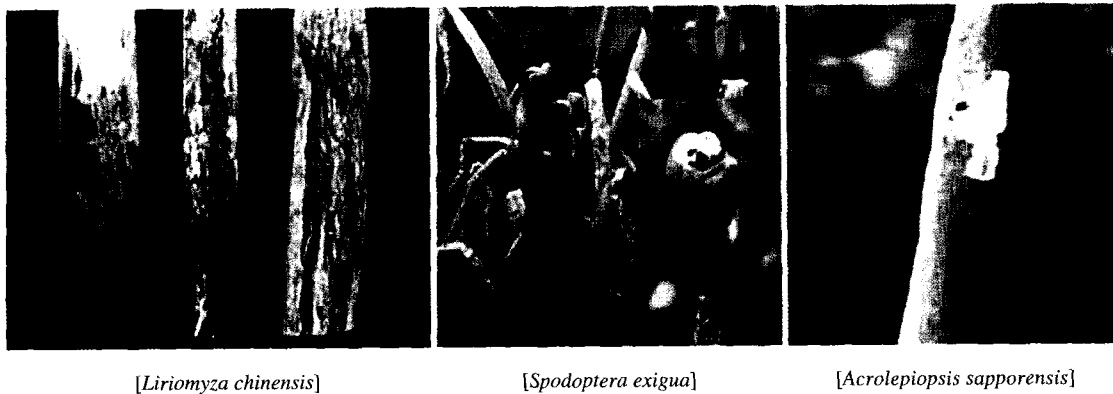


Fig. 5. Injury of *L. chinensis* on welsh onion leaves in comparison with that of *Spodoptera exigua* and *Acrolepiopsis sapporensis*.

Table 7. Comparisons of the size of mining holes on a leaf by *L. chinensis* and *A. sapporensis* larvae

Insects ^a	Size of mining holes/larva			Feeding tissue
	Length (mm)	Width (mm)	Area (mm ²)	
<i>L. chinensis</i> (A)	59.2±11.13	1.26±0.30	72.1±9.50	Mesophyll only
<i>A. sapporensis</i> (B)	12.8±2.78	2.54±0.88	30.7±6.00	Inner & mesophyll
A/B	4.6	0.5	2.3	

^aNo. of insects tested were 10, size of mining holes on a leaf measured with caliper.

식한 갱도의 크기는 길이 59.2 mm, 폭 1.26 mm, 면적 72.1 mm²이고, 파좀나방의 갱도와 비교시 각각 4.6, 0.5, 2.3배로 폭은 좁았으나 길이와 면적은 더 길고 넓었다(Table 7). 식해 부위도 파굴파리는 엽의 내표피와 외표피를 남기고 엽육만을 식해하였으나, 파좀나방은 엽육과 내표피를 섭식하기 때문에 가끔 표피가 함몰되는 특징을 보인다. 파밤나방의 어린 유충도 주로 엽육과 내표피를 식해하기 때문에 하얀 표피를 남겨 혼동하기 쉬우나, 발육이 진전되면서 표피를 포함한 잎 전체를 식해하는 서로 다른 특징이 있다(Fig. 5). Cheng (1994)은 *L. bryoniae* 유충 한 마리의 머스크멜론 섭식량은 515 mm²라고 하였는데 파굴파리의 식해면적 72.1 mm² 보다 더 넓었으며 이는 식물체의 잎 특성 차이로 보인다.

번데기

유충은 3회 탈피 후(Hwang and Moon, 1995) 노숙유충이 되어 피해 갱도의 표피조직을 뚫고 나와 땅속에서 번데기가 된다. 노숙유충의 탈출시각은 05:00-07:00 사이에 91.1%로 가장 많았다(Fig. 6). 잎에서 탈출한

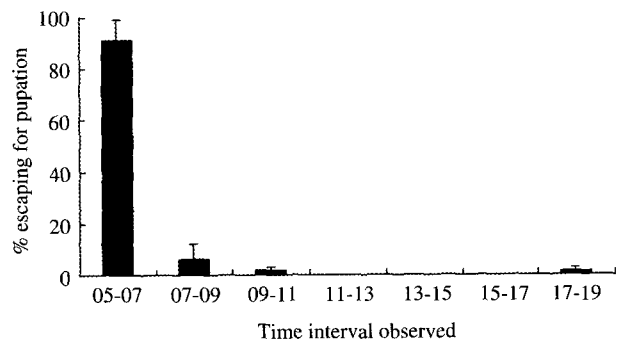


Fig. 6. Escape time of larva of *L. chinensis* from welsh onion leaf for pupation of *L. chinensis* (N = 44.9/replication, Time of sunrise at 06:45 and sunset at 17:52).

노숙유충은 땅 속으로 들어가는데, 파 재배 포장에서 번데기의 수직분포는 0-2 cm에 41%, 2-5 cm에 54%로 5 cm 이내의 표토에 대부분 분포하였고, 파 이랑 사이의 수평분포는 0-10 cm에 61%, 10-20 cm에 23%, 20-30 cm에 13%로 대부분이 파 가까이에 분포하였다(Fig. 7). Oatman and Michelbacher (1958)는 melon leafminer의 유충이 용화하기 위해 잎을 탈출하는 시간은 오전중이고 대부분의 용화는 오전 8시 이전이라고 한 결과와 비슷한 경향이였다.

월동충

파굴파리의 월동 번데기는 지표면으로부터 10 cm 이내에 80% 이상 분포하였으며 토양깊이를 지표 5, 10, 15, 20 cm로 구분해서 조사한 결과, 각각 사질토에서는 67.6, 31.3, 0.9, 0.1%이었고, 사양토에서는 38.5, 43.7, 16.9, 0.8%로 지표면으로부터 10 cm 이내에 80% 이상 분포하였다. 또한 사질토에서는 10 cm 이하에서,

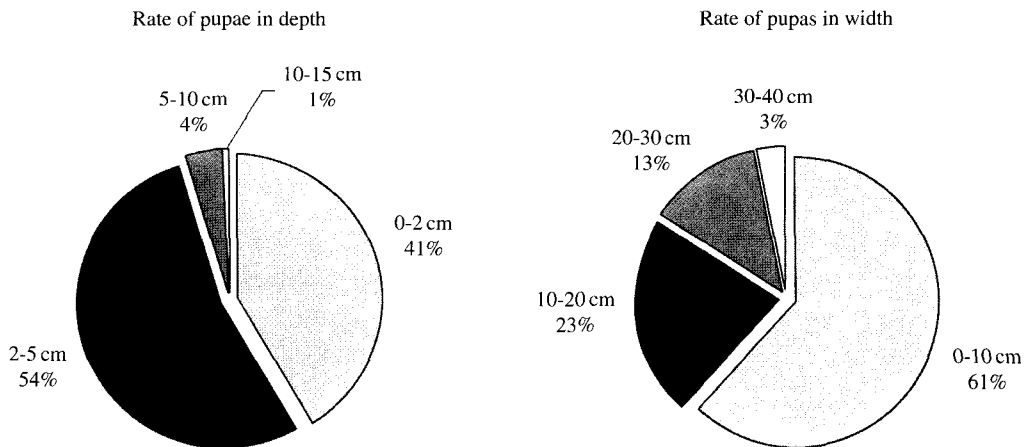


Fig. 7. Distribution of *Liriomyza chinensis* pupae under different soil depths and distance in welsh onion field on late August, The number of pupae collected was 534/m² in depth and 344/m² in distance categories.

Table 8. Distribution of the hibernating pupae of *L. chinensis* on different soil depths in the welsh onion field on February 6-7 2002

Soil depths (cm)	Sandya		Sandy loamab	
	No. of pupae/m ²	Rate(%)	No. of pupae/m ²	Rate (%)
0-5	580.0 ± 30.0a ^c	67.6	298.3 ± 50.3a	38.5
5.1-10	268.3 ± 112.5b	31.3	338.3 ± 58.0b	43.7
10.1-15	8.3 ± 10.4c	0.9	131.7 ± 22.5ab	16.9
15.1-20	1.7 ± 2.9c	0.1	6.7 ± 2.9b	0.8
Total	858.3	100	775.0	100

^asampling surface area : 0.2 m², sandy soil fromYeonggang, sandy loam from Jindo.

^cIn a column, means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of Duncan's multiple range test.

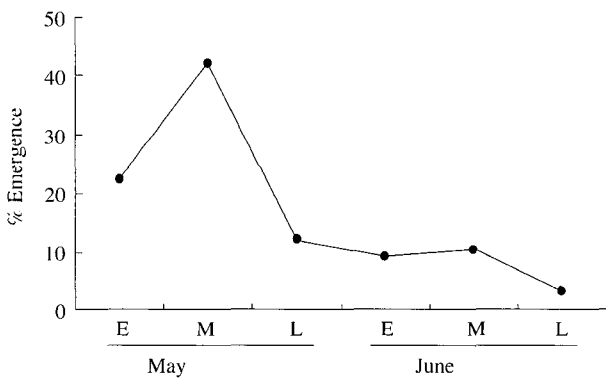


Fig. 8. Rate of emergence from the hibernated pupae of *L. chinensis* under room temperatures (N = 67).

사양토에서는 15 cm 이하에서 번데기의 서식밀도가 급격히 줄어들었다(Table 8). 앞서 채집한 월동 번데기를 실험실 상온 조건에 보존했을 때 우화율은 13%였고, 우화기간은 5월 1일-6월 30일까지 약 2개월이었으

Table 9. Distribution of adult of *Liriomyza chinensis* emerged from hibernation in Jindo on May 13 2002

	Distribution site			
	Nursery	Transplanted	NTF ^a	LW ^b
No. flies/20 sweeps	4.3 ± 1.53	1.3 ± 0.58	19.0 ± 8.54	1.3 ± 1.53
No. puncture sucked /plant (N = 20)	47.0 ± 24.57	28.3 ± 15.71	223 ± 128.5	-

^aNTF : A few residual welsh onions over wintered, but not transplanted.

^bLW : Weed growing levee around welsh onion field.

며 5월 중순에 가장 많이 우화하였다(Fig. 8). 파 이식기인 5월 중순 진도에서 월동 후 우화한 성충을 포충망으로 채집한 결과, 파 이식전의 밭에 남아 있는 파에서 가장 많이 채집되었고, 파 묘상, 이식묘 순이었으며, 밭둑에서도 채집되었다. 성충에 의한 흡즙흔은 이식전 밭에 남아 있는 파에 223개/주로 가장 많았고, 파 묘상, 이식묘 순으로 관찰되었다(Table 9). 중국에서는 파굴파리의 월동 번데기에서 성충의 우화는 4월 중하순에 시작해서 5-6월에 최성기가 되는데, 이처럼 우화기간이 길고 불균일한 특성 때문에 이후 발생시기에 각 층태가 중첩되어 발생하는 요인이라고 하였는데(Pan and Jiang, 2001), 본 시험에서도 월동번데기의 우화기간이 2개월 정도 소요되어 비슷한 양상을 보였다. 월동은 번데기로 땅 속에서 하며 토양중 월동깊이는 지표면으로부터 5-15 cm (Pan and Jiang, 2001)로 번데기의 토중 서식깊이는 자발적인 토양 침투능력과 파 재배방법에 따라서 차이가 있을 것으로 보이며, 파 재배지에서는 도복방지과 연백부를 길게하여 품질을 좋게하기 위해서 배토 작업을 3-4회 정도 해주는데 (Lee, 1994), 마지막 배토작업과 번데기의 월동처 이동

시기가 일치하였을 때 보다 더 깊은 곳에서 월동하게 될 것으로 생각된다. 또한 *L. sativae* 번데기의 내냉성은 발육단계에 따라서 차이가 있고, 4일령의 번데기가 가장 내냉성이 높으며, 중국에서 동계 평균 지중 온도가 영하로 떨어지는 34°N 이북에서는 월동이 불가능하다고 하였는데(Zhao and Kang, 2000), 우리나라의 노지 파 재배지역에서 동계 평균기온이 0°C 이상 되는 전남과 경남을 포함한 남부지역(Anonymous d, 2003)에서는 노지 월동이 가능하고, 중북부 지역은 월동이 어렵거나 하우스재배 파에서 월동이 가능할 것으로 추정된다.

Literature Cited

- Ahn, S.B., I.S. Kim, M.Y. Lee, D.S. Ku, K.M. Kwon and Y.M. Park. 1998. Investigation of species and distribution on the vegetable insect pests in Korea. Ann. Rep. Agr. Sci. Ins. RDA. pp. 435~912 (In Korean).
- Ahn, S.B., S.B. Lee and W.S. Cho. 1991. Leaf feeding insect pests and their damages on welsh onion and shallot fields in Chonrabukdo and Chonranamdo districts. Res. Rept. RDA (c.p). 33: 66~73 (In Korean).
- Ahn, S.B., S.H. Lee, J.Y. Choi, M.J. Han and K.M. Choi. 1993. Investigation on the insect pests of new profitable crops in Korea. Ann. Rep. Agr. Sci. Ins. RDA. pp. 815~838 (In Korean).
- Ahn, S.B., S.H. Lee, J.Y. Choi, M.J. Han and K.M. Choi. 1994. Investigation on the insect pests of new profitable crops in Korea. Ann. Rep. Agr. Sci. Ins. RDA. pp. 815~838 (In Korean).
- Anonymous a. 1972. List of plant diseases · insects · weed in Korea. Korea plant protection association, 424pp.
- Anonymous b. 1986. List of plant diseases · insects · weed in Korea. Korea plant protection association, 633pp.
- Anonymous c. 2002. Agricultural statistical information. National Agricultural Products Quality Management Service. <http://www.naqs.go.kr>.
- Anonymous d. 2003. Daily average temperature statistics climate data. Korea Meteorological Administration (Kma) <http://www.kma.go.kr>.
- Bethke, J.A. and M.P. Parrella. 1985. Leaf puncturing, feeding and oviposition behavior of *Liriomyza trifolii*. Entomol. Exp. Appl. 39: 149~154.
- Cheng, C.H. 1994. Damage of the leafminer, *Liriomyza bryoniae* Kalt and its influence on the fruit quantity and quality. Chinese J. Entomol. 14:433~444.
- Goh, H.G., J.S. Choi, K.B. Uhm, K.M. Choi and J.H. Kim. 1992. Leaf feeding insects of welsh onion and shallot, and their species abundance patterns. Korean J. Appl. Entomol. 31: 360~365 (In Korean).
- Goh, H.G., J.S. Choi, K.B. Uhm, K.M. Choi and J.W. Kim. 1993a. Seasonal fluctuation of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), adult and larva. Korean J. Appl. Entomol. 32: 389~394 (In Korean).
- Goh, H.G., J.S. Choi, K.B. Uhm, K.M. Choi and J.W. Kim. 1993b. Spatial distribution pattern of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), larvae in the welsh onion field. Korean J. Appl. Entomol. 32: 134~138 (In Korean).
- Goh, H.G., J.D. Park, Y.M. Choi, K.M. Choi and I.S. Park. 1991. The host plants of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), (Lepidoptera : Noctuidae) and its occurrence. Korean J. Appl. Entomol. 30: 111~116 (In Korean).
- Han, M.J., S.H. Lee, J.Y. Choi, S.B. Ahn and M.H. Lee. 1996. Newly introduced insect pest, American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 35: 309~314 (In Korean).
- Hespenheide, H.A. 1991. Bionomics of leaf-mining insects. Annu. Rev. Entomol. 36: 535~560.
- Hong, K.J., M.J. Han, I.S. Kim, S.B. Ahn and M.H. Lee. 1996. Damage by american serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) and its host plants. RDA. J. Agri. Sci. 38: 539~544 (In Korean).
- Hwang, C.Y. and T.H. Kim. 1993. Seasonal occurrence and integrated pest control of major insect pests for the maintenance of freshness of the scallion, -Labor saving forecasting method and density-fluctuation factor of the major insect pests of the scallion. RDA. J. Agri. Sci. (Agri. Inst. Cooperation) 35: 141~150 (In Korean).
- Hwang, C.Y. and H.C. Moon. 1995. Effect of temperatures on the development and fecundity of *Liriomyza chinensis* (Diptera : Agromyzidae). Korean J. Appl. Entomol. 34: 65~69 (In Korean).
- Kato, S. 1949. A preliminary report on a survey of agricultural insect pests in Chahar, Shiyuan and northern Shansi. Bull. Nat. Hist. Peking 18: 11~36.
- Kim, D.J. and S.W. Lee. 1978. Chemical control on the stone leek leafminer. Ann. Rep. Kyunggi Provincial RDA. pp. 478~485 (In Korean).
- Kim, K.C., J.D. Park and D.S. Choi. 1995. Seasonal occurrence of *Spodoptera exigua* in Chonnam province and a possibility of their control in vinyl house with pheromone trap. Korean J. Appl. Entomol. 34: 106~111 (In Korean).
- Lee, S.H., M.J. Han, K.S. Lee and K.H. Lee. 1999. Survey on the distribution and host plants of the american serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Korea. Studies on ecology and control methods of the American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). Rep. Agr. Sci. Ins. RDA. pp. 3~12 (In Korean).
- Lee W.S. 1994. Cultivation technique for Liliaceae vegetable. Kyungbuk National University Publisher. 300pp.
- Nagata, R.T., L.M. Wilkinson and G.S. Nuessly. 1998. Longevity, fecundity, and leaf stippling of *Liriomyza trifolii* (Diptera : Agromyzidae) and affected by lettuce cultivar and supplemental feeding. J. Econ. Entomol. 91: 999~1004.
- Oatman, E.R. and A.E. Michelbacher. 1958. The melon leafminer, *Liriomyza pictella* (Thomson) (Diptera : Agromyzidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 51: 557~566.
- Pan, X.M. and G.H. Jiang. 2001. A study on bionomics of *Liriomyza chinensis*. Entomological Knowledge 38: 366~371 (In Chinese).
- Park, J.D., Y.S. Ku, D.S. Choi and S.S. Kim. 2001. Damaged aspects, seasonal fluctuations, and attractivity of various colors on *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera : Agromyzidae) in gerbera. Korean J. Appl. Entomol. 40: 97~103 (In Korean).
- Park, J.D. and H.B. Lee. 1999. Investigation of occurrence and damages of *Liriomyza trifolii* (Burgess) on several major crops. Studies on ecology and control methods of the American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). Rep. Agr. Sci. Ins. RDA. pp. 39~63 (In Korean).
- Park, J.D., H.B. Lee., S.G. Kim., D.I. Kim, I.J. Park., S.C. Kim and K.C. Kim. 2000a. Population dynamics and injuries by *Liriomyza trifolii* (Burgess) in chrysanthemum field. Korean J. Appl. Entomol. 39: 141~147 (In Korean).
- Park, J.D., K.B. Uhm, J.G. Yoo and S.C. Kim. 2000b. Occurrence, injury aspects and effect of insecticide applications of *Liriomyza trifolii* Burgess on tomato cultivated in plastic house. Korean J. Pestic. Sci. 4: 50~55 (In Korean).
- Parrella, M.P. 1987. Biology of *Liriomyza*. Ann. Rev. Entomol. 32: 201~224.
- Rabinowitch, H.D. and J.L. Brewster. 1990. Onions and allied

- crops. Vol. II. CRC. 320pp.
- Song, J.H., S.H. Kang and M.K. Lee. 2000. Diel flight activity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) and heights of yellow sticky traps in gerbera. Korean J. Appl. Entomol. 39: 153~156 (In Korean).
- Suh, S.J. and Y.J. Kwon. 1998. A taxonomic review of the genus *Liriomyza* (Diptera : Agromyzidae) from Korea. The Korean J. Syst. Zool. 14: 311~318.
- Yoo, J.K., I.H. Choi and J.O. Lee. 1995. Investigation of the control probability on beet armyworm, *Spodoptera exigua* using synthetic sex pheromone in welsh onion field. RDA. J. Agri. Sci. 37: 334~339 (In Korean).
- Zhao, Y.X. and L. Kang 2000. Cold tolerance of leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera : Agromyzidae). J. Appl. Ent. 124: 185~189.
- Zoebisch, T.G. and D.J. Schuster. 1987. Longevity and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Diptera : Agromyzidae) exposed to tomato foliage and honeydew in the laboratory. Environ. Entomol. 16: 1001~1003.

(Received for publication 24 October 2003;
accepted 11 December 2003)