

식물에 대한 꽃매미의 섭식행동과 섭식자극

이정은 · 문상래 · 안희근 · 조선란 · 양정오 · 윤창만 · 김길하*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

Feeding Behavior of *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) and Response on Feeding Stimulants of Some PlantsJeong-Eun Lee, Sang-Rae Moon, Hee-Geun Ahn, Sun-Ran Cho, Jeong-Oh Yang,
Changmann Yoon and Gil-Hah Kim*

Dept. of Plant Medicine, Coll. of Agri. Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Republic of Korea

ABSTRACT : Host preference was tested on the 7 species plants against ggot-mae-mi, *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae). This insect highly preferred *Ailanthus altissima* and *Vitis vinifera* however, didn't choose the other plants preferentially. Both nymphs and adults lived longest in *A. altissima* and *V. vinifera* but lived in short and low ecdysis rate against other plants and 3 species fruits. By analyzing the phloem-feeding behavior using EPG, *L. delicatula* was showed the short time in non-probing phase and it also exhibit the longest feeding time in *A. altissima* and *V. vinifera*, but other plants did not feed the phloem at all. In sugar contents analysis, *A. altissima* existed high sucrose proportion and followed by fructose>glucose, *V. vinifera* was analyzed by an order of glucose> fructose>maltose>sucrose>rhamnose, *Malus pumila* was as glucose> fructose, *Pyrus calleryana* was as glucose>unkown>fructose, *Hibiscus syriacus* was as sucrose>glucose. Nymphs and adults of *L. delicatula* lived longest in 5% sucrose solution, and next is in 5% fructose solution. However, they lived short in other sugar solutions. *L. delicatula* nymph and adult according to the combination of sugar proportion found in original plants lived longer in sugar combination solution of *A. altissima* and those of *V. vinifera* was next. Analyzed original sugar proportion from *M. pumila*, *P. calleryana*, *H. syriacus* respectively, *L. delicatula* lived short period comparing to the *A. altissima*, *V. vinifera*. This result was judged that sugar contents affected on choosing the host plants.

KEY WORDS : *Lycorma delicatula*, Host preference, EPG, Feeding behavior, Feeding stimulant

초 록 : 꽃매미의 식물에 대한 선호도를 조사한 결과, 가죽나무와 포도나무를 가장 선호하였으며, 사과나무, 배나무, 무궁화나무, 소나무와 복숭아 나무는 선호하지 않는 것으로 나타났다. 7종 식물에 대하여 꽃매미 약충과 성충은 가죽나무와 포도나무에서 가장 오래 생존하였고, 다른 식물에서는 생존기간이 짧았다. 과수열매에서는 거의 생존하지 못하였다. 꽃매미의 섭식행동 분석결과, 약충과 성충 모두 가죽나무와 포도나무에서 섭식하지 않는 시간(non-probing time)은 가장 짧았고, 체관부 섭식시간(phloem-feeding time)은 가장 길었다. 이를 제외한 나머지 식물과 열매에서는 체관부 섭식시간이 0분으로 섭식을 하지 못하였다. 5종 식물을 당 분석한 결과, 가죽나무는 sucrose 함량이 가장 높았고 fructose > glucose 순으로, 포도나무에는 glucose > fructose > maltose > sucrose > rhamnose 순이고, 사과나무는 glucose > fructose, 배나무는 glucose > unknown > fructose, 무궁화나무는 sucrose > glucose 순으로 당 성분이 존재하였

*Corresponding author. E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

다. Parafilm membrane 검정법으로 생존기간을 조사한 결과, 약충과 성충 모두 sucrose 5%용액에서 가장 생존 기간이 길었으며, fructose 5%용액이 그 다음이었다. 이를 제외한 나머지 성분에서는 짧은 수명을 나타내었다. 분석된 당 성분의 조합에 의한 검정에서도 약충과 성충 모두 가죽나무와 포도나무의 당 성분조합에서 다른 당 성분조합과 비교하여 긴 수명을 보였다. 당 성분이 꽃매미가 기주를 선택하고 섭식하는데 영향을 미치는 것으로 생각된다.

검색어 : 꽃매미, 기주선호성, EPG, 섭식행동, 섭식자극물질

꽃매미(*Lycorma delicatula*)는 몇 년 전만 해도 사람들에게 잘 알려지지 않은 곤충이었다. 2006년에 서울, 경기 지역에서 발생하면서 사람들의 관심을 받기 시작했는데, 그 후 해마다 밀도가 증가하면서 전국적으로 발생하여 피해를 주고 있다(KFRI, 2007; Han *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2009). 꽃매미는 많은 개체들이 무리를 지어 생활하기 때문에 사람들에게 혐오감을 줄뿐 아니라, 식물을 흡즙하고 배설물을 배출하여 광합성을 저해하거나 그을음병을 생기게 하고, 심할 경우 고사시킨다. 1932년 Doi에 의해 우리나라에서 처음 보고된 (Doi, 1932) 꽃매미는 중국 및 동남아시아 등의 비교적 기온이 높은 지역에서 서식하는 아열대성 곤충으로 보고되어 있으며, 우리나라에서는 문제가 되지 않았지만, 2006년부터 중국에서 유입되어 정착한 것으로 보인다 (Han *et al.*, 2008). 가죽나무, 참죽나무, 소태나무, 미국 담쟁이덩굴, 머루, 포도나무 등 목본 38종과 초본 3종 등 41종이 꽃매미의 기주식물로 알려져 있다(Park *et al.*, 2009). 최근 꽃매미의 대발생으로 피해가 잇달아 보도되고 특히 포도농가에서 피해가 속출함에 따라 이에 대한 방제가 시급한 상황이다.

꽃매미의 기주범위를 파악할 뿐만 아니라, 가해를 받을 가능성이 있는 작물을 미리 알아내어 예방하기 위한 기초 자료로서 우선적으로 섭식행동에 관한 연구가 필요하다. 흡즙형 곤충의 섭식행동은 주로 EPG(Electrical Penetration Graph)기술을 이용해서 분석을 하게 된다 (McLean and Kinsey, 1967; Kim *et al.*, 2005). EPG가 처음 사용된 곤충은 진딧물이며(McLean and Kinsey, 1967; Tjallingii, 1988), 이후로 매미충(Khan and Saxena, 1985)과 멸구류(Youn and Chang, 1993)의 섭식행동 연구에 사용되었다. 하지만 꽃매미의 섭식행동에 관한 연구는 아직 이루어지지 않은 실정이다.

식식성 곤충이 기주를 선택하는데 식물의 화학적 요인과 물리적 요인이 중요하다. 나비목 곤충 같은 식식

성 곤충은 기주의 적합성을 파악하기 위해 식물에 있는 특정한 화학물질을 감지하며, 곤충과 식물체의 상호작용에 영향을 받는 것으로 보고되어 있다(Renwick and chew, 1994; Honda *et al.*, 1997). 많은 곤충들은 에너지원으로서 탄수화물을 필요로 하며, 또한 이런 성분은 곤충들의 섭식자극물질로 알려져 있다(Bernays and Simpson, 1982). Chlorogenic acid와 sucrose는 콜로라도감자잎벌레같이 가지과 식물을 섭식하는 곤충의 섭식자극물질로 보고되어 있으며(Hsiao and Franekel, 1968), Endo *et al.* (2004)은 감자잎에 존재하는 methyl linolenate와 fructose, glucose가 큰이십팔점박이무당벌레(*Epilachna vigintioctomaculata*)의 섭식을 자극한다고 하였다. 이처럼 당 성분은 섭식자극물질의 역할뿐 아니라 곤충이 살아가는데 필수적인 영양분이다. 꽃매미의 섭식자극물질을 탐색하고, 기주를 선택하는데 당 성분이 어떤 영향을 미치는지 연구할 필요가 있다.

본 연구에서는 7종 식물에 대한 꽃매미의 섭식행동 차이를 분석하고 각 식물의 당 성분이 기주선택에 미치는 영향을 연구하여 방제에 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험곤충과 식물

꽃매미(*Lycorma delicatula*)는 2009년 충북대학교와 인근의 가죽나무에서 2~4령 약충을 채집하여 온도 25±2℃, 상대습도 50~60%, 광주기 16L : 8D 조건에서 가죽나무를 기주로 하여 사육용 상자(27×30×46 cm)에서 사육하면서 탈피한지 24시간이내의 3령약충과 암컷성충을 실험에 사용하였다. 약충은 암수구별 없이 사용하였고 성충은 암컷만을 사용하였다. 암수는 꽃매미의 복부 끝에 있는 붉은색 산란관의 유무로 구별하였다.

Table 1. 7 species plants and 3 species fruits used in this study

Common name	Scientific name	Family	Part	Korean name
Tree of heaven	<i>Ailanthus altissima</i>	Simaroubaceae	Branch	가죽나무
Grapevine	<i>Vitis vinifera</i>	Vitaceae	Branch	포도나무
Red pine tree	<i>Pinus densiflora</i>	Pinaceae	Branch	소나무
Rose of sharon	<i>Hibiscus syriacus</i>	Malvaceae	Branch	무궁화나무
Apple tree	<i>Malus pumila</i>	Rosaceae	Branch	사과나무
			Fruit	사과
Pear tree	<i>Pyrus calleryana</i>	Rosaceae	Branch	배나무
			Fruit	배
Peach tree	<i>Prunus persica</i>	Pinaceae	Branch	복숭아나무
			Fruit	복숭아

실험에는 가죽나무와 포도나무, 사과나무, 배나무, 무궁화나무, 소나무, 복숭아나무를 사용하였다(Table 1). 이들은 모두 충북대학교 내 부속농장과 그 주변에서 재배된 무농약 나무로, 건전한 가지와 열매를 실험에 사용하였다.

선호도와 생존기간 조사

7종 식물의 가지(가죽나무, 포도나무, 사과나무, 배나무, 무궁화나무, 소나무, 복숭아나무)를 일정 길이로(30 cm) 자른 후 시들지 않게 물이 든 유리병에 꽂은 후 사육용 상자(40×40×40 cm)안에 일정한 간격으로 배치를 다르게 하였다. 꽃매미 약충과 성충을 접종한 후, 온도 25±2℃, 상대습도 50~60%, 광주기 16L : 8D조건이 일정하게 유지되는 사육실로 옮겨 일정시간 간격으로 각 식물에 붙어있는 꽃매미의 수를 기록하였다. 생존기간 비교는 7종 식물의 가지를 일정 길이로(20 cm) 자른 후 유리병에 꽂아 준비하였고, 3종 열매를 cage당 각 20 개씩 준비하였다. 사육용 상자(28×28×28 cm)에 각 식물의 가지와 열매를 넣은 다음, 꽃매미 3령 약충과 성충을 접종하여 생존기간을 기록하였고, 약충은 탈피율도 조사하였다. 실내 사육조건은 25±2℃, 상대습도 50~60%, 광주기 16L : 8D로 유지하였고, 매일 유리병의 물을 새로이 공급하였고, 가지는 마르기 전에 수시로 교체하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

EPG 기록과 Data 분석

꽃매미 약충과 성충의 탐침행동과 섭식행동을 조사하기 위해 Tjallingii (1988)의 DC system을 이용하여 섭식파형을 기록하였다. 전도성 페인트(Silver conductive paint, RS, 101-5621, UK)를 이용하여 직경 100µm, 길

이 5cm인 금선(Goodfellow, UK)을 꽃매미의 등쪽가슴 중앙에 부착하였다. 꽃매미에 연결된 금선을 Giga-8 DC EPG amplifier에 연결하고 꽃매미는 식물가지 위에 올려놓았으며, 6시간동안 기록하였다. EPG신호는 PC에 기록되고 그 결과는 STYLET 3.8 program으로 분석하였으며(Tjallingii and Mayoral, 1992), 모든 실험은 노이즈를 최소화하기 위해 구리망으로 차단된 Faraday cage 안에서 수행하였다. EPG에 기록된 전기적인 패턴을 바탕으로 파형을 분류하고 각각의 파형 발생시간을 측정하였다. 각 수종별로 10회 반복하였으며, 모든 data는 실험 시작 후 6시간 동안 측정된 것으로 분석하였다. 각 식물별 꽃매미의 섭식행동 차이는 Tukey's Studentized Range Test로 검정하였다(SAS Institute, 2003).

당 분석을 위한 시료 준비 및 분석

가죽나무, 포도나무, 사과나무, 배나무, 무궁화나무가지를 1kg을 준비하여 절단하여 methanol에 3일간 침지시켜 추출한 후 농축기로 농축시켰다. 각 농축된 추출물 20g을 증류수 800 ml에 녹인 후 분액여두에 넣고 hexane 800 ml를 넣어 충분히 흔들어 hexane층을 분리하였다. 남은 물층을 위와 같은 방법으로 chloroform, ethyl acetate층으로 분리하였고, 마지막으로 남은 물층을 회전 진공농축기(Heidolph, Germany)로 45℃에서 감압농축을 하였다. 이런 과정으로 얻어진 최종시료로 당 분석을 하였다.

당 분석은 HPLC (Agilent Technologies 1200 series, Santa Clara, CA; pump : Quaternary pump, column : Zorbax carbohydrate (4.6 mm × 250 mm, 5 µm), solvent : acetonitrile + water (8:2), flow rate : 2 ml/min, detector : RID, injection : 1 µl)를 이용하였다. 당 표준물질은 이동상인 acetonitrile : water (8:2)에 녹여 각 4mg/ml

농도의 보존용액을 조제한 후 필요에 따라 희석하여 일련의 표준용액을 만들고 1 μ 를 HPLC에 주입하여 농도 변화에 따른 검정 곡선을 작성하였다. 각 시료 3g의 물질은 증류수 3g에 1 : 1로 희석 후 ADVANTEC cellulose acetate 0.45 μ m hydrophilic 필터로 여과하였고, HPLC로 분석하기 전 보존용액 : 시료 = 10 : 1로 재희석 후 분석에 사용하였다. 검출된 peak의 retention time과 당 표준품 retention time을 비교하여 당 성분을 동정하였다. 그리고 peak의 면적을 계산하여 각 식물에 존재하는 당 성분의 비율을 분석하였다. 실험에 사용한 rhamnose, fructose, glucose, sucrose, maltose 표준물질은 Sigma(St. Louis, MO, USA)제품, HPLC용 acetonitrile은 Burdick & Jackson(USA)의 제품을 사용하였다.

당 성분에 대한 생존기간 조사

HPLC로 분석한 당 성분의 표준품을 증류수로 희석하여 5, 1, 0.1%용액을 만들고, 각 식물별로 분석된 당 성분의 함량비로 혼합하여 10, 5%용액을 만들었다. 용액을 이용한 생물검정을 위해 parafilm membrane (parafilm M, USA)을 사용하였다(Mittler and dadd, 1962). petridish (\varnothing : 9cm, h: 0.6mm)에 각 용액을 가득 채운 후 Mitsuhashi and Koyamar (1969)가 이용했던 방법을 응용하여 parafilm membrane을 손으로 일정한 두께로 잡아당겨 늘인 후 용액의 표면적을 감쌌다. 용액이 채워진 petridish를 생물검정용기(\varnothing : 11 cm, h: 8 cm)에 parafilm membrane이 위로 오도록 비스듬히 세워 놓았다. 빈 공간은 솜으로 채

워서 꽃매미가 끼이지 않도록 하였다. 약충과 성충을 접종하고 뚜껑을 닫은 후 온도 25 \pm 2 $^{\circ}$ C, 상대습도 50~60%, 광주기 16L : 8D조건의 사육실로 옮겨 생존기간을 조사하였다. 각 실험은 3반복으로 하였다. 실험결과의 분석은 Tukey's studentized range test로 하였다(SAS Institute, 2003).

결과 및 고찰

식물에 대한 선호도

꽃매미 약충 및 성충에 대한 가죽나무, 포도나무, 사과나무, 배나무, 복숭아나무, 무궁화나무, 소나무에 대한 선호도 조사를 한 결과, 가죽나무를 가장 선호하며, 그 다음이 포도나무였다. 그 외에 다른 식물은 선호도가 낮았다(Fig. 1). 약충은 가죽나무와 포도나무의 선호도가 차이가 없으며, 다른 식물은 낮은 선호도를 나타내었다. 성충의 경우, 가죽나무와 포도나무가 비슷한 경향을 보였고, 소나무가 가장 낮은 선호도를 보였다. 많은 곤충들이 기주식물을 찾아가는데 후각적인 요소로 기주식물의 냄새를 이용한다고 알려져 있다(Visser, 1986). Xiao *et al.* (2002)은 왕담배나방(*Helicoverpa armigera*) 암컷이 비기주인 중국굴피나무(*Pterocarya stenoptera*)의 젖은 잎에서 추출한 물질에 유인이 된다고 하였다. 이처럼 곤충은 자신이 원하는 기주를 찾아가는데 식물의 휘발성물질을 감지하여 찾아간다. Hori

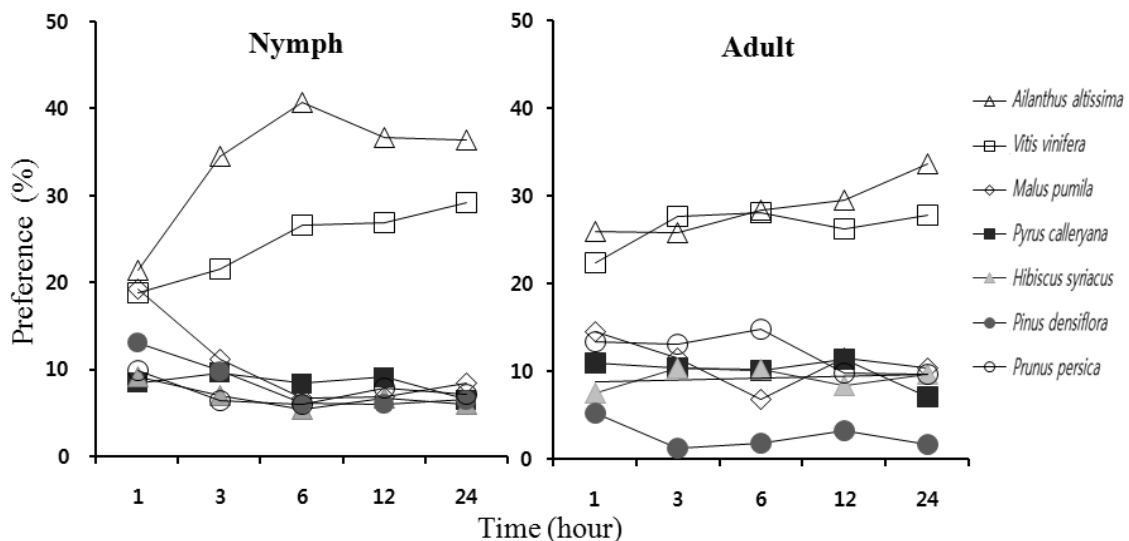


Fig. 1. Preference rate of *Lycorma delicatula* nymph and adult to 7 species plants at each time (n=150).

et al. (2006)의 연구에 따르면 딸기잎돼지벌레(*Galerucella vittaticollis*)의 기주식물들과 비기주식물들의 휘발성물질을 포집하여 유인효과를 보았는데 기주식물들에 있는 주요 성분인 *cis*-3-hexenyl acetate에 유인이 되었다고 한다. 반면 비기주식물에는 *cis*-3-hexenyl acetate가 존재하지 않거나 상대적으로 적은 양이 있었다고 하였다. 꽃매미 또한 자기가 원하는 기주를 찾아가는데 이런 휘발성물질을 감지했을 거라 생각된다. 분명 기주와 비기주식물이 방출하는 휘발성 물질은 다를 것이다. 이런 물질에 대한 꽃매미의 반응은 아직 연구되어 있지 않지만, 꽃매미를 식물로 유도하거나 기피시키는데 중요한 역할을 했을 것이다. 식물의 휘발성물질에 대한 꽃매미의 반응은 많은 연구가 필요하다.

식물에 대한 생존기간 비교

7종 식물과 3종 열매에 대한 약충과 암컷 성충의 생존기간과 탈피율을 조사한 결과는 Table 2와 같이 나타났다. 탈피후 24시간 이내의 3령부터 사망까지 생존기간을 조사한 결과, 가죽나무와 포도나무가 각 15.0일,

15.4일로 가장 길었고, 사과나무와 배나무, 무궁화나무, 복숭아나무가 6일 이내, 소나무가 5일 이내였으며, 3종의 열매에서는 모두 2일 이내로 짧은 생존기간을 보였다. 성충도 7종 식물에 대한 생존기간은 가죽나무 6.8일, 포도나무 6.1일로 가장 길었고 다른 식물에서는 2일 이내로 짧은 생존기간을 보였다. 약충과 성충 모두 가죽나무와 포도나무간에 생존기간의 차이는 있었으나 유의성은 없었다. 사과나무, 배나무, 소나무, 무궁화나무, 복숭아나무간에 생존기간은 유의성이 없었으며, 가죽나무와 포도나무와 비교하여 유의성이 있었다. Jung and Im. (2005)은 저항성 벼와 감수성 벼에서 벼멸구의 생존율을 조사하였는데 저항성 벼에서는 생존율이 매우 낮았지만 감수성 벼에서는 생존기간이 길었다고 하였다. 그리고 Yang et al. (2009)은 담배가루이 B, Q-biotype에 대한 고추품종에서의 발육기간과 생존율을 조사하였는데, B-biotype은 고추품종에서 약충이 생존하지 못하였고, 우화율도 5.8%이하로 매우 낮게 나타났다고 하였다. 이처럼 먹이 식물이 곤충에 미치는 영향은 크며, 기주가 아닌 식물에서는 생존할 수가 없다. 꽃매미도 가죽나무와 포도나무에서는 생존기간이 길었지만, 다른

Table 2. Survivorship of *Lycorma delicatula* when inoculated 3rd instar and adult on 7 species plants and 3 species fruits

Plants	Type	n	Part	Longevity			Ecdysis rate (%) ^d	
				(mean±SD, day)				
<i>Ailanthus altissima</i>	Nymph ^a	110	Branch	15.0	±	1.0	A ^c	63.3
	Adult ^b	110		6.8	±	0.6	a ^c	-
<i>Vitis vinifera</i>	Nymph	105	Branch	15.4	±	3.0	A	63.0
	Adult	105		6.1	±	0.7	a	-
<i>Pinus densiflora</i>	Nymph	51	Branch	4.5	±	1.5	B	5.9
	Adult	51		2.2	±	0.5	b	-
<i>Hibiscus syriacus</i>	Nymph	51	Branch	5.6	±	1.2	B	7.8
	Adult	51		2.5	±	0.4	b	-
<i>Malus pumila</i>	Nymph	51	Branch	5.3	±	0.4	B	17.7
		50	Fruit	1.2	±	0.3	B	0.0
	Adult	51	Branch	2.4	±	0.3	b	-
<i>Pyrus calleryana</i>	Nymph	54	Branch	6.0	±	2.1	B	9.3
		50	Fruit	1.7	±	1.4	B	0.0
	Adult	54	Branch	2.1	±	0.4	b	-
<i>Prunus persica</i>	Nymph	50	Branch	5.5	±	1.1	B	0.0
		50	Fruit	1.6	±	1.0	B	0.0
	Adult	50	Branch	2.9	±	0.3	b	-

^a Longevity until 3rd instar to death; ^b Longevity until adult to death; ^c Means followed by same letter(capital letter for nymph and small letter for adult) are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003); ^d Ecdysis of 3rd to 4th instar.

식물에서는 생존기간이 짧았다. 꽃매미가 4령으로 탈피 시, 가죽나무와 포도나무에서 각각 63.3%, 63.0%로 탈피율이 가장 높게 나타났지만 나머지는 사과나무(17.7%)> 배나무(9.3%)>무궁화(7.8%)>소나무(5.9%)>복숭아(0%)=사과, 배, 복숭아열매(0%) 순으로 낮은 탈피율을 보였다. 성충단계로 탈피한 개체는 없었다. 이처럼 생존할 수 없는 식물에서는 탈피율 또한 매우 낮았다. 이처럼 곤충은 섭식하는 먹이에 따라 생존이나 발육하는데 큰 영향을 받으며, 선호하는 기주를 찾아가는 것은 생존을 위한 선택일 것이다. Campbell *et al.* (1982)은 곤충의 기주 저항성 차이는 기주에 섭식자극제가 충분히 존재하지 않거나 섭식저해제가 존재하기 때문일 수 있다고 하였다. 또 Miller and Miller (1986)는 곤충은 기주위의 영양상태, 물리적 및 화학적 방어 물질의 반응에 따라 기주 적합성의 중요한 원인으로 결정된다고 보고하였다. 비슷한 맥락에서 비기주에는 섭식자극물질이 없거나 또는 저해물질이 있어 필요한 영양분을 섭취할 수 없어 생존할 수 없거나 정상적인 탈피가 이루어지지 않는 것으로 보인다.

EPG패턴 분석과 섭식행동 비교

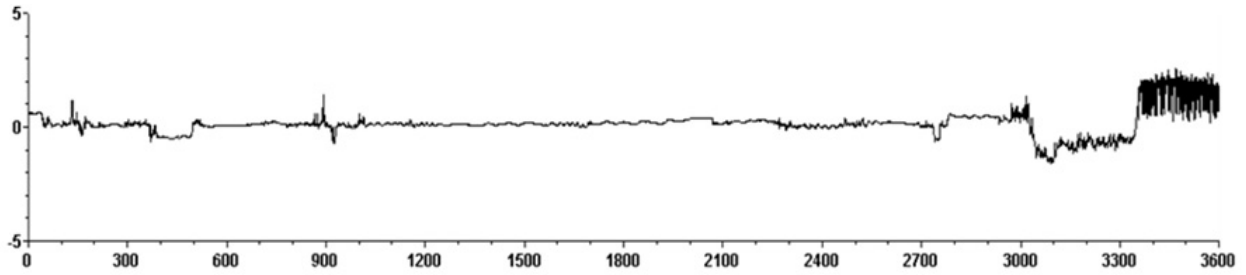
꽃매미의 섭식과형에 대한 연구는 저자가 아는 한 아직 없다. 꽃매미에 대한 과형은 다음과 같은 방법으로 구분하였다. 꽃매미는 체관부와 물관부를 섭식하는 곤충이다. 각 식물별 약충과 성충의 과형에 대한 공통적인 과형을 분류하였고, 실험자가 꽃매미의 구침 활동을 관찰하여 non-penetration 과형과 pathway phase 과형을 구분하였다. 약충의 과형 분석에서 체관부와 물관부 섭식으로 생각된 과형은 가죽나무와 포도나무에서만 관찰되어 섭식 관련 과형으로 판단하였다. 이 과형들은 성충의 과형분석에서도 유일하게 가죽나무와 포도나무에서만 기록된 과형으로 섭식에 중요한 과형일거라 생각되어, 다른 매미목 곤충의 과형분석의 패턴과 비교해 본 결과, 체관부 섭식과형 일 것이라 판단하였고, 다른 또 하나의 과형은 물관부 섭식과형 일 것이라 판단하였다. 4가지 유형으로 분류된 과형은 Fig. 2와 같다. 1번 과형은 1시간 동안 기록된 전체 과형의 형태를 보여주며, 3번 과형은 pathway phase로 꽃매미가 기주에 구침으로 찌르면서 먹이를 확인하는 과형이다. 4번은 xylem phase로 판단되는 과형으로 물관부를 섭식할 때 나타나는 과형이며 5번 과형은 phloem phase로 판단되는 과형으로 섭식에 중요한 패턴으로 체관부를 흡즙할 때 나

오는 과형이다. 2번 과형은 non penetration으로 구침의 활동이 없을 때 나오는 과형으로, 표시된 부분은 구침을 찌르긴 하였지만, 구침활동이 일어나지 않아 전압의 변화가 없는 상태를 기록하고 있는데 이는 섭식행동이 일어나지 않았음을 보여준다. EPG를 이용한 섭식과형은 진딧물에서 5가지 패턴을 보여주고(Tjallingii, 1978, 1985; Kimmins *et al.*, 1987) 멸구류는 6가지(Kim *et al.*, 2005; Youn and Chang, 1993), 담배가루이는 7가지 패턴(Lei *et al.*, 1996; Lei *et al.*, 1999; Jiang *et al.*, 1999; Yang *et al.*, 2009)으로 분석되었으나, 본 실험에서는 보고된 곤충들의 섭식과형을 참고하여 꽃매미의 섭식에 중요한 4가지 과형을 분류하여 섭식여부를 알아보고자 하였다.

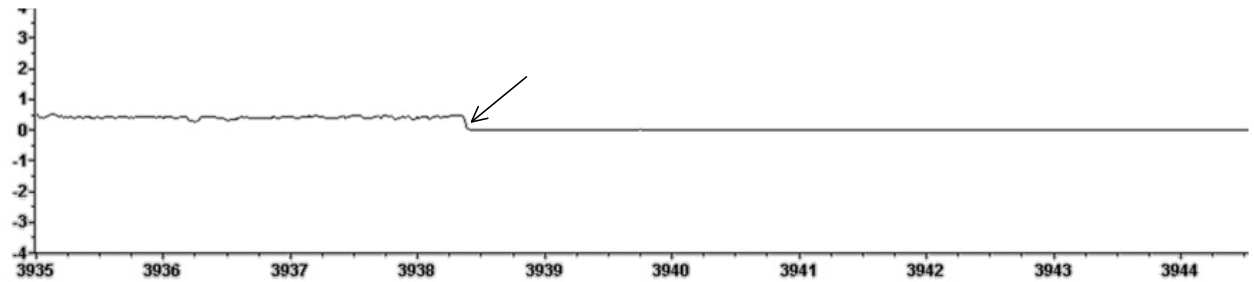
7종 식물에 대한 꽃매미 약충과 성충에 대한 섭식행동 분석 결과(Table 3), non penetration이 각 식물에 대해서 큰 차이를 보였다. 꽃매미 약충과 성충은 가죽나무에서 242.0분, 223.2분, 포도나무는 228.7분, 245.6분으로 다른 5종의 식물보다 짧게 나타났다. 또한, 꽃매미의 실질적인 섭식과형인 체관부 섭식과형에서 큰 차이를 보여주었다. 꽃매미 약충과 성충은 가죽나무에서 45.7분, 52.8분 과 포도나무에서 23.7분, 29.0분으로 20분이상 체관부를 섭식하였다. 그러나 다른 5종의 식물인 복숭아나무, 사과나무, 배나무, 무궁화나무, 소나무에서는 모두 0.0분으로 체관부 섭식 시간이 나타나지 않았다. 꽃매미과(Fulgoridae) 곤충은 식물의 체관부를 흡즙하는 곤충으로 분류되어 있다(Naskrecki and Nishida, 2007). 따라서 체관부 흡즙여부는 꽃매미의 기주선택 기준으로 볼 수 있으며, 꽃매미의 섭식행동 연구에 매우 중요하다.

본 실험에서 가죽나무, 포도나무, 복숭아나무는 약충과 성충 모두 20분이상의 물관부 섭식과형(G)을 보여주고 있으며 사과나무, 배나무, 무궁화나무는 약충에서 최대 9분으로 나타났으나, 성충은 15분 이상의 물관부 과형을 보여주고 있다. 그러나 소나무에서는 약충과 성충 모두 물관부 과형 이 나타나지 않았다(Table 3). 이렇듯 소나무를 제외한 6종의 기주에서 물관부 섭식과형이 성충에서 나타나고 있다. 그러나, 체관부 섭식 곤충이 에너지를 얻기 위해선 체관부를 섭취해야한다. 체관부 섭식 곤충인 유시진딧물(Alate aphid)은 에너지 흡수를 위해 체관부를 섭식해야 하며 그렇지 않으면 생존할 수 없다고 하였다(Ward, 1991). Davis and Radcliffe (2008)은 체관부 섭식곤충인 진딧물은 4가지 작물에서 물관부 섭식행동이 나타나지만, 체관부 섭식을 해야만

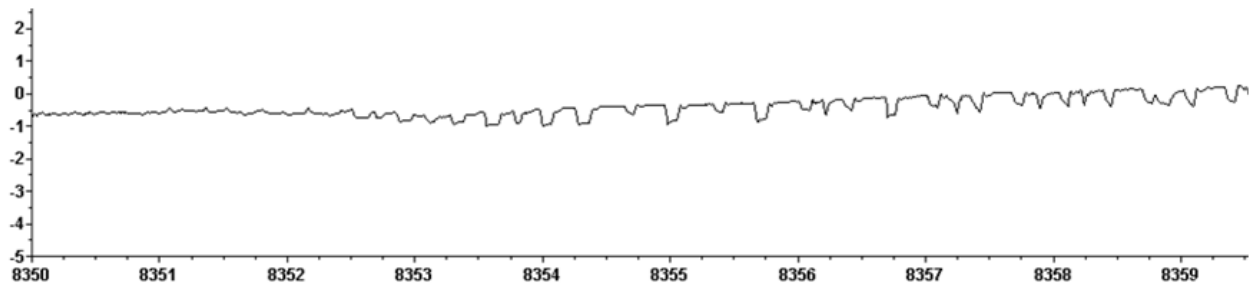
1. Overview of *Lycorma delicatula* probing process of 1hr



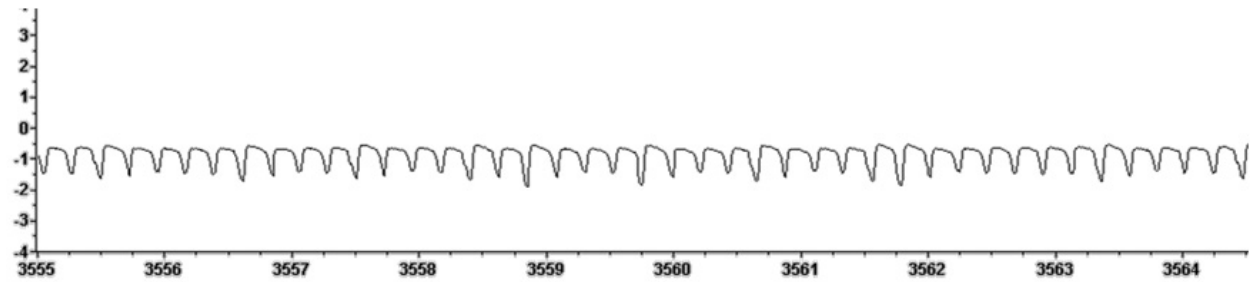
2. Non penetration



3. Pathway phase



4. Xylem phase



5. Phloem phase

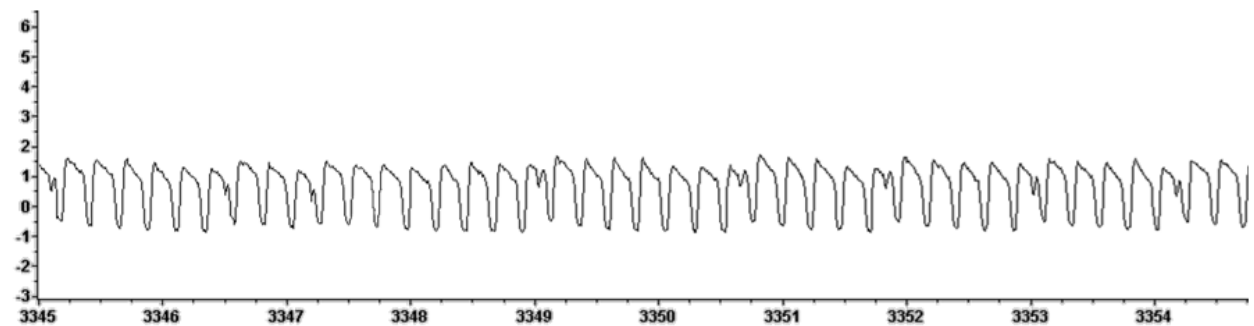


Fig. 2. EPG waveforms recorded by probing of *Lycorma delicatula*.

Table 3. Mean duration (min) of *Lycorma delicatula* nymph and adult probing behavior parameters in 6 h on 7 species plants

Parameter	Types	Plant Species (Min±SD)						
		<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Vitis vinifera</i>	<i>Prunus persica</i>	<i>Malus pumila</i>	<i>Pyrus calleryana</i>	<i>Hibiscus syriacus</i>	<i>Pinus densiflora</i>
np	Nymph	242.0 ± 4.9b	228.7 ± 60.8b	285.1 ± 45.0ab	332.1 ± 19.6a	332.8 ± 40.6a	309.2 ± 28.8a	359.3 ± 1.56a
	Adult	223.2 ± 36.3b	245.6 ± 28.6b	307.0 ± 7.2a	320.1 ± 10.7a	320.3 ± 33.8a	309.0 ± 14.7a	344.7 ± 14.0a
C	Nymph	49.2 ± 16.5b	75.8 ± 14.2a	44.5 ± 32.9b	27.9 ± 19.6c	27.2 ± 10.6c	41.8 ± 21.4b	3.9 ± 1.9c
	Adult	62.9 ± 29.4a	60.3 ± 23.7a	28.7 ± 9.6b	15.0 ± 8.9b	24.0 ± 19.6b	30.4 ± 10.9b	12.8 ± 11.4b
G	Nymph	23.1 ± 13.8a	31.8 ± 17.0a	30.3 ± 18.1a	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c	9.0 ± 4.2b	0.0 ± 0.0c
	Adult	20.9 ± 8.8ab	24.9 ± 11.6ab	24.2 ± 11.6a	24.8 ± 12.1a	15.0 ± 14.9ab	20.5 ± 4.1a	0.0 ± 0.0c
E	Nymph	45.7 ± 30.8a	23.7 ± 9.0b	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c
	Adult	52.8 ± 23.4a	29.0 ± 17.8c	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c	0.0 ± 0.0c

Non-penetration duration (np), pathway phase (C), xylem phase (G), phloem phase (E).

생존할 수 있으며, 체관부 섭식과형의 존재는 진딧물의 기주를 판단하는데 중요한 기준이라 하였다. 따라서 꽃매미가 물관부 과형을 나타낸다 하여도, 그 식물이 주 기주임을 판단할 수 없다. 물관부 과형과 체관부 섭식과형이 존재할 때 꽃매미의 기주임을 판단할 수 있다. 이 처럼 EPG를 이용하여 꽃매미의 7종 식물에 대한 실질적인 섭식여부를 알 수 있었다. 선히도와 생존기간에서의 결과와 종합적으로 볼 때 꽃매미는 생존을 위한 기주로서 가죽나무와 포도나무를 선택하며, 사과나무, 배나무, 무궁화나무, 복숭아나무, 소나무는 기주로서 부적합하다.

당 성분 분석과 생존기간 비교

앞서 실험에서 꽃매미는 가죽나무와 포도나무를 선호 하며 잘 섭식하고 생존할 수 있었다. 꽃매미가 가죽나무와 포도나무에서 서식할 수 있는데에는 여러 가지 요인이 관여했을 것이다. 그 중 식물에 존재하는 당은 곤충이 생존을 위해 필요로 하는 물질 중 하나이다. 가죽나무와 포도나무에는 꽃매미의 생존을 위해 필요한 당이 존재하고 나머지 식물에는 이런 성분이 없거나 적은 양이 있을 것이라 생각된다. 각 식물에 대한 당 성분의 차이를 분석한 결과는 다음과 같다(Fig. 3). 가죽나무에는 sucrose의 함량이 가장 높았고 fructose > glucose 순이며, 포도나무에는 glucose > fructose > maltose > sucrose > rhamnose 순으로 당 성분이 존재하였다. 사과나무에는 glucose > fructose, 배나무에는 glucose > unknown > fructose, 무궁화나무에는 sucrose > glucose

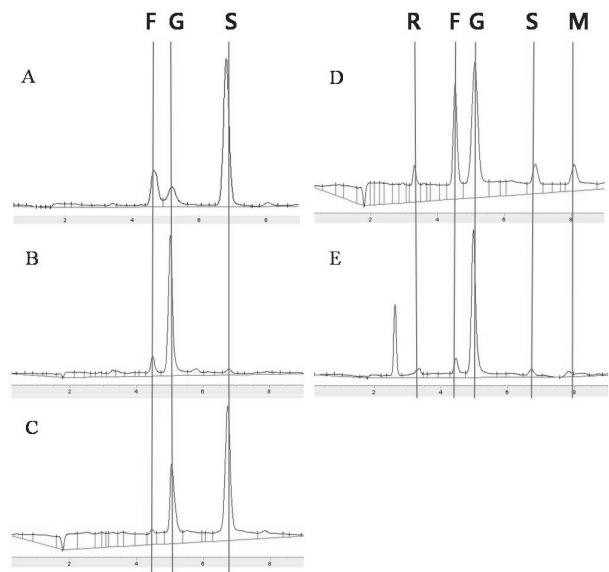


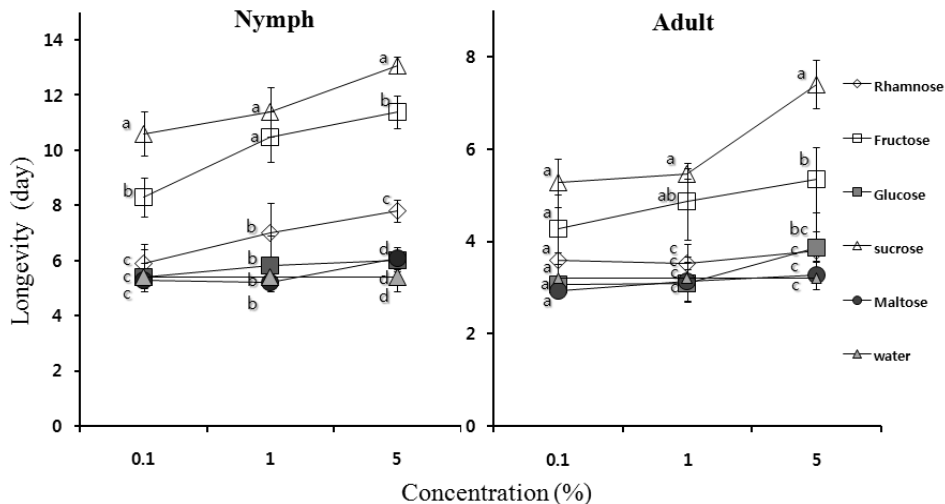
Fig. 3. HPLC analysis of sugars in 5 plant extracts. (A) *Ailanthus altissima* (B) *Malus pumila* (C) *Hibiscus syriacus* (D) *Vitis vinifera* (E) *Pyrus calleryana* (F: fructose, G: glucose, S: sucrose, R: rhamnose, and M: maltose).

순으로 당 성분이 존재하였다(Table 4). 꽃매미가 선호 하며 섭식을 잘하는 가죽나무와 포도나무에는 sucrose와 fructose가 같이 존재하는 것을 알 수 있었다. 특히 포도나무에는 sucrose와 fructose외에 다른 당 성분들도 존재하였다. 반면 사과나무, 배나무, 무궁화나무에는 glucose의 함량이 높았다. 무궁화나무의 경우 sucrose의 함량이 높았지만, glucose 또한 존재하였으며 선호식물의 당 성분과는 다르게 fructose가 존재하지 않았다.

당 성분의 함량과 조성이 꽃매미 약충과 성충의 생존

Table 4. Sugar proportions in 5 plant extracts

Plants	Ratio of component (%)					
	Rhamnose	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Unknown
<i>Ailanthus altissima</i>	-	19.8	14.9	65.1	-	-
<i>Vitis vinifera</i>	9.4	24.7	43.7	9.6	12.3	-
<i>Malus pumila</i>	-	11.5	88.4	-	-	-
<i>Pyrus calleryana</i>	-	10.7	66.6	-	-	20.5
<i>Hibiscus syriacus</i>	-	-	38.1	61.8	-	-

Fig. 4. Comparative survivorship of *Lycorma delicatula* nymph and adult against sugar concentration.

에 영향을 주는지를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 약충의 경우 sucrose 5%용액에서 13.1일로 가장 오래 생존하였고 fructose 5%용액에서 11.4일을 생존하였다. 그 다음으로 rhamnose용액이 7.8일, maltose용액이 6.1일, glucose용액이 6.0일로 가장 짧은 수명을 보였다. sucrose용액에서는 0.1%, 1%농도까지 10일 이상의 수명을 보였으며, fructose용액은 1%농도까지 10일 이상의 수명을 나타냈다. 대체적으로 당액의 농도가 낮아질수록 수명이 줄어드는 경향을 보였다. 또한 sucrose 5%용액을 섭식한 3령 약충이 4령으로 탈피하는 비율은 73.3%로 가장 높았으며 fructose 5% 용액을 섭식한 경우는 66.6%의 탈피율을 나타내었다. 나머지 당 성분을 섭식한 약충은 탈피할 때까지 생존하지 못하였다. 암컷 성충을 대상으로 한 실험에서도 약충과 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 4). 가죽나무에는 sucrose의 함량이 가장 많으며 fructose 또한 존재하고, 포도나무에도 fructose의 함량이 많으며 sucrose 또한 존재한다. 실험결과로 볼 때, 꽃매미가 살아가는데 sucrose와 fructose가 큰 영향을 미치며 섭식자극에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.

Onagbola et al. (2007)의 연구에 의하면 금줄벌레 *pteromalus cerealellae*는 sucrose 25%용액을 섭식하였을 때 수명이 가장 길었다고 하였고. 또한 Luo et al. (2009)은 큰 밤고치벌(*Microplitis mediator*)에 대한 당 성분이 미치는 영향을 연구하였는데, sucrose 용액에서 생존기간이 가장 길었으며 fructose, glucose가 그 다음이었고, 나머지 mannose, galactose, raffinose penthydrate에서는 생존기간이 짧았다고 하였다. 꽃매미도 sucrose용액에서 생존기간이 가장 길었다. 본 실험에서는 sucrose용액 다음으로 fructose용액의 생존기간이 길었고 glucose용액은 낮은 생존기간을 나타내었다. 이는 곤충마다 필요로 하는 성분이 다르기 때문이라 생각되며 곤충이 살아가는데 당 성분이 영향을 미치는 것으로 생각된다. 이미 당은 많은 곤충들의 섭식자극물질로 알려져 있다(Bernays and Simpson, 1982). Endo et al. (2004)은 감자잎의 methanol추출물에서 큰이싹말점박이무당벌레(*Epilachna vigintiocto maculata*)의 섭식자극 물질을 찾았는데 methyl linolenate와 fructose, glucose같은 당 성분이었다. 이처럼 sucrose와 fructose는 꽃매미의 생존을 위해 필요한

Table 5. Survivorship of *Lycorma delicatula* nymph and female adult fed on mixture of sugar

Mixture	Ratio	Conc. (%)	n	Longevity (mean±SD, day)					
				Nymph ^a			Adult ^b		
F+G+S	19.8 : 14.9 : 65.1	10	15	13.1	±	0.2 a ^c	6.9	±	0.8 a ^c
		5	15	14.2	±	0.8 a	5.9	±	0.4 a
R+F+G +S+M	9.4 : 24.7 : 43.7 : 9.6 : 12.3	10	15	14.0	±	0.6 a	6.0	±	0.2 a
		5	15	13.1	±	0.5 a	5.6	±	0.6 a
F+G	11.5 : 88.4	10	15	8.2	±	0.5 b	3.0	±	0.4 b
		5	15	7.8	±	0.7 b	3.1	±	0.4 b
F+G	10.7 : 66.6	10	15	8.0	±	0.6 b	3.2	±	0.6 b
		5	15	7.1	±	0.3 bc	3.1	±	0.3 b
G+S	38.1 : 61.8	10	15	6.2	±	0.3 c	3.5	±	1.0 b
		5	15	6.0	±	0.4 c	3.1	±	0.5 b
Water	-	-	15	4.8	±	0.3 d	2.6	±	0.6 b

^a Longevity until 3rd instar to death.

^b Longevity until adult to death.

^c Means followed by same letter are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003).

물질이며, 섭식을 자극하는 것으로 생각된다.

앞서 실험에서 각 당 성분만을 가지고 생물검정을 하였으나 당 성분들이 서로 혼합되었을 때 꽃매미의 생존 기간에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 각 당 성분들의 함량대로 혼합하여 생물검정을 해보았다(Table 4). 약충의 경우 F+G+S(가죽나무) 10%용액에서 13.1일, 5%용액에서 14.2일을 생존하였고, R+F+G+S+M(포도나무) 10%용액에서 14.0일, 5%용액에서 13.1일을 생존하여 가죽나무와 포도나무의 당 조합에서 가장 긴 수명을 보였다. 사과나무, 배나무, 무궁화나무의 당 조합에서는 6~8일 이내의 수명을 나타내어 가죽나무와 포도나무의 당 조합과 차이를 보였다(Table 5). 물만 공급하였을 경우 4.8일을 생존하였다. 약충의 탈피율은 F+G+S(가죽나무) 10%용액에서 60.0%, 5%용액에서 66.7%였으며, R+F+G+S+M(포도나무) 10%용액에서 66.7%, 5%용액에서 60%를 나타내었다. 반면에 다른 식물의 당 조합에서는 탈피하는 개체가 없었다. 이 처럼 탈피율이 높은 경우 생존기간 또한 길었다. 암컷성충의 경우도 마찬가지로 F+G+S(가죽나무) 용액과 R+F+G+S+M(포도나무) 용액에서 가장 긴 수명을 보였고, 다른 당 조합에서는 3일 이내의 짧은 수명을 보였다(Table 5). 성충의 경우 물만 공급했을 경우 2.6일을 생존하였다. Fig. 3에서 보듯이 가죽나무와 포도나무는 sucrose와 fructose가 동시에 존재하고 있으며, 앞선 실험결과와 종합적으로 볼 때 꽃매미가 기주로 가죽나무와 포도나무를 선택하게 된 것은 이러한 당 성분이 존재하고 있기 때문일 것이다. 사과나무와 배나무의 경우 glucose의 함량이 높기

때문에 이들 식물에서는 꽃매미가 살아 갈수가 없는 것이다. 무궁화나무의 경우 glucose도 존재하지만 sucrose 또한 존재하고 있다. 하지만 당 성분을 함량대로 조합하여 생물검정을 한 결과에서 무궁화는 sucrose가 존재하지만 꽃매미의 수명은 가장 짧았다. 이는 당 성분간에 혼합되었을 경우 서로간에 영향을 받는 것으로 생각된다. Mitsuhashi and Koyama (1969)는 당 성분을 혼합하여 벼멸구의 생존율을 보았는데 glucose와 fructose를 혼합하였을 경우 glucose 단독 처리시 보다 생존율이 낮아졌으며, sucrose와 maltose를 혼합하였을 경우 혼합양에 따라 생존율이 달라졌다고 하였다. 본 연구에서는 당을 중심으로 섭식자극물질을 연구하였다. 하지만 당 이외의 성분에 대해서도 연구가 필요하다.

사 사

본 논문은 농림부/농림기술관리센터 지정 포도연구사업단의 연구비지원과 교육인적자원부의 제2단계 두뇌한국 21사업으로 수행한 결과이다.

Literature Cited

- Bernays, E.A. and S.J. Simpson. 1982. Control of food in-take. *Adv. Insect Physiol.* 16:59-118.
- Campbell, B.C., D.L. Mclean, M.G. Kinsey, K.C. Jones and D.L. Dreyer. 1982. Probing behavior of the greenbug (*Schizaphis graminum*, biotype C) on resistant and susceptible varieties of sorghum. *Entomol. Exp. Appl.* 31: 140-146.

- Davis, J.A. and Radcliffe E.B. 2008. Reproduction and feeding behavior of *Myzus persicae* on four cereals. *J. Econ. Entomol.* 101: 9-16.
- Dixon, A.F.G. 1998. *Aphid ecology*, 2nd ed. Chapman & Hall, London, United Kingdom.
- Doi, H. 1932. Miscellaneous notes on insects 1. *J. chosen Natural Hist. Soc.* 13: 30-49 (In Japanese).
- Endo, N., M. Abe, T. Sekine and K. Matsuda. 2004. Feeding stimulants of solanaceae-feeding lady beetle, *Epilachna giniotomaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) from potato leaves. *Appl. Entomol. Zool.* 39: 411-416.
- Han, J.M., H. Kim, E.J. Lim, S. LEE, Y. J. Kwon and S. Cho. 2008. *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Fulgoroidea: Aphaeninae), finally, but suddenly arrived in Korea. *Entomol. Res.* 38: 281-286.
- Honda, K., N. Hayashi, F. Abe and T. Yamauchi. 1997. Pyrrolizidine alkaloids mediate host-plant recognition by ovipositing females of an old world danaid butterfly, *Idea leuconoe*. *J. Chem. Ecol.* 23: 1703-1713.
- Hori, M., K. Ohuchi and K. Matsuda. 2006. Role of host plant volatile in the host-finding behavior of the strawberry leaf beetle, *Galerucella vittaticollis* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae). *Appl. Entomol. Zool.* 41: 357-363.
- Hsiao, T.H. and Fraenkel 1968. Isolation of phagostimulative substances from the host plant of the colorado potato beetle. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 61: 476-484.
- Jiang, Y.X., H. Lei, J.L. Collar, B. Martin, M. Muniz and A. Ferer. 1999. Probing and feeding behaviour of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. *J. Econ. Entomol.* 92: 357-366
- Jung, J.K. and D.J. Im. 2005. Feeding inhibition of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) on a resistant rice variety. *J. Asia pacific Entomol.* 8: 301-308.
- Khan, Z.R. and R.C. Saxena. 1985. Mode of feeding and growth of *Nephotettix virescens* (Homoptera: Cicadellidae) on selected resistant and susceptible rice varieties. *J. Econ. Entomol.* 78: 583-587.
- Kim, N.S., M. J. Seo and Y. N. Youn. 2005. Characteristics of feeding behavior of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, using electrical penetration graph (EPG) technique on different rice varieties. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 177-187.
- Kimmins, F.M., A.G. Cook and S. Woodhead. 1987. Resistance mechanism in rice to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* stal. proceeding of the sixth international symposium, Insect-plant relationship, pp. 238-288.
- KFRI, 2007. Annual report of monitoring for forest insect pests and diseases in Korea. 151pp. Korea Forest Research Institute, Sungmunsa, Seoul
- Lei, H., J.C. van Lenteren and W.F. Tjallingii. 1999. Analysis of resistance in tomato and sweet pepper against the greenhouse whitefly using electrically monitored and visually observed probing and feeding behaviour. *Entomol. Exp. Appl.* 92: 299-309.
- Lei, H., W.F. Tjallingii, J.C. van Lenteren and R. M. Xu. 1996. Stylet penetration by larvae of the greenhouse whitefly on cucumber. *Entomol. Exp. Appl.* 79: 77-84.
- Luo, S., et al. Effects of six sugars on the longevity, fecundity and nutrient reserves of *Microplitis mediator*. *Biological Control* (2009), doi: 10. 1016/j.biocontrol. 2009.09.002
- McLean, D.L. and M.G. Kinsey. 1967. Probing behavior of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. I. Definite correlations of electronically recorded waveforms with aphid probing activities. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 60: 400-406.
- Miller, J.R. and T.A. Miller. 1986. *Insect-plant interactions*. 342pp. Springer-Verlag, New York, Berlin Heidelberg.
- Mitsuhashi, J. and K. Koyama. 1969. Survival of smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallen, on carbohydrate solutions (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.* 4: 185-193.
- Mittler, T.E. and R.H. Dadd. 1962. Artificial feeding and rearing of the aphid *Myzus persicae* (Sulzer), on a completely defined synthetic diet. *Nature* 195: 404.
- Naskrecki, P. and K. Nishida. 2007. Novel trophobiotic interactions in lantern burrs (Insecta: Auchenorrhyncha: Fulgoroidea). *J. Natural Hist.* 41(37-40): 2397-2402.
- Onagbola, E.O., H.Y. Fadamiro and G.N. Mbata. 2007. Longevity, fecundity and progeny sex ratio of *Pteromalus cerealellae* in relation to diet, host provision and mating. *Biol. Con.* 40: 222-229.
- Renwick, J.A. and F. S. Chew. 1994. Oviposition behavior in Lepidoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 39: 377-400.
- SAS Institute. 2003. *SAS/STAT user's guide: statistics*, version 9.1 Institute, Cary, N.C., U.S.A.
- Tjallingii, W.F. 1978. Electrical recording of plant penetration by aphid. *Entomol. Exp. Appl.* 24: 521-530.
- Tjallingii, W. F. 1985. Electrical nature of recorded signals during stylet penetration by aphid. *Entomol. Exp. Appl.* 38: 177-186.
- Tjallingii, W.F. 1988. Electrical recording of stylet penetration activities. aphids, their biology, natural enemies and control, Vol. B (ed. by A.K. Minks and Harrewijn), pp. 98-108. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- Tjallingii, W.F. and A. Mayoral. 1992. Criteria for host acceptance by aphids. In: S. B. J. Menken, J. H. visser, P. Harrewijn (eds.), *Processing 8th Int. Symp. Insect-Plant Relationship*, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, the Netherlands, pp. 280-282.
- Visser, J.H. 1986. Host odor perception in phytophagous insect. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 121-144.
- Ward, S.A. 1991. Reproduction and host selection by aphids: the importance of 'rendezvous' hosts, pp. 202-226. In *Reproductive behaviour in insects*. eds. W. J. Bailey and J. Ridsdill-Smith, Chapman & Hall, London, United Kingdom.
- Xiao, C., P. C. Gregg, W. Hu, Z. Yang and Z. Zhang. 2002. Attraction of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), to volatiles from wilted leaves of a non-hostplant, *Pterocarya stenoptera*. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 1-6.
- Xiao, G. 1991. *Forest insect of China*, forest research institute. 1361pp. Chinese Academy of Forestry, Beijing.
- Yang, J.O., E.H. Kim, C.M. Yoon, K.S. Ahn and K.H. Kim. 2009. Comparison of feeding behavior of B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera : Aleyrodidae) against red pepper and tomato varieties. *Korean J. Appl. Entomol.* 48: 179-188.
- Youn, Y.N. and Y.D. Chang. 1993. Electrical feeding patterns and stylet movement of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera), in rice tissue. *Korean J. Appl. Entomol.* 32: 208-217.

(Received for publication November 17 2009;
revised December 17 2009; accepted December 23 2009)