

고추와 토마토 품종별 담배가루이 B와 Q biotype의 섭식행동 비교

양정오¹ · 김은희¹ · 윤창만¹ · 안기수² · 김길하^{1*}

¹충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ²충북농업기술원 농업환경과

Comparison of Feeding Behavior of B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) against Red Pepper and Tomato Varieties

Jeong-Oh Yang¹, Eun-Hee Kim¹, Changmann Yoon¹, Ki-Su Ahn² and Gil Hah Kim^{1*}

¹Dept. of Plant Medicine, College of Agriculture, Life, and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763

²Chungbuk Provincial ARES, Cheongwon, 363-880, Republic of Korea

ABSTRACT : Nymphal development of the B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* was normal on all seven tomato varieties tested. However, their nymphal development was different on red pepper varieties. B biotype was not normally developed on nine red pepper varieties tested. On the contrary, Q biotype was normally developed, but its adult emergence rate was very low in Nokkwang variety than in other eight varieties. The EPG analysis of the feeding behavior of *Bemisia tabaci* showed that B and Q biotypes had different duration of phloem phases on red pepper. Q biotype showed longer phloem phases than B biotype. On Nokkwang variety, Q biotype had short phloem phases and did not prefer to feed on Nokkwang variety. Interestingly, Q biotype was found to have long duration of phloem phases on eight red pepper varieties, but B biotype did not prefer to feed on red pepper varieties. However, both biotypes did not show any difference in feeding time on tomato varieties.

KEY WORDS : *Bemisia tabaci*, Biotypes, EPG, Feeding behavior, Red pepper, Tomato

초 록 : 담배가루이 B와 Q biotype은 토마토 모든 7개 시험품종에서 정상적인 발육을 하였으나 고추 품종에서의 발육은 다르게 나타났다. B biotype은 9개 고추 품종에서 모두 발육이 정상적으로 이루어지지 않았으나 Q biotype은 정상적으로 발육하였다. 그러나 Q biotype은 녹광 품종에서는 낮은 우화율을 보였다. EPG를 이용한 체관부 섭식시간 분석에서 B와 Q biotype은 고추 품종에 대한 체관부 섭식시간에 차이가 있었으며 Q가 B biotype보다 섭식시간이 길었다. 고추 품종에서 Q biotype은 녹광 품종에서 짧은 섭식시간을 보여주어 녹광 품종을 섭식하지 않는 것으로 나타났으나, 나머지 고추 8개 품종에서는 섭식시간에 차이가 없었다. 또한, B biotype은 고추를 섭식하지 않는 것으로 나타났다. 토마토 품종에 대한 두 biotypes의 체관부 섭식시간에는 차이가 없었다.

검색어 : 담배가루이, 생태형, EPG, 흡즙행동, 고추, 토마토

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

담배가루이, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)는 기주범위가 넓어 500여종의 기주를 가해하며, 주로 시설하우스의 채소와 관상용 작물 등을 가해한다. 세계적으로 발생하는 이 해충은 biotype(생태형)이 24개 이상 알려져 있는데, biotype 중에서 B와 Q biotype이 가장 문제가 되고 있으며(Van Lenteren, 1988; Oliveira et al., 2001; Chu et al., 2004), 특히 이중 Q biotype은 경제적으로 중요한 작물에 TYLCV 등 40여종의 바이러스를 매개하는 것으로 보고되고 있다 (Muñiz, 2000; Navas-Castillo et al., 2000; Zhang et al., 2005). 또한 Q biotype은 B biotype보다 약제에 대한 감수성이 낮은 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2007).

담배가루이가 기주식물에 구침을 찌르는 것은 기주식물을 선택하고 회피하는데 있어서 필요한 과정이며, 그러한 행동적인 반응을 보기 위하여 EPG (electrical penetration graph)기술을 이용하여 담배가루이의 기주에 따른 탐침활동을 조사하였다. EPG란 (용어는) Tjallingii에 의하여 처음 고안이 되었으며, 금실로 연결된 담배가루이와 기주식물을 전기회로로 연결한 장비로, 구침활동을 시작할 때 전기회로는 완성이 되어 파형이 관찰되고 기록된다. EPG 기술은 담배가루이와 같은 sucking insects의 섭식행동을 연구하는데 넓게 쓰이고, 많은 다른 곤충을 대상으로 연구되고 있다. 섭식행동 측정 장치인 EPG의 최초 사용은 진딧물이며(McLean and Kinsey, 1967; Tjallingii, 1988), 그 이후로 매미충(Crane, 1970; Chang, 1978; Kawabe and McLean, 1980; Khan and Saxena, 1985; Youn, 1992)과 멸구류(Khan and Saxena, 1984; Velusamy and Heinrichs, 1986; Youn, 1992; Youn and Chang, 1993)의 섭식행동 연구에 이용되었다.

지금까지 EPG 기술을 이용하여 가루이류의 섭식행동을 관찰한 연구들이 많이 이루어졌다. 온실가루이 성충에 대해서 처음으로 보고되었고(Janssen et al., 1989), 담배가루이 Biotype B와 Q의 섭식행동을 토마토와 고추 기주에 처리된 3종의 살충제에 대한 반응의 차이를 분석하였고(Seo et al., 2007), 가루이 약충의 EPG 파형에 따른 성충의 구침 행동을 규명했다 (Lei et al., 1996). 가루이류인 *Bemisia argentifolii* and *Parabemisia myricae* (Kuwana)에서도 섭식과 산란행동을 기술하였다 (Walker and Perring, 1994). 토마토에 대한 *B. tabaci*의 DC-EPG를 이용한 구침 및 섭식행동은 B biotype과 non-B의 섭식행동에 차이가 있음을 규명하였다 (Jiang et al., 1999). 담배가루이 B biotype은 non-B biotype에 비해 면화와 포인세티아에서 높은 산란율과 많은 감로를 배출, 그리

고 바이러스 매개능력도 높다고 보고하였다 (Maynard and Cantliffe, 1989; Bethke et al., 1991). 이와 같이 가루이류의 EPG 파형에 따른 섭식행동을 분석한 결과, 곤충은 기계적 stylet work, sap ingestion, 식물체 내의 구침 끝의 위치 등에 따라 다른 활동을 하는 것으로 밝혀졌다. 그에 따른 파형은 세 가지 주요 행동형으로 그룹이 되는데, 탐침과정, xylem phase and phloem phase으로 나누어진다 (Seo et al., 2007). 하지만 담배가루이 B와 Q biotype간의 고추와 토마토 기주에 대한 섭식행동연구는 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 고추와 토마토 품종별 담배가루이 B와 Q biotype의 발육기간과 EPG (섭식측정장치)를 이용하여 섭식행동을 비교 분석하여 두 biotypes의 섭식행동의 차이를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

실험곤충

실험에 사용된 담배가루이는 충북 진천지역에서 담배가루이 B biotype을 채집하였고, 경남 밀양에서 Q biotype을 채집하였다. 채집된 담배가루이는 Ueda (2006)의 방법을 이용하여 생태형 B와 Q biotype을 구분하였다. 채집된 두 타입의 개체들을 실험실에서 따로 격리하여 Q biotype은 고추에서, B biotype은 토마토에서 온도조건 $25\pm2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 50~60%, 광주기 16L : 8D로 플라스틱 사육용기($25\times30\times45\text{ cm}$)에서 누대 사육하였다. EPG 실험을 시작하기 일주일 전부터는 담배가루이 두 타입 모두 각각의 실험 기주에서 사육하여 기주에 따른 차이를 줄이고자 하였다.

기주식물에 대한 발육기간 조사

실험에 사용한 기주식물로는 고추 9종 (녹광, 한여름 비가림, 대신, 도원고을, 산내들, 상아탑, 청양, 청풍대군, KTX), 토마토 7종 (호용, 킹케를, 주니코, 로꾸산마루, 마이로꾸, 흥광, 슈퍼탑)을 사용하였다. 이들의 실험에 사용한 식물체는 6주된 기주를 사용하였다. 실험 전 두 B와 Q biotype을 플라스틱 cage($40\times25\text{ cm}$)에 모든 기주를 일정 간격으로 배치한 후 담배가루이를 방사하였다. 담배가루이의 알은 매일 잎당 붙은 담배가루이의 알을 산란 받았으며, 산란받은 알은 온도 $25\pm2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 50~60%, 광주기 16L : 8D 조건에서 우화율을 확

인하였다. 약충은 사육케이지에서 실험기주를 먹이로 공급하며 발육단계별 수명을 조사하였다.

EPG 기록

EPG의 기록은 Tjallingii (1988)의 DC 시스템을 이용해 담배가루이 성충의 구침의 탐침행동과 섭식행동을 조사하였다. 해부현미경하에서 직경 10 μm인 금선(Goodfellow, UK)을 2~4 cm로 담배가루이 등쪽가슴 중앙에 전도성 있는 페인트(Silver conductive paint, RS, 101-5621, UK)로 부착하여 연결하였다(Lei et al., 1999). 금선을 연결한 담배가루이는 Giga-8 DC EPG amplifier에 연결하고 식물체 잎에 올려 놓았으며 3시간 동안 기록하였다(Fig. 5). EPG 신호는 PC에 기록되고 그 결과는 STYLET 3.8 프로그램으로 분석했으며 (Tjallingii and Mayoral, 1992), 모든 실험은 노이즈를 최소화하기 위해 구리망으로 차단한 Faraday cage안에서 수행하였다.

Data의 분석

EPG를 이용한 기록은 담배가루이를 토마토와 고추 유묘에서 각 품종별로 1시간 후부터 시작하였으며, 각 품종별로 10회 반복하였다. 그 실험에서 나온 전기적인 패턴을 전기적인 특징에 따라 분류를 한 뒤 각각의 파형 발생 시간을 측정하였고, 모든 data는 실험 시작 후 3시간 동안 측정한 것으로 분석하였다 (Fig. 1). 담배가루이 B와 Q biotype의 섭식행동의 차이는 Mann-Whitney U-검정방법으로 유의수준 0.05%에서 비교하였다 (SAS Institute, 2003). 일원배치분산분석 방법을 수행하여 0.05% 유의수준에서 유의확률과 Scheffe의 사후검정분석을 실시하였으며, 각 고추와 토마토의 품종간 섭식행동 시간에 있어 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

고추와 토마토 품종별 담배가루이 B와 Q biotype의 발육기간 비교

모든 고추품종에서 B biotype은 정상적인 약충 발육이 되지 않았고, 우화율도 모두 5.8% 이하로 매우 낮게 나타났다. 이와는 달리 Q biotype은 약충 발육이 모든 고추품종에서 정상적으로 이루어졌고, 우화율은 대부분 품종에서 76.7% 이상으로 높게 나타났지만, 녹광품종

Table 1. Comparison of developmental characteristics and survivorship of *Bemisia tabaci* biotypes on nine red pepper varieties

Variety	Biotype	Developmental stage (Day ± SD)		Survivorship (%)
		Nymph	Emergence rate	
Nokkwang	B	^c		1.6 a ^b
	Q	14.6 ± 1.2 <i>p</i> ^a <0.0001	35.0 b <0.0001	5.8 a
	-	-	-	0.0 a
Cheongyang	Q	13.4 ± 0.9 <i>p</i> <0.0001	83.8 c <0.0001	89.1 c
	B	-	-	0.0 a
	-	-	-	0.3 a
Cheongpungdaegun	Q	13.6 ± 0.9 <i>p</i> <0.0001	89.1 c <0.0001	86.6 c
	B	-	-	0.0 a
	-	-	-	1.1 a
Daeshin	Q	14.4 ± 1.1 <i>p</i> <0.0001	86.6 c <0.0001	80.9 c
	B	-	-	1.5 a
	-	-	-	79.7 c
Dowongoeul	Q	13.4 ± 1.1 <i>p</i> <0.0001	76.7 c <0.0001	76.7 c
	B	-	-	3.4 a
	-	-	-	85.5 c
Hanyeoreumbigarim	Q	14.0 ± 1.2 <i>p</i> <0.0001	80.9 c <0.0001	85.2 c
	B	-	-	1.1 a
	-	-	-	79.7 c
KTX	Q	14.0 ± 1.4 <i>p</i> <0.0001	80.9 c <0.0001	80.9 c
	B	-	-	3.4 a
	-	-	-	85.2 c
Sannaedeul	Q	14.2 ± 0.4 <i>p</i> <0.0001	85.5 c <0.0001	85.5 c
	B	-	-	0.0 a
	-	-	-	85.5 c
Sangatop	Q	13.8 ± 1.3 <i>p</i> <0.0001	85.2 c <0.0001	85.2 c
	-	-	-	85.2 c

^a Significant differences according to Mann-Whitney U-test at 95% significant level (SAS Institute, 2003).

^b Letters (a, b and c) indicate significant differences. Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, post hoc tests by Scheffe.

^c Most individuals of *B. tabaci* biotype B did not normally feed on pepper plants.

에서는 35.0%로 낮게 나타났다(Table 1). Q biotype은 약충발육에 있어서 품종 간에 차이를 보이진 않았지만, 우화율에서는 품종 간에 원인을 모르는 어떠한 차이가 영향을 준 것으로 보인다.

토마토품종에서는 B 와 Q biotype의 약충기간이 14.3 ~18.2일로 biotype간에 차이는 있었으나 통계적으로 유의성이 없었다. 토마토 품종에서 두 biotypes의 우화율은 82.7% 이상을 나타냈다(Table 2).

기주에 포함된 냄새나 영양분의 차이에 따라 담배가루이 생태형은 선택한 기주의 선호도에 따라 발육과 생존율이 달라지는 것으로 보인다. Cohen et al. (1992)은 B biotype이 알팔파, 브로콜리, 목화와 멜론에서 생존율이 높았으며, non-B biotype은 콩과 고구마에서 높았다

Table 2. Comparison of developmental characteristics and survivorship of *Bemisia tabaci* biotypes on seven tomato varieties

Variety	Biotype	Developmental Stage (Day \pm SD)		Survivorship (%)
		Nymph	Emergence rate	
Hoyong	B	16.2 \pm 2.3	82.7	
	Q	18.0 \pm 2.6	90.0	
	p ^a	0.3897	0.9635	
Kingkerol	B	18.0 \pm 2.1	95.2	
	Q	15.5 \pm 2.0	100.0	
	p	0.0994	<0.0001	
Juniko	B	16.6 \pm 2.4	92.8	
	Q	15.7 \pm 1.6	96.3	
	p	0.7978	0.7694	
Rokkusanmaru	B	14.3 \pm 1.2	85.8	
	Q	17.0 \pm 2.4	85.0	
	p	0.5828	0.5138	
Myrokku	B	19.1 \pm 1.9	85.8	
	Q	16.2 \pm 1.7	95.8	
	p	0.6740	<0.0001	
Heungkwang	B	16.0 \pm 1.8	90.6	
	Q	18.2 \pm 1.9	93.1	
	p	0.0257	0.3143	
Supertop	B	17.7 \pm 2.0	95.2	
	Q	16.2 \pm 1.5	92.9	
	p	0.1670	1.000	

^a Significant differences according to Mann-Whitney U-test at 95% significant level (SAS Institute, 2003).

고 보고하였다. Nombela *et al.* (2001)은 토마토 감수성 품종과 저항성 품종에 대해 B와 Q biotype에 관한 발육 실험에서 감수성 품종에 대해서는 두 biotype 모두 발육이 잘 됨을 확인하였으며 저항성 품종에 대해서 B biotype이 Q biotype에 비해 발육이 잘 됨을 보고하였다. 이 결과는 본 실험에서도 두 biotypes 모두 감수성 토마토 품종에 대해서는 발육이 잘 됨을 보여주었다. Ahn *et al.* (2001)에 의하면 담배가루이의 발육과 생식에 미치는 기주(토마토, 가지, 오이, 고추)의 영향에서 B biotype이 고추에서 약충 기간이 길고 우화율이 낮은 것으로 보고하였는데, 이 결과와 유사한 경향을 보였다. B biotype 약충은 고추 품종에서 정상적인 발육이 되지 않았으므로 적합한 기주가 아닌 것으로 판단된다. Q biotype 약충은 8 품종의 고추에서 발육이 가능했지만, 녹광 품종에 대해서만 정상적인 발육이 되지 않았다.

곤충은 기주의 영양상태, 물리적 및 화학적 방어 물질의 반응에 따라 기주 적합성의 중요한 원인이 결정된다고 보고하였다(Miller and Miller, 1986). 본 실험에서 나타난 B biotype 담배가루이 약충의 발육 저해와 Q biotype의 녹광 품종에서의 우화율의 낮음은 고추 기주의 영양 상태에 따라서, 또는 담배가루이의 기주 회피 등 여러 요소에

의해 좌우될 것으로 보인다. 이에 대하여 자세한 원인을 규명하기 위해서는 추후 실험이 이루어져야 할 것이다.

담배가루이의 EPG 패턴 분석

담배가루이 파형 분석은 total probes와 phloem phase의 횟수 및 평균에 대한 parameters를 이용했다(Fig. 1). 1 파형은 1시간 동안 기록된 전체 파형의 형태를 보여

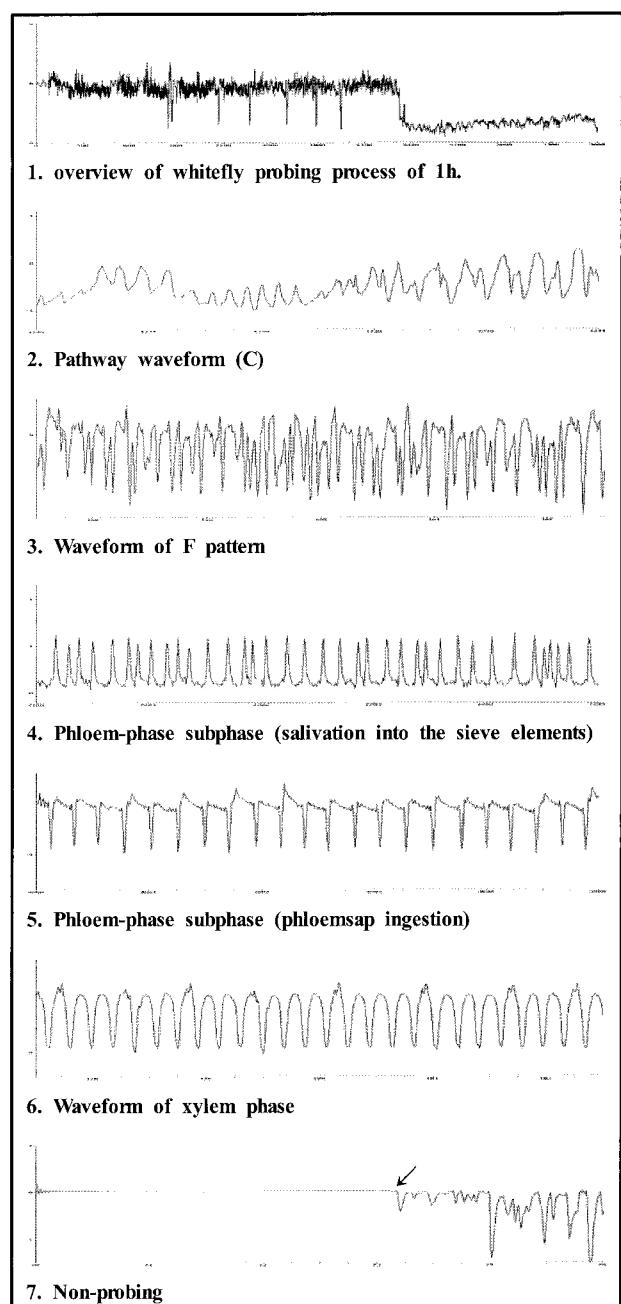


Fig. 1. EPG waveforms recorded from *B. tabaci*.

주며, 2 파형인 pathway waveform (C)은 담배가루이가 기주의 구침으로 세포를 찌르면서 먹이를 확인하는 파형이다. 3 파형은 현재 어떠한 파형인지 알 수 없는 파형으로 F pattern 으로 구분을 했다. 섭식의 중요한 패턴인 4, 5 파형의 phloem-phase 파형이며, 4 파형은 담배가루이가 타액을 식물체에 뱉는 행동을 파형으로 보여주는 것이며 5 파형은 체관부를 흡즙하는 행동을 할 때 나타나는 파형이다. 6 파형은 물관부를 섭식할 때 나타나는 파형이며, 물관부를 섭식하는 곤충인 벼멸구, 진딧물에서 주로 나타나는 파형이다. 7 파형은 화살표 부분이 구침을 찌르는 부분이며, 그 중 일정하게 선으로 나타나는 부분은 담배가루이가 구침을 찌르지 않아 회로의 미완성을 나타내고, 섭식의 어떠한 행동도 일어나지 않음을 보여준다. 고추와 토마토 품종에서 담배가루이가 섭식할 때 어느 정도 물관, 체관을 섭식하는지, 얼마나 많은 시간동안 기주를 탐색하는지 등의 전반적인

섭식행동에 관해 분석했다. 특히 phloem 파형(5 파형)에 중점을 두고 관찰하였다. 본 연구의 담배가루이의 EPG 파형분석은 Lei et al. (1999)가 분석한 파형과 비슷한 결과를 보여주었다.

고추 품종별 EPG 패턴 분석에 따른 담배가루이 B와 Q biotype의 섭식행동 비교

9종의 고추품종에 대한 B biotype 성충의 최초 구침을 찌르는 시간이 녹광에서 35.8분으로 가장 늦게 구침을 찌르는 반응을 확인 할 수 있었고, KTX에서 기주 상태를 확인한다고 볼 수 있는 구침 탐색활동이 22.2회로 가장 많았으며 그 다음이 녹광품종으로 16.0회로 그 뒤를 이었다. 기주에 대해 아무런 활동을 하지 않는 구침을 빼고 있는 시간은 한여름 비가림 품종에서 97.1분으로 가장 짧았고 청양 품종에서 177.7분으로 가장 길

Table 3. Comparison of EPG records for biotype B and Q of *B. tabaci* on the red pepper varieties for 3h duration

Parameter	Bio type	Nokkwang	Hanycoreum -bigarim	Dacshin	Dowongoeul	Sannaedeul	Sangatop	Cheongyang	Cheongpung -daegun	KTX
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
1 Times of 1st probe (min)	B	35.8 ± 57.0	0.8 ± 1.1	0.6 ± 1.4	11.9 ± 22.6	0.7 ± 1.5	26.1 ± 66.6	16.9 ± 39.7	10.8 ± 23.6	4.0 ± 5.5
	Q	3.8 ± 6.7	10.9 ± 23.4	8.0 ± 11.5	6.1 ± 8.8	14.6 ± 23.1	23.9 ± 25.3	35.3 ± 60.6	39.5 ± 66.3	18.8 ± 18.1
	p ^a	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2700	<0.0001	0.0330	0.3818	0.0485	0.0391
2 Number of probes	B	16.0 ± 15.3	10.4 ± 11.9	14.1 ± 22.5	13.3 ± 13.9	12.8 ± 20.5	11.6 ± 13.7	4.3 ± 8.3	11.3 ± 19.9	22.2 ± 22.8
	Q	12.6 ± 6.5	12.2 ± 11.9	8.0 ± 4.5	17.7 ± 16.2	12.6 ± 10.2	11.7 ± 6.0	8.3 ± 6.1	5.0 ± 3.2	18.5 ± 18.5
	p	0.1064	1.000	0.0027	0.7637	0.1209	0.0678	0.6501	0.0121	0.6501
3 Duration of total non-probes (min)	B	126.4 ± 53.9	97.1 ± 80.0	156.0 ± 35.9	128.8 ± 65.1	147.0 ± 37.9	160.9 ± 27.4	177.7 ± 5.3	158.4 ± 33.3	123.2 ± 51.8
	Q	85.3 ± 42.9	89.9 ± 45.2	43.4 ± 36.9	123.3 ± 50.2	116.6 ± 41.0	114.2 ± 27.8	72.1 ± 56.4	134.9 ± 78.6	118.3 ± 44.5
	p	0.8998	0.7423	0.9320	0.7885	0.8796	0.9718	0.0001	0.0942	0.7357
4 Number of pathway phases	B	18.2 ± 17.7	12.2 ± 12.7	14.6 ± 23.6	13.8 ± 14.7	16.2 ± 21.6	11.3 ± 13.5	3.8 ± 8.0	12.7 ± 20.8	23.2 ± 21.9
	Q	16.8 ± 7.9	12.5 ± 13.2	11.3 ± 5.9	19.3 ± 18.0	15.3 ± 12.7	12.6 ± 6.1	11.3 ± 7.3	4.8 ± 3.1	18.7 ± 19.0
	p	0.1830	1.000	0.0080	0.7039	0.2265	0.0729	0.9408	0.0101	1.000
5 Duration of total pathway phases (min)	B	49.9 ± 53.7	65.0 ± 68.7	12.0 ± 16.3	15.5 ± 11.7	26.9 ± 33.3	17.4 ± 27.4	2.3 ± 5.3	15.8 ± 26.4	38.7 ± 46.8
	Q	90.5 ± 41.4	31.0 ± 37.2	54.3 ± 40.9	33.4 ± 35.1	34.7 ± 31.9	43.8 ± 24.2	48.0 ± 26.3	8.6 ± 8.2	38.9 ± 33.7
	p	0.9712	0.2100	0.0440	0.1068	0.9016	0.7687	0.0041	0.0839	0.1299
6 Number of xylem phases	B	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.4	1.1 ± 2.2	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.5	0.4 ± 0.5
	Q	1.4 ± 1.5	0.3 ± 0.5	0.7 ± 0.8	1.0 ± 1.0	0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.4	1.3 ± 1.5	1.0 ± 2.0	1.0 ± 1.3
	p	0.0205	0.8033	0.0466	<0.0001	0.4690	<0.0001	<0.0001	0.0124	<0.0001
7 Duration of total xylem phases (min)	B	0.7 ± 1.8	1.8 ± 3.9	3.0 ± 4.8	0.0 ± 0.0	5.3 ± 11.7	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.1	0.1 ± 0.1
	Q	0.7 ± 0.9	17.4 ± 37.3	1.2 ± 1.9	6.6 ± 7.1	1.2 ± 3.3	0.5 ± 1.2	7.1 ± 8.6	9.0 ± 18.0	13.6 ± 28.1
	p	0.0319	0.0007	0.0561	<0.0001	0.0078	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
8 Number of F patterns	B	0.2 ± 0.4	0.6 ± 1.3	0.6 ± 1.1	1.3 ± 1.5	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.8	0.0 ± 0.0	1.8 ± 3.3	1.0 ± 1.2
	Q	0.4 ± 0.9	0.8 ± 1.6	0.7 ± 1.2	2.0 ± 2.0	0.9 ± 1.6	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	p	0.2943	0.7529	0.8621	0.6192	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
9 Duration of total F patterns (min)	B	1.5 ± 3.6	11.2 ± 25.0	1.6 ± 4.2	35.6 ± 67.5	0.0 ± 0.0	1.7 ± 4.5	0.0 ± 0.0	5.7 ± 13.7	17.9 ± 38.2
	Q	1.0 ± 2.2	0.6 ± 1.0	3.4 ± 8.1	6.0 ± 7.8	0.7 ± 1.1	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	p	0.0551	<0.0001	0.1484	0.0264	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
10 Number of pholem phases	B	0.2 ± 0.4	0.6 ± 1.3	0.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0
	Q	0.6 ± 0.9	2.7 ± 1.2	3.7 ± 3.9	2.3 ± 2.1	1.1 ± 0.7	3.1 ± 3.4	2.0 ± 1.4	0.8 ± 1.5	0.7 ± 0.8
	p	0.2416	0.8097	0.0013	<0.0001	0.2693	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
11 Duration of total E patterns (min)	B	1.3 ± 3.1	4.8 ± 10.8	7.1 ± 18.3	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	Q	2.2 ± 4.7	31.2 ± 7.8	77.8 ± 48.5	10.9 ± 10.5	26.6 ± 36.2	21.4 ± 11.5	52.4 ± 56.4	27.5 ± 55.0	19.3 ± 15.1
	p	0.8353	<0.0001	0.0341	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^a Significant differences according to one-way ANOVA significant level(SAS Institute, 2003).

게 나타났다(Table 3). 구침을 칠러 기주세포의 섭식부위를 찾는 활동인 pathway phase 패턴을 보면 청양 품종에서 3.8회로 가장 적었고 KTX 품종에서 23.2회로 가장 많은 탐색을 하였다(Table 3). 또한 탐침시간은 청양 품종에서 2.3분으로 적게 나타났고 한여름 비가림 품종에서 65.0분으로 가장 길게 나타났다. 본 실험에서는 물관부를 섭식하는 패턴은 B biotype에서 0.0~1.1분으로 거의 나타나지 않았다(Table 3). 섭식행동을 비교할 수 있는 phloem phase를 확인해본 결과 B biotype은 0.0~7.1분으로 고추 기주에 대해 섭식행동을 하지 않는 것으로 나타났다(Table 3).

9종의 고추품종에 대한 Q biotype 성충의 최초 구침을 치르는 시간이 녹광 품종에서 3.8분으로 가장 빠르게 구침을 칠렀으며, 청풍대군 품종에서 39.5분으로 가장 늦게 구침을 치르는 것으로 나타났다. 구침을 치르

는 횟수는 청풍대군 품종에서 8.0회로 탐침횟수가 가장 적었으며 도원고을 품종에서 17.7회로 가장 많은 탐침횟수를 보였다 (Table 3). 구침을 빼고 있는 시간은 대신 품종에서 43.4분으로 가장 짧았고 청풍대군 품종에서 가장 긴 134.9분으로 나타났다(Table 3). 구침탐색 횟수는 청풍대군, 대신, 청양, 한여름비가림, 상아탑, 산내들, 녹광, KTX, 도원고을 순이었다 (Table 3). 구침탐색 시간은 청풍대군, 한여름비가림, 도원고을, 산내들, KTX, 상아탑, 청양, 대신, 녹광 순이었다(Table 3). 물관을 먹는 패턴과 F패턴은 모든 품종에서 그 시간이 짧게 나타났다(Table 3). 담배가루이는 체관을 가해하는 해충이므로 체관부 섭식 패턴이 가장 중요하게 판단되며(Jiang et al., 1999; Lei et al., 1999), 우선 체관부 탐침횟수를 보면, 한여름비가림, 녹광, KTX, 청풍대군, 산내들, 도원고을, 상아탑, 대신 순이었다. 섭식시간은

Table 4. Comparison of EPG records for biotype B and Q of *B. tabaci* on the tomato varieties for 3h duration

Parameter	Bio type	Hoyong	Kingkerol	Juniko	Rokkusanmaru	Myrokku	Heungkwang	Supertop
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
1. Times of 1st probe (min)	B	4.1 ± 9.1	4.2 ± 5.4	1.7 ± 3.9	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.1	3.0 ± 6.7	6.0 ± 11.5
	Q	4.1 ± 9.1	1.3 ± 2.8	0.0 ± 0.0	2.0 ± 2.8	2.0 ± 4.4	0.0 ± 0.0	5.3 ± 11.8
	p ^a	0.005	0.9606	0.2220	1.000	<0.0001	<0.0001	<0.0001
2. Number of probes	B	9.0 ± 6.5	9.6 ± 6.5	4.6 ± 3.0	4.0 ± 1.9	3.4 ± 1.7	5.4 ± 3.8	5.0 ± 2.7
	Q	6.2 ± 2.9	7.6 ± 4.8	5.0 ± 2.8	5.2 ± 3.9	5.0 ± 3.3	9.0 ± 6.0	5.8 ± 2.2
	p	0.1840	0.6618	0.5852	0.1427	0.2136	0.3930	0.8875
3. Duration of total non-probes (min)	B	9.7 ± 21.8	5.0 ± 10.8	4.4 ± 9.8	4.1 ± 6.8	0.1 ± 0.2	7.6 ± 17.0	13.0 ± 21.4
	Q	4.1 ± 9.1	5.2 ± 11.6	0.0 ± 0.0	5.7 ± 9.3	2.0 ± 4.4	0.0 ± 0.0	17.1 ± 38.2
	p	0.5682	0.2897	0.8908	0.1185	<0.0001	<0.0001	<0.0001
4. Number of pathway phases	B	5.0 ± 2.8	5.0 ± 2.8	2.6 ± 1.5	2.0 ± 1.0	1.8 ± 0.8	3.0 ± 2.9	3.4 ± 2.1
	Q	3.2 ± 1.5	4.8 ± 3.0	2.6 ± 1.5	2.6 ± 2.1	2.6 ± 1.7	4.2 ± 2.8	3.4 ± 2.1
	p	0.1187	1.000	0.8955	0.2390	0.2080	0.9260	1.000
5. Duration of total pathway phases (min)	B	80.3 ± 64.2	88.6 ± 60.2	86.4 ± 55.6	90.4 ± 46.8	86.8 ± 38.5	83.2 ± 40.9	82.1 ± 60.8
	Q	77.6 ± 73.2	81.4 ± 55.2	74.9 ± 47.1	80.1 ± 49.3	78.5 ± 60.9	81.4 ± 54.9	75.6 ± 45.3
	p	0.9242	0.5827	0.8701	0.8054	0.3975	0.5813	0.7560
6. Number of xylem phases	B	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.9	0.0 ± 0.0	0.6 ± 1.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4
	Q	0.6 ± 1.3	1.2 ± 1.8	1.0 ± 1.4	0.4 ± 0.9	0.0 ± 0.0	3.2 ± 2.0	0.8 ± 1.8
	p	0.4515	0.0199	0.2080	<0.0001	1.000	<0.0001	<0.0001
7. Duration of total xylem phases (min)	B	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	Q	1.2 ± 2.8	5.3 ± 11.7	21.1 ± 29.0	0.7 ± 1.6	0.0 ± 0.0	10.3 ± 14.4	4.6 ± 10.3
	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	1.000	<0.0001	<0.0001
8. Number of F patterns	B	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.9
	Q	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.6 ± 1.3	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0	0.6 ± 1.3
	p	0.0187	0.4515	<0.0001	1.000	<0.0001	1.000	1.000
9. Duration of total F patterns (min)	B	0.0 ± 0.0	2.4 ± 5.4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.9
	Q	0.0 ± 0.0	2.4 ± 5.4	0.0 ± 0.0	1.4 ± 3.1	0.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.9
	p	<0.0001	1.000	1.000	1.000	<0.0001	1.000	1.000
10. Number of phloem phases	B	4.0 ± 3.7	4.0 ± 3.7	2.0 ± 1.7	1.6 ± 0.9	1.6 ± 0.9	2.4 ± 1.3	1.0 ± 1.2
	Q	2.4 ± 0.9	1.6 ± 2.1	1.4 ± 0.9	1.6 ± 0.9	2.2 ± 1.8	1.6 ± 1.9	1.0 ± 1.2
	p	1.000	1.000	0.2794	0.0169	0.2080	0.4871	0.2286
11. Duration of total E patterns (min)	B	89.9 ± 55.2	84.0 ± 66.6	89.2 ± 52.3	85.5 ± 46.0	93.1 ± 38.6	89.2 ± 46.7	84.5 ± 78.0
	Q	97.1 ± 67.2	88.1 ± 66.4	83.9 ± 62.9	92.1 ± 45.3	99.1 ± 58.3	88.3 ± 63.6	82.4 ± 45.0
	p	0.9791	0.3015	0.9948	0.7124	0.4452	0.5627	0.7290

^a Significant differences according to one-way ANOVA significant level(SAS Institute, 2003).

대신이 77.8분으로 가장 길었으며, 청양 52.4분, 청풍대군 27.5분, 산내들 26.6분, 상아탑 21.4분, 도원고을 10.9분, KTX 9.3분, 녹광 2.2분, 한여름비가림 11.2분으로 나타났다 (Table 3).

고추 품종에 대한 두 biotype의 담배가루이의 중요한 체관부 섭식패턴 시간과 우화율과의 상관관계를 보면 체관부 섭식시간이 거의 나타나지 않는 B-biotype은 우화율이 아주 낮았다 (Table 1, Table 3). Q biotype은 녹광 품종에서 낮은 우화율을 보이며 그에 따라 체관부 섭식 패턴도 낮게 나타났다 (Table 1, Table 3). 그러나 한여름 비가림에서 우화율은 높았지만, 섭식패턴은 비교적 낮게 나타남을 보여주는데 그 원인은 밝힐 필요가 있다.

토마토 품종별 EPG 패턴 분석에 따른 담배가루이 B와 Q biotype의 섭식행동 비교

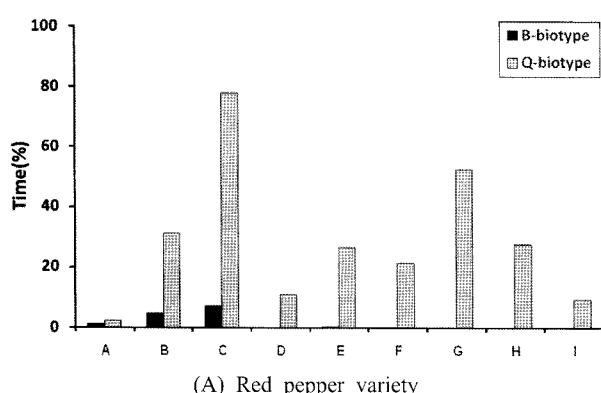
7종의 토마토 품종에서 B biotype 성충은 최초 구침을 찌르는 시간이 마이로꾸에서 가장 빠르게 나타났다. 구침을 찌르는 횟수는 3.4~9.6회이었으며(Table 4) 구침을 빼고 있는 시간은 0.1~13.0분으로 나타났다(Table 4). 구침 빼고 있는 시간이 짧음은 기주를 좋아함의 한 반증이라 볼 수 있다(Table 4). 구침 탐침횟수는 1.8~5.0번으로 적었지만, 탐침시간은 80.3~90.4분으로 상당히 긴 시간을 보여주는데 구침을 빼지 않았고, 탐침횟수도 적음은 기주는 적당하지만, 좀 더 좋은 세포부위를 찾기 위한 시간이 길게 나타남을 보여준다. 물관부 섭식활동은 매우 짧은 횟수 및 시간을 보였지만(Table 4), 체관부를 섭식하는 시간은 84.0~93.1분으로 상당히 긴 시간을 섭식 함을 알 수 있었다(Table 4). B biotype은 7개 토마토 품

종 간에 섭식 차이를 확인 할 수 없었다.

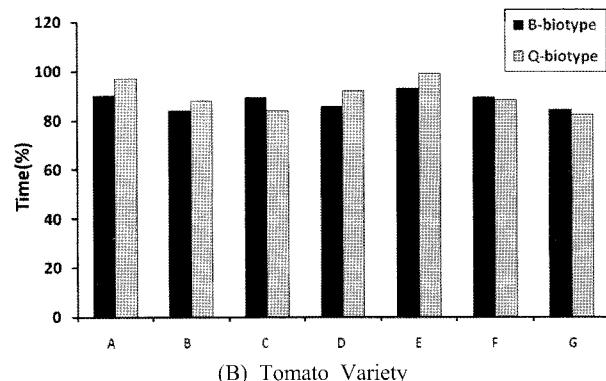
7종의 토마토 품종에서 Q biotype 성충의 최초 구침을 찌르는 시간이 홍광에서 가장 빨리 나타났다(Table 4). 구침을 찌르는 횟수는 5.0~7.6회였으며 구침을 빼고 있는 시간은 0.0~17.1분으로 B biotype 같이 짧게 나타나 Q biotype도 토마토 기주를 좋아함을 알 수 있다. 구침 탐침횟수는 2.6~4.8번으로 나타났고 탐침시간은 74.9~81.4분으로 나타났다. 물관부 섭식활동은 짧은 횟수 및 시간을 보여주었고, B biotype과 마찬가지로 Q biotype도 82.4~99.1분으로 아주 긴 체관부 섭식시간을 보여주었다(Table 4). 따라서 Q biotype도 B biotype과 마찬가지로 7개 토마토 품종 간에 섭식 차이를 확인 할 수 없었다.

고추와 토마토 품종별 담배가루이 B와 Q biotype의 주요 섭식관련 행동비교

본 연구에서는 섭식과 직접적인 관련이 있는 것으로 판단되는 Phloem 파형과 non-probes 파형을 중점적으로 품종 간에, biotype 간에 차이가 있는지 확인하였다. Fig. 2에서는 9종의 고추 품종과 7종의 토마토 품종의 체관부 섭식시간의 차이를 확인할 수 있었다. 토마토 품종은 B와 Q biotype 모두 많은 섭식시간을 보여주고 있고 품종간 biotype간 차이가 없었다. 그러나 고추 품종에서 B biotype은 거의 섭식파행이 나타나지 않았다. 또한, Q biotype에서 녹광 품종이 다른 품종들에 비해 특히 섭식시간이 적게 나타남을 확인되었다. 토마토에서는 차이가 없어 이는 녹광 품종에서 담배가루이가 우화율의 낮아 잘 자라지 못하는 것과 관련이 있는 것으

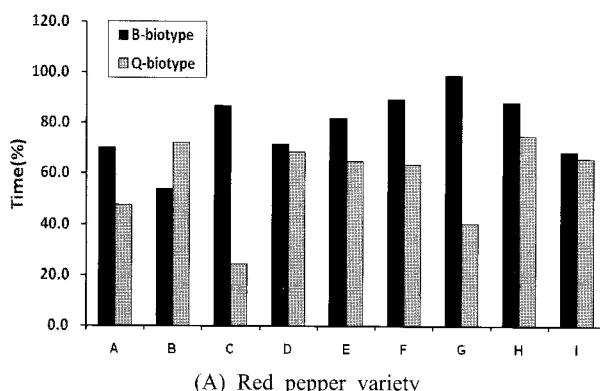


(A) Red pepper variety

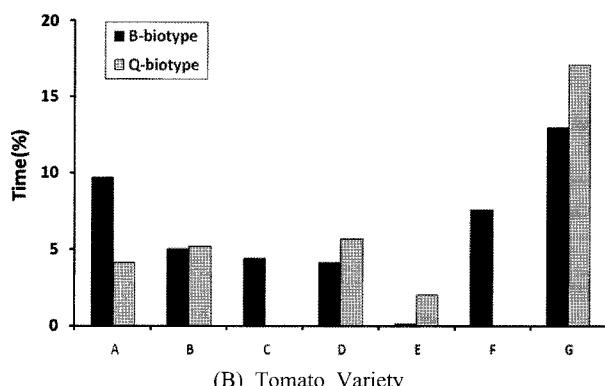


(B) Tomato Variety

Fig. 2. Comparative EPG waveforms of two biotypes of phloem phases. Red pepper variety: A: Nokkwang, B: Hanyeorumbigarin, C: Daeshin, D: Dowongoeul, E: Sannaedeul, F: Sangatop, G: Cheongyang, H: Cheongpungdaegun, I: KTX; Tomato variety: A: Hoyong, B: Kingkerol, C: Juniko, D: Rokkusanmari, E: Myrokku, F: Heungkwang, G: Supertop.



(A) Red pepper variety



(B) Tomato Variety

Fig. 3. Comparative EPG waveforms of two biotypes in non-probes. Red pepper variety: A: Nokkwang, B: Hanyeorumbigaram, C: Daeshin, D: Dowongoeul, E: Sannaedeul, F: Sangatop, G: Cheongyang, H: Cheongpungdaegun, I: KTX; Tomato variety: A: Hoyong, B: Kingkerol, C: Juniko, D: Rokkusanmaru, E: Myrokku, F: Heungkwang, G: Supertop.

로 보인다. 다만 Q biotype이 품종간에 phloem phase의 time이 큰 차이를 보이는지는 현재로서는 이해가 되지 않아 설명하기 어렵다.

이처럼 두 biotype은 기주에 따라 섭식파형이 다르게 나타났고 B biotype은 고추 섭식파형이 적게 나타남을 확인하였다. 섭식 파형인 Phloem 파형과 상대적인 파형인 non-probe 파형도 확인해 보았다(Fig. 3). 고추 품종에서는 섭식하는 파형이 길게 나타났지만, 토마토 품종에서는 길게 나타남을 확인하였다. 이처럼 직접적으로 섭식파형(Phloem)과 섭식을 하지 않는 파형(non-probe)을 확실하게 확인을 한다면 기주에 대한 흡즙형 해충의 섭식행동을 단시간에 확인 할 수 있을 것으로 보인다.

가루이류의 섭식 패턴에 대한 연구를 통해 가루이류에 대한 내충성인 품종의 내충성 기작을 밝히기 위하여 연구가 이루어지고 있는데, Lei *et al.* (1999)은 온실가루이에 대한 토마토와 단고추는 섭식행동에 대한 EPG 연구에서 감수성 토마토 품종에 대해서는 체관부 섭식 시간이 길었으나 비기주인 단고추에 대해서 구침 탐침횟수가 짧았고 탐침시간과 체관부섭식을 하지 않는 시간이 길었다. 또한 저항성 품종에 대해서는 체관부 탐침 횟수가 길고 체관부 섭식 시간이 짧음을 들어 비 기주 및 저항성 품종의 섭식행동이 좋지 않음을 보고하였다. Kimmins (1989)는 벼멸구에서 감수성 품종에서보다 내충성 품종에서 체관부의 흡즙시간이 더 짧았으며, Jiang *et al.* (1999)은 토마토 기주에서 B와 non-B biotype 담배가루이의 섭식행동에 차이가 있었으며 B biotype은 직접 섭식행동인 체관부 섭식패턴이 더 적게 나타났다고 보고하였다.

담배가루이가 어느 품종을 선호하느냐는 것은 체관부 패턴의 차이로 나타난다. 즉, phloem 패턴이 관찰 된 시

간이 길다는 것은 담배가루이가 오래 흡즙했다는 것을 의미한다. Khan and Saxena (1988)는 곤충이 식물을 섭식하지 못하는 것은 그 식물자체에 섭식행동을 방해하는 능력이 있기 때문이라고 하였다. 토마토 보다는 고추 기주에서 섭식행동에 특히 큰 차이를 보였으며 (Tables 3 and 4), Fig. 2에서 5, 6번 패턴을 포함하는 phloem 패턴이 B biotype에서 극히 짧았다. 또한 Q biotype은 고추의 9품종 중 녹광 품종에서 발육과 섭식을 못함으로 것으로 확인할 수 있었다. 구침을 끊고 섭식하는 곤충에 대한 기주 섭식행동 연구시 발육검정은 시간이 오래 걸린다는 단점이 있지만, 하지만 EPG를 이용한 섭식행동은 섭식 적합성을 단시간에 판단할 수 있는 장점이 있다. 앞으로 녹광 품종뿐만 아니라 B biotype이 고추품종을 섭식하지 못하는 이유에 대해서 물리, 화학적으로 규명할 필요가 있으며, 원인을 밝힌다면 저항성 품종육성 연구에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 15대 어젠다 과제 중 “신바이오 작물보호제 사업”의 연구비지원과 교육인적자원부의 제2단계 두뇌한국21사업으로 수행한 결과이다.

Literature Cited

- Ahn, K.S., K.Y. Lee., M.H. Choi., J.W. Kim and G.H. Kim. 2001. Effect of temperature and host plant on development and reproduction of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*

- (Homoptera: Aleyrodidae). Korean J. Appl. Entomol. 40: 203-209.
- Bethke, J.A., T.D. Paine and G.S. Nuessly. 1991. Comparative biology, morphometrics, and development of two populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton and poinsettia. Ann. Entomol. Soc. Am. 84: 407-411.
- Chang, V.C.S. 1978. Feeding activities of the sugarcane leafhopper: Identification of electronically recorded waveforms. Ann. Entomol. Soc. Am. 71: 31-36.
- Crane, P.S. 1970. The feeding behaviour of the blue-green sharpshooter *Hordnia circellata* (Baker) (Homoptera: cicadellidae). Unpublished Ph. D. Dissertation, Univ. of California, Davis. 132pp.
- Chu, D., Y.J. Zhang, B. Cong, B.Y. Xu and Q.J. Wu. 2004. The invasive mechanism of a world important pest, *Bemisia tabaci* biotype B. Acta Entomologica Sinica. 47: 400-406.
- Cohen, S., J.E. Duffus, and H.Y. Kiu. 1992. A new *Bemisia tabaci* biotype in the southwestern United States and its role in silverleaf of squash and transmission to lettuce infectious yellow virus. Phytopathology 82: 86-90.
- Janssen, J.A.M., W.F. Tjallingii and J.C. van Lenteren. 1989. Electrical recording and ultrastructure of stylet penetration by the greenhouse whitefly. Entomol. Exp. Appl. 52: 69-81.
- Jiang Y.X., H. Lei, J.L. Collar, B. Martin, M. Muniz and A. Fereres. 1999. Probing and feeding behaviour of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. J. Econ. Entomol. 92: 357-366.
- Kawabe, S. and D.L. McLean. 1980. Electronic measurement of probing activities of the green leafhopper of rice. Entomol. Exp. Appl. 27: 77-82.
- Khan, Z.R. and R.C. Saxena. 1984. Electronically recorded waveforms associated with the feeding behaviour of *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae) on susceptible and resistant rice varieties. J. Econ. Entomol. 77: 1479-1482.
- Khan, Z.R. and R.C. Saxena. 1985. Mode of feeding and growth of *Nephrotettix virescens* (Homoptera: Cicadellidae) on selected resistant and susceptible rice varieties. J. Econ. Entomol. 78: 583-587.
- Khan, Z.R. and R.C. Saxena. 1988. Probing behavior of three biotypes of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) on different resistant and susceptible rice varieties. J. Econ. Entomol. 81: 1338-1345.
- Kim, E.H., J.W. Sung, J.O. Yang, H.G. Ahn, C. Yoon, M.J. Seo and G.H. Kim. 2007. Comparison of insecticide susceptibility and enzyme activities of biotype B and Q of *Bemisia tabaci*. Korean J. Pestic. Sci. 11: 320-330.
- Kimmings, F.M. 1989. Electrical penetration graphs from *Nilaparvata lugens* on resistant and susceptible rice varieties. Entomol. Exp. Appl. 50: 69-79.
- 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.
- 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.
- Maynard, D.N., and D.J. Cantliffe. 1989. Squash silverleaf and tomato irregular ripening new vegetable disorders in Florida. Vegetable Crops Fact Sheet, Florida Cooperative Extension Service Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Gainesville.
- 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. 342 pp. Springer-Verlag, New York, Berlin Heidelberg.
- Muñiz, M. 2000. Host suitability of two biotypes of *Bemisia tabaci* on some common weeds. Entomologia Experimentalis et Applicata, 95: 63-70.
- Navas-Castillo, J., Camero, R., Bueno, M & Moriones, E. 2000. Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. Plant Disease, 84, 835-837.
- Nombela, G., F. Beitia and M. Muniz. 2001. A differential interaction study of *Bemisia tabaci* Q-biotype on commercial tomato varieties with or without the *Mi* resistance gene, and comparative host responses with the B-biotype. Entomol. Exp. Appl. 98: 339-344.
- Oliveira, M.R.V., T.J. Henneberry and P. Anderson. 2001. History, current status and collaborative research project for *Bemisia tabaci*. Crop Protec. 20: 709-723.
- SAS Institute. 2003. SAS/STAT User's Guide: Statistics, version 9.1 SAS Institute, Cary, N.C., U.S.A.
- Seo, M.J., J.O. Yang, C. Yoon, Y.N. Youn and G.H. Kim. 2007. Differentiation in feeding behavior of biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) against three insecticides. Korean J. Appl. Entomol. 46: 401-408.
- 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.), Proceeding 8th Int. Symp. Insect-Plant Relationships, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, the Netherlands, pp. 280-282.
- Ueda, S. 2006. Simple and rapid detection by mtCOI PCR-RFLP to distinguish the Q biotype of *Bemisia tabaci*. Kyushu Plant Prot. Res. 52: 44-48.
- Van Lenteren, J.C. and J. Woets. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Ann. Rev. Entomol. 33: 239-269.
- Velusamy, R. and E.A. Heinrichs. 1986. Electronic monitoring of feeding behavior of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) on resistant and susceptible rice cultivars. Environ. Entomol. 15: 678-682.
- Walker, G.P. and T.M. Perrin. 1994. Feeding and oviposition behaviour of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) interpreted from AC electronic feeding monitor waveforms. Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 363-374.
- Youn, Y.N. 1992. Electrophysiological recordings of olfactory

- receptors, ultrastructure of compound eyes and electrical monitoring of feeding behaviour in *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). PhD Thesis. University of London. England. 392 pp.
- Youn, Y.N. and Y.D. Chang. 1993. Electrical feeding patterns and stylet movement of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera), in the rice tissues. Korean J. Appl. Entomol. 32: 208-217.

Zhang, L.P., Y.J. Zhang, W.J. Zhang, Q.J. Wu, B.Y. Xu and D. Chu. 2005. Analysis of genetic diversity among different geographical populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. J. Entomol. 129: 121-128.

(Received for publication May 19 2009;
revised June 15 2009; accepted June 23 2009)