

담배가루이 *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae)의 형태적 특징과 DNA 표식자에 의한 biotype 판별

Morphological Characteristics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and Discrimination of Their Biotypes in Korea by DNA Markers

이명렬 · 안성복¹ · 조왕수

Myeong-Lyeol Lee, Sung-Bok Ahn¹ and Wang-Su Cho

Abstract – The sweetpotato whiteflies, *Bemisia tabaci* (Gennadius), were found recently in Korea on *Glycine max*, *Euphorbia pulcherrima*, and *Rosa hybrida*. The biotype identity of *Bemisia tabaci* in Korea was determined by several DNA markers including the random amplified polymorphic DNAs, and restriction fragments length polymorphism of mitochondrial 12S and 16S rRNA genes. The electrophoretic profiles of DNA fragments from the rose (Jincheon) and poinsettia (Seoul) populations in Korea are both identical to those of B biotypes distributed in Australia, Israel, and Japan. The populations of *B. tabaci* collected on *Glycine max*, *Ipomea batatas*, and *Perilla frutescens* in different localities retained the same DNA markers with the population from *Lonicera japonica* in Shikoku of Japan. These populations are non-B biotype and considered as an indigenous type in the Far Eastern Asia region including Korea and Japan. Morphological characteristics of *B. tabaci* were also observed by the scanning electron microscope and described with the comparison to the other important whitefly pest, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood).

Key Words – *Bemisia tabaci*, Biotype, Morphology, 12S rRNA, 16S rRNA, RAPD, Korea

초 록 – 임의증폭 다형 DNA (RAPD)와 미토콘드리아 12S, 16S rRNA 유전자의 제한단편 DNA 표식자에 의해 한국에서 발생하는 담배가루이 개체군들의 biotype을 판별하였다. 진천의 장미 온실과 서울 내곡동의 포인세티아 온실에서 발생한 담배가루이는 일본, 이스라엘, 호주의 B biotype과 동일한 DNA 단편들을 보유하고 있다. 여러 지역의 노지 콩 (*Glycine max*), 고구마 (*Ipomea batatas*), 들깨 (*Perilla frutescens*)에서 채집된 담배가루이 개체군들은 일본 시코쿠의 인동덩굴 (*Lonicera japonica*)에서 채집된 담배가루이와 같은 DNA로 표식되었다. 이들 non-B biotype은 한국, 일본 등 극동아시아 지역에 고유한 계통으로 보인다. 최근 한국에서 발견된 담배가루이 *Bemisia tabaci* (Gennadius)의 주사전자현미경 관찰에 의한 형태적 특징을 온실 원예작물의 주요해충인 온실가루이 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)와 비교하여 기재하였다.

검색어 – 담배가루이, 형태, 미토콘드리아 DNA, 리보솜 RNA, 생태형, 제한단편

1998년 한국에서 발생이 확인된 담배가루이 *Bemisia tabaci* (Gennadius)는 가루이과 (Aleyrodidae)의 해충 중에서 전세계에 걸쳐 농작물에 피해가 심한 종으로 알려져 있다. 이 종의 기주범위는 매우 넓어서 74과 420종의 기주가 기록되어 있고 (Greathead, 1986), 기주에 따른 형태적 변이가 심하여 24종의 동종이명 (synonyms)으로 불리기도 하였다 (Mound and Halsey, 1978). 담배가루이는 생물학적 특성을 달리하는 개체군 분화가 이루어져 있어서 기주선호성, 매개하는 바이러스의 종류 등의 특성에 따라 biotype을 구분하고 있는데 현재 최소한 16개 biotype이 보고되어 있다 (Brown *et al.*, 1995). 그 중 전세계적으로 가장 심각한 피해를 주는 것은 B biotype으로서 이들은 생식력이 강하고, 농작물에 여러 종류의 심각한 geminivirus들을 매개한다. 또한 카바메이트와 유기인계 농약에 저항성을 보이며, 다른 biotype에 비해 기주범위가 넓고 식물독성 (phytotoxicity)을 보유하며, 박과류 작물에 특유의 은빛잎 증상 (squash silverleaf symptom)을 일으키는 점이 특징이다 (Costa *et al.*, 1993a; Brown *et al.*, 1995). B biotype 이외에 1980년대 이후 A biotype이 미국 남서부와 멕시코의 목화과 박과작물의 중요한 해충으로 등장하기도 하였다 (Costa and Brown, 1990; Brown, 1994; Brown *et al.*, 1995). Bellows *et al.* (1994)은 A biotype과의 형태적, 생물학적 차이 (Perring *et al.*, 1992; 1993)에 근거하여 B biotype을 *B. tabaci*에서 분리, 은빛잎가루이 (silverleaf whitefly) *B. argentifolii* Bellows and Perring으로 명명하기도 하였다.

B biotype은 포인세티아 등 관상식물의 국제적인 교역으로 인하여 전세계적으로 확산되어 왔다 (Brown, 1994). 한국과 이웃한 일본도 10년전에 담배가루이 B biotype이 유입, 정착되어 심한 피해를 주고 있다 (Ohto, 1990). 현재까지의 분포지역은 유럽, 지중해 유역, 아프리카, 아시아, 남미, 중미, 북미 (미국, 멕시코), 카리브해 유역 등이다 (Costa *et al.*, 1993b; Brown *et al.*, 1995). 유전적으로 구별될 수 있는 담배가루이 개체군 또는 B biotype과 같은 특정 biotype을 구분하는 수단으로 처음으로 이용된 것은 esterase 동위효소의 전기영동 패턴이었다 (Costa and Brown, 1990). 이후 주로 B biotype을 다른 여러 biotype들로부터 판별하는데 RAPD 표식자가 이용되었다 (Perring *et al.*, 1993; Grawel and Bartlett, 1993; De Barro *et al.*, 1997, 1998). 그리고 최근에는 미토콘드리아 16S rRNA와 cytochrome oxidase, 리보솜 DNA의 ITS1 등의 DNA 염기서열이 이용되고 있다 (Frohlich *et al.*, 1999; De Barro *et al.*, in press).

1998년 5월 충북 진천의 장미 온실과 이곳에서 100 km 이상 떨어진, 경기 고양과 서울 내곡동의 포인세티아 온실에서 심하게 발생했던 가루이를 동정한 결

과, 국내 미분포종인 담배가루이로 밝혀졌다. 이 종의 분포와 기주를 조사하는 과정에서 같은 종류의 담배가루이가 전국 노지의 콩과 왕고들배기의 앞 뒷면에서 쉽게 채집될 수 있었다. 한편 농업과학기술원 소장 미동정 표본 중 1997년 7월 경남 산청군 삼장면 노지 콩에서 채집된 가루이가 담배가루이임이 재확인되었다. 대다수 채집지역이 온실과 멀리 떨어진 산야에 위치하고 있는 점으로 미루어, 온실에 국한하여 발생하는 유입 개체군과는 달리 노지에서 월동을 하는 것으로 추정되었다. 이렇게 지역과 기주를 달리하여 발생하는 담배가루이의 biotype 정체를 파악하는 일이 시급하였다.

이 연구는 장미와 포인세티아 그리고 콩에서 각각 발생이 확인된 담배가루이를 동정할 수 있는 일반 형태적 특징을 유사종인 온실가루이와 비교하여 기재하였다. 한편, 국내에서 발견된 이들 담배가루이의 biotype을 판별하기 위하여, 세 종류의 DNA 유전 표식자에 근거하여 외국의 B biotype들과 대조 분석한 결과, 세계적 중요해충인 담배가루이 B biotype과 한국과 일본 등 극동아시아 지역의 고유형으로 보이는 non-B biotype 등 두 종류가 분포하고 있음을 확인하여 이에 보고한다.

재료 및 방법

시험곤충과 주사전자현미경 관찰

이 연구에 사용된 한국과 일본, 이스라엘, 호주의 성충 또는 4령약충 (용)의 담배가루이 (*B. tabaci*)와 같은 속의 *B. afer* group, 그리고 담배가루이와 혼동을 일으키기 쉬운 온실가루이 (*Trialeurodes vaporariorum*)의 채집 지역과 기주, 확인된 biotype은 Table 1과 같다. 온실가루이와 담배가루이의 형태적 특징을 주사전자현미경으로 관찰하기 위하여, 4령충과 성충을 ethanol 탈수한 후, 100% Amyl acetate로 충전하였다. 다음 임계건조기 (critical point drier; Hitachi HCP-2, Japan)로 건조하여 백금 코팅한 후 주사전자현미경 (Hitachi S-2460N)으로 관찰하였다.

DNA 추출

한국에서 채집된 가루이는 붓으로 잎에서 떼어내어 95% 에탄올에 넣어 냉장 보관한 후 DNA 추출에 이용하였다. 외국의 표본들도 95% 에탄올에 든 바이얼 병에 저장된 상태로 운반되었다. 성충 또는 4령충 3~4마리를 0.5 ml 튜브에 옮겨 진공건조기에서 약 20분간 말린 후, 끝을 뚫도록 만든 마이크로피펫으로 마쇄하였다. 마쇄 후 Chelex 100 (Bio-Rad, CA) 5% 용액 50 μ l를 첨가하여 가볍게 진탕혼합한 후 54°C에서 15분, 100°C에서 3분 가열한 후 10,000 RPM에서 10초

Table 1. Samples of *Bemisia tabaci* (Gennadius), *B. afer* group, and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) used for the determination of biotype (s) by DNA markers

Species	Geographic location	Host plant	Sample*
<i>Bemisia afer</i>	Suwon, Korea	<i>Rosa hybrida</i> (rose)	1
	Anyang, Korea	<i>Pueraria thunbergiana</i> (kuzu vine)	2
<i>Bemisia tabaci</i>	Seoul, Korea	<i>Euphorbia pulcherrina</i> (poinsettia)	3
	Jincheon, Korea	<i>Rosa hybrida</i> (rose)	4
	Sancheong, Korea	<i>Gycine max</i> (soybean)	5
	Hapcheon, Korea	<i>Ipomoea batatas</i> (sweet potato)	6
	Sacheon, Korea	<i>Perilla frutescens</i>	7
	Hiroshima, Japan**	<i>Brassica oleracea</i> (cabbage)	8
	Israel**	-	9
	Australia**	<i>Hibiscus</i> sp.	10
<i>T. vaporariorum</i>	Shikoku, Japan	<i>Lonicera japonica</i>	11
	Suwon, Korea	<i>Morus alba</i> (mulberry)	12
	Cheju, Korea	<i>Lantana</i> sp.	13

* Each sample was loaded on the gel in Fig. 10 according to this lane number.

** These samples were previously identified in each country as B biotype of *B. tabaci*.

간 원심분리하고, 상등액을 새 마이크로튜브에 옮겨 PCR 반응액의 주형 DNA로 사용할 때까지 -20°C에 보관하였다.

PCR과 제한효소 반응

RAPD PCR을 위하여 Grawel and Bartlett (1993)이 선발한 OPA-17 (Operon, CA) primer를 사용하였는데 그 염기서열은 5' GACCGCTTGT 3'이었다. PCR 반응액 50 µl는 PCR 완충액 (50 mM KCl, 1.5 mM MgCl₂, 10 mM Tris; pH 8.3)과 주형 DNA 3 µl, primer 30 pmol, 10 × buffer 5 µl, 10 mM dNTP mixture 1 µl, Taq 2 unit (BM, Germany)로 조성되었다. 온도순환은 MJ Research thermal controller (Model 60; Watertown, MA)에서 이루어졌는데 반응온도와 시간은 (1) 95°C 1분, (2) 94°C 1분, 36°C 1분, 72°C 2분의 45회 반복, (3) 72°C 7분이었다. 미토콘드리아 12S와 16S 리보솜 RNA (rRNA) 유전자를 증폭하기 위하여, 각각 Kocher et al. (1989)과 Simon et al. (1994)이 보존성이 높은 염기부에서 고안한 primer를 사용하였는 바, 그 염기서열은 다음과 같다.

- 12S rRNA - L1091: 5' AAAAAGCTTCAAAGCTGG-GATTAGA 3'
- H1478: 5' TGACTGCAGAGGGGTGACG-GGCGGTGTGT 3'
- 16S rRNA - LR-J-12887: 5' CCGGTCTGAACTCAG-ATCA 3'
- LR-N-13398: 5' GCCTGTTTACCAAAA-ACAT 3'

PCR 반응액의 조성은 위와 같으며, 단계별 온도조

건은 (1) 95°C 1분, (2) 94°C 45초, 55°C 1분, 72°C 1분 30초의 35회 반복, (3) 마지막 72°C 7분이었다. 각 PCR 반응 후 반응액 5 µl를 0.5 µg/ml 농도의 ethidium bromide가 포함된 agarose gel (1%)과 표준 TBE (tris-borate/ EDTA) 완충액에서 전기영동하여 그 증폭산물을 확인하였다. 증폭된 12S와 16S rRNA 유전자에 대한 제한효소는 4염기 인식효소인 *Alu* I, *Hae* III, *Msp* I, *Sau* 3A (BM, Germany)를 사용하였으며 제조회사의 완충액 조건에 따라 반응액을 조제한 후 37°C에서 3시간 처리 후 1% 또는 2.5%의 agarose gel로 DNA 단편을 조사하였다.

결 과

1. 형태적 특징

***Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) 온실가루이**

관찰재료 : 채집장소 - 충남 예산군 예산읍 관장리, 기주 - 토마토 (*Lycopersicon esculentum*), 채집일자 - 1998년 6월 9일, 채집자 - 권기면

4령약충 (용): 투명한 흰 색을 띠고 있다. 길이는 0.7~0.8 mm이며 위에서 보았을 때 복부쪽이 가장 광폭이다. 몸 바깥쪽 외곽에 일렬로 배열된 아외연분비돌기 (submarginal papillae)가 100쌍 이내로 발달하여 있다. 몸 등쪽의 배면판 (dorsal disk)에 7~9쌍의 보다 굵고 긴 분비돌기가 발달한다 (Fig. 1). 이들 돌기는 모두 왁스로 만들어진다. 옆에서 보면 측면이 수직으로 뻗은 울타리 모양 (vertical wax palisade)으로 융기되어 있어, 원반형의 보트모양을 한다. 배설공 (vasiform ori-

fice)이 둥근 사다리꼴 모양이고, 배설공안에 있는 lingula의 기부는 배설공의 절반정도를 차지하는 operculum에 의해 덮여 있어 작은 원형으로 보인다. 배설공의 앞쪽 테두리(anterior rim)는 볼 수 없다. 배설공의 아랫면 밑에서부터 직선으로 뺀 좁은 꼬리홈(caudal furrow)이 형성된다(Fig. 2).

성충: 체장이 1.1 mm 정도이며 체색은 연한 황색이다. 옆에 앉아 있을 때에는 날개를 편 선이 옆에 거의 수평을 이룬다. 겹눈을 이루는 상하 두 개의 날눈뿔치가 서로 떨어져 있다(Fig. 5). 촉각의 3번째 마디 말단부에 티는 모양의 감각기(sensorial corn)가 존재한다. 촉각의 4번째 마디의 길이는 40 μ m 정도이며 길고 가늘다(Fig. 6). 촉각 4번째 마디는 촉각의 나머지 길이인 제 5마디+6마디+7마디 길이에 대한 비율이 0.28~0.30이다.

Bemisia tabaci (Gennadius) 담배가루이

관찰재료: 채집장소 - 충북 진천군 이월면 삼룡리, 기주 - 비닐온실내 장미(*Rosa hybrida*), 채집일자 - 1998년 5월 29일, 채집자 - 이명렬

4령약충(용): 몸이 투명한 백색을 띠며, 바깥 아외연(submargin)에는 일렬로 배열된 털이 없다. 등판에도 왁스 분비돌기가 없다. 몸의 길이는 0.8~1.0 mm 정도이고 위에서 보았을 때 흉부쪽이 가장 광폭이다. 복부 제 7번째 마디의 길이가 현저히 감소되었지만 마디중앙이 주머니에 덮힌 모양을 하고 있어 다른 마디로부터 구별이 가능하다. 몸의 바깥쪽 가장자리(margin)가 불규칙하게 무딘 톱니모양을 이루지만 흉부의 기문입구에서는 빗살모양을 이룬다(Fig. 3). 측면에서 보면 앞과의 부착하는 가장자리가 납작하고 몸의 중앙부가 융기하여 있어, 밧밧한 산모양을 이룬다. 배설공은 긴 이등변 삼각형을 이루고 있고 lingula가 길쭉하다. 배설공 측면이 직선으로 뺀 몸 바깥쪽까지 연결되어있는 넓은 꼬리홈에 이른다. operculum이 배설공의 기부쪽 중간까지 점유하고 긴 원추형의 lingula가 나머지 부분을 차지한다. 배설공 길이가 꼬리홈보다 길다. 한 쌍의 강한 꼬리 자모(caudal setae)가 발달하였는데 그 길이가 배설공 길이보다 길다(Fig. 4).

성충: 체장이 0.8 mm 정도이며 체색은 짙은 황색이다. 옆에 앉아 있을 때에는 날개를 편 선이 앞과 45°의 각도를 이룬다. 겹눈을 이루는 상하 두 개의 날눈뿔치가 하나의 날눈(ommatidium)에 의해 서로 연결되어 있다(Fig. 7). 촉각의 3번째 마디 말단부에 티는 모양의 감각기(sensorial corn)가 존재한다. 성충 촉각의 4번째 마디의 길이는 15 μ m 내외이며 짧고 굵다(Fig. 8). 촉각 4번째 마디는 촉각의 나머지 길이인 제 5마디+6마디+7마디 길이에 대한 비율이 0.16~0.17이다.

2. DNA 표식자에 의한 biotype 판별

Fig. 9는 진천 장미하우스에서 발견된 담배가루이와 1997년 산청의 노지 콩에서 채집되었던 담배가루이가 B biotype인지 여부를 판별하기 위해 외국의 대조

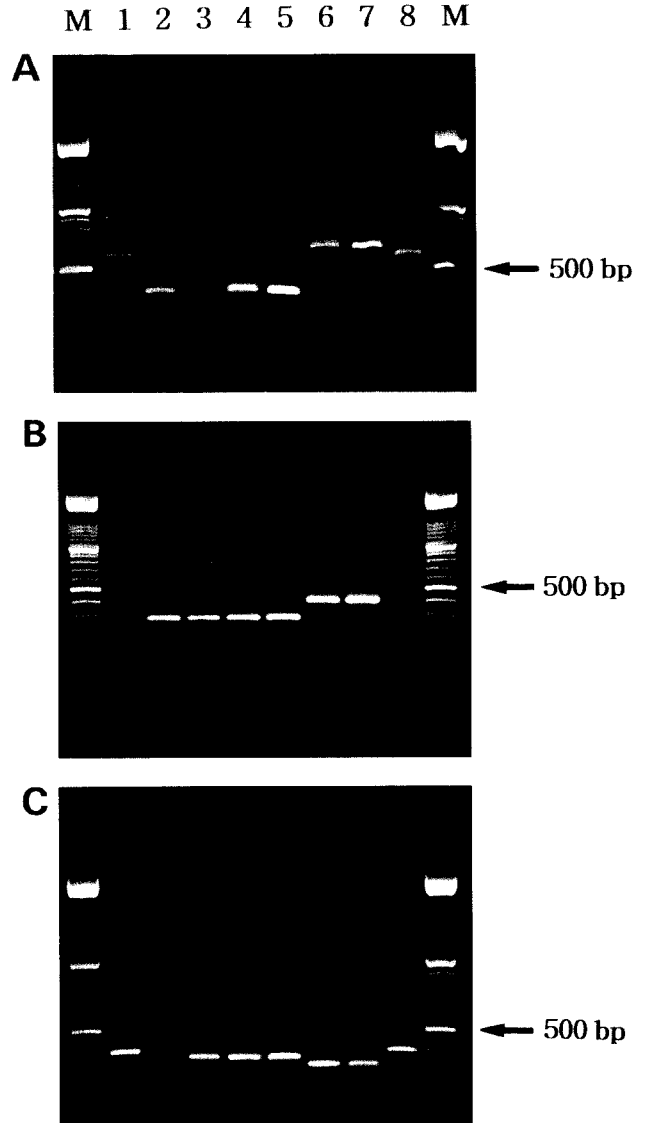


Fig. 9. RAPD and PCR-RFLP profiles of *Bemisia tabaci* (lane 1-5, 8) and *Trialeurodes vaporariorum* (lane 6, 7). (A) RAPD of OPA-17; (B) *Alu* I restriction fragments of 12S rRNA; (C) *Alu* I restriction fragments of 16S rRNA. *B. tabaci* samples are from Shikoku (lane 1), Hiroshima (lane 2), Japan, Israel (lane 3), Australia (lane 4), Jincheon (lane 5) and Sancheong (lane 8), Korea. *T. vaporariorum* samples are from Suwon (lane 6) and Cheju (lane 7), Korea. M: DNA size standard, 100 bp ladder. Refer to table 1 for the host plant and biotype of each sample.

표본과 각각 RAPD 패턴, 12S rRNA와 16S rRNA의 *Alu I* 제한효소 단편을 비교한 것이다. OPA-17 primer에 의한 RAPD 패턴(Fig. 9A)에서 온실에 발생하는 유사종 온실가루이(6, 7번)는 650 bp에서 주 밴드가 나타나 담배가루이와 뚜렷이 구분되었으며, 일본 시코쿠 인동덩굴에서 채집된 담배가루이(1번)와 산청 콩에서 채집된 것(8번)은 600 bp, 진천 장미에서 발견된 담배가루이(5번)는 일본(2번), 이스라엘(3번), 호주(4번)의 B biotype과 같은 약 400 bp 길이의 DNA가 나타났다.

12S rRNA 유전자를 PCR 증폭하였을 때 생성된 약 400 bp 길이의 DNA는 4종의 제한효소중 *Alu I*에 대해 다형현상을 보였다. 온실가루이는 *Alu I*에 대한 제한 부위가 없었고, 진천 장미의 담배가루이와 외국의 B biotype들은 약 100 bp의 단편이 떨어져 나가 300 bp 길이의 단편으로 나타났다(Fig. 9B). 한편 일본 시코쿠와 한국 산청의 담배가루이는 12S rRNA 유전자 증폭을 위해 사용된 primer에 의해서는 400 bp의 product가 생성되지 않았고, 600 bp의 비특이적인 희미한 밴드가 생성되었고 이것은 *Alu I*에 영향을 받지 않았다. Fig. 9C는 약 520 bp의 미토콘드리아 16S rRNA 유전자를 PCR 증폭 후, 선발된 제한효소 *Alu I*에 의한 다형현상을 보여주고 있다. 그림 A, B에서 나타난 세 그룹의 차이가 동일하게 나타나고 있다. 일본 시코쿠(1번)와 산청(8번)의 담배가루이는 약 400 bp의 단편을 보이고, 진천 장미(5번), 일본 히로시마(2번), 이스라엘(3번), 호주(4번)의 B biotype은 약 380 bp 길이의 단편을 공통적으로 가지고 있음이 확인되었다. 한편

온실가루이 두 개체군은 340 bp의 가장 작은 단편을 보이고 있다.

Fig. 10은 16S rRNA 유전자의 *Alu I* 제한단편을 구체적으로 확인하기 위하여 분석대상 개체군을 확대하고, 제한단편을 2.5% agarose gel에서 확인한 결과이다. 담배가루이와 같은 *Bemisia*속의 종인 *B. afer* group의 두 개체군과 *Trialeurodes*속의 온실가루이 두 개체군은 각각 두 개씩의 400 bp 이하의 작은 단편들로 분리되어 담배가루이는 뚜렷한 차이를 보였다. 진천 장미(3번)와 서울 내곡동 포인세티아(4번)는 일본(8번), 이스라엘(9번), 호주(10번)의 B biotype과 같은 약 380 bp 크기의 단편을 보유하고, 산청의 콩(5번), 합천 고구마(6번), 사천 들깨(7번)에서 채집한 담배가루이는 일본 시코쿠의 인동덩굴에서 채집한 담배가루이와 같은 400 bp 단편을 보유하고 있다.

고 찰

1998년 장미와 포인세티아 온실에서 발생한 담배가루이는 일본, 호주, 이스라엘의 B biotype과 동일한 DNA로 표식되었다. 그러나, 전국적으로 노지 콩, 들깨, 고구마 등에서 흔히 발생하고 있는 담배가루이는 B biotype이 아니었고 일본 시코쿠 지역의 인동덩굴에서 채집된 담배가루이와 동질성을 보였다. 이 점은 De Barro *et al.*(2000)이 리보솜 DNA의 ITS1의 염기서열을 토대로 계통분석한 결과 한국의 콩에서 채집한 담배가루이가 Hainan, 인도북부, Turkey에서 발생하는 개체군과 계통적으로 유사하다는 결과에 의해 구체화된다. 또한 이 담배가루이는 미국 Arizona의 A biotype 담배가루이와도 아주 상이한 계통임이 16S rRNA 유전자 염기서열 분석에서도 나타난 바 있어 (Lee and De Barro, unpublished observation), 한국과 일본 등 극동 아시아 지역에서 고유하게 분화된 계통으로 판단된다. 이들은 산발적으로 낮은 밀도로 발생하여 해충조사시 간과되기가 쉽고, 육안으로는 전국적으로 발생하고 있는 온실가루이로 오인되어 왔던 것으로 생각된다. 국내에 유입된 B biotype 담배가루이의 바이러스 보독성 여부를 진단하고, 효과적인 방제수단 등을 강구하는 한편, 한국과 일본에 토착화되어 있는 non-B biotype의 생태조사과 B biotype과의 교잡특성을 다루는 연구가 필요하다.

사 사

이 연구를 위하여 *Bemisia tabaci* 대조표본, 알콜표본을 제공하여 준 일본의 Dr. Shin-ichi Yoshimatsu, Mr. Tadotora Okada, Mr. Hideaki Hayashi와 이스라엘 Tel Aviv 대학의 Prof. Dan Gerling, 호주 CSIRO의 Dr.

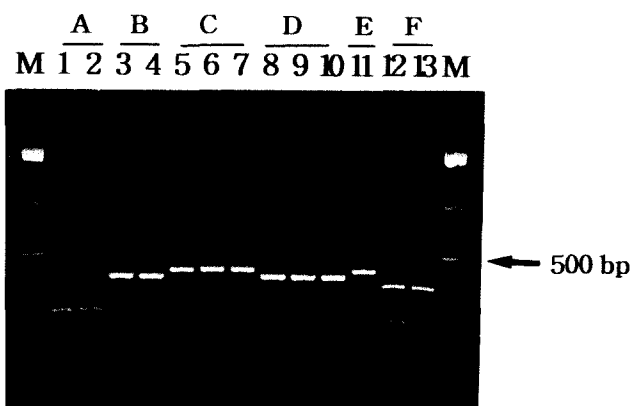


Fig. 10. Restriction fragments of *Alu I* from 16S rRNA genes of two populations of *Bemisia afer* group (lane 1, 2), nine of *Bemisia tabaci* (lane 3-11), and two of *Trialeurodes vaporariorum* (lane 12, 13). M: DNA size standard, 100 bp ladder. The sample loaded in each lane was noted in table 1.

Paul De Barro께 감사를 전한다. 형태관찰을 위한 표본제작과 DNA 추출을 도와준 민병주 양에게도 깊은 감사를 드린다.

인 용 문 헌

- Bellows, T.S., T.M. Perring, R.J. Gill and D.H. Headrick. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87: 195~206.
- Brown, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Prot. Bull.* 42: 3~32.
- Brown, J.K., D.R. Frohlich and R.C. Rosell. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Ann. Rev. Entomol.* 40: 511~534.
- Costa, H.S. and J.K. Brown. 1990. Variability in biological characteristics, isozyme patterns and virus transmission among populations of *Bemisia tabaci* Genn. in Arizona. *Phytopathology* 80: 888.
- Costa, H.S., D.E. Ullman, M.W. Johnson and B.E. Tabashnik. 1993a. Squash silverleaf symptoms induced by immature, but not adult, *Bemisia tabaci*. *Phytopathology* 83: 763~766.
- Costa, H.S., J.K. Brown, S. Sivasupramaniam and J. Bird. 1993b. Regional distribution, insecticide resistance, and reciprocal crosses between the A and B biotypes of *Bemisia tabaci*. *Insect Sci. Appl.* 14: 255~266.
- De Barro, P.J. and Driver, F. 1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Aust. J. Entomol.* 36: 149~152.
- De Barro, P.J., F. Driver, J.W.H. Trueman and J. Curran. 2000. Phylogenetic relationship of world populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) using ribosomal ITS1. *Mol. Phyl. and Evol.* (in press).
- De Barro, P.J., W. Liebegts and M. Carver. 1998. Distribution and identity of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in member countries of the Secretariat of the Pacific Community. *Aust. J. Entomol.* 37: 214~218.
- Frohlich, D.R., I. Torres-Jerez, I.D. Bedford, P.G. Markham and J.K. Brown. 1999. A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial markers. *Mol. Ecol.* 8: 1683~1691.
- Grawel, N.J. and A.C. Bartlett. 1993. Characterization of differences between whiteflies using RAPD-PCR. *Insect Mol. Biol.* 2: 33~38.
- Greathead, A.H. 1986. Host plants. pp. 17-25 in *Bemisia tabaci*-a literature survey on the cotten whitefly with an annotated bibliography, ed. by M.J.W. Cock. 121pp. FAO/CAB, Ascot, UK.
- Kocher, T.D., W.K. Thomas, A. Meyer, S.V. Edwards, S. Pao, F.X. Villablanca and A.C. Wilson. 1989. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 86: 6196~6200.
- Mound, L.A. and S.H. Halsey. 1978. Whitefly of the world-a systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. 340pp. John Wiley & Sons, New York.
- Ohto, K. 1990. Occurrence of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) on the poinsettia. *Plant Protection* 44: 264~266. (in Japanese)
- Perring, T.M., A. Cooper and D.J. Kazmer. 1992. Identification of the poinsettia strain of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on Broccoli by electrophoresis. *J. Econ. Entomol.* 85: 1278~1284.
- Perring, T.M., A.D. Cooper, R.J. Rodriguez, C.A. Farrar and T.S. Bellows. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74~77.
- Simon, C., F. Frati, A. Beckenbach, B. Crespi, H. Liu and P. Flook. 1994. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequence and a compilation of conserved Polymerase chain reaction primers. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87: 651~701.

(1999년 11월 24일 접수, 2000년 2월 27일 수리)

Explanation of Figure

- Figs. 1-4.** Scanning electron micrographs of *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. Fourth nymphal instar (pupa) and vasiform orifice of *Trialeurodes vaporariorum* (1-2). Fourth nymphal instar and vasiform orifice of *Bemisia tabaci* (3-4).
- Figs. 5-8.** Scanning electron micrographs of *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. (5) Compound eye of *T. vaporariorum* adult. Upper and lower eye completely separated. (6) Antennal segments III to V (apex to right) of *T. vaporariorum* adult. (7) Compound eye of *B. tabaci* adult. Upper and lower eye connected by one ommatidium. (8) Antennal segments III to V (apex to right) of *B. tabaci* adult. Arrows in Figs. 6, 8 denote sensorial corns on antennal segment III.

