경기지역에서 담배가루이의 발생 및 억제반응

이영수* · 김진영 · 홍순성 · 박정인¹ · 박흥현²

경기도농업기술원, ¹성균관대학교, ²국립농업과학원

Occurrence of Sweet-potato Whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and Its Response to Insecticide in Gyeonggi Area

Young-Su Lee*, Jin-Young Kim, Soon-Sung Hong, Jungan Park¹ and Hong-Hyun Park²

Environmental Agricultural Research Division, Gyeonggi Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 445-784

¹Department of Genetic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746

²Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707

ABSTRACT: This study investigated the occurrence of sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* affecting cucumber, eggplant and red pepper, as well as sweet potato species, and its response to insecticides in Gyeonggi province from 2010 to 2011. Sweet potato whitefly is widespread throughout the southern part of Gyeonggi province. Most regional populations of *B. tabaci* belong to biotype Q having been reported in the south Korea since 2005, but in Goyang mixed populations of two biotypes (B and Q) were found. Survey results of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) disease that was vectored by *B. tabaci* indicated that this virus disease was not spread throughout the Gyeonggi province. Biotype Q of *B. tabaci* was found to be resistant to neonicotinoid insecticides, whereas biotype B was highly susceptible to them.

Key words: *Bemisia tabaci*, Biotype, Insecticide, Response

초 록: 경기지역에서 담배가루이의 발생 및 억제반응을 조사하였다. 담배가루이는 13개 시군에서 발생되었으며, 유전자(16S rRNA, MtCOI) 분석결과, 고양시 일부지역은 biotype B와 Q가 혼재되었으나, 그 밖의 지역에서 2005부터 국내 발생이 보고되었던 biotype Q로 나타났다. 채집곤충 및 기주식물의 total DNA에 대해 PCR을 통한 염기서열 분석과 southern hybridization 분석 결과 모든 지역에서 Tomato Yellow Leaf Curl Virus(TYLCV)는 검출되지 않았다. 5개 지역에서 채집한 6 개체군의 담배가루이를 실내사육하면서 유표검정법으로 성충에 대한 살충제 감수성을 검정한 결과, 지역별로 다소 차이는 있었지만 네오니코티노이드계 약제의 경우 biotype B에게 높은 살충활성을 나타낸 반면 biotype Q에게는 상대적으로 낮은 살충활성을 나타내었다.

검색어: 담배가루이, biotype, 억제반응

담배가루이(*Bemisia tabaci* Gennadius)는 노린재목(Hemiptera) 가루이과(Aleyrodidae)에 속하며, 1998년 한국에서 처음 발견되었다(Lee et al., 2000). 본 종은 주로 시설하우스의 채소와 관상용 식물 등 약 900종 이상의 기주식물에 발생되는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2000; Helmi, 2011). 담배가루이의 밀도가 높아지면 작물의 생육부진, 고사, 배설물에 의한 그을병을

유발시켜 생산물의 품질을 크게 떨어뜨린다(Kim et al., 2008).

전 세계적으로 담배가루이의 biotype은 24개 이상 알려져 있으며(Chu et al., 2004), 이들은 생식력과 약제감수성에서 차이를 나타내고, 그 가운데 biotype B와 Q가 가장 문제인 것으로 보고되었다(Lee et al., 2005; Yang et al., 2009). 특히 biotype Q는 토마토황화잎말림바이러스(Tomato Yellow Leaf Curl Virus) 등 100종 이상의 바이러스를 식물에 매개할 수 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2008). 담배가루이의 biotype은 외관상으로 구분은 불가능하고 유전학적 기법으로 esterase 동위효소의 전기영동, RAPD 표식자, 미토콘드리아 16S rRNA와 cytochrome

*Corresponding author: yslee75@gg.go.kr

Received September 2 2012; Revised September 21 2012

Accepted September 29 2012

oxidase, 리보솜 DNA의 ITS1 등의 염기서열분석법으로 biotype 을 구분할 수 있다(Lee et al., 2000).

국내에서 담배가루이 방제를 위해 다양한 연구들이 수행되어 왔다. 포식성 천적인 응애(Kim et al., 2008) 및 병원성 곰팡이(Yoon et al., 2010)를 이용한 생물적 방제기술이 시도되기도 했으며, 작물 품종별 섭식행동 분석(Yang et al., 2009), 전자빔(Moon et al., 2010), spearmint oil과 같은 식물의 정유(Choi and Kim, 2004)를 이용한 친환경적 방제기술도 활발히 연구되고 있다.

하지만, 국내의 경우 여전히 담배가루이 방제를 위해서 살충제를 이용하는 화학적 방제기술이 보편적이다. 온도와 기주에 따라 발생세대기간은 달라질 수 있는 담배가루이는(Ahn et al., 2001), 최적의 조건이 주어진다면 담배가루이의 살충제에 대한 선발압이 높아지고 결국 다른 해충들보다 더욱 빠르게 살충제 저항성 발달을 초래했을 가능성이 높다. 최근 biotype Q의 담배가루이가 네오니코티노이드 계통과 IGR 계통인 피리프로록시펜에 대한 저항성 발달 사례보고는(Lee et al., 2002; Kim et al., 2008) 담배가루이의 수많은 살충제에 대한 저항성 발달의 한 예에 불과하다. 이렇듯 농가현장에서 해충의 살충제 저항성을 인지하지 못하면 농약의 오용과 남용을 초래할 수밖에 없다. 따라서 담배가루이를 비롯한 해충의 저항성을 진단해주고 우수한 방제약제를 선별해주는 것은 환경적, 경제적 측면에서도 반드시 필요하다.

1904년부터 2000년까지 우리나라의 평균기온은 1.5℃ 상승하여 전 세계의 기온상승 상승치(0.78±0.18℃)보다 높았다(Kim et al., 2009). 지구온난화로 인한 기온상승은 기존 병해충의 발생지역 북상은 물론 새로운 병해충의 출현 가능성을 높일 것으로 예견되며(Kiritani, 2006), 근년에 많이 재배되는 경제작물에서 발생하는 해충의 종류와 밀도가 증가와 기후변화로 인한 잠재해충과 유입해충의 돌발해충화로 인한 농작물의 피해가 증가도 우려되고 있는 실정이다(Moon et al., 2010).

따라서 본 연구는 경기지역에서 확산중인 담배가루이의 발생현황과 생태형을 조사하고, 살충제 저항성을 조사하여 관리를 위한 기초자료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

분포 조사

담배가루이 분포조사는 2010년부터 2011년까지 채소 및 화훼류 시설재배지를 대상으로 19시군, 시군별 3지점으로 총 57 지점을 순회하면서 조사하였다. 순회조사시 담배가루이의 지

역별 발생과 기주식물을 기록하였고, 채집된 담배가루이는 곤충사육실(25±1℃, 16L:8D, RH 40~60%)에서 아크릴케이지(30×30×30 cm, 3면 망부착)에 가지 유묘를 먹이로 제공하면서 누대 사육하였다.

생태형 판별

지역별로 확보한 담배가루이의 성충은 biotype의 확인을 위하여 Dellaporta 방법으로(Dellaporta et al., 1983) total DNA를 추출하였다. 추출한 total DNA를 이용하여 16S rRNA와 mitochondrial cytochrome oxidase I(MtCOI) 유전자를 증폭하기 위하여 기존에 보고된 Simon et al.(1994)과 Lee et al.(2005)의 primer를 이용하여 동일한 조건으로 PCR를 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 제한효소인 *Hinf* I과 *Vsp* I으로 반응시켜 agarose gel의 단편양상으로 생태형을 판별하였고, 염기서열 확보를 위하여 pGEM T-easy vector에 삽입하여 sequencing 하였다.

확보한 염기서열들은 GenBank에 보고된 염기서열들과 비교분석하여 계통유연관계(phylogenetic analysis)를 분석하는데 이용하였다. 염기서열 비교분석을 위하여 MUSCLE program (Edgar, 2004)을 이용하여 align 한 후, MrBayes 3.0 software (Ronquist and Huelsenbeck, 2003)를 이용하여 계통유연관계를 분석하였고, MEGA 4.0 program(Tamura et al., 2007)을 이용하여 phylogeny tree를 완성하였다.

또한 담배가루이를 확보한 지역에서 TYLCV 감염증상과 유사한 것으로 관찰되는 토마토 식물체들을 수집하여 이들로 부터 total DNA를 추출하여 TYLCV 감염여부를 확인하였다(Dellaporta et al., 1983). TYLCV 검출을 위하여 Lee et al.(2010)의 primer를 이용하여 동일한 조건에서 PCR를 수행하였다. PCR의 경우 보독충의 유충으로도 TYLCV가 검출될 수 있기 때문에 식물체내에서 TYLCV의 복제여부를 확인하기 위하여 southern hybridization으로 확인하였다(Lee et al., 1994).

약제반응

지역에서 채집된 담배가루이 생태형 분석결과 biotype B 1 개체군(고양 1)과 biotype Q 5개체군(고양 2, 안성, 이천, 평택, 화성)이 선별되었고, 이를 실내에서 분리하여 유지하였다. 담배가루이 약제저항성 검정을 위해 국내 시판중인 16종의 가루이류 방제용 유기합성 살충제를 검정하였다. 파종 후 4주된 가지 유묘를 살충제 희석액(추천농도)에 침지한 후 음건한 뒤 원통형 아크릴케이지(Φ9×H18 cm)에 넣고 각 개체군의 담배가

루이 성충 20~30마리를 접종하였다. 접종 48시간 후 담배가루이 생충수를 조사하여 약제효과를 조사하였으며, 3반복으로 수행하였다.

결과 및 고찰

분포 조사

경기지역 담배가루이는 조사대상이었던 19시군 중 13개 시군에서 발견되었는데 주로 남부지역을 중심으로 분포하고 있으며(Table 1), 기주식물로는 오이, 토마토, 가지, 고추, 호박, 장미 등 9종이었다. 담배가루이는 작물 및 재배양식에 따라 국부적으로 발생하는 특성이 있고(Lee et al., 2000) 시설재배지가 많은 지역을 대상으로 조사되었다는 점을 고려해 볼 때 발생지역과 기주식물은 더 많을 것으로 판단된다. 경기지역의 경우 1998년 고양시 포인세티아 온실에서 처음 담배가루이 biotype B가 발견된 이후(Lee et al., 2000) 시설하우스가 상대적으로 많은 남부지역에 확산된 것으로 추측된다. 담배가루이의 국제적 확산은 포인세티아 등 관상식물의 국제적인 교역에서 기인하고 있다고 알려져 왔는데(Brown, 1994), 일단 국내에 침입한 담배가루이는 화훼류뿐만 아니라 시설채소 재배지에서도 많이 관찰되는 점을 고려해 볼 때 육묘장을 중심으로 확산되었을 가능성이 높으며, 따라서 작물의 선택, 재배, 수확, 유통에 걸친 전반적인 과정에 대해 세심한 예찰과 방제가 필요하리라 사료된다.

생태형 판별

경기지역 13시군에서 채집한 담배가루이의 16S rRNA와

MtCOI의 유전자 분석을 통해 biotype을 확인한 결과(Fig. 1), 고양 일부지역(biotype B)을 제외한 모든 지역 개체군이 biotype Q로 나타났다(Fig. 2). biotype B는 1998년 진천 장미 실내재배

Table 1. Host plants of *B. tabaci* and distribution in Gyeonggi area, 2011

No.	Location	Host plant	Reference
1	Ansan	- ^a	S ^b
2	Anseong	cucumber	S
3	Gapyeong	-	N ^c
4	Gimpo	cucumber	N
5	Goyang	tomato, rose, paprika, poinsettia	N
6	Guri	eggplant	N
7	Gwangju	eggplant, cucumber	S
8	Hwasung	tomato, cucumber, red pepper	S
9	Icheon	mallow	S
10	Paju	tomato	N
11	Pocheon	-	N
12	Pyeongtaek	cucumber	S
13	Siheng	cucumber	S
14	Suwon	red pepper, eggplant	S
15	Yangju	-	N
16	Yangpyeong	-	N
17	Yeoju	red pepper	S
18	Yeoncheon	-	N
19	Yongin	red pepper, eggplant, pumpkin, cucumber	S

^a Not detected; ^b Southern part of Gyeonggi area; ^c Northern part of Gyeonggi area.

<IspI from mtCOI genes>

<HinI from 16S rRNA genes>

Fig. 1. PCR analysis of mtCOI and 16S rRNA in *B. tabaci*. Genomic DNA was extracted from a *B. tabaci* adults collected from 12 sites in Gyeonggi area.

Fig. 2. Phylogenetic relationships of *B. tabaci* populations based on a fragment of the mitochondrial COI (left) and 16S rRNA (right) sequences. Mitochondrial COI sequences of *B. tabaci* were compared with other *B. tabaci* biotype sequences to generate phylogenetic trees according to the Bayesian method.

지에서 발견, 보고된 이후 국내에서 발견되었다는 보고가 없었으나 2010년 고양시에서 수집한 담배가루이가 biotype B로 재확인된 것이다. 고양시와 인근지역인 파주와 김포시 등에서 biotype Q의 담배가루이만 확인된 것은 고양시에서 확산된 이후 생태형이 바뀌었거나, 타 지역으로부터 biotype Q의 담배가루이가 새롭게 유입되었을 가능성이 있다. 고양시 포인세티아 농가에서 유일하게 biotype B의 담배가루이가 확인된 것은 1998년 처음 유입되었던 개체군들이 지금까지 유지되어 왔을 가능성이 높으나, 새로운 biotype B의 개체군들이 외국으로부터 다시 유입되었을 가능성도 배제할 수 없어 향후 이 부분에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

담배가루이의 TYLCV 보독여부를 조사하기 위해 채집곤충 및 기주식물의 total DNA에 대해 PCR을 이용한 염기서열 분석과 southern hybridization 분석 결과 모든 지역에서 TYLCV는 검출되지 않았다(데이터 미삽입).

약제반응

경기지역의 경우 1998년 고양시에 처음 biotype B의 담배가루이가 보고된 이래 15년이 된 지금 수많은 방제작업의 결과로 이 개체군들이 살충제에 대하여 어떻게 저항성을 갖고 있는지에 대한 조사는 보고된 바가 없다. 본 연구에서는 생태형이 다르거나 비교적 발생량이 많았던 5개 지역에서 채집한 6개체군

의 담배가루이 성충의 국내시판 가루이류 방제용 살충제의 살충활성을 검정하였다(Table 2).

고양지역에서 채집한 biotype B 개체군에 대하여 acetamiprid WP(8%), acetamiprid + ethofenprox WP(2.5+8%), acetamiprid + indoxacarb WP(4+5%), bifenthrin + imidacloprid WP(2+8%), chlothianidin SC(8%), thiamethoxam GP(10%)와 같이 네오니코티노이드계 유효성분을 단제나 합제로 하는 약제의 경우 100%에 가까운 높은 살충활성을 보였다. 하지만 같은 고양지역을 포함하여 다른 5개 지역에서 채집한 biotype Q 개체군에 대해서 이들 약제들은 대부분 50% 전후의 낮은 살충활성을 보였으며, 같은 약제에 대해서도 지역간에 다소 높은 차이의 약제반응을 보였다. 따라서 경기지역에서 채집한 담배가루이의 경우 생태형이 biotype Q로 바뀌는 과정에서 기존 살충제에 대한 내성을 획득했거나 내성을 획득한 새로운 biotype Q의 담배가루이가 유입된 것으로 사료된다.

담배가루이의 성충이나 미성숙 약충 모두 구침을 이용해 식물조직을 뚫고 체관부를 섭식한다. 이러한 습성을 이용하여 살충제에 대한 biotype간 흡즙행동을 EPG 파형을 통해 비교해 본 결과, biotype B의 경우 biotype Q보다 acetamiprid, spinosad, thiamethoxam 3종의 살충제를 빠르게 감지하여 섭식을 탈함으로써 결국 감수성이 높았다는 보고가 있는데(Seo et al., 2007), 이는 본 시험의 결과를 뒷받침할 수 있다. 하지만 biotype Q가 B보다 체내에 유입된 살충활성 물질에 대하여 무독화시키는

Table 2. Mortality (%) of six *B. tabaci* populations collected in Gyeonggi area by various organic pesticides in recommended concentrations.

No.	Insecticide, formulation & active ingredient (%)	Mortality (%) (Biotype)					
		G ^a 1(B)	G2(Q)	A ^b (Q)	I ^c (Q)	P ^d (Q)	H ^e (Q)
1	Dinotefuran WP (10%)	100	100	95.0	97.6	97.6	88.4
2	Spinetoram SC (5%)	92.2	99.1	94.1	98.8	94.0	67.0
3	Spiromesifen SC (20%)	91.4	16.1	26.1	15.7	19.3	23.2
4	Acetamiprid WP (8%)	100	38.2	17.6	49.4	53.0	31.3
5	Emamectin-benzoate EC (2.15%)	98.3	82.7	95.0	84.3	83.1	93.8
6	Chlothianidin SC (8%)	100	11.8	8.4	21.7	6.0	12.5
7	Thiamethoxam GP (10%)	99.1	51.8	16.8	48.2	34.9	26.8
8	Pyridaben WP (20%)	97.4	100	93.3	63.9	86.7	72.3
9	Pyrifroxyfen EC (10%)	11.2	23.2	17.6	54.2	22.9	25.9
10	Acetamiprid + Ethofenprox WP (2.5+8%)	100	34.5	16.0	60.2	48.2	21.4
11	Acetamiprid + Indoxacarb WP (4+5%)	100	50.9	16.8	68.7	59.0	20.5
12	Gamma-cyhalothrin CS (1.4%)	12.9	20.9	21.4	23.2	22.9	30.4
13	Deltamethrin EC (1%)	32.8	37.3	23.5	26.8	34.9	27.7
14	Novaluron SC (10%)	6.0	13.6	21.0	12.5	19.3	16.1
15	Bistrifluron EC (10%)	11.2	7.3	32.8	12.9	36.1	8.0
16	Bifenthrin + Imidacloprid WP (2+8%)	100	57.3	34.5	31.3	95.2	43.8

^aGoyang, ^bAnseong, ^cIchon, ^dHwasung and ^ePyeongtaek.

능력이 향상되었을 가능성도 배제할 수 없다.

한편 dinotefuran WP(10%), spiromesifen SC(20%), emamectin-benzoate EC(2.15%), pyridaben WP(20%)의 경우는 시험한 모든 지역의 biotype Q 개체군에 대하여 80~100%의 높은 살충 활성을 나타내어 이 약제들을 이용해 우선적으로 방제하되 교호적으로 살포함으로써 효율적인 방제는 물론 저항성 유발을 최대한 억제해야 할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2010~2011년 농촌진흥청 공동연구사업인 돌발 및 주요해충 국가 예찰망 구축연구 과제(PJ9071872012)의 지원을 받아 수행한 결과입니다.

Literature Cited

- Ahn, G.S., Lee, K.Y., Choi, M.H., Kim, J.W., Kim, G.H., 2001. Effect of temperature and host plant on development and reproduction of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Kor. J. Appl. Entomol. 40: 203-209.
- 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.
- Choi, Y.M., Kim, G.H., 2004. Insecticidal activity of spearmint oil against *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* adults. Kor. J. Appl. Entomol. 43: 323-328.
- Chu, D., Zhang, Y.J., Cong, B., Xu, B.Y., Wu, Q.J., 2004. The invasive mechanism of a world important pest, *Bemisia tabaci* biotype B. Acta Ent. Sinica 47: 400-406.
- Dellaportia, S.L., Wood, J., Hicks, J.B., 1983. A plant DNA preparation: Version II. Plant Mol. Biol. Rep. 1: 19-21.
- Edgar, R.C., 2004. MUSCLE: a multiple sequence alignment method with reduced time and space complexity. BMC Bioinformatics 5: 113.
- Helmi, A., 2011. Host-associated population variations of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) characterized with random DNA markers. Int. J. Zool. Res. 7: 77-84.
- Kim, C.G., Lee, S.M., Jeong, H.K., Jang, J.K., Lee, C.K., 2009. Impacts and Countermeasures of Climate Change in Korea Agriculture. Research Report. Korea Rural Economic Institute. 256pp.
- Kim, H.Y., Lee, Y.H., Kim, J.H., Kim, Y.H., 2008. Comparison on the capability of four predatory mites to prey on the eggs of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Kor. J. Appl. Entomol. 47: 429-433.

- Kiritani, K., 2006. Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Pop. Ecol.* 48: 5-12.
- Lee, H., Song, W., Kwak, H., Kim, J., Park, J., Auh, C., Kim, D., Lee, K., Lee, S., Choi, H., 2010. Phylogenetic analysis and inflow route of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) and *Bemisia tabaci* in Korea. *Mol. Cells* 30: 1-10.
- Lee, M.H., Kang, S.Y., Lee, S.Y., Lee, H.S., Choi, J.Y., Lee, G.S., Kim, W.Y., Lee, S.W., Kim, S.G., Uhm, K.B., 2005. Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. *J. Econ. Entomol.* 44: 169-175.
- Lee, M.L., Ahn, S.B., Cho, W.S., 2000. Morphological characteristics of *Bemisia tabaci*(Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and discrimination of Their biotypes in Korea by DNA makers. *Kor. J. Appl. Entomol.* 39: 5-12.
- Lee, S., Stenger, D.C., Bisaro, D.M., Davis, K.R., 1994. Identification of loci in *Arabidopsis* that confer resistance to geminivirus infection. *The Plant journal: for cell and molecular biology* 6: 525.
- Lee, Y.S., Lee, S.Y., Park, E.C., Kim, J.H., Kim, G.H., 2002. Comparative toxicities of pyriproxyfen and thiamethoxam against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 5: 117-122.
- Moon, S.R., Son, B.K., Yang, J.O., Woo, J.S., Yoon, C.M., Kim, G.H., 2010. Effect of electron-beam irradiation on development and reproduction of *Bemisia tabaci*, *Myzus persicae*, *Plutella xylostella* and *Tetranychus urticae*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 49: 129-137.
- Ronquist, F., Huelsenbeck, J.P., 2003. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19: 1572-1574.
- Seo, M.J., Yang, J.O., Yoon, C.M., Yoon, Y.N., Kim, G.H., 2007. Differentiation in feeding behaviour of biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) against three insecticides. *Kor. J. Appl. Entomol.* 46: 401-408.
- Simon, C., Frati, F., Beckenbach, A., Crespi, B., Liu, H., Flook, P., 1994. Evolutionary, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequence and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87: 651-701.
- Tamura, K., Dudley, J., Nei, M., Kumar, S., 2007. MEGA 4: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0. *Mol. Biol. Evol.* 24: 1596-1599.
- Yang, J.O., Kim, E.H., Yoon, C.M., Ahn, K.S., Kim, G.H., 2009. Comparison of feeding behavior of B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) against red pepper and tomato varieties. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48: 179-188.
- Yoon, Y.J., Yu, Y.M., Lee, M.H., Han, E.J., Hong, S.J., Ahn, N.H., Kim, Y.K., Jee, H.J., Park, J.H., 2010. Characterization of *Lecanicillium lecanii* Btab01 isolated with bioactivities to tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*). *J. Econ. Entomol.* 49: 417-422.