

장미과 과수 5종의 해충 피해 과실에서 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이 유충의 구성비

양창열* · 김동환 · 김형환 · 강택준 · 조영식

농촌진흥청 국립원예특작과학원

Distribution Ratios of *Grapholita molesta* and *G. dimorpha* Larvae in Pest-damaged Fruits of Five Rosaceae Fruit Trees

Chang Yeol Yang*, Dong Hwan Kim, Hyeong Hwan Kim, Taek Jun Kang and Young Sik Cho

National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

ABSTRACT: The congener and sympatric species, *Grapholita molesta* (Busck) and *G. dimorpha* Komai, are economically important pests against various Rosaceae fruit trees in Korea. In this study, we identified the species from the larvae of these two insects collected from damaged fruits of peach, plum, apple, pear, and quince by using a molecular diagnostic method and compared the distribution ratios of the two species within the fruits of each of these trees. Most (99.7%) of the larvae collected from peach fruits were identified as *G. molesta*, while all of the larvae found in plum fruits were *G. dimorpha*. Both species were found in the other three fruits, but *G. molesta* was significantly dominant in pear fruits. *G. dimorpha* was more abundant in apple and quince fruits, without any significant difference between the distribution ratios of two insects. The results suggest that development of further realistic strategies is necessary for the management of these two pests in Korean orchards.

Key words: Rosaceae fruit trees, Fruit damage, *Grapholita molesta*, *Grapholita dimorpha*, Dominant species

초 록: 동소동속종인 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이는 우리나라에서 여러 가지 과수의 주요 해충으로 알려져 있다. 본 연구에서 우리는 장미과(Rosaceae) 과수인 복숭아나무, 자두나무, 사과나무, 배나무, 모과나무의 과실을 가해하는 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이 유충을 채집하여 분자동정법을 이용하여 종을 동정하여 과종별로 두 종의 분포 비율을 비교하였다. 유충을 동정한 결과, 복숭아 과실을 가해하는 종은 거의 대부분 복숭아순나방이었던 반면, 자두 과실을 가해하는 것은 모두 복숭아순나방붙이인 것으로 나타났다. 사과, 배, 모과 과실은 두 종이 상당하는 비율로 같이 분포하였는데, 사과와 모과에서는 복숭아순나방붙이에 의한 피해가 상대적으로 많았으나 유의한 우점은 발견되지 않았고, 배 과실에서는 복숭아순나방이 유의하게 우점하여 분포하였다. 이 결과들은 과수원에서 이 해충들의 합리적인 관리전략을 수립하는데 유용할 것이다.

검색어: 장미과 과수, 과실 피해, 복숭아순나방, 복숭아순나방붙이, 우점종

복숭아순나방(*Grapholita molesta* Busck)은 세계적으로 분포하며 복숭아(*Prunus persica* (L.) Batsch), 사과(*Malus domestica* Borkh.), 배(*Pyrus pyrifolia* var. *culta* (Burm.f.) Nakai)의 주요 해충으로 간주되고 있으며(Myers et al., 2006; Najjar-Rodriguez et al., 2013), 복숭아순나방붙이(*Grapholita dimorpha* Komai)

는 극동아시아에만 분포하며 사과, 자두(*Prunus salicina* Lindl), 모과(*Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne) 등을 가해하는 것으로 알려져 있다(Komai, 1979; Yan et al., 1999; Beljaev and Ponomarenko, 2005). 현재 우리나라에서도 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이는 복숭아, 자두, 사과 과수원에서 과실을 직접 가해하는 경제적으로 매우 중요한 해충들이다(Choi et al., 2009; Ahn et al., 2013). 지난 연구에서 우리는 이 두 유사종의 유충을 정확히 구분할 수 있는 분자동정법을 개발하였고, 그 기술을 이용하여 복숭아 과실을 가해하는 것은 대부분 복숭아순

*Corresponding author: cyyang@korea.kr

Received July 5 2016; Revised July 26 2016

Accepted August 22 2016

나방이며 자두 과실을 가해하는 것은 대부분 복숭아순나방붙이임을 확인하였다(Ahn et al., 2013). 그러나 자두나무 생육초기에 복숭아순나방붙이가 어느 부위를 가해하는지 아직 명확하지 않으며, 사과에서는 경북지역에 국한되어 이 해충들의 과실 내 분포가 조사되어 있다(Choi et al., 2009). 더욱이 배나무와 모과나무에서 이 해충들에 대한 직접적인 피해 조사 결과가 아직 없는 실정이다.

현재 우리나라 사과, 배, 복숭아 과수원에서 과실을 가해하는 심식나방류의 방제전략은 복숭아순나방을 중심으로 수립되어 있다(Yang et al., 2003; Kim et al., 2004; Jung and Kim, 2008). 그러나 유사종인 복숭아순나방붙이가 국내 과수원에서 발생한다는 것이 밝혀진 이상 이 전략은 현실에 맞게 개선되어야 한다. 그것을 위해서는 과수해충 종합관리 전략 수립의 핵심 대상인 심식나방류의 정체를 명확하게 구명하는 것이 선행되

어야 한다. 따라서 본 연구에서는 현재 우리나라에서 재배되고 있는 장미과(Rosaceae) 과수인 복숭아나무, 자두나무, 사과나무, 배나무, 모과나무의 과실을 가해하는 복숭아순나방류 유충을 채집한 후 분자동정법으로 종을 구분하여 과종별 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이의 분포 비율을 분석하였다.

재료 및 방법

유충 채집과 종 동정

2014년부터 2016년에 걸쳐 복숭아나무, 자두나무, 사과나무, 배나무, 모과나무에 달린 과실 중에서 가해 중인 심식나방류 유충이 배설한 것으로 추정되는 분비물이 있는 것들을 채집하였다. 각 과종별 채집 시기와 장소는 Table 1과 같다. 채집해

Table 1. Numbers and distributions ratios of *Grapholita molesta* and *G. dimorpha* larvae collected from peach, plum, apple, pear, and quince fruits during 2014-2016

Host plant	Site	Date collected	Species		t value	df	P value
			<i>G. molesta</i>	<i>G. dimorpha</i>			
Peach	Cheongdo	1 Sept 2015	9	0	41.85	6	<0.0001
	Jeonju	15 Sept 2015	29	0			
	Icheon	17 Sept 2015	93	1			
	Jeonju	22 Sept 2015	9	0			
	Total No. (%)		140 (99.7)	1 (0.3)			
Plum	Hwasun	6 June 2016	0	23	-	-	-
	Jeonju	7 June 2016	0	9			
	Icheon	8 June 2016	0	6			
	Gimcheon	10 June 2016	0	201			
	Jeonju	13 June 2016	0	21			
Total No. (%)		0 (0)	260 (100)				
Apple	Yecheon	13 Aug 2015	15	17	-1.66	10	0.1274
	Mungyeong	13 Aug 2015	0	13			
	Jeonju	20 Aug 2015	8	3			
	Geochang	26 Aug 2015	19	103			
	Jangsu	9 Sept 2015	3	216			
	Icheon	17 Sept 2015	14	5			
Total No. (%)		59 (35.0)	357 (65.0)				
Pear	Suwon	24 Sept 2014	9	0	5.81	6	0.0011
	Uiseong	13 Aug 2015	23	5			
	Naju	25 Aug 2015	95	0			
	Cheonan	2 Sept 2015	34	10			
Total No. (%)		161 (89.9)	15 (10.1)				
Quince	Cheongyang	8 Oct 2014	0	49	-1.04	6	0.3390
	Jeonju	21 Aug 2015	10	31			
	Naju	1 Oct 2015	40	6			
	Jeonju	5 Oct 2015	21	35			
Total No. (%)		71 (37.2)	121 (62.8)				

온 과실을 칼로 잘라 그 속에 있는 유충을 핀셋으로 꺼내어 개체별로 마이크로 튜브 속에 담았다. 튜브에 담긴 유충 시료는 바로 DNA를 추출하거나(Ahn et al., 2013), 추출할 때까지 냉동고(-20℃)에 보관하였다. 채집된 유충의 종은 추출된 DNA의 미토콘드리아 cytochrome oxidase I 유전자에 대해 개발된 종특이 분자표지를 사용하여 PCR 반응과 전기영동 밴드로 동정하였다(Ahn et al., 2013).

통계분석

하나의 과실 종류에서 두 해충 종의 발생 차이는 *t*-test ($\alpha=0.05$)로 비교하였다(SAS Institute, 2010). 분석 자료로는 채집시기별로 각 해충 종이 차지하는 비율을 정규화하기 위해 변환한 arcsine값을 이용하였고, 한 채집시기를 한 반복으로 하였다. 결과는 채집된 수와 평균 비율로 표시하였다.

결과

2015년 9월에 청도, 전주, 이천에서 채집한 복숭아 과실에서는 총 141마리의 유충이 발견되었는데, 이천에서만 1마리가 복숭아순나방붙이로 확인되었고 대부분(99.7%)이 복숭아순나방 유충으로 확인되어 조사된 지역 모두에서 복숭아순나방이 우점한 것으로 조사되었다.

한편, 2016년 6월에 화순, 전주, 이천, 김천에서 채집된 자두 과실에서는 총 260마리가 발견되었는데, 모든 유충이 복숭아순나방붙이인 것으로 밝혀졌다.

2015년 8월과 9월에 사과 과실에서 채집된 두 종의 유충 수는 채집지역 따라 차이가 있었다. 전주와 이천에서는 복숭아순나방이 많았던 반면, 문경, 거창, 장수에서는 복숭아순나방붙이가 더 많았다. 6개 지역 자료들의 평균으로는 복숭아순나방붙이가 차지하는 비율이 더 높았으나 지역 간의 높은 편차로 인해 두 해충 종 사이에 유의한 분포 차이는 나타나지 않았다(Table 1).

2014년과 2015년의 가을에 배 과실에서 채집된 두 종의 유충 수를 살펴보면, 수원과 나주에서 채집된 유충은 모두 복숭아순나방이었고, 의성과 천안에서는 두 종이 모두 발견되었으나 복숭아순나방의 밀도가 더 높아 조사된 모든 지역에서 복숭아순나방이 우점한 것으로 나타났다.

2014년과 2015년의 가을에 모과 과실에서 채집된 두 종의 유충 수는 채집지역에 따라 차이가 있었다. 청양에서 채집된 유충은 모두 복숭아순나방붙이였고, 두 번 채집된 전주에서는 두 종 모두 발견되었으나 복숭아순나방붙이가 더 많았다. 그러나

나주에서는 복숭아순나방이 더 많았다. 네 번 채집의 평균으로는 두 종의 발생 간에 통계적 유의성은 없었다.

고찰

이번 연구를 통해, 전국의 주요 과수 재배지역에서 조사된 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이의 과실 피해에 관한 자료는 이 해충들의 기주 선호성과 방제전략 수립에 대한 유용한 정보를 제공해 준다. 이전 연구에서 7월 하순~8월 하순에 수원, 화성, 음성의 복숭아원에서 발견된 과실 피해가 대부분 복숭아순나방에 의한 것으로 조사되었다(Ahn et al., 2013). 이에 더해 본 연구에서 9월 중 조사된 청도, 전주, 이천의 복숭아원에도 복숭아순나방이 피해 과실에서 우점하는 것으로 확인되어, 국내 중서부와 남동부를 포함한 국내 복숭아 재배지에서 복숭아순나방이 과실 발육기간 중 과실 피해를 일으키는 주 해충으로 추정되었다. 자두나무의 경우, 지난 연구에서 자두 과실 생육 후기인 7월 하순과 8월 중순 사이 화성과 김천에서 과실 피해의 대부분이 복숭아순나방붙이에 의한 것임이 확인되었다(Ahn et al., 2013). 이번 연구에서는 자두 생육초기인 6월 상중순에 남부의 화순을 포함하여 중부 및 중서부 지역에서 조사되었는데, 복숭아순나방붙이만이 과실 피해의 원인으로 나타났다. 현재까지의 결과로 복숭아순나방붙이는 자두 과실 생육기간 전체를 통해 과실 내에서 우점하면서 가해하는 것으로 추정되었다.

두 해충 종이 복숭아와 자두 과실에서 각각 우점하는 이유에 대해서는 아직 불확실하다. 복숭아나무와 자두나무는 앵두나무아과(*Prunoideae*) *Prunus* 속(genus)에 공통적으로 속하지만, 아속(subgenus) 수준에서 복숭아나무가 *Amygdalus* 아속으로, 자두나무가 *Prunus* 아속으로 분류되었거나(Krussman, 1986; Mowery and Werner, 1990), 최근에는 두 종 모두 *Prunus* 아속으로 분류하고, 그 안에서 복숭아나무를 section *Persicae*, 자두나무를 section *Prunocerasus*로 분류하여(Shi et al., 2013), 두 과수 종이 유연관계가 높으면서도 명백하게 독립된 종들이 제시되어 왔다. 따라서 두 과수 종 사이에 두 *Grapholita* 해충 종들의 먹이 선호성을 결정하는 요인이 존재할 수 있을 것으로 추측된다. 앞으로 두 해충 종의 분포 기작을 밝히기 위하여 해충 먹이 선호성과 관련된 연구를 진행하는 것이 필요하다.

장미과(*Rosaceae*) 배나무아과(*Maloideae*)에 속하는 사과나무, 배나무, 모과나무의 과실에 대한 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이의 분포 비율은 기주식물과 채집지역에 따라 다양하면서 두 해충 모두에 의해 피해를 받았다. 단 배 과실에서는 복숭아순나방이 유의하게 우점하였고, 다른 두 과실에서는 우점 종이 뚜렷하게 나타나지 않았다. 이것은 이들 기주식물의 재배

적인 환경과 밀접하게 관련이 있을 것으로 가정된다. 사과나무는 주간과 야간의 기온 차이가 큰 산간지역에서 재배하는 것이 적합한 것으로 알려져 있는데(Kim et al., 2009), 사과의 재배적 지인 문경, 거창, 장수에서 채집한 사과 피해과실은 대부분 복숭아순나방붙이에 의한 것이었다. 배나무의 경우에는 주산지가 천안과 나주 등 평야지역인데, 이들 지역에서 채집된 배 과실은 복숭아순나방붙이에 의한 것보다는 복숭아순나방에 의한 것이 더 많았다. 이와 같이 사과와 배 과실의 피해는 두 해충 중 모두에 의해 발생하지만, 사과 재배 적지에서는 복숭아순나방붙이가 더 우점하는 반면, 배 주산지에서는 복숭아순나방의 피해가 더 많다고 볼 수 있다. 그러나 Choi et al. (2009)이 경북 군위와 의성에서 9월에 채집한 사과 피해과실에서 우화한 수컷 성충 33마리를 뒷날개 모양의 차이를 기준으로 두 종을 동정한 결과, 복숭아순나방이 22마리, 복숭아순나방붙이가 11마리로 복숭아순나방이 더 우점한다고 보고한바 있다. 따라서 다양한 동정기술을 활용하여 우리나라 전역에서 두 해충 종에 의한 사과 과실의 피해 현황에 대한 종합적인 조사가 필요하다.

모과나무의 경우에는 재배적지에 대한 특별한 정보가 없고 거의 전국적으로 소면적에 재배되고 있다. 모과 과실에 대한 피해는 지역에 따라 차이가 있어 배 주산지인 나주에서는 복숭아순나방에 의한 피해가 더 많았다. 그러나 과수 주산지가 아닌 청양에서는 복숭아순나방붙이만이 피해를 주었다. 이와 같이 모과나무에서는 주변의 기주식물에 따라 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이의 가해 양상이 달라진다고 볼 수 있다.

이전 연구에서 복숭아나무와 자두나무의 신초를 가해하는 것은 모두 복숭아순나방 유충인 것으로 확인되었다(Ahn et al., 2013). 한편, 이번 조사에서 복숭아나무, 사과나무, 배나무의 생육초기에 어린 과실을 가해하는 복숭아순나방 유충을 발견하지 못하였다. 이것은 복숭아순나방 암컷 성충들이 어린 과실보다는 신초에 산란하는 것을 더 선호하기 때문인 것으로 추정된다. 교미한 암컷 나방이 산란할 기주 식물의 위치를 찾을 때 주로 후각 단서를 이용한다는 사실은 잘 알려져 있다(Honda, 1995). 복숭아나무, 사과나무, 배나무가 인접해 있는 재배환경에서, 복숭아순나방의 암컷 성충은 생육초기에는 복숭아나무의 신초에서 방출되는 휘발성 물질에 유인되어 그 곳에 주로 산란하는 반면, 생육후기에는 성숙하는 사과와 배 과실에서 방출되는 유인 물질로 인해 과실에 산란하는 것으로 더 선호하는 것으로 알려져 있다(Myers et al., 2006; Pinero and Dorn, 2009; Najar-Rodriguez et al., 2013).

이상의 관찰 결과들로부터, 복숭아순나방 유충은 과수 생육 초기에 복숭아나무, 사과나무, 배나무, 모과나무의 신초를 주로 가해하며 다음 세대 유충부터는 과수 생육이 진행됨에 따라

성숙하는 복숭아, 사과, 배, 모과 과실을 가해하는 것으로 가정된다. 한편, 복숭아순나방붙이 유충의 경우에는 과수 생육초기부터 주로 자두나무의 과실을 가해하며 자두 수확이 끝난 후에는 성충이 인접해 있는 사과, 배, 모과나무로 이동하여 이들의 과실에 산란하는 것으로 가정된다. 따라서 앞으로 시기별 해충 종의 식물체 내 분포와 이동, 식물체 발육단계별 해충 종의 먹이 선호성을 자세히 연구하여 동소동속종이면서 먹이를 공유하는 두 해충 종의 생활사 전략을 밝히는 연구를 진행할 필요가 있다. 마지막으로, 본 연구 결과의 과실 종에 따른 두 해충 종의 분포 비율의 차이와 가정된 섭식 전략을 고려하면, 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이의 방제전략은 과수 작목에 따라 별도로 수립되어야 할 뿐만 아니라 인접한 다른 과수원의 식생을 충분히 고려하여 개선되어야 할 것으로 보인다.

사 사

시험곤충 채집과 분자동정 실험을 도와준 권해경 연구원과 임유리 연구원께 감사 드립니다. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구과제 ‘복숭아순나방 발생예측 및 교미교란 방제기술 개발’(과제번호 PJ01021301)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Literature Cited

- Ahn, S.-J., Choi, K.-H., Kang, T.J., Kim, H.H., Kim, D.-H., Cho, M.R., Yang, C.Y., 2013. Molecular diagnosis of *Grapholita molesta* and *Grapholita dimorpha* and their different occurrence in peach and plum. Korean J. Appl. Entomol. 52, 365-370.
- Beljaev, E.A., Ponomarenko, M.J., 2005. New lepidopterological finds (Lepidoptera: Gelechiidae, Tortricidae, Geometridae) in south of Russian Far East. Far East. Entomol. 155, 1-11.
- Choi, K.-H., Lee, D.-H., Byun, B.-K., Mochizuki, F., 2009. Occurrence of *Grapholita dimorpha* Komai (Lepidoptera: Tortricidae), a new insect pest in apple orchards of Korea. Korean J. Appl. Entomol. 48, 417-421.
- Honda, K., 1995. Chemical basis of differential oviposition by lepidopterous insects. Arch. Insect Biochem. 30, 1-23.
- Jung, S., Kim, Y., 2008. Comparative analysis to damage reduction of host plant by applying a mating disruptor of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* in two different cultivation environments of apple orchard. Korean J. Appl. Entomol. 47, 51-57.
- Kim, D.S., Boo, K.S., Jeon, H.Y., 2004. Evaluation of pheromone lure of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) and forecasting its phenological events in Suwon. Korean J. Appl. Entomol. 43, 281-289.
- Kim, S.-O., Chung, U., Kim, S.-H., Choi, I.-M., Yun, J. I., 2009.

-
- The suitable region and site for 'Fuji' apple under the projected climate in South Korea. Korean J. Agri. For. Meteorol. 11, 162-173.
- Komai, F., 1979. A new species of the genus *Grapholita* Treitschke from Japan allied to the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). Appl. Entomol. Zool. 14, 133-136.
- Krussmann, G., 1986. Manual of cultivated broad-leaved trees and shrubs Vol. III, Pru-Z. Timber Press, Portland/OR.
- Mowrey, B.D., Werner, D.J., 1990. Phylogenetic relationships among species of *Prunus* as inferred by isozyme markers. Theor. Appl. Genet. 80, 129-133.
- Myers, C.T., Hull, L.A., Krawczyk, G., 2006. Effects of orchard host plants on the oviposition preference of the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 99, 1176-1183.
- Najar-Rodriguez, A., Orschel, B., Dorn, S., 2013. Season-long volatile emissions from peach and pear trees *in situ*, overlapping profiles, and olfactory attraction of an oligophagous fruit moth in the laboratory. J. Chem. Ecol. 39, 418-429.
- Pinero, J.C., Dorn, S., 2009. Response of female oriental fruit moth to volatiles from apple and peach trees at three phenological stages. Entomol. Exp. Appl. 131, 67-74.
- SAS Institute. Statview. SAS Institute Inc., Cary; 2010.
- Shi, S., Li, J., Sun, J., Yu, J., Zhou, S., 2013. Phylogeny and classification of *Prunus sensu lato* (Rosaceae). J. Integr. Plant Biol. 55, 1069-1079.
- Yan, S., Liu, Y., Li, M., 1999. *Grapholita dimorpha*-a new record pest damaging fruit trees of China. For. Pest Dis. 18, 15-16.
- Yang, C.Y., Han, K.S., Jung, J.K., Boo, K.S., Yiem, M.S., 2003. Control of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption with sex pheromone in pear orchards. J. Asia Pac. Entomol. 6, 97-104.