

일장 및 온도가 꼬마배나무이(*Psylla pyricola* Foerster)의 계절형 형성에 미치는 영향 및 두 계절형의 산란수

Effects of Photoperiod and Temperature on Formation and Fecundity of Two Seasonal Forms of *Psylla pyricola* (Homoptera: Psyllidae)

안장현¹ · 임명순² · 김동순²

Jaung-Heon AN¹, Myoung-Soon YIEM², Dong-Soon KIM²

ABSTRACT *Psylla pyricola* population from Suwon (37°16' N) begins to enter diapause by exposure to a photoperiod of 14 hr light. Over 93% of adults were induced to enter diapause when exposed to 13 hr light period, and at 18 and 25°C, the critical photoperiod was not influenced. When the photoperiod was switched during the nymphal stage from 16L to 10L, no morph change was occurred in the 4th and 5th instars. Average number of eggs laid per female was 486.2 in winter form adult and 387.2 in summer form adults, and average oviposition periods were 34 and 24 days, respectively.

KEY WORDS Psyllidae, *Psylla pyricola*, polymorphism, diapause

초 록 광 및 온도가 꼬마배나무이의 겨울형성충(월동형) 발생에 미치는 영향을 조사한 결과 수원지역(북위 37°16')의 꼬마배나무이 개체군은 광길이가 14시간일 때 부터 겨울형성충이 출현하였으며 광길이가 13시간일 때 93% 이상의 겨울형성충이 발생하였다. 또한 18°C, 25°C의 두 온도조건에서 겨울형성충 발생에 차이가 없었다. 꼬마배나무이의 각 발육단계별로 단일조건에 처리한 결과 1, 2령기에 처리된 것은 각각 67.2, 54.4%가 겨울형으로 되었고, 3령기는 9.3% 였으며 4령기부터는 영향을 받지 않았다. 꼬마배나무이의 평균산란수는 겨울형성충이 486.4개, 여름형성충이 387.2개 이었으며, 산란기간은 각각 34일과 24일 이었다.

검색어 나무이과, 꼬마배나무이, 다형형태, 휴면

우리나라에서 꼬마배나무이는 약충과 성충이 배나무의 어린잎, 꽃봉오리, 신초, 과실 등을 흡즙하고 또한 감로를 분비하여 그을음병을 유발시키므로 배과실의 상품가치를 떨어뜨리는 해충으로 알려져 있다(김 1996). 유럽과 북미 등 외국의 경우는 꼬마배나무이가 마이코플라즈마병을 매개하여 서양배에 치명적인 피해(pear decline)를 주는 해충으로 알려져 있으며 쉽게 약제저항성을 획득하기 때문에 약제방제에 곤란을 겪고 있다 (Burts 1970, Mustafa와 Hodgson 1984, Foltett 등 1985, Beers 등 1993).

꼬마배나무이의 생태적 특징은 월동을 위한 겨울형과 생육기의 여름형 성충의 형태가 다르다는 점이다. 겨울형성충은 생식적인 휴면상태로 월동에 들어가며 체색이 흑갈색이고 앞날개 맥이 흑색으로 뚜렷한 반면

여름형성충은 체색이 연한 녹색으로 앞날개 맥이 뚜렷한 차이를 보이고 있다 (Wong과 Madsen 1967, Burts 1970). 이러한 형태적변화(다형형태, polymorphism)는 늦여름의 광길이가 영향을 미치는 것으로 현재까지 보고되어 있다. 유사종인 *Psylla pyri*는 광길이가 13.5시간 이하일 때 겨울형성충이 출현하는 것으로 알려져 있으며 (Bonnemaison과 Missonnier 1955), 꼬마배나무이는 임계광길이가 14시간, 13.5시간, 11시간 등 보고자 마다 차이를 보이고 있는데 (Wong과 Madsen 1967, Oldfield 1970, McMullen과 Jong 1976), 이 같은 차이는 위도차에 따른 꼬마배나무이의 적응전략이 다른 것으로 판단되고 있다 (McMullen과 Jong 1976). 또한 꼬마배나무이의 발육단계에 따라 광조건에 다르게 반응하며 3령기 이후 단일조건(13L: 11D)에 처리했을 경우

¹충북대학교(Chungbuk National University, Cheongju, 360-763, Korea)

²원예연구소(National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-310, Korea)

에는 겨울형으로의 변화에 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다 (Mustafa와 Hodgson 1984). 뿐만아니라 겨울형성충과 여름형성충의 산란수도 차이를 보이고 산란장소의 선택에 있어서도 겨울형성충은 단과지를 선호하는 반면 여름형성충은 잎을 선호하는 것으로 알려져 있다 (Butt와 Stuart 1986).

이와같이 꼬마배나무이의 계절형 형성은 지역에 따라 차이를 보이고 있으며 아직까지도 통일된 결론이 나와 있지 못한 실정이다. 또한 국내에서는 꼬마배나무이에 대한 연구가 거의 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구는 국내에서 발생되고 있는 꼬마배나무이에 대하여 계절적 다형형태에 관여하는 일장과 온도의 영향을 구명하고, 또한 겨울형성충과 여름형성충의 산란특성 차이를 알아보고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 꼬마배나무이(*Psylla pyricola* Foerster)는 원예연구소 원예환경과(수원시 탑동)에서 1995년 12월 분양받았으며, 배나무 신고품종 실생묘와 배나무 전정가지를 싹틔워 먹이로 이용하면서 20~28°C 실내 조건에서 증식하였다. Fye(1981)는 배나무이류 증식을 위하여 1년생 전정가지를 이용하였는데, 신고품종 실생묘의 경우도 사육하는 데 별 이상이 없었으므로 대부분의 실험은 실생묘를 이용하였다.

광조건이 꼬마배나무이의 겨울형성충 형성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 광길이를 10, 12, 13, 14, 16시간으로 차이를 두어 처리하였으며 또한 온도의 영향을 알아보기 위하여 18°C와 25°C 두 가지 온도조건에서 실험을 실시하였다. 각 처리마다 꼬마배나무이 60~70개체가 이용되었고 이는 비닐포트(직경 9 cm, 높이 10 cm)에 식재된 실생묘(대략 15~20 cm)에 암수 성충을 접종하여 산란시킨 후 필요한 숫자 만큼 남기고 제거하여 마련하였다. 이렇게 준비한 비닐포트를 바트(34.5×31.5 cm)에 넣어 물을 약 1 cm 채우고 아크릴상자(29.5×26.5×29.5 cm)를 씌워서 광과 온도가 설정된 항온기에 처리하였다. 겨울형성충과 여름형성충의 구분은 Mustafa와 Hodgson(1984)의 방법과 같이 채색, 시맥모습, 몸크기 등으로 판단하였다.

또한 휴면자극인 광길이에 반응하는 꼬마배나무이의 발육단계를 구명하기 위하여 위와같이 실생묘에 알을 접종한 후 장일조건으로 알려진 16L: 8D(25°C)에서 사육하다가 각각 1령, 2령, 3령, 4령 그리고 5령에 도

달했을 때 단일조건으로 판단된 10L: 14D조건(25°C)의 항온기에 옮겨 처리하였다. 모든 개체가 각 영기에 동시에 도달하지 않았으므로 늦게 탈피하거나 너무 일찍 탈피한 개체들은 제거하여 동일한 연령이 되도록 하였다.

겨울형성충 및 여름형성충의 산란수는 물에 적신 꽃꽂이용 스폰지(오아시스[®])에 싹을 틔운 1년생 전정가지를 꽃고 바트(22.5×28.5 cm)에 담아 아크릴상자(22.5×18.0×21.0 cm)로 씌우고 암수 한쌍씩을 접종하여 조사하였다. 여름형성충은 실내누대사육 개체를 이용하였고 겨울형성충의 경우는 원예연구소(수원시 이목동) 배과원에서 1996년 2월 채집하여 사용하였다. 각각 여름형과 겨울형성충 10쌍씩을 반복하였으며 실내 조건(18~25°C)에서 실시하였다.

결과 및 고찰

광 및 온도에 따른 꼬마배나무이의 겨울형성충 발생 정도는 Table 1과 같다. 광길이를 14시간 이하로 처리했을 때 겨울형성충이 출현하기 시작하였으며 13시간 이하일 때 93%이상 대부분이 겨울형 형태로 되었다. 수원(북위 37°16')과 비슷한 위도상에 있는 미국 캘리포니아 Danville(북위 37°50')지방 꼬마배나무이 개체군의 경우는 광길이가 14.5시간일 때 6%, 14시간일 때 58%, 그리고 13.5시간일 때 95%의 성충이 겨울형으로 되었다고 하였으며, 북위 33°50'되는 Wynola지방에서는 14시간 이하로 처리했을 때 96%의 겨울형성충이 출현하였다고 하였다 (Oldfield 1970). 또한 북위 50°되는 캐나다 British Columbia지방의 꼬마배나무이 개체군의 경우는 광길이를 13.5시간으로 했을 때 67%, 13시간일 때 100%의 개체가 겨울형으로 되었다고 하였다 (McMullen과 Jong 1976). 그러므로 본 실험에서 13.5시간의 광길이에 대한 검토는 하지 못하였으나 다른 지역과 비교해볼 때 우리나라 수원지방에서 꼬마배나무이의 휴면에 영향을 미치는 임계광길이는 대략 13.5시간 일 것으로 추정된다. 겨울형성충에 미치는 온도의 영향은 Table 1과 같이 18°C와 25°C에서 별 차이가 없었다. 보통 다른 곤충에서는 온도가 증가할 경우 휴면에 들어가기 위해서는 낮은 온도보다 더 긴 암기간이 필요한 것으로 알려져 있으나 (Colorado potato beetle, Danilyevsky 1965; Acronicta rumicis, Goryshin 1955) 꼬마배나무이는 온도에 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단된다 (Oldfield 1970, McMullen과 Jong

Table 1. Winter form adult formation in *Psylla pyricola* as influenced by photoperiod and temperature

Photoperiod (hours/day)	Temperature					
	18°C			25°C		
	n	No. winter form adult	%	n	No. winter form adult	%
10	62	60	96.8	54	53	98.1
12	59	57	96.6	52	50	96.2
13	64	60	93.4	60	57	95.0
14	55	3	5.5	49	2	4.1
16	61	0	0.0	57	0	0.0

1976). 또한 넓은 범위의 위도상에 분포하는 곤충의 경우는 위도가 5°증가함에 따라 임계광길이가 1에서 1.5시간씩 감소하는 경향을 보이는 것으로 보고되고 있으나(Beck 1968), 꼬마배나무이의 경우는 적용되지 않는 것으로 보인다. 즉 북위 50° 지역에서 임계광길이가 13시간이고 대략 37° 지역에서는 13.5시간으로 위도차이가 13°임에도 광길이 조건은 30분 밖에 차이가 나지 않기 때문이다.

휴면자극인 광길이에 반응하는 꼬마배나무이의 발육단계를 검토한 결과 Table 2와 같이 4령기 이후에는 광길이를 짧게 해도 영향을 주지 못했다. Mustafa와 Hodgson(1984)도 13L: 11D 조건에 4,5령기 약충을 처리하였을 경우 겨울형 형성에 영향을 미치지 않는다고 보고한 바 있다. 많은 나방류의 경우 휴면자극을 받는 시기가 알기간중 또는 앞세대의 특정한 발육단계 등 매우 복잡한 현상을 보이는 것으로 알려져 있으나(Tauber 등 1986) 꼬마배나무이는 비교적 단순하게 알부터 3령기 사이의 짧은 낮길이에 반응하는 것으로 판단된다.

꼬마배나무이의 계절형 별 산란특성을 조사한 결과 Table 3에서와 같이, 조산란수는 겨울형성충이 여름형성충 보다 약 100여개의 난을 더 산란하였고, 산란기간도 약 10일 정도 길었다. 우리나라에서 꼬마배나무이 겨울형성충이 2월 중순경부터 활동하기 시작하여 3월 상순에는 산란을 시작하므로(김 1996) 배나무 개화 전인 4월 상순까지 산란활동을 계속 할 수 있을 것으로 생각된다.

본 실험에서 추정된 꼬마배나무이 휴면에 미치는 임계광길이 13.5시간은 수원지방에서 대략 8월 19일에 해당된다. 이때 3령기 이전에 있던 개체들은 휴면자극을 받아 겨울형 형태로 될 수 있다고 가정할 수 있다. 8월하순에서 9월상순 평균온도가 25°C정도이고 3령기 이후 성충까지 발육기간이 약 11일(김 1996) 정도 되므로 적어도 9월상순에는 겨울형성충을 발견할 수 있

Table 2. Winter form adult formation in *Psylla pyricola* when various instar nymphs were exposed to light regime switched from long day(16L) to short day(10L)

Stage transferred from 16L to 10L	No. examined	No. winter form adult	%
1st instar	64	43	67.2
2nd instar	57	31	54.4
3rd instar	43	4	9.3
4th instar	32	0	0.0
5th instar	33	0	0.0

Table 3. Fecundity and oviposition periods(days) of winter and summer forms of *Psylla pyricola* at room temperature(18~25°C)

Seasonal form	Fecundity(No./female)		Oviposition periods	
	Avg.	Range	Avg.	Range
Winter	486.4	245-619	34.0	28-57
Summer	387.2	117-720	24.0	17-35

어야 한다. 그러나 김(1996)은 1993년에서 1995년까지 3년동안 배과원조사에서 9월하순부터 겨울형성충이 출현한다고 하였다. 이와같은 차이는 꼬마배나무이의 겨울형성충 형성은 광길이가 중요한 요인이지만 식물체의 먹이로써의 질도 관여되고 있는 것으로 이해된다(McMullen과 Jong 1976). 즉 신고품종 수확기가 10월 상순경이 되므로 8월하순에는 잎의 광합성 작용도 활발하고 잎상태도 양호하게 유지되기 때문에 겨울형성충의 출현시기가 늦어지는 것으로 추정된다. 그러므로 실험실내에서 얻어진 위의 결과는 실제 야외조건에서 재검토 되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

Beck, S. D. 1968. Insect photoperiodism. Academic Press, New York. 288pp.

- Beers, E. H., J. H. Brunner, M. J. Willett, and G. M. Warner. 1993. Orchard pest management. Good Fruit Grower, Yakima, Washington. 276pp.
- Bonnemaison, M., and Missonnier. 1955. Recherches sur le determinisme des formes estivales on hivernales et de la diapause chez psylle du poirier(*Psylla pyri* L.) Ann. Epiphyt. 4: 457-528.
- Burts, E. C. 1970. The pear psylla in Central Washington. Wash. Agric. Stn. Circ. 516.
- Butt, B. A., and C. Stuart. 1986. Oviposition by summer and winter forms of Pear *psylla*(Homoptera: Psyllidae) on dormant pear budwood. Environ. Entomol. 15: 1109-1110.
- Danilyevsky. 1965. Photoperiodism and seasonal development in insects. Oliver & Boyd Ltd., Edinburgh. 283p.
- Follett, P. A., B. A. Croft, and P. H. Westigard. 1985. Regional resistance to insecticides in *Psylla pyricola* from pear orchards in Oregon. Can. Entomol. 117: 565-573.
- Fye, R. E. 1981. Method for rearing the Pear Psylla. J. Econ. Entomol. 74: 490-491.
- Goryshin. 1955. The relationships of light and temperature factors in the photopeiodic reaction of insects. Entomol. Obozrenie 34: 9-13.
- 김동순. 1996. 꼬마배나무이 생태와 방제. 연구와 지도 37: 32-23.
- McMullen, R. D., and C. Jong. 1976. Factors affecting induction and termination of diapause in Pear Psylla (Homoptera: Psyllidae). Can. Entomol. 108: 1001-1005.
- Mustafa, T. M., and C. J. Hodgson. 1984. Observations on the effects of photoperiod on the control of polymorphism in *Psylla pyricola*. Physiol. Entomol. 9: 207-213.
- Oldfield, G. N. 1970. Diapause and ploymorphism in California populations of *Psylla pyricola*(Homoptera: Psyllidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 68: 59-60.
- Tauber, M. J., C. A. Tauber, and S. Masaki. 1986. Seasonal adaptations of insects. Oxford University Press, New York. 422pp.
- Wong, T. T. Y., and H. F. Madsen. 1967. Laboratory and field studies on the seasonal forms of pear *psylla* in Northern California. J. Econ. Entomol. 60: 163-168.

(1996년 7월 2일 접수)