

고랭지 감자밭의 진딧물 월동기주 및 감자잎말림바이러스(PLRV) 보독진딧물의 시기별 변동

권민* · 김주일 · 김창석 · 이영규

농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소

Aphid Over-wintering Host Plants and Seasonal Transmission Rates of Potato Leafroll Virus by Aphids in the Highland Fields of Korea

Min Kwon*, Juil Kim, Changseok Kim and Yeonggyu Lee

Highland Agricultural Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Pyeongchang, 25342, Korea

ABSTRACT: Aphid is a typical vector that transfers various kinds of viruses to potatoes. Therefore, it is very important to control aphids moving into potato fields. We investigated the seasonal movement pattern of aphids and its virus transmission rates mainly in the three seed potato production regions at highland in Gangwon-do, Korea. In addition, we identified the aphid species with over-wintering eggs collected from barks or twigs of total 57 tree species around potato fields in winter season. The peak time of summer and winter migration of aphid was at the mid-June and the early October, respectively. A 2.8% of total aphid trapped in yellow water-pan trap was turned out PLRV-borne, and the virus transmission rate was 15.4% by *Myzus persicae* and 9.1% by *Macrosiphum euphorbiae*. PLRV-borne aphids started to flow in from the late May, and virus transmission rate of aphid trapped in mid-June was the highest with 10.4%. Totally 14 species of aphid eggs wintered in the 17 species of trees including *Acer pictum subsp. mono* and *Acer pseudosieboldianum* at the 11 sites. In particular, because it is not certain that *Betula platyphylla var. japonica* and *Yamatocallis hirayamae* do transmit potato virus, but they over-wintered in host plants distributed over a wide area, further research on transmission ability is necessary.

Key words: Aphid, Potato, Virus transmission, Overwintering host

초록: 진딧물은 감자에 다양한 바이러스병을 옮기는 대표적인 매개충이다. 따라서 감자밭으로 날아오는 진딧물을 방제하는 것은 매우 중요하다. 비래진딧물의 종류, 비래시기와 비래량, 바이러스 보독률 및 진딧물의 겨울철 월동기주를 구명하기 위하여 강원도 고랭지의 씨감자 생산지역 3곳을 중심으로 진딧물 비래양상을 조사하였고, 비래초기부터 6월 하순까지 날아오는 진딧물의 잎말림바이러스(PLRV) 보독 여부를 조사하였다. 또한 진딧물의 이동방향을 따라 57종의 수목류 가지와 수피를 채집하여 월동중인 진딧물 알의 존재 여부를 조사하였다. 강릉 왕산 지역과 홍천 내면 지역의 여름기주 비래최성기는 모두 6월 중순이었고 평창 횡계 지역은 5월 하순으로 나타났다. 겨울기주로 날아가는 비래최성기는 3개 지역 모두 10월 상순이었다. 비래진딧물의 2.8%가 PLRV를 갖고 있었으며, 진딧물 종류별 보독률은 복숭아혹진딧물 15.4%, 감자수염진딧물 9.1%였다. 시기별로는 5월 하순부터 PLRV 보독 진딧물이 비래하였고 6월 중순에 비래한 진딧물의 바이러스 보독률이 10.4%로 가장 높게 나타났다. 고로쇠나무(*Acer pictum subsp. mono* (Maxim.)), 당단풍나무(*Acer pseudosieboldianum* (Pax)) 등 17종의 수목류에서 진딧물알이 월동하였다. 월동 진딧물은 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*), 흡사마귀진딧물(*Phorodon humuli*) 등 14종으로 동정되었다. 특히 자작나무진딧물(*Betula platyphylla var. japonica*), 단풍알락진딧물(*Yamatocallis hirayamae*) 등은 아직까지 감자에서 바이러스를 옮기는지 여부는 알려진 바 없지만, 넓은 지역에 걸쳐 분포하는 기주식물에서 월동하기 때문에 앞으로 바이러스 매개 능력에 대한 연구가 필요하다.

검색어: 진딧물, 감자, 바이러스매개, 월동기주

*Corresponding author: mkwon@korea.kr

Received October 28 2018; Revised November 27 2018

Accepted November 29 2018

진딧물은 구침을 통하여 식물체의 즙액을 빨아 먹어 식물체에 직접적 피해를 주기도 하지만 흡즙 과정에서 식물체에 바이러스를 옮기는 간접적 피해도 매우 크다(Killick, 1979). 특히 감자, 고구마, 딸기 등 영양번식 작물의 바이러스 매개 피해가 대표적이다. 지금까지 알려진 진딧물의 종류는 4,702종으로서(Remaudiere and Remaudiere, 1997), 우리나라에서는 466종이 보고되었다(NIBR, 2017). 그 중에서 감자를 기주로 하는 진딧물은 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sulzer), 감자수염진딧물(*Macrosiphum euphorbiae* Thomas), 싸리수염진딧물(*Acyrtosiphon solani* Kaltenbach), 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover), 잠두진딧물(*Aphis fabae* Scopoli), 붉은테두리진딧물(*Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki) 등이다(Salazar, 1996). 이들의 대부분은 전 세계에 분포하며 많은 기주식물에 피해를 주는 광식성 해충이다.

이 가운데 복숭아혹진딧물은 감자, 배추를 비롯하여 총 66과 275종의 식물에 피해를 주는데, 성충과 약충이 주로 잎의 뒷면에서 흡즙하는 과정에서 감자잎말림바이러스(Potato leafroll virus, PLRV), 감자Y바이러스 등 100여종 이상의 바이러스병을 옮긴다(Blackman and Eastop, 1985). 특히 감자에서 PLRV를 영속적으로 옮기기 때문에 씨감자 채종포 생산지역에서는 이 진딧물의 발생을 막는 것이 매우 필요하다(Salazar, 1996). 진딧물의 생활사는 기주식물의 선택성에 따라서 기주전환종(Heteroecious species)과 기주비전환종(Monoecious species)으로 나눈다. 기주전환하는 진딧물은 전체 진딧물 가운데 약 10% 정도이며 대부분의 진딧물은 기주전환을 하지 않고 한 종류의 기주에서 일생을 보낸다(Saguez et al., 2013). 복숭아혹진딧물은 기주전환종의 대표적인 종류로서 겨울철에는 수목류 등의 겨울기주에서 알 형태로 월동하고 봄철부터 다양한 발작물로 이동하여 생활한다. 월동 후 부화한 알에서 태어난 간모(Fundatrix)는 단위생식을 통해 날개가 달린 유시충을 생산하여 여름기주로 이동한다(Dixon et al., 1993). 여름기주 특히 씨감자 채종포로 이동한 진딧물은 다양한 종류의 바이러스를 영속적으로 혹은 비영속적으로 매개함으로써 국가씨감자생산보급계획에 변수로 작용하기도 한다. 따라서 진딧물의 월동기주를 파악하고 계절별 기주전환 시기를 알아내어 적절한 방제 조치를 취하는 것은 건전한 씨감자 생산을 위해 매우 중요하다. 1982년에 수행한 평창군 씨감자 채종포 지역의 진딧물 월동기주 조사에서 4종의 진딧물이 월동하였다고 보고하였다(Shin et al., 1986). 감자잎말림바이러스(PLRV)를 매개하는 진딧물의 비래시기와 비래밀도에 대한 연구로서 1988~1990년 6월에 대관령 지역으로 날아오는 진딧물의 20.8%, 7월에는 11.8%가 보독진딧물(viruliferous aphid)이었으며, 보독진딧물 종류별로

는 복숭아혹진딧물 64.3%, 목화진딧물 10.7%, 감자수염진딧물 7.1%였다(Hahm and Choi, 1990). 2000~2001년에 걸쳐 동일한 지역에서 조사한 결과 비래진딧물의 10.1%, 2001년 비래진딧물의 11.0%가 PLRV를 보독하였고, PLRV 매개진딧물 중에서 복숭아혹진딧물은 20.0%, 싸리수염진딧물은 16.7%였으며 감자수염진딧물은 8.0%였다(Kwon et al., 2002).

강원도 고랭지는 우리나라 감자 생산의 중요한 부분을 차지하는 지역으로서 3,244 ha 면적에서 98,895톤의 여름감자를 생산한다(KREI, 2018). 해발이 높아서 진딧물 발생량이 타 지역에 비해 적은 관계로 기본식물 씨감자 생산기관(고령지농업연구소) 및 원원종·원종 씨감자 생산기관(강원도감자원종장)이 위치하고 있다. 우리나라의 최대 씨감자 재배지역인 강원도 평창, 홍천, 강릉 등의 고랭지에서는 1960년대 이후부터 상위단계 씨감자를 지속적으로 생산해서 감자재배 농가에 보급중 씨감자를 제공하고 있다. 그러나 최근 기후변화에 따른 온난화의 영향으로 이 지역에서 발생하는 진딧물의 종류와 밀도, 바이러스 보독률이 점차 변하고 있다(Kim et al., 2016). 따라서 씨감자 채종포가 운영되고 있는 강원 3개 시군의 고랭지 포장에 비래하는 진딧물의 발생소장과 진딧물 월동기주를 파악하고 평창 지역 비래진딧물의 바이러스 보독률에 대한 시기별 변동을 확인하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

고랭지 지역별 진딧물 유시충 비래량 조사

강원 고랭지에 위치한 3개 지역(평창군 대관령면, 홍천군 내면, 강릉시 왕산면)의 씨감자 채종포로 날아오는 진딧물 비래량은 황색수반을 이용해서 채집하였다. 감자밭 입구에 철제 황색수반(30 cm × 50 cm × 10 cm)을 지상 60 cm 높이에 설치한 후 깨끗한 물을 절반정도 채운 후 1주일 간격으로 황색수반에 빠진 진딧물을 그림빛으로 채집하여 75% 에탄올에 보관하였다. 조사는 월동 진딧물이 감자 등의 여름기주로 날아가는 5월 초순부터 다시 월동기주로 날아가는 11월 중순까지 수행하였으며, 광학현미경하에서 진딧물 종을 분류동정하여 시기별 및 진딧물 종류별 유시충의 비래량을 조사하였다.

진딧물 월동기주 조사

강원도 평창군 대관령 지역의 씨감자 채종포를 중심으로 동서방향(강릉, 정선, 삼척, 홍천, 횡성)으로 주요지점을 설정한 후 주요 도로 주변에 있는 수목류를 중심으로 진딧물 월동난을



Fig. 1. Collection sites of aphid egg from the bark or twigs of trees growing along main roads in Gangwon-do, 2017. Each site included 1-8 sampling locations that were spaced 1-3 km apart.

조사하였다(Fig. 1). 2017~2018년 동계기간(1~3월)에 수목류 57종의 수피와 가지를 채취하여 실험실에서 실체현미경(LEICA DFC-450)으로 진딧물 월동난을 조사하였다(Table 1). 채집한 월동난은 분자동정을 수행하였는데, 채집한 월동난은 분자동정을 수행하였는데, 핀셋을 이용하여 떼어낸 월동난을 PCR 튜브에 넣은 후 mtCO I 영역의 LCO1490과 HCO2198 프라이머 세트를 이용하여 유전자를 증폭하였다(Folmer et al., 1994). PCR 조건은 기존의 진딧물 분자동정에 사용한 조건과 같이 KOD-FX polymerase (TOYOBO, Osaka, Japan)를 이용하여 증폭하였다(Kim and Kwon, 2018). 증폭한 PCR 산물(약 750 bp)은 정제 키트(Qiaquick PCR purification kit, Qiagen, Hilden, Germany)

Table 1. List of 57 plants and 11 sites to collect aphid egg over-wintered in the bark or twigs

Scientific name	Korean name	Pyeongchang			Hongcheon		Hoengseong		Gangneung		Others	
		DG ^a	JB	YP	NM	SS	DN	AH	GJ	WS	IG	HJ
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	가래나무	○										
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.)	가죽나무					○	○	○				
<i>Quercus aliena</i> Blume	갈참나무	○		○				○				
<i>Diospyros kaki</i> Thunb.	감나무									○		
<i>Catalpa ovata</i> G. Don	개오동		○		○						○	
<i>Acer pictum subsp. mono</i> (Maxim.)	고로쇠나무	○			○						○	
<i>Lonicera maackii</i> (Rupr.)	괴불나무	○										
<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.	누리장나무									○	○	
<i>Ulmus davidiana var. japonica</i> (Rehder)	느릅나무	○			○							
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.)	느티나무					○						
<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.)	다래	○			○							
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax)	당단풍나무	○	○					○		○		○
<i>Zyphus jujuba var. inermis</i> (Bunge)	대추나무		○	○				○				
<i>Aralia elata</i> (Miq.)	두릅나무	○	○	○	○				○	○		
<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	마가목	○										○
<i>Prunus mume</i> (Siebold)	매실나무			○				○	○			
<i>Chaenomeles sinensis</i> (Thouin)	모과나무								○			
<i>Hibiscus syriacus</i> L.	무궁화					○			○			
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance	물푸레나무	○		○				○				○
<i>Populus deltoides</i> Marsh.	미루나무		○	○					○			
<i>Betula schmidtii</i> Regel	박달나무	○								○	○	
<i>Pyrus pyrifolia var. culta</i> (Makino)	배나무							○	○	○		
<i>Magnolia denudata</i> Desr.	백목련		○								○	
<i>Salix koreensis</i> Andersson	버드나무				○			○				
<i>Prunus jamasakura</i> Siebold ex Koidz.	벚나무							○		○		
<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	보리수							○				
<i>Prunus persica</i> (L.)	복숭아		○					○	○	○		
<i>Weigela florida</i> (Bunge)	붉은병꽃나무	○										

Table 1. Continued

Scientific name	Korean name	Pyeongchang			Hongcheon		Hoengseong		Gangneung		Others	
		DG ^a	JB	YP	NM	SS	DN	AH	GJ	WS	IG	HJ
<i>Vaccinium spp.</i>	블루베리	○										○
<i>Malus pumila</i> Mill.	사과나무	○	○	○		○	○	○	○			○
<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.	산돌배나무	○			○							
<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge	산딸기	○								○		
<i>Prunus sargentii</i> Rehder	산벚나무	○	○									
<i>Morus bombycis</i> Koidz.	산뽕나무				○	○						
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	산사나무						○	○				
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> S. & Z.	산초나무										○	○
<i>Prunus armeniaca</i> var. <i>ansu</i> Maxim.	살구나무		○				○	○	○			
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	생강나무				○				○			
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	아까시나무	○			○		○		○	○		
<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.)	아로니아	○										
<i>Prunus tomentosa</i> Thunb.	앵도나무							○	○			
<i>Alnus japonica</i> (Thunb.)	오리나무	○	○		○							
<i>Rhus verniciflua</i> Stokes	옻나무		○				○					
<i>Ginkgo biloba</i> L.	은행나무	○							○			
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.)	읍나무		○	○								
<i>Chionanthus retusus</i> Lindl. & Paxton	이팝나무						○	○				
<i>Prunus salicina</i> Lindl.	자두나무	○	○					○				
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Miq.)	자작나무	○	○	○	○	○						
<i>Rosa hybrida</i> Hortorum	장미				○			○				
<i>Abies holophylla</i> Maxim.	전나무	○										
<i>Spiraea prunifolia</i> f. <i>simpliciflora</i> Nakai	조팝나무	○	○	○						○		
<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz.	진달래	○			○							
<i>Rosa multiflora</i> Thunb.	찔레꽃		○	○								
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim.	철쭉						○	○				
<i>Cornus controversa</i> Hemsl.	층층나무			○						○		
<i>Tilia amurensis</i> Rupr.	피나무	○						○				
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	헛개나무	○			○							

^aDG, Daegwallyeong; JB, Jinbu; YP, Yongpyeong; NM, Nammyeon; SS, Seoseok; DN, Dunnae; AH, Anheung; GJ, Gujeong; WS, Wangsan; IG, Imgye; HJ, Hajang.

를 사용하여 정제 후 염기서열을 분석하였다(Macrogen, Seoul, Korea). 염기서열 분석 결과는 BLASTN을 이용한 염기서열의 유사도 분석 결과에 따라 종을 동정하였다.

비래진딧물 유시충의 PLRV 보독률 조사

강원도 평창군 대관령면 소재 국립식량과학원 고령지농업 연구소 시험연구포장에 황색수반을 설치하고 4월 하순부터 6월

하순에 걸쳐 날아오는 진딧물 유시충을 대상으로 Kwon et al. (2002)의 방법으로 감자잎말림바이러스(PLRV) 보독 여부를 조사하였다. 매일 아침 10시와 오후 4시에 황색수반에 빠진 진딧물 중 살아있는 유시충을 채집하여 온실내에서 PLRV 지표 식물의 하나인 땅파리(*Physalis floridana*) 3~5엽기 앞에 접종하였다. 땅파리에 접종한 진딧물이 도망가지 못하도록 포트의 상단부 전체를 투명아크릴원통(ø 10 cm)으로 덮었고, 48~72시간 후에 진딧물을 땅파리로부터 수거하였다. 진딧물 접종 2~3

주 후에 땅파리에 나타나는 PLRV 증상을 육안으로 1차 조사하였고, 접종 4주 후에 ELISA (Enzyme linked immuno-sorbent assay, Buffers and Anti-PLRV purchased from AGDIA)로 땅파리 잎의 바이러스 감염여부를 최종 확인하였다.

결과

고랭지 지역별 진딧물 유사종 비례량

씨감자 채종포가 집중적으로 운영되고 있는 강원도 고랭지 3개 지역에 발생하는 진딧물 발생소장을 2017년 5월 초순부터 11월 중순까지 1주일 간격으로 조사한 결과 3개 지역 모두 두 번의 비례 최성기를 보였다(Fig. 2). 5월 하순부터 6월 중순까지 많은 발생량을 보이다가 기온이 높아지는 7월 상순부터 8월 중순까지는 발생량이 대폭 줄었다. 9월 중순부터 다시 월동기주로 날아가는 개체가 증가하면서 두 번째 비례 최성기를 나타내었다. 지역별로는 강릉 왕산 지역과 홍천 내면 지역의 여름기주 비례최성기는 모두 6월 중순이었고 평창 횡계 지역은 5월 하순으로 나타났다. 가을철의 비례최성기는 3개 지역 모두 10월 상순이었다. 진딧물 총비례량은 홍천 내면(4,557마리), 평창 횡계(3,227마리), 강릉 왕산(2,805마리) 순으로 많았으며, 복숭아혹진딧물과 감자수염진딧물 같은 영속형 바이러스 매개진딧물의 발생량도 같은 순서로 나타났다.

진딧물 월동기주

여름기주(감자, 배추 등)에서 겨울기주(주로 장미과 수목류)로 이동하여 월동하는 진딧물 종류를 알아보기 위하여 6개 시군의 11개 지역을 중심으로 각각 1~8종의 수목류 가지와 수피를 채취하여 실험실에서 월동중인 진딧물 알을 조사하였다. 그 결

과 고로쇠나무(*Acer pictum subsp. mono* (Maxim.)), 당단풍나무(*Acer pseudosieboldianum* (Pax)), 자작나무(*Betula platyphylla var. japonica* (Miq.)) 등 17종의 수목류에서 진딧물 월동알을 확인하였다(Table 2). 월동 진딧물알은 BLASTN으로 종동정하였는데, 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*), 흡사마귀진딧물(*Phorodon humuli*), 복숭아가루진딧물(*Hyalopterus pruni*), 자작나무진딧물(*Euceraphis betulae*), 붉은테두리진딧물(*Rhopalosiphum rufiabdominalis*) 등 14종이 월동하는 것으로 나타났다. 하나의 기주에 두 종의 진딧물 알이 월동하는 경우도 있었다. 산벚나무(*Prunus sargentii* Rehder)에는 흡사마귀진딧물과 붉은테두리진딧물이, 자두나무(*Prunus salicina* Lindl.)에는 흡사마귀진딧물과 복숭아가루진딧물이, 아로니아(*Aronia melanocarpa* (Michx.))에는 복숭아혹진딧물과 붉은테두리진딧물이 같은 나뭇가지에서 월동하는 것으로 나타났다.

비례진딧물 유사종의 PLRV 보독률

강원 고랭지 씨감자 재배단지에서 비례하는 진딧물의 PLRV 보독률을 조사하기 위하여 4~6월에 날아오는 진딧물을 황색수반으로 생포한 후 지표식물에 집중하여 육안조사 및 ELISA를 실시하였다. 그 결과 비례진딧물의 2.8%가 PLRV를 매개한 것으로 나타났다(Fig. 3). 진딧물 종류별로는 복숭아혹진딧물은 15.4%, 감자수염진딧물은 9.1%가 보독하고 있었다(Fig. 4). 또한 미동정 진딧물 265마리 중 7마리가 땅파리에서 PLRV 증상을 보였다. 시기별로는 5월 하순부터 PLRV 보독 진딧물이 비례하였고, 6월 중순에 비례한 진딧물은 115마리 가운데 12마리가 바이러스를 보독하여(보독률 10.4%) 가장 높게 나타났다. 또한 6월 중순에 비례한 진딧물 가운데 복숭아혹진딧물 15마리 가운데 7마리가 PLRV 증상을 나타내어 46.7%의 보독률을 보였고, 미동정 진딧물은 8.3%로 나타났다.

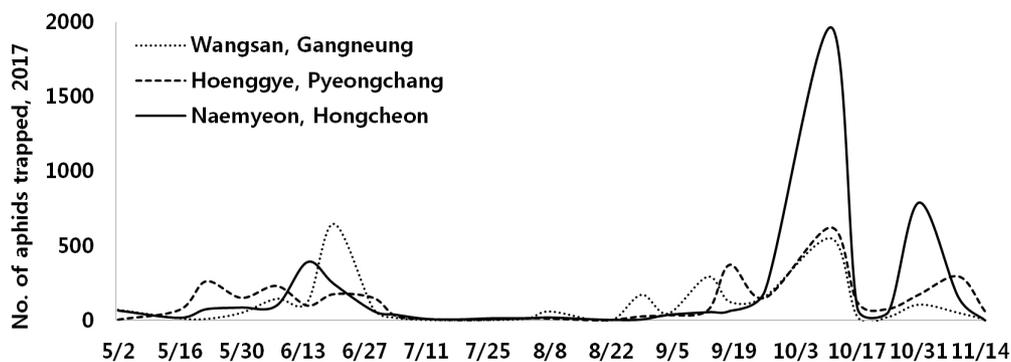


Fig. 2. Seasonal fluctuation of migratory aphid at three highland regions in Gangwon-do Province. Surveyed aphids using a yellow water-pan trap in 2017.

Table 2. Aphid species over-wintered in the host plants growing along main roads near potato fields at several regions in Gangwon-do. Aphid eggs were identified with MtCO1-based molecular identification

Site/Region	Host plant	Over-wintered aphid egg	
		Aphid species	Korean name
Daegwallyeong/Pyeongchang	<i>Acer pictum</i> subsp. mono	<i>Shivaphis celti</i>	팽나무알락진딧물
	<i>Weigela florida</i>	<i>Myzopsis diervillae</i>	병꽃나무혹진딧물
	<i>Aronia melanocarpa</i>	<i>Myzus persicae</i>	복숭아혹진딧물
		<i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i>	붉은테두리진딧물
	<i>Alnus japonica</i>	<i>Betacallis alnicolens</i>	오리나무알락진딧물
		<i>Ceratovacuna nekoashi</i>	매죽납작진딧물
	<i>Prunus salicina</i>	<i>Phorodon humuli</i>	흡사마귀진딧물
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	<i>Euceraphis betulae</i>	자작나무진딧물
Jinbu/Pyeongchang	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	<i>Yamatocallis hirayamae</i>	단풍알락진딧물
	<i>Prunus persica</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
	<i>Malus pumila</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
	<i>Prunus sargentii</i>	<i>Phorodon humuli</i>	흡사마귀진딧물
		<i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i>	붉은테두리진딧물
	<i>Prunus salicina</i>	<i>Tuberocephalus momonis</i>	복숭아잎혹진딧물
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	<i>Euceraphis betulae</i>	자작나무진딧물
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	<i>Euceraphis betulae</i>	자작나무진딧물
Yongpyeong/Pyeongchang	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	<i>Euceraphis betulae</i>	자작나무진딧물
Nanmyeon/Hongcheon	<i>Acer pictum</i> subsp. mono	<i>Shivaphis celti</i>	팽나무알락진딧물
Seoseok/Hongcheon	<i>Zelkova serrata</i>	<i>Yamatocallis hirayamae</i>	단풍알락진딧물
Dunnae/Hoengseong	<i>Prunus jamasakura</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
	<i>Chionanthus retusus</i>	<i>Periphyllus allogenes</i>	개성진사진딧물
Aanheung/Hoengseong	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	<i>Yamatocallis hirayamae</i>	단풍알락진딧물
	<i>Prunus persica</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
	<i>Malus pumila</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
	<i>Prunus salicina</i>	<i>Phorodon humuli</i>	흡사마귀진딧물
		<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
	<i>Tilia amurensis</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
Gujeong/Gangneung	<i>Chaenomeles sinensis</i>	<i>Ovatus malisuctus</i>	사과혹진딧물
	<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i>	<i>Ovatus malisuctus</i>	사과혹진딧물
	<i>Prunus tomentosa</i>	<i>Ovatus malisuctus</i>	사과혹진딧물
Wangsan/Gangneung	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	<i>Yamatocallis hirayamae</i>	단풍알락진딧물
Imgye/Jeongseon	<i>Malus pumila</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	복숭아가루진딧물
Hajang/Samcheok	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	<i>Yamatocallis hirayamae</i>	단풍알락진딧물

고찰

진딧물은 대부분 하나의 기주에서 일생을 보내지만, 진딧물 종의 약 10%는 여름기주와 겨울기주를 오가는 복잡한 기주전환을 하면서 일생을 보낸다(Williams and Dixon, 2007). 기주 전환하는 진딧물 종은 복숭아혹진딧물(*M. persicae*)처럼 기주 식물의 범위가 매우 넓고 바이러스를 매개하는 특성이 있어서

경제적으로 중요한 해충으로 취급하는 경우가 많다. 대부분 감자 바이러스는 진딧물이 흡즙 과정에서 옮기기 때문에 씨감자 재배포장에서 바이러스를 보독하고 있는 진딧물의 비래 여부는 건강한 씨감자 생산을 결정짓는 요인으로 작용한다. 따라서 이른 봄에 겨울기주에서 감자 등의 여름기주로 전환하는 진딧물이 어느 시기에 집중하는지를 구명하는 것은 진딧물 방제의 첫걸음이 된다.

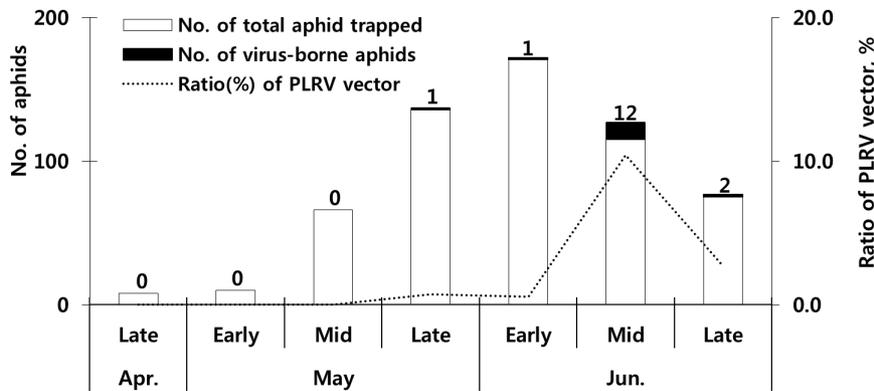


Fig. 3. Fluctuation of migratory aphids and virus infection rate at Daegwallyeong highland region during late April to late June in 2018. Aphids trapped were inoculated on the young leaves of *P. floridana* and PLRV detected by ELISA.

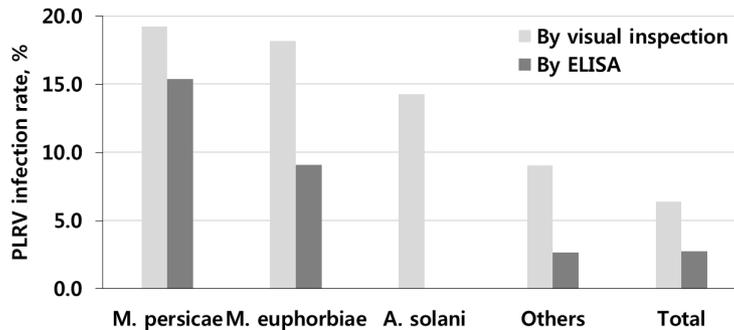


Fig. 4. PLRV transmission rates (%) by aphid species migrated to Daegwallyeong area in 2018.

강원도 고랭지 비래진딧물 발생 조사는 1976년부터 시작되어 지금까지 지속적으로 이루어지고 있는데, 통상적으로 평창군 대관령 지역에서는 5월 상순부터 6월 상순에 진딧물이 여름기주로 날아든다(Kwon et al., 2002). 2017년 강릉 왕산면과 홍천 내면을 중심으로 조사한 결과 6월 상순에서 중순 사이에 진딧물이 집중적으로 비래하였다(Fig. 2). 이는 서쪽의 완만한 평탄지에서 동쪽의 백두대간으로 달리는 편서풍의 영향과 각 조사지역간의 환경적 차이로 해석할 수 있는데, 강릉 왕산은 해발 690미터, 홍천 내면은 670미터로서 평창 대관령 780미터에 비해 낮지만 높은 산에 둘러싸인 지형적 특징으로 인해 진딧물의 비래활동 시기에 영향을 주는 것으로 추정된다. 또한 해발이 높은 곳은 초봄의 기온도 낮아서 타 지역보다 늦게 부화하므로 강릉 왕산의 진딧물 발생시기가 다른 곳보다 늦어진 원인으로 보인다. 세 지역의 진딧물 비래량을 비교해 보면 홍천 내면이 가장 많았는데 이는 홍천 내면 지역에서 다양한 종류의 채소작물을 재배하기 때문으로 보인다. 여 여름기주 재배지역으로 날아가므로 강릉 왕산에서 월동하는 진딧물 알은 여름기주로 날아온 진딧물이 다양한 식생이 자라고 있는 이 지역에서 증식을 반복하면서 개체수를 늘렸다가 겨울기주로 대량 날아가기 때문

에 전체적 비래밀도가 높았던 것으로 판단된다.

감자에는 최소한 40종의 바이러스가 단독으로 혹은 복합적으로 발생하는 것으로 알려져 있는데(Kerlan and Moury, 2008), 그 가운데 씨감자의 안정적 생산에 가장 치명적인 바이러스는 감자잎말림바이러스(PLRV)이다. PLRV는 복숭아혹진딧물, 싸리수염진딧물, 감자수염진딧물 등의 매개진딧물에 의해 영속적으로 전염되는 특징을 가진다(Hanafi et al., 1989). 본 조사에서는 바이러스 매개 진딧물의 여름기주 이동시기를 파악하기 위하여 평창, 강릉, 홍천 등 3개 지역을 중심으로 감자밭으로 날아오는 진딧물의 발생소장을 조사하였다. 그 결과 세 지역 모두 여름기주로 날아오는 시기는 5월 상순부터 6월 하순에 집중하였다(Fig. 2). 강원도 평창 대관령지역(해발 800 m)의 경우는 진딧물 비래가 매월 4월말~5월초에 시작된다(Kwon et al., 2002). 이를 바탕으로 2018년에 비해 초기인 4월 하순부터 6월 하순까지 날아오는 진딧물을 대상으로 바이러스 보독 여부를 조사한 결과 PLRV 보독 진딧물은 5월 하순에서 6월 하순에 날아오는 것을 확인하였다(Fig. 3). 2018년 조사에서는 6월 중순에 비래하는 진딧물의 10.4%가 보독충으로 확인되었는데, 1988년의 경우 비래진딧물의 3.4%가 바이러스를 보독하였고, 1989

년에는 6월 하순에 날아오는 진딧물의 20.8%가 보독충이었다 (Hahm and Choi, 1990). 이는 조사시기가 달라 2018년 결과와 직접적 비교를 하기는 곤란하다. 여기서 주목해야 할 것은 보독 충 최초 비래기가 1989년에는 6월 16일이었지만 2018년에는 5월 28일로 앞당겨진 것으로서, 기후변화 특히 대관령 지역의 온난화와 고랭지의 다양한 원예작물 재배면적 확대와 관련이 있는 것으로 추정된다. 또한 횡성군에서 시작하여 동쪽 방향 백두대간으로 이어진 경작지에서 자라는 다양한 식생과 식용으로 재배하는 봄감자 등이 진딧물 동태에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 5월 초순은 이 지역의 봄감자가 생육중기에 해당되는 시기이므로 여기서 획득한 바이러스를 유시충 진딧물이 바람을 타고 대관령 지역으로 비래하면서 바이러스 보독률 변동에 관여하게 된다(Kwon et al., 2002).

감자 바이러스를 매개하는 진딧물의 월동기주를 강원도 6개 시군별로 겨울철 기간 조사한 결과, 해발 780~830미터에 위치한 평창군 대관령면 지역에서 6종의 수목류에서 8종의 진딧물이 알 상태로 월동하였다(Table 2). 복숭아혹진딧물의 경우 아로니아에서 월동하는 것이 처음으로 확인되었는데, 최근 이 작물의 재식면적이 증가하고 있기 때문에 채종포 지역에서는 많은 주의가 요구된다. 1982년부터 5년간 수행한 평창군 씨감자 채종포 지역 월동 진딧물 조사 결과 딸기나무에서 딸기진딧물 (*Aphis ichigo* Shinji)이, 복숭아나무에서 복숭아잎혹진딧물 (*Tuberocephalus momonis* (Matsumura))이, 매자나무에서 배나무동글밀진딧물 (*Sappaphis piri* Matsumura)이, 전나무에서 전나무잎말이진딧물 (*Mindarus japonicus* Takahashi)이 월동한다고 보고하였다(Shin et al., 1986). 이러한 결과는 2018년 조사와 차이가 있었는데, 평창 진부 지역의 복숭아나무에서 월동하는 진딧물의 경우 복숭아잎혹진딧물(1986)과 복숭아가루진딧물(2018)로 서로 달랐고 이는 형태적 분류에 의존한 결과로 인한 오류로 추정하지만 정확한 이유에 대해서는 보완 조사가 필요한 것으로 생각된다. 다만 딸기진딧물, 배나무동글밀진딧물, 전나무잎말이진딧물 등은 2018년 조사에서는 확인할 수 없었다. 본 조사에서 산벚나무, 자두나무 등에서 월동하는 흡사마귀진딧물(*P. humuli*)과 아로니아, 산벚나무등에서 월동하는 붉은테두리진딧물(*R. rufiabdominalis*)은 PVY 등의 감자 바이러스를 매개하는 것으로 알려졌는데(Salazar, 1996), 이들의 기주식물인 산벚나무가 고지대 야산에서 많이 자라고 있기 때문에 씨감자 채종포를 선정할 경우 격리거리를 반드시 감안해야 안정적 씨감자 생산이 가능할 것으로 판단된다. 또한 복숭아가루진딧물(*H. pruni*)의 경우 평창군 진부면의 사과나무와 복숭아나무, 횡성군 안흥면의 복숭아나무와 사과나무, 횡성군 둔내면의 벚나무에서 월동하는 것을 확인하였다. 이 진딧물 역시 감

자에 PVY를 옮기는 매개진딧물로 알려진 종이다. 조사지역에서 진딧물 알이 월동하는 것으로 확인된 기주식물은 모두 16종이었는데, 이 가운데 자작나무는 평창군 대관령면과 용평면 지역에서 자작나무진딧물(*E. betula*)의 월동기주였고, 당단풍나무는 평창군 진부면, 횡성군 안흥면, 강릉시 왕산면, 삼척시 하장면 지역에서 단풍알락진딧물(*Y. hirayamae*)의 월동기주로 확인되었다. 이 진딧물 종들은 아직까지 감자에서 바이러스를 옮기는 매개충 여부는 아직 알려지지 않았지만, 넓은 지역에 걸쳐 분포하는 기주식물에서 월동하기 때문에 앞으로 바이러스 매개 능력에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 어젠다연구사업(과제번호: PJ01257201, ‘고랭지 비래진딧물 변동에 따른 감자 바이러스 매개 영향평가 및 관리기술 개발’)의 지원으로 수행되었습니다.

Literature Cited

- Blackman, R.L., Eastop, V.F., 1985. Aphids on the world's crops: An identification guide. John Wiley & Sons, Chichester.
- Choi, S.S., 1970. A Survey of the Aphids in Sulchon Area (I). Plant Protection. 9, 43-48.
- Dixon, A.F.G., Horth, S., Kindlmann, P., 1993. Migration in Insects: Cost and strategies. J. Animal Ecol. 62, 182-190.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol. Mar. Biol. Biotechnol. 3, 294-299.
- Hahm, Y.I., Choi, J.K., 1990. The virus detection of viruliferous aphid caught alive on a yellow trap for potato leafroll virus in Daegwallyeong area. Korean J. Plant Pathol. 6, 382-386.
- Hanafi, A., Radcliffe, E.B., Ragsdale, D.W., 1989. Spread and control of potato leafroll virus in Minnesota. J. Econ. Entomol. 82, 1201-1206.
- Kerlan, C., Moury, B., 2008. Potato virus Y, in: Mahy, B.W.J., Regenmortel, V. (Eds.), Encyclopaedia of Virology. NCBI, USA, pp. 287-296.
- Killick, R.J., 1979. The effect of infection with potato leafroll virus (PLRV) on yield and some of its components in a variety of potato (*Solanum tuberosum*). Ann. Appl. Biol. 91, 67-74.
- Kim, J.I., Kwon, M., 2018. Population dynamics of aphid species in Korean seed potato cultivation area over four decades. Entomol. Res. in press.
- Kim, J.I., Cha, D.J., Kwon, M., Maharjan, R., 2016. Potato virus Y (PVY) detection in a single aphid by one-step RT-PCR with

-
- boiling technique. *Entomol. Res.* 46(4), 278-285.
- Korea Rural Economic Institute (KREI), 2018. Department of Agricultural Outlook. <http://aglook.krei.re.kr/jsp/pc/front/observe/monthlyReport.jsp>. (accessed on 10 October, 2018).
- Kwon, M, Park, C.S., Hahm, Y.I., Lee, S.H., 2002. Yearly fluctuation of migrated aphids and PLRV transmission rate at Daegwallyeong highland region in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 41, 247-253.
- National Institute of Biological Resources (NIBR), 2017. National List of Species of Korea. <http://kbr.go.kr/stat/ktsnfiledown/downpopup.do#none> (accessed on 10 October, 2018).
- Remaudiere, G., Remaudiere, M., 1997. *Catalogue of the world's Aphididae*. INRA, Paris.
- Saguez, J., Giordanengo, P., Vincent, C., 2013. Aphids as major potato pests. in: Giordanengo, P., Vincent, C., Alyokhin, A. (Eds.), *Insect Pests of Potato*. Academic Press, USA, pp. 31-63.
- Salazar, L.F., 1996. *Potato viruses and their control*. 214 pp. International Potato Center (CIP), Lima.
- Shin, G.Y., Hahm, Y.I., Park, Y.S., Hwang, S.J., Yu, S.R., Kim, S.I., Kim, J.G., 1986. Study on migration and overwinter of virus vector aphids at Daegwallyeong area. Annual research report of National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA. Korea.
- Williams, I.S., Dixon, A.F.G., 2007. Life cycles and polymorphism. in: van Emden, H., Harrington, R. (Eds.), *Aphids and crop pests*. CAB International, UK, pp. 69-86.