

대관령지역의 연도별 진딧물 비래 및 PLRV 보독률 변동

권 민* · 박천수 · 함영일 · 이승환¹

농촌진흥청 고령지농업시험장 산지작물과, ¹농촌진흥청 농업과학기술원 작물보호부 농업해충과

Yearly Fluctuation of Migrated Aphids and PLRV Transmission Rate at Daegwallyeong Highland Region in Korea

Min Kwon*, Cheon-Soo Park, Young-Il Hahm and Seung-Hwan Lee¹

Highland Crop Research Div., National Highland Agricultural Experiment Station, RDA, Republic of Korea

¹Div. of Agric. Entomology, National Institute of Agric. Science & Technology

ABSTRACT : Based on accumulated data during 1977-2001, seasonal fluctuations of migrated aphids at Daegwallyeong highlands were analyzed. In addition, rates of PLRV transmission by migrated aphids were investigated by inoculation on indicator plant, *Physalis floridana*, and ELISA in 2000-2001, and the change of PLRV transmission rates by aphids was compared with that of 1989-1991. The average migrated aphid population densities in 1976-1980, 1991-1995, and 1996-2000 were 575.2, 2959.4 and 2281.6, respectively, showing gradual increase in recent years. The average peak time of aphid migration was from early to mid June during 1977-2001, showing any significant differences over the years. The dominant species, however, changed slowly; before mid 1980s *M. persicae* flew dominantly, but after mid 1980s *Aphis gossypii* did. Hahm *et al.* (1991) reported that PLRV transmission rate of migrated aphids during 1989-1991 was 6.7-10.0%. In 2000-2001, however, migrated aphids at Daegwallyeong highland showed 10.1-11.0%. Although present PLRV transmission rate was slightly higher than that of 10 years ago, taking increased population densities and diversity of migrated aphids into account, there was no significant change of PLRV transmission rate over the years.

KEY WORDS : Migrated aphids, *Myzus persicae*, PLRV transmission rate, Daegwallyeong region

초 록 : 본 시험에서는 '77년에서 2001년까지 대관령지역 비래진딧물의 발생을 조사한 성적을 바탕으로 진딧물의 비래변동을 분석하였고, 2000-2001년간의 비래진딧물의 PLRV 보독률을 구명하여 '89-'91의 보독률과 대조하였다. 각 연도별 자료는 5년 단위로 묶어서 평균 비래량을 계산하였고, 2000년까지 비래량을 비교하였다. 최초 '76-'80 시기의 비래량은 평균 575.2마리였으나, '91-'95에는 2959.4마리, '96-2000 시기에는 2281.6마리로 비래량이 증가하는 추세를 보였다. 특히 '91-'95 시기에 많은 비래량을 보인 것은 '94, '95년에 가뭄이 연속되어서 진딧물의 발생에 좋은 조건을 제공한 것으로 추측된다. 비래진딧물의 비래최성기는 6월 상-중순 사이로 아직까지 연도별로 유의성 있는 차이는 보이지 않고 있지만, 비래최성기의 우점종은 연도별로 약간의 변화를 보여주고 있다. 1980년대 중반을 기점으로 그 이전에는 복숭아혹진딧물이 우점 비래하였으나, 그 이후부터는 목화진딧물의 비래가 가장 많았다. '89-'91년에 수행한 PLRV 보독률 조사에서는 비래진딧물의 6.7-10.0%가 PLRV를 가지고 있는 보독진딧물로 밝혀진 바 있다. 그렇지만 2000년, 2001년 조사에서는 각각 10.1%, 11.0%로 조금 높게 나타났는데, 이는 과거 10년 전보다 진딧물의 비래량이

*Corresponding author. E-mail: mkwon@rda.go.kr

2배 이상 증가하고 있고 비래 진딧물의 종류도 다양해졌다는 사실을 감안할 때 보독률의 변동은 거의 없는 것으로 추정된다.

검색어 : 비래진딧물, 복숭아혹진딧물, 감자잎말림바이러스 보독률, 대관령

진딧물은 직접적으로는 구침을 통하여 식물체의 즙액을 흡즙하므로써 식물체에 피해를 주고, 간접적으로는 흡즙 과정에서 식물체에 바이러스를 옮기는 매개 역할을 함으로써 더욱 막대한 피해를 준다(Killick, 1979). 지금까지 알려진 진딧물의 종류는 4,702종으로서(Remaudiere and Remaudiere, 1997), 우리나라에서는 388종이 보고되어 있다(Lee, 2002). 그 중에서 감자를 기주로 하는 진딧물은 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sulzer), 감자수염진딧물(*Macrosiphum euphorbiae* Thomas), 싸리수염진딧물(*Acyrtosiphon solani* Kaltentbach), 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover), 무테두리진딧물(*Lipahis erysimi* Kaltentbach), 조팝나무진딧물(*Aphis citricola* van der Goot) 등이며, 특히 복숭아혹진딧물은 감자의 감자잎말림바이러스(Potato leafroll virus, PLRV)를 영속적으로 옮기는 대표적인 해충이다(Salazar, 1996). 감자, 배추를 비롯하여 총 66과 300여종의 식물에 피해를 주는데, 성충과 약충이 주로 잎의 뒷면에서 흡즙하며, 이러한 과정에서 100여종 이상의 바이러스병을 옮긴다(Blackman and Eastop, 1985).

복숭아혹진딧물 유시성충이 겨울기주(복숭아, 살구, 자두나무 등)에서 여름기주(고추, 오이, 담배, 감자, 배추 등)로 기주전환하는 시기는 지역마다 차이가 있는데, 우리나라의 씨감자 재배단지인 강원도 평창 대관령지역(해발 800 m)의 경우는 매월 4월말-5월초에 시작된다(Kwon *et al.*, 2001). 이 시기는 통상 평년지 채소작물의 생육중기에 해당되고, 여기서 바이러스를 획득한 유시성충이 대관령지역으로 비래하게 된다. 따라서 평년지 채소작물의 종류, 재배시기와 재배면적, 진딧물 방제여부 등에 따라 비래진딧물의 종류와 비래량 및 바이러스 보독률도 변동하게 된다. 1970년대 중반부터 농촌진흥청 고령지농업시험장에서 수행한 대관령지역 비래진딧물에 대한 조사자료에 의하면, 비래진딧물의 발생밀도와 종류, 최초비래기와 최대비래기 및 비래우점종이 연도별로 약간씩 변동하고 있음을 보여주고 있다(Park *et al.*, 1994). 특히 1989-1991년에 수행한 바이러스 보독률 조사에서는 대관령지역에 비래하는 진딧물의 6.7-10.0%가 PLRV를 보독하고 있

는 것으로 밝혀진 바 있다(Hahm and Choi, 1992). 그러나 최근 대관령지역 씨감자 재배단지에 바이러스 이병률이 증가 추세라는 보고는 있지만, 비래진딧물의 바이러스 보독률에 대한 최근 자료가 없어서 바이러스 이병률 증가 원인에 대한 근본적인 대책을 세우지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 시험에서는 1977년에서 2001년까지 비래진딧물의 발생을 조사한 성적을 바탕으로 비래진딧물의 발생 변동을 분석하였고, 2000-2001 사이의 비래진딧물의 PLRV 보독률을 구명하여 기보고된 보독률 결과와 대조하여 연도별 보독률 변화를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

비래진딧물의 발생소장 조사

비래진딧물 채집은 강원도 평창군 횡계리 소재 고령지농업시험장 구내에 설치한 철제 황색수반(30 cm × 50 cm × 10 cm)을 이용하였다. 깨끗한 물을 절반정도 채운 황색수반은 지상 0.6 m 높이에 설치하였고, 매일 오전 10시경 황색수반에 빠진 진딧물을 채집하여 75% 에탄올에 보관하였다. 조사시기는 매년 4월 20일경-10월 10일경까지였으며, 광학현미경하에서 종을 분류동정하여 시기별 및 진딧물 종류별 비래량을 조사하였다.

비래진딧물의 PLRV 보독률 조사

발생소장 조사와 동일한 황색수반의 비래진딧물을 이용하였다. 매일 아침 10시와 오후 4시에 황색수반에 빠진 진딧물 중 살아 있는 개체를 채집하여 온실내에서 PLRV 지표식물의 일종인 땅파리(*Physalis floridana*) 2-4엽기 잎에 접종하였다. 진딧물을 접종한 땅파리는 한 쪽을 망사로 막은 투명아크릴원통(ϕ 10 cm)으로 덮었고, 48시간후에 진딧물을 수거하였다. 진딧물 접종 후 15일경에 땅파리에 나타나는 PLRV 증상을 육안으로 조사하였고, 증상이 불분명한 경우 접종 30일후에 ELISA (Enzyme linked immunosorbent assay)

로 발병여부를 최종 확인하였다.

결과 및 고찰

대관령지역 비래 진딧물의 시기별 종류별 발생소장 조사

대관령 지역의 비래진딧물은 1960년대 후반부터 조사가 되었지만, 1976년 이래로 비교적 정밀하게 조사되었기에, 이 때를 기점으로 하여 비래량 변동을 조사하였다. 각 연도별 자료는 5년 단위로 묶어서 평균 비래량을 계산하였고, 2000년까지 비래량을 비교하였다 (Fig. 1). 최초 1976-1980년 시기의 비래량은 평균 575.2마리였으나, 1991-1995년에는 2959.4마리로 약 5배가 증가하였고, 1996-2000년 시기에는 2281.6마리로 비래량이 증가하는 추세를 보였다.

씨감자의 안정적 생산을 위협하는 중요한 제한요인의 하나인 감자잎말림바이러스(PLRV)는 복숭아혹진딧물, 싸리수염진딧물, 감자수염진딧물 등의 매개진딧물에 의해 영속적으로 매개전염된다. 가장 매개능력이 높은 것으로 알려진 복숭아혹진딧물은 월동기주에서 겨울을 보낸 후 이듬해 봄에 유시충이 여름기주로 날아오게 되는데(Blackman and Eastop, 1985), 이러한 비래시기와 비래량을 사전에 예측하는 것은 PLRV의 발생량을 사전에 줄일수 있는 효과적인 방제법의 하나이다. 이를 위해서 우리나라 씨감자 생산의 주요 재배지역인 강원도 평창군 소재의 고령지농업시험장에서는 1976년 이래로 씨감자 재배지역에 비래하는 진딧물의 발생상황을 주기적으로 조사하고 있으며, 본 시험도 그 조사의 일환으로 시작하였다. 대관령 지역 진딧물 비래량은 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히 1991-1995 시기에 많은 비래량을 보인 것은

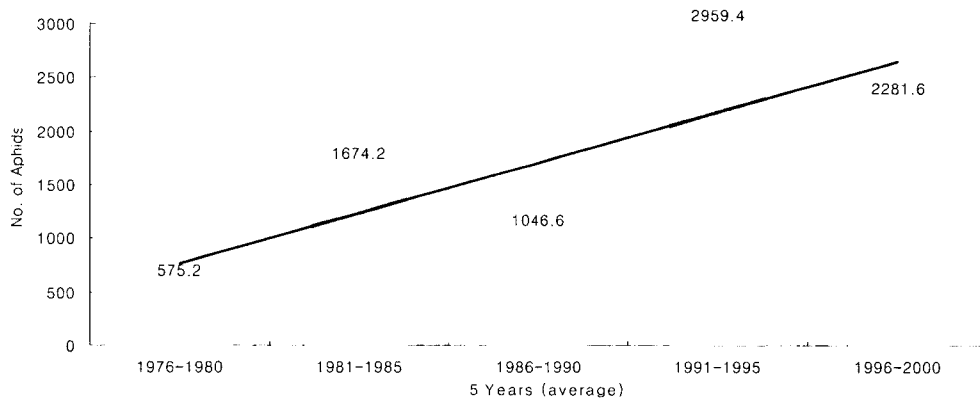


Fig. 1. Fluctuation of migrated aphids pooled into 5 years at Daegwallyeong highland region from 1976 to 2000.

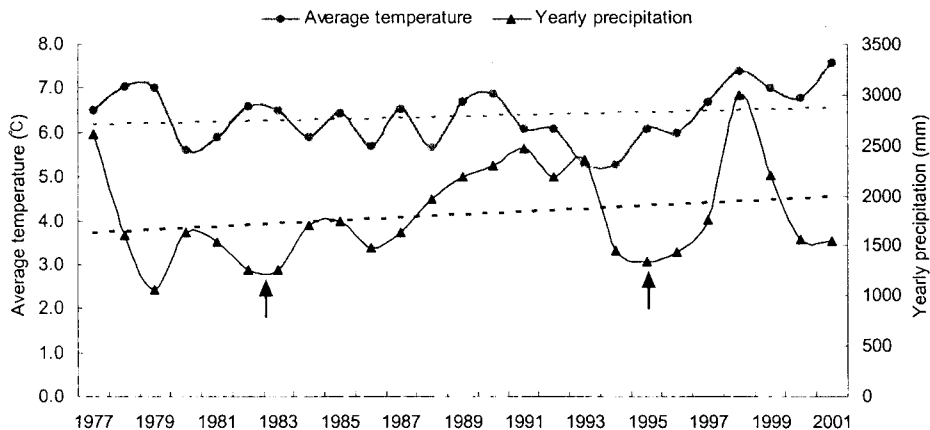


Fig. 2. Yearly change of average temperature (°C) and precipitation (mm) at Daegwallyeong highland from 1977 to 2001. Points by arrows were coincident with the years with high population density of aphids.

Table 1. Number of migrated aphids by species at annual peak period at Daegwallyeong highland from 1977 to 2001

Year	Peak period	Total number	<i>M. persicae</i>	<i>M. euphorbiae</i>	<i>A. solani</i>	<i>A. gossypii</i>	<i>L. erysimi</i>	Unclassified aphids
1977	E*-June	60	5	0	2	2	3	48
1978	L-May	115	10	4	1	3	2	95
1979	L-May	78	4	0	4	1	1	68
1980	L-June	144	22	1	2	4	2	113
1981	L-June	107	2	0	2	3	2	98
1982	M-June	112	18	0	2	1	0	91
1983	M-June	213	6	5	10	5	5	182
1984	M-June	93	2	1	1	3	0	86
1985	L-June	518	28	19	7	5	1	458
1986	L-May	72	0	0	1	0	1	70
1987	L-June	78	6	5	1	15	1	50
1988	M-June	187	2	1	0	32	2	150
1989	L-June	134	10	0	0	3	1	120
1990	M-June	99	0	0	0	0	0	99
1991	M-June	465	1	2	0	19	1	442
1992	L-June	367	44	2	1	35	1	284
1993	L-May	62	0	1	0	0	0	61
1994	M-June	576	9	200	0	9	9	349
1995	E-July	174	8	28	6	13	8	111
1996	E-June	615	34	2	32	27	0	520
1997	L-June	405	5	72	0	133	2	193
1998	L-June	172	11	5	0	49	0	107
1999	E-June	429	10	11	5	30	1	372
2000	E-July	387	24	9	0	89	16	249
2001	E-June	689	57	72	17	128	43	372

*The E, M and L represent early, middle, and late of the month, respectively.

1994, 1995년에 비래진딧물의 이상증가 때문인데, 그 이유는 이 시기가 평년에 비해 강수량, 강수일수가 적었고 평균기온이 높은 것이 원인이었던 것으로 추측하고 있지만, 정확한 이유는 불분명하다(Fig. 2). 이와 유사한 경향은 1981-1985년에도 보였는데, 이 기간 중 높은 평균기온과 적은 강수량이 삼년간 지속된 결과 평균 1674.2마리의 높은 비래진딧물 발생량을 보인 것으로 생각되었다. 진딧물의 발생과 강수량은 밀접한 관계가 있어서 강수량이 많으면 진딧물의 발생량은 적어진다고 알려져 있는데(Ahn *et al.*, 1995), 기상조사에 의하면 진딧물의 발생량이 적었던 1984, 1986, 1987년의 경우 다른 해에 비해 비교적 강수량이 많았던 것으로 확인되었다(Fig. 2). 또한 1960년 이래로 씨감자와 배추가 주로 재배되고 있는 대관령 고랭지에서 최근 양파, 당근 및 각종 화훼류의 재배면적이 점차 증가하고 있으며, 이러한 작목의 다양화 및 재배단지화에 따라 진딧물의 비래량이 많아진 것으로 추측된다.

대관령 비래진딧물의 연도별 비래최성기는 평균 6월 상-중순 사이로 연도별로 큰 변화를 보이지 않고 있지만, 비래최성기의 우점종은 연도별로 변화하고 있

는 것으로 조사되었다. 1980년대 중반을 기점으로 그 이전에는 복숭아혹진딧물이 우점 비래하였으나, 그 이후부터는 목화진딧물의 비래가 가장 많았다(Table 1). 특히 1994-1995년에는 감자수염진딧물의 비래가 가장 많았고, 1997년 이후부터 목화진딧물이 비래최성기에 가장 많은 비래를 보였다. '90년대에 들어서 1996년을 기점으로 비래최성기의 우점 진딧물이 복숭아혹진딧물이나 감자수염진딧물에서 목화진딧물로 완전히 변화하였으며, 비래량도 증가하고 있었다(Fig. 3). 대관령지역에서 '80년대 중반부터 각종의 채소작물이 대단위로 재배되기 시작하였는데, 이것이 목화진딧물의 발생량 증가와 관계가 있는 것으로 판단되며, 또한 복숭아혹진딧물이 감자의 주요 진딧물인 반면에 목화진딧물은 각종 채소류의 주요 진딧물이므로 이러한 추세는 계속될 것으로 생각된다. 목화진딧물은 전세계에 분포하고 있으며, 숙주식물도 감자, 무, 배추, 등 수십종에 달한다. 따라서 대관령 지역에 목화진딧물의 발생량이 증가하는 것은 씨감자 재배포장 근처에 무, 배추 등의 채소재배 면적이 증가하고 있는 것과 관계가 있는 것으로 생각된다. 이 해충에 의한 피해는 흡즙에 의한 직접적인 가해와 바이러스 매개 및 감로 배출에

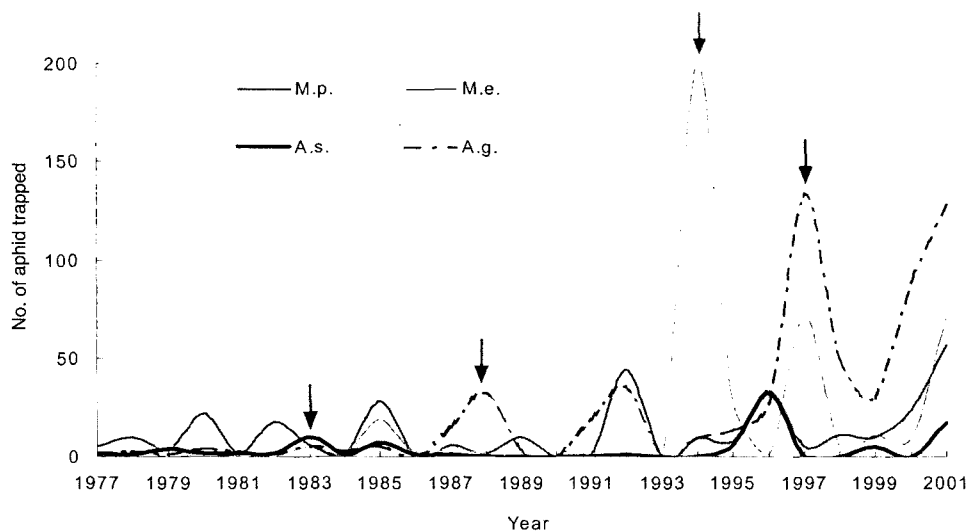


Fig. 3. Annual fluctuation of dominant aphid species at annual peak period of aphid migration at Daegwallyeong highland from 1977 to 2001. Each arrow indicated the dominant species. (Mp; *M. persicae*, Me; *M. euphorbiae*, As; *A. solani*, Ag; *A. gossypii*)

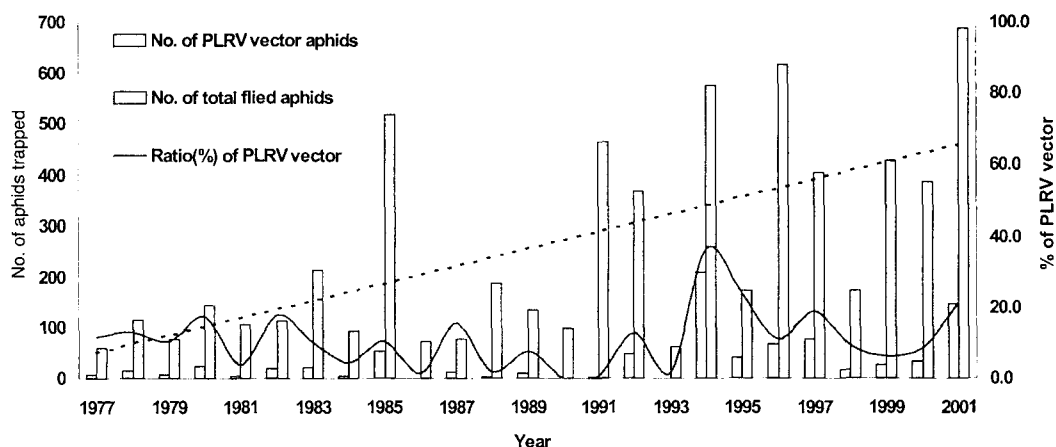


Fig. 4. Number of PLRV vector aphids and total migrated aphids at Daegwallyeong region from, 1977 to 2001.

의한 그을음병 유발 등의 간접적인 피해를 주는 것으로 알려져 있다. 대부분의 방제는 토양처리형 살충제에 의존하고 있지만, 주변 채소포장으로부터의 지속적인 비래와 증식속도의 증가로 효과적인 방제는 이루어지지 않고 있는 실정이다.

대관령지역 비래 진딧물의 PLRV 보독률 변화

대관령 씨감자 재배단지에 비래하는 진딧물 중에서 복숭아혹진딧물, 감자수염진딧물, 싸리수염진딧물 등 PLRV를 매개하는 진딧물의 비래를 연도별로 조사한 결과, 전체 비래진딧물의 증가량과 더불어 매개진딧물

의 비래량도 점차 증가하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 4). 비래진딧물에 대한 1989-1991년의 보독률 조사에서는 비래진딧물의 6.7-10.0%가 땅파리에서 PLRV 증상을 나타낸 것으로 밝혀진 바 있다(Hahm *et al.*, 1992). 그렇지만 2000년, 2001년 조사에서는 비래진딧물의 10.1%, 11.0%가 PLRV를 보독하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 5). 황색수만에 채집된 비래진딧물 종류별로 PLRV 보독률을 지표식물과 ELISA를 이용하여 조사한 결과, PLRV 매개진딧물 중에서 복숭아혹진딧물은 20.0%, 싸리수염진딧물은 16.7%의 보독률을 보였으며 감자수염진딧물은 8.0%였다. 이 세 종류를 제외한 비래진딧물들의 PLRV 보독률은 평균 4.1%였다

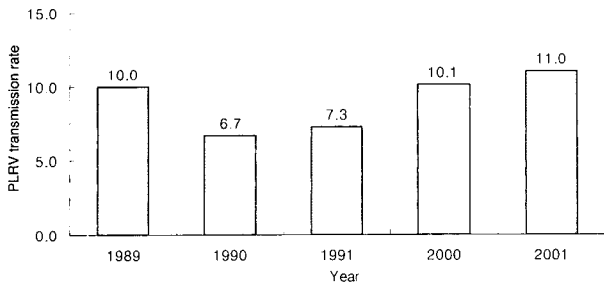


Fig. 5. Annual changes of PLRV transmission rates (%) by aphids.

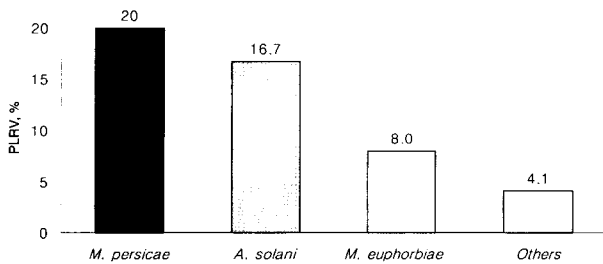


Fig. 6. PLRV transmission rates (%) by aphids migrated between 2000 and 2001.

(Fig. 6). 보독진딧물의 최초비래기를 조사한 결과, 5월 중순에 복숭아혹진딧물이 PLRV를 보독하고 있었으며, 본격적인 보독진딧물의 비래는 5월하순부터 시작하는 것으로 나타났다. 또한 보독진딧물의 비래는 7월 중순까지 지속되지만, 그 이후부터는 낮은 보독률을 보이면서 8월하순까지도 보독진딧물이 출현하는 것으로 조사되었다(Table 2).

1989-1991년에 수행한 보독률 조사에서는 대관령 비래진딧물의 6.7-10.0%가 PLRV를 보독하고 있었지만, 2000년, 2001년 조사에서는 조금 높게 나타났는데 (Fig. 3), 이는 과거 10년전보다 진딧물의 비래량이 2배 이상 증가하고 있고 비래 진딧물의 종류도 다양해졌다는 사실을 감안할 때 보독률의 변동은 거의 없는 것으로 추정된다. 진딧물 종류별 보독률은 복숭아혹진딧물이 가장 높았고, 그 다음이 싸리수염진딧물, 감자수염진딧물이었다. 그리고 3종을 제외한 진딧물들의 평균 보독률은 4.1%였는데, 여기에는 PLRV 매개진딧물로 알려진 무테두리진딧물, 완두수염진딧물(*Acyrtosiphon pisum*) 및 시크라멘혹진딧물(*Neomyzuz circumflexus*)도 포함되었다.

일반적으로 씨감자 생산적지로는 진딧물의 비래가 적거나 비래하더라도 감자 생육말기에 비래하는 지역이며, 바이러스가 없는 건전 씨감자를 재배하기 위해

Table 2. PLRV transmission rate(%) by periods and by aphids migrated into Daegwallyeong region in 2001

Period		<i>M. persicae</i>	<i>M. euphorbiae</i>	<i>A. solani</i>	Unclassified	Total
May	E*	0	0	0	33.3	20.0
	M	10.0	0	0	0	7.7
	L	42.9	14.3	16.7	14.5	17.3
Jun.	E	0	8.7	12.5	7.7	7.9
	M	66.7	0	0	12.0	20.6
	L	0	0	0	5.9	3.8
Jul.	E	0	0	0	11.1	7.7
	M	33.3	0	0	0	25.0
	L	16.7	0	0	0	8.3
Aug.	E	0	0	0	12.5	11.1
	M	0	0	0	11.1	8.3
	L	22.2	0	0	2.4	5.7

*The E, M, and L represent early, middle and late of the month, respectively.

서는 격리재배와 망실재배를 권장하고 있으며, 또한 수확기에 즈음하여 지상부의 경엽을 제거함으로써 매개진딧물에 노출되는 기회를 줄이는 방법을 이용하는 것이 보통이다(Hahm and Choi, 1990). 현재 우리나라의 씨감자는 진딧물의 밀도가 비교적 적은 해발 800-1000 m 되는 대관령 부근에서 주로 재배되고 있으나, 바람이 불어오는 가까운 서북방향에는 씨감자가 아닌 식용감자가 많이 재배되고 있는 실정이다. 따라서 이곳에서 바이러스를 흡즙하여 보독된 진딧물이 바람을 타고 대관령의 씨감자 재배단지로 비래하여 바이러스를 옮기게 되는 것이 커다란 문제로 알려져 있다(Hahm, Y. I., personal communication). 황색수반에 채집되는 진딧물의 대부분이 대관령을 기준으로 서쪽방향에서 비래하며, 월동하는 진딧물은 PLRV 비매개 진딧물인 복숭아잎혹진딧물(*Tuberocephalus momonis*), 딸기진딧물(*Aphis ichigo*), 배나무동글밀진딧물(*Sappaphis piri*), 전나무잎말이진딧물(*Mindarus japonicus*) 등 4종이며 주로 복숭아, 딸기나무, 매자나무, 전나무 등에서 월동하는 것으로 알려졌다(Shin et al., 1986).

진딧물의 발생동태는 씨감자의 바이러스 이병률과도 밀접한 관계가 있기 때문에 진딧물의 발생예찰 조사는 씨감자 재배에 있어서 매우 중요하다. 본 시험은 황색수반을 이용하여 비래진딧물을 채집하였는데, 일반적으로 PLRV 이병률과 황색수반에 채집된 유사진딧물과는 상관관계가 적고, 오히려 포장에서의 무시충의 밀도와 높은 상관성이 있는 것으로 알려졌다(Hanafi et al., 1989). 따라서 PLRV 이병률을 논하기 위해서는 황색수반 자료보다는 포장에서의 밀도조사 자료가 효과적일겠지만, 축적된 자료가 없어서 여기서는 제외시

졌다. 진딧물의 합리적인 방제를 위해서는 그 밀도가 피해수준에 이르기 전에 적절한 방제수단을 결정하여 사용해야 되기 때문에 진딧물의 발생에 영향을 미치는 각종 요인을 구명하고 이를 바탕으로 진딧물의 비래시기나 발생량을 예측할 수 있는 모델의 개발이 매우 중요하다(Cammell and Way, 1987). 특히 기상요인은 곤충개체군에 직, 간접적으로 영향을 주어 발생 지역이나 발생시기 및 발생량 등에 중요한 역할을 하기 때문에, 현재 기상요인과 해충의 발생과의 관계를 구명하는 작업이 많이 시도되고 있다. Ahn *et al.* (1995)은 기상요인이 진딧물의 발생량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 비래진딧물의 채집량과 기상요인들과의 다중회귀분석을 실시한 결과, 모델식 개발에 가장 중요한 기상요인은 4월-6월까지의 평균기온과 강수량이었다고 하였다.

시기별로 비래진딧물의 PLRV 보독률을 조사한 결과, 보독 복숭아혹진딧물의 비래는 5월 중순부터 시작하여 7월말까지 계속되었으며 보독 감자수염진딧물과 싸리수염진딧물의 비래는 5월 말부터 6월 상순까지 이루어졌다. PLRV를 보독한 복숭아혹진딧물의 비래 기간은 씨감자 생육기간과 일치하므로 PLRV가 걸리지 않은 건전한 씨감자를 생산하기 위해서는 복숭아혹진딧물에 대한 방제를 생육기간 동안 계속할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 물론 씨감자 생산이 목적이 아닌 경우에는 복숭아혹진딧물의 대량 발생이 감자 수확량에 직접적인 큰 영향을 미치지 않지만, 상위단계 씨감자 생산이 목적이라면 복숭아혹진딧물의 철저한 방제가 요구된다. 이를 위하여 복숭아혹진딧물의 비래를 사전에 파악할 수 있는 예찰프로그램이 필요한 바, 지속적인 진딧물 비래 모니터링과 기상요인의 수집을 통하여 기상요인과 진딧물 비래간의 상관 관계를 구명할 예정이다.

Literature Cited

- Ahn, J.H. 1995. Modeling to predict regional agricultural productivities and pest of potato by meteorological information. Research report of special subject on agriculture. 202 pp. Min. of Science & Technology, Korea.
- Blackman, R.L. and V.F. Eastop. 1985. Aphids on the world's crops: An identification guide. 466 pp. John Wiley & Sons, Chichester.
- Cammell, M.E. and M.J. Way. 1987. Forecasting and monitoring. pp. 1~26. *In* Integrated Pest Management, ed. by A. J. Burn. Academic Press, NY.
- Hahn, Y.I. and J.K. Choi. 1990. The virus detection of viruliferous aphid caught alive on a yellow trap for potato leafroll virus in Daegwallyeong area. *Kor. J. Plant Pathol.* 6: 382~386.
- Hahn, Y.I. and J.K. Choi. 1992. Occurrence of winged aphids and viruliferous aphids in potato field, Daegwallyeong area. Research Report of the Rural Development Administration. 34: 74~78.
- Hanafi, A., E.B. Radcliffe and D.W. Ragsdale. 1989. Spread and control of potato leafroll virus in Minnesota. *J. Econ. Entomol.* 82: 1201~1206.
- 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.
- Kwon, M., J.S. Kim, J.H. Ahn, G.Y. Park and H.J. Kwon. 2001. Survey of major pests on mountainous crops. Annual research report of National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA.
- Lee, S.H. 2002. The genus *Matsumuraja* Schumacher, 1921 (Stenomorphina: Aphididae) of Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* 5: 19~27.
- Park, C.S., J.H. Ahn and Y.I. Hahn. 1994. Survey of pests on seed potato. Annual research report of National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA.
- Remaudiere, G. and M. Remaudiere. 1997. Catalogue of the world's Aphididae. INRA, Paris.
- Salazar, L.F. 1996. Potato viruses and their control. 214 pp. International Potato Center (CIP), Lima.
- Shin, G.Y., Y.I. Hahn, Y.S. Park, S.J. Hwang, S.R. Yu, S.I. Kim and J.G. Kim. 1986. Study on migration and overwinter of virus vector aphids at Daegwallyeong area. Annual research report of National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA.

(Received for publication 25 October 2002;
accepted 4 December 2002)