

제주지역 백합에서의 바이러스 발생 현황

Incidence and Occurrence Pattern of Viruses in Lilies (*Lilium* spp.) on Jeju Island

*Corresponding author

Tel: +82-64-760-7336

Fax: +82-64-760-7399

E-mail: hyo1212@korea.kr

김효정* · 송정흠 · 송민아 · 이광주 · 고윤정 · 박정훈 · 양영택 · 허태현

제주특별자치도 농업기술원 친환경연구과

Hyo Jeong Kim*, Jeong Heub Song, MinA Song, Kwang Ju Lee, Yoon Jeong Ko, Jeong Hoon Park, Young Taek Yang, and Tae Hyeon Heo

Jeju-do Agricultural Research and Extension Services, Jeju 63556, Korea

To investigate the incidence status of lily viruses on Jeju island, lily samples were collected from 2015 to 2018 and examined for virus infection using RT-PCR. Of the viral infections, mixed and single infections were 70.0% and 17.9%, respectively. The incidence of mixed infections was highest for PIAMV and LSV as 43.4% in 2015; PIAMV, LSV 33.1% in 2016; LSV, LMoV 10.2% in 2017; and PIAMV, LSV, LMoV and CMV 15.8% in 2018. The incidence of PIAMV was observed to be 82.0% in 2015, 49.4% in 2016, 13.6% in 2017, and 39.5% in 2018 after the first occurrence of PIAMV in 2013. No symptoms were observed for single infection with LSV. However, in the case of mixed infection with LSV and LMoV, mosaic and leaf malformation symptoms appeared. With mixed infection with LSV and CMV, pale brown necrotic spots appeared, and mosaic and leaf curling were induced. PIAMV was more common in mixed infection than in single infection, and caused necrosis following the development of reddish-brown spots. PIAMV significantly decreased the marketability of lilies owing to the generation of leaf anomalies and curls, and its symptoms were more severe in mixed infections.

Keywords: CMV, LMoV, LSV, PIAMV, virus

Received January 9, 2019

Revised June 5, 2019

Accepted June 5, 2019

백합은 수출농업을 선도하고 있는 절화용 화훼로 제주지역에서 63농가 41.5 ha가 재배되고 있으며, 연간 수출액이 354만 달러에 달하는 주요 수출 농산물 중 하나이다. 백합의 번식 및 증식 방법은 자연분구와 지하부의 줄기 마디에 착생 되는 소구인 목자, 소화경 아래 부위 엽액에 형성되는 주아를 이용하는 방법이 있다. 우량품종은 대부분 영양번식을 하며, 그 중에서도 인편번식법이 일반적으로 사용되고 있다(Oh 등, 2003). 이와 같은 연속적인 영양번식으로 인해 모구와 자구의 바이러스 이병성이 높아 질 수 있다. 백합 종구는 대부분 네덜란드 등 외

국에서 수입하고 있으며, 3년 이상 재배하면 바이러스 이병율이 높아져 절화의 품질과 생산량이 크게 떨어진다. 백합도 영양계 번식성 구근류에서의 경우와 마찬가지로 절화의 품질이 모구의 구근요소에 의해 직접적으로 영향을 받기 때문에 바이러스에 감염될 경우 품질이 크게 떨어져 2~3년 주기로 종구를 갱신하고 있다. 백합 종구 주 수입국인 네덜란드에는 2013년 종구 생산면적의 감소와 PIAMV 발생으로 구근가격이 상승하고 있다. 제주지역에 적합한 신품종 육성과 모구 확보를 통한 종구의 자급화와 수출확대로 농가소득 증대를 위해 제주특별자치도 농업기술원 주도로 백합 종구 전문생산단지를 조성하여 백합 산업 진흥에 노력하고 있다.

많은 백합 품종에서 바이러스 발병은 구근 및 절화 생산량 감소와 소화(상품성이 떨어지는 작은꽃) 등의 경제적 피해를

Research in Plant Disease

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

일으키고 있다(Derks, 1995; Hagita, 1989; Niimietal, 1999). 백합에 발생하는 바이러스는 세계적으로 20여종 이상이 보고되어 있으며, 이들 중 국내재배 백합에 가장 많이 발생하고 있는 바이러스는 *Lily symptomless virus* (LSV), *Lily mottle virus* (LMOV), *Cucumber mosaic virus* (CMV)이다(Lim 등, 2009). 질경이모자이크포텍스바이러스(*Plantago asiatica mosaic virus*, PIAMV)는 제주지역에서 2013년 3월 네덜란드에서 수입된 나리구근을 사용하고 있는 재배포장에서 처음 발생이 확인되었으며, 2013년 5월 발생포장에 대한 긴급공적방제로 바이러스 국내 확산을 차단한 바 있다. PIAMV의 자연발생은 러시아 극동부 지역 질경이에서 세계적으로 처음 보고되었으며(Kostin과 Volkov, 1976), 국내에서는 질경이와 지황에서 보고된 바 있다(Kwak 등, 2018). 따라서 본 연구는 제주지역에서 백합의 바이러스 발생실태 조사를 통한 피해예방과 효과적인 방제대책을 강구하기 위한 기초 자료로 활용하고자 수행되었다.

바이러스 시료 수집. 백합 시료채취는 2015년부터 2018년까지 제주특별자치도 제주시 조천읍, 서귀포시 강정동과 월평동에 위치한 백합 시설하우스 13~15개소에서 실시하였다. 백합 바이러스의 발생양상 조사를 위해 바이러스 병징을 육안조사 하였으며, 2015년 212점, 2016년 148점 2017년 121점, 2018년 76점을 채집하여 유전자 진단을 하였다.

진단 바이러스 종류. 백합에 발생하여 피해를 주는 LMOV, LSV, CMV, PIAMV 등 4종에 대하여 종 특이 primer (Table 1)를 이용하여 reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) 방법으로 진단하였다.

유전자 진단. 유전자진단은 RT-PCR을 하였으며, 감염 식물체 앞에서 viral RNA/DNA extraction kit (Intron, Viral-Gene spin™)을 이용, viral DNA를 분리하여 진단에 사용하였다. 유전

자 진단 대상 4종의 바이러스별 특이 프라이머(Table 1)를 이용하여 진단하였다. 핵산증폭은 RT-PCR premix kit (iNtRON™)을 사용하였으며, 반응 조건은 55°C, 30초; 95°C, 3분; 35 cycles (94°C, 30초; 55°C, 30초; 72°C, 1분); 72°C, 10분 처리하였다. 검출된 PCR산물은 염기서열분석을 통해 바이러스 유전자 여부를 최종 확인하였다.

바이러스 발생양상. 제주지역 백합에서의 바이러스 4종에 대한 RT-PCR 진단결과 바이러스별 감염양상은 Table 2와 같았다. 2015년과 2016년에는 백합 재배포장 15개소에서 채집하였으며, 2015년에는 채집시료 212점 중 바이러스 감염시료는 176점으로 감염률 83.0%로 나타났고, 2016년에는 채집시료 148점 중 감염시료는 133점, 감염률 90.0%였다. 2017년과 2018년은 백합 재배포장 13개소에서 채집하였으며, 2017년에는 채집시료 127점 중 바이러스 감염 시료는 96점으로 감염률은 75.6%였고, 2018년 채집시료 76점 중 감염시료 56점으로 감염률은 76.3%였다. 연도별로 발생한 바이러스는 2015년에는 LSV(감염률 91.3%)와 PIAMV (82.0%)이었고, 2016년 LSV (63.5%), LMOV (54.3%), 2017년 LSV (71.1%), LMOV (51.2%), 2018년 LSV (41.0%), PIAMV (39.5%)이었다(Fig. 1).

바이러스 감염양상. 제주지역 백합에 발생한 바이러스의 감염양상은 Table 2와 같았으며, 단독감염률은 18.4%, 복합 감염률은 60.0%로 복합감염 형태의 발생이 많은 것으로 나타

Table 2. Single and mixed incidence rate of viruses in lily from 2015 to 2018

infection aspect	Incidence rate (%)				
	2015	2016	2017	2018	Average
Single	15.8	27.3	11.1	19.4	18.4
Mixed	44.7	57.0	61.1	76.7	60.0

Table 1. Primers designed for detection of lily viruses

Viruses	Primers	Base sequences (5'-3')	PCR products (bp)
PIAMV	PIAMV Li 2F	AAC TCT CCA CCA TGG CAC T	339
	PIAMV Li 2R	AGA GTC TTG CGT TCC AGA TG	
LMOV	LMOV KF-1	GCA AAT GAG ACA CTC AAT RCT GG	490
	LMOV KR-1	ATT TGG CGC AGC GTC GGT	
LSV	LSV-K5F	ATG GCY AAG ATW GCG TCM GAC AT	218
	LSV-K5R	TAG AGC CGG CAG ACT TTC CG	
CMV	CMV DP u1	CGT CGT GGT TCC CGC TCC G	473
	CMV DP d2	AGC GCG CAT CGC CGA AAG AT	

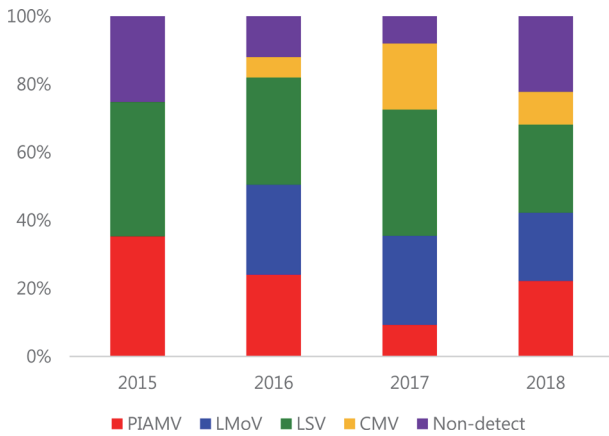


Fig. 1. Occurrence of lily viruses in the fields on Jeju island from 2015 to 2018.

났다. 단독 감염한 바이러스 종류별 분포는 LSV 감염비율이 69.7%로 가장 많았으며, PIAMV (46.8%), LMoV (38.3%), CMV (17.1%) 순이었다(Table 3). 2017년과 2018년에 LSV와 LMoV의 감염률이 특히 높았으며, 이는 매개충인 진딧물 발생량과 관련이 있는 것으로 판단되었다. LSV와 LMoV의 확산은 백합 품종의 감수성과 바이러스 매개충인 진딧물의 유시충의 발생밀도에 의해 좌우되는 것으로 알려져 있다(Asjes, 2000). 조사기

간 중 진딧물이 발생된 포장에서 진딧물을 채취하여 분석 결과 2016년 월평동 2개소에서 각각 PIAMV, LSV, CMV 3종 및 PIAMV, LSV, CMV, LMoV 4종 바이러스가 검출되었으며, 2018년 강정동 2개소에서 각각 PIAMV 1종 및 LSV, LMoV, CMV 3종 바이러스가 조사되었다. 또한 바이러스가 감염된 종구를 사용했을 때 매개충의 발생이 많으면 바이러스 감염이 급격하게 증가할 가능성이 높으므로(Hadidi 등, 1998; Loebenstein 등, 1995), LSV와 LMoV의 확산을 막기 위해서는 건진 종구의 사용과 함께 매개충인 진딧물 발생을 억제하는 방법을 모색해야 할 것으로 사료되었다. 연도별 복합감염형태로 발생한 바이러스는 2015년 PIAMV와 LSV의 2종 복합감염이 43.4%로 가장 많았으며, 2016년은 PIAMV, LSV의 복합감염이 33.1%, 2017년에는 LSV, LMoV의 2종 복합감염이 10.2%, 2018년에는 PIAMV, LSV, LMoV와 CMV의 4종 복합감염이 15.8%으로 나타났다. 전체적으로 제주에서 발생하는 주요 바이러스는 LSV와 PIAMV를 포함한 복합 감염이 가장 많은 것으로 나타났으며, 2종~4종 복합감염도 대부분 LSV와 PIAMV를 포함한 복합감염에 LMoV와 CMV가 추가되는 형태를 보였다. 이와 같은 결과를 종합해볼 때, 조사기간 4년 동안 지속적으로 발생하는 바이러스 형태는 LSV와 PIAMV의 복합감염으로 이는 제주지역 백합에 피해를 발생시키는 중요한 감염형태인 것으로 확인할 수 있었다.

Table 3. The incidence rate of viruses by infection types in greenhouse lily on Jeju island from 2015 to 2018

Virus	Incidence rate (%)				
	2015	2016	2017	2018	Average
Single infection	28.3	9.5	26.0	17.0	20.2
LSV	25.9	4.1	15.0	3.9	12.2
LMoV	0.0	0.0	5.5	2.6	2.0
PIAMV	2.4	5.4	3.1	10.5	5.4
CMV	0.0	0.0	2.4	0.0	0.6
Coinfection	55.1	80.5	49.6	56.3	60.4
LSV+LMoV	0.0	4.7	10.2	3.9	4.7
LSV+CMV	0.0	0.7	8.7	0.0	2.4
PIAMV+LSV	43.4	33.1	8.7	3.9	22.3
PIAMV+LMoV	10.8	0.0	0.0	3.9	3.7
LMoV+CMV	0.0	0.0	0.8	1.3	0.5
PIAMV+LSV+LMoV	0.9	29.1	6.3	11.8	12.0
PIAMV+LMoV+CMV	0.0	0.0	0.0	3.9	1.0
PIAMV+LSV+CMV	0.0	6.8	3.1	2.6	3.1
LSV+LMoV+CMV	0.0	0.7	9.4	9.2	4.8
PIAMV+LSV+LMoV+CMV	0.0	5.4	2.4	15.8	5.9
Total	83.4	90.0	75.6	73.3	80.6

PIAMV는 2013년 제주지역에서 처음 발생하였으며, 감염률은 전체 40.5%였다. 발병한 2농가의 구근을 전량 폐기한 결과, 2013년 가을 발병포장에서 재발하지 않았지만 2015년 단독과 복합감염의 형태로 PIAMV가 다시 나타나기 시작하였고, 2018년까지 지속적으로 PIAMV가 발생하고 있었다. PIAMV 발생률은 2015년에 82.0%, 2016년 49.4%, 2016년 13.6%, 2018년에는 39.5%로 PIAMV는 매년 발생하였다. PIAMV의 포장 내에서 감염 양상은 백합이 재식된 열 방향으로 일정하게 발생하는 경향이 나타나고 있어 감염된 구근과 함께 농작업 중 즙액에 의해 확산되는 특징을 보여주었다. 조사기간 동안 PIAMV 감염이 꾸준히 나타나고 있어 PIAMV에 대한 지속적인 모니터링과 발병 구근의 재사용 금지 등으로 확산을 차단할 필요가 있었다.

제주지역 백합의 바이러스 병징. 전국적으로 일반농가에서 자급적인 자생나리 자구 생산과 연작 등으로 인해 LSV 등의 바이러스 복합감염이 심각하다. 특히 LSV는 나리에서 가장 일반적인 바이러스로 단독감염 시에는 품종의 감수성에 따라 뚜렷한 병징을 보이지 않거나(Chinestra 등, 2010), 민감도에 따라 감염된 증상의 심각도는 달라(Asjes, 2000) 육안으로 바이러스 감염 여부를 판별하기 어려운 바이러스 중 하나이다. LSV의 외관상 증상은 모자이크, 축엽, 퇴록반점 및 줄무늬 등 모든 병징에서 감염이 확인되었으며(Lim 등, 2001), 다른 바이러스와 복합 감염되는 경우 병징이 더 심해질 뿐만 아니라 식물체의 생장이 저조해진다(Niimi 등, 1999). LSV와 LMoV가 함께 감염되면 모자이크와 잎의 기형증상이 함께 나타났다(Fig. 2A). 나리에서



Fig. 2. Various symptoms of a mixed infection observed in lilies. Appearance of severe leaf malformation and mosaic symptoms due to a mixed infection with LSV and LMoV (A), Appearance of leaf curling and twisting and light brown chlorotic spot symptoms due to triple mixed infection with LSV, LMoV, and CMV (B), Severe mosaic, deformity, necrosis, and brown chlorotic spot symptoms became more severe by quadruple mixed infection with LSV, LMoV, CMV, and PIAMV (C and D).

CMV는 농가 현장에서 다른 바이러스에 비하여 발생률이 낮은 편이나 절화 생산 시 생육이 떨어지며, 복합 감염 시에는 초장과 생체중의 감소가 현저하게 나타난다(Chung 등, 1975). CMV와 다른 바이러스의 복합감염 시 잎이 회색이나 갈색의 괴사 반점 증상을 나타낸다는 보고와 같이(Derks, 1995) LSV, LMoV 및 CMV의 복합감염 시 엷은 갈색의 괴사 반점이 나타났으며, 모자이크와 잎 말림 증상이 나타났다(Fig. 2B). PIAMV 감염증상은 불규칙한 잎 황백화 현상과 관련된 잎의 갈색 괴사성 줄무늬 병징과 화피의 불규칙한 괴사성 황화 줄무늬가 나타난다(Vidal 등, 2016). PIAMV는 적갈색의 퇴록반점 발생 후 괴사로 진전되면서 잎 기형과 축엽 등 백합의 상품성을 크게 떨어뜨렸으며, 단독감염보다 복합감염이 많았고 복합감염에서 병징이 더 심하였다(Fig. 2). 단독 바이러스 감염에서는 병징이 보이지 않아 크게 바이러스 병 피해가 없을 것이라 과소평가되고 있는 바이러스도 있지만 다른 병원균들과 복합감염이 되면서 큰 경제적 손실을 야기시키는 경우가 있으므로(Hull, 2013), 지속적인 바이러스 방제를 위해서는 건전 종자 이용, 발생 토양의 소독 및 매개충의 서식처를 없애는 등 바이러스 피해를 줄일 수 있는 대책이 필요하다고 사료된다.

요 약

제주에서 재배되는 백합에서의 바이러스 발생률 및 발병현황을 조사하기 위해 2015~2018년까지 시료를 채집하여 RT-PCR로 바이러스 감염양상을 조사하였다. 수집된 시료에 조사된 바이러스는 LSV 감염비율이 69.7%, PIAMV 46.8%, LMoV 38.3%, CMV 17.1% 순으로 발생하였으며, 바이러스 감염형태는 복합감염이 70.0%, 단독감염이 17.9%로 대부분 복합감염의 형태로 발병됨을 알 수 있었다. 복합감염의 발생률은 2015년 PIAMV와 LSV의 2종 복합감염이 76.7%로 가장 많이 발생하였으며, 2016년은 PIAMV, LSV와 LMoV의 3종 복합감염 25.9%, 2017년에는 LSV, LMoV와 CMV의 3종 복합감염이 14.9%로 발생되었으며, 2018년 PIAMV, LSV와 LMoV의 3종 복합감염 11.8%가 발생하는 것으로 나타났다. 전체적으로 제주지역의 발생하는 주요 바이러스는 LSV와 PIAMV를 포함한 복합감염이 가장 많은 것으로 나타났으며, 2종~4종 복합감염도 대부분 LSV와 PIAMV를 포함한 복합감염에 LMoV와 CMV가 결합한 형태를 보였으며, 이와 같은 결과를 종합해 볼 때 조사기간 4년 동안 지속적으로 발생하는 LSV와 PIAMV 복합감염의 양상은 제주지역 백합에 피해를 발생시키는 중요한 감염형태인 것으로 확인할 수 있었다. 2013년 PIAMV 최초 발생으로 긴급 공적방제 후 PIAMV 발생률은 2015년 82.0%, 2016년 49.4%, 2016년 13.6%, 2018년

에는 39.5%로 PIAMV는 매년 발생하는 양상을 보였다. LSV 단독감염시에는 병징이 나타나지 않았으나 복합감염시에는 LSV와 LMoV가 함께 감염되면 모자이크와 잎의 malformation 증상이 함께 나타났다. LSV, CMV 및 LMoV의 3종 복합감염 시 엷은 갈색빛의 괴저 반점이 나타났으며, 모자이크와 leaf curling이 유발되었다. PIAMV는 단독감염보다 복합감염이 많았으며, 복합감염의 증상으로는 적갈색의 퇴록반점 발생 후 괴사로의 진전, 심한 모자이크 및 잎 기형, 축엽 등 백합의 상품성을 크게 떨어뜨리고, 복합감염일 때 병징이 더욱 심하게 나타났다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

This study was carried out with the support of Cooperative Research program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ010113) Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Asjes, C. J. 2000. Control of aphid-borne lily symptomless virus and lily mottle virus in *Lilium* in the Netherlands. *Virus Res.* 71: 23-32.
- Chung, B. J., Park, H. C. and Lee, S. H. 1975. Studies on the host range of cucumber mosaic virus in Korea. *Kor. J. Pl. Prot.* 14: 185-192.
- Chinestra, S. C., Facchinetti, C., Curvetto, N. R. and Marinangeli, P. A. 2010. Detection and frequency of lily viruses in Argentina. *Plant Dis.* 94:1188-1194.
- Derks, A. F. L. M. 1995. Lily. In: *Virus and virus-like disease of bulb and flower crops*, eds by G. Loebenstein, R.H. Lawson, and A.A. Brunt, pp. 313-321. Wiley, UK.
- Hadidi, A., Khetarpal, R. K. and Koganezawa, H. 1998. Plant virus disease control. APS Press, St. Paul, MN, USA. 704 pp.
- Hughes, P. L., Harper, F., Zimmerman, M. T. and Scott, S. W. 2005. Nandina mosaic virus is an isolated of *Plantago asiatica* mosaic virus. *Eur. J. Plant Pathol.* 113:309-313.
- Hagita, T. 1989. Detection of cucumber mosaic virus and lily symptomless virus from bulb scales of Maximowicz's lily by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 55: 344-348 (in Japanese).
- Kostin, V. D. and Volkov, Y. G. 1976. Some properties of the virus affecting *Plantago asiatica* L.. *Virusnye Bolezni Rastenij Dalnego Vostoka* 25: 205-210 (in Russian).
- Kwak, H. R., Kim, M., Kim, J., Choi, H. S., Seo, J. K., Ko, S. J. et al. 2018. First report of *Plantago asiatica* mosaic virus in *Rehmannia glutinosa* in Korea. *Plant Dis.* 102: 1046.
- Lim, J. H., Bae, E. H., Lee, Y. J., Park, S. H., Lee, K. J., Kim, S. R. M. et al. 2009. Detection of lily symptomless virus, lily mottle virus, and cucumber mosaic virus from *Lilium* grown in Korea by RT-PCR. *Microbiology. J. Kor. Soc.* 45: 251-256.
- Loebenstein, G., Lawson, R. H. and Brunt, A. A. 1995. Virus and virus-like diseases of bulb and flower crops. Wiley, Chichester, UK. 543 pp.
- Niimi, Y., Gondaria, T., Kutsuwada, Y. and Tsuji, H. 1999. Detection by ELISA and DIBA tests of lily symptomless virus (LSV), tulip breaking virus-lily (TBV-L) and cucumber mosaic virus (CMV) in *Lilium* spp. grown in the field. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 68: 176-183 (in Japanese).
- Oh, S.-C., Chung, M.-H., Kim, S.-W. and Liu, J.-R. 2003. High frequency bulblet formation in scale and stem thin cell layer explant cultures of *Lilium* oriental hybrids. *Korean J. Plant Biotechnol.* 30: 251-255 (in Korean).
- Vidal, A. K, Camps, R. and Besoain, X. 2016. First report of necrotic streaking of asiatic lilies caused by *Plantago asiatica* mosaic virus in Chile. *Plant Dis.* 100: 1799.