

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
선인장 신품종 육성 연구		화훼	'96~	선인장다육식물연구소 선인장연구팀	이재홍
접목선인장 무병종묘 생산 및 보급체계 확립		화훼	'21~'23	선인장다육식물연구소 선인장연구팀	이지혜
색인용어	접목선인장, 무병종묘, 생산, 관리				

ABSTRACT

This study was to establish a production and distribution system for virus-free grafted cactus seedlings. 3,494 virus-free seedlings, including *Selenicereus* spp. used as rootstock for grafted cactus, were collected and propagated to 26,303 seedlings in an isolated greenhouse. The virus detection rates of the propagated seedlings were 3.9% for *Selenicereus* spp. and 1.7% for *Gymnocalycium mihanovichii*, with no virus detected in *Cereus repandus*, indicating that the virus was effectively controlled. Virus-free rootstocks were propagated on farms to increase seedling production efficiency. However, virus detection rates were 50~60% and Cactus virus X(CVX), Pitaya virus X(PiVX) were detected in farm-captured insects. The pilot distribution of virus-free rootstocks in two farms showed that failure to manage insects resulted in compromised growth and quality of seedlings, leading to an increased risk of virus infection. Therefore, management of insect pests was essential for pest and virus infection prevention and quality management of virus-free seedlings production.

Key words: Grafted cactus, Virus-free, Seedlings, Production, Management

1. 연구목표

접목선인장은 우리나라 고유의 품종과 재배기술에 의해 생산·수출하는 작목으로 국제시장에서 선호도가 높다. 하지만 저임금 국가와의 수출경쟁과 미국 등 일부 국가로의 수출편중이 심화되고 있어(농식품수출정보, 2023) 수출 경쟁력 향상과 시장확대

를 위해 우수한 품종을 활용한 고품질의 상품생산이 중요하다. 또한 접목선인장은 자구의 접목번식에 의해 생산되는 영양번식 작물로, 종묘 갱신없이 오랜 기간 재배하면 품종 퇴화와 함께 바이러스에 감염되기 쉬운데, 바이러스에 감염된 접목선인장은 품질이 저하되고 수확량이 감소되어 농가소득에 악영향을 끼친다. 또한 수출시 검역과정에서 각종 병해충과 바이러스가 검출될 경우 식물체가 폐기 또는 반송되기도 하며 수입제한 조치가 이뤄지는 경우도 있으므로 경제적 피해가 발생하지 않도록 무병종묘 생산체계의 확립이 필수적으로 요구된다. 하지만 우리나라에서 무병종묘 보급은 사과, 고구마 등 주요 과수 또는 식량 작물에 국한되어 있으며 화훼작목은 미흡한 실정이다. 접목선인장 바이러스 관련 연구는 단순 감염사례 보고, 바이러스 진단키트 개발에 한정되어 있고(김 등, 2011) 바이러스 저항성 형질전환 삼각주 육성 연구가 진행된 바 있으나(김 등, 2012) 무병종묘의 생산과 관리체계 확립에 관한 실용적 연구는 수행된 바 없다.

따라서 접목선인장 생산성과 품질 향상을 위해 2021년부터 2023년까지 3년간 바이러스 무병종묘 생산보급체계 확립을 목표로 추진한 연구결과는 다음과 같다.

2. 재료 및 방법

<시험 1> 접목선인장 무병자원 수집(2021~2023)

무병종묘 생산에 활용하기 위한 우수자원을 수집하고자 2021년부터 2023년까지 3년간 시험을 수행하였다. 연구소, 도내 접목선인장 재배농가, 농촌진흥청 온난화대응농업연구소 등지에서 비모란, 삼각주 등 접목선인장 유전자원을 수집하고 real-time PCR 검정시스템을 활용하여 바이러스를 검정 후 바이러스 무병자원을 선별하였다.

<시험 2> 접목선인장 무병종묘 선발 및 증식(2022~2023)

본 시험은 바이러스 무병종묘의 효율적인 증식을 위해 연구소와 도내 접목선인장 재배농가에서 자원 선발과 증식을 수행하였다. 2022년에는 연구소와 재배농가에서, 2023년에는 선인장다육식물연구소 내 시험연구 격리온실에서 바이러스 무병자원을 재배 및 증식하였다. 온실 내부로의 해충 유입 방지를 위해 측창과 출입문에 18 mesh의 방충망을 설치하였고 출입시에는 전용 장화 또는 일회용 덧신을 착용하여 바이러스 감염과 병해충 유입을 방지하였다. 무병종묘는 소독이 완료된 용토에 표 1과 같이 정식하였으며 점착트랩, 포충기 등을 이용하여 해충을 예찰하였고 농약을 예방살포하여 병해충이 확산되지 않도록 관리하였다. 또한 바이러스 검정은 식물검역조치를 위한 국제기준(ISPM)에 따라 검정시료수를 선정하고 무작위 채취하여 실시하였으며 바이러스에 감염

된 식물체는 즉시 제거하였다. 도내 접목선인장 재배농가에는 바이러스 무병삼각주를 토양재배 하였으며 기타 재배관리는 표준재배법에 준하였다(표 1). 바이러스 검정 Cactus virus X(CVX), Zygocactus virus X(ZVX), Cactus mild mottle virus(CMMoV), Opuntia virus X(OVX), Saguaro cactus virus(SCV) 및 Pitaya virus X(PiVX)를 대상으로 multiplex Real-time PCR Kit(코젠바이오텍社)를 활용하여 Real-time PCR 분석법으로 수행하였다.

표 1. 접목선인장 무병종묘 증식온실 재배법

구 분	온실	재배양식	용토조성 (v:v)	재배작목	재배면적 (m ²)	재식거리 (cm)
	온실 A	베드재배	마사토 5: 퇴비 5	삼각주선인장 연성각	44	15×15 30×20
		화분재배	마사토 5: 퇴비 5	연성각	44	∅25cm
연구소	온실 B	베드재배	마사토 5: 퇴비 5	삼각주선인장 연성각	79	15×20
		분화 수경재배	코코피트 9:질석 1	삼각주선인장, 접목선인장	28	15×15
	온실 C	베드재배	마사토 5: 퇴비 5	삼각주선인장	104	15×20
농가	온실 D	토양재배	마사토 5: 퇴비 5	삼각주선인장	120	15×20
계				-	421	

<시험 3> 접목선인장 무병종묘 시범보급(2023)

2023년 3월 도내 접목선인장 재배농가 2개소에 바이러스 무병 삼각주를 농가당 400 주씩 보급하였다. 망실 설치 유무 등에 따른 해충피해와 품질을 조사하고자 처리구를 무병 삼각주 망실재배, 무병 삼각주 관행재배, 농가생산묘 관행재배로 나누어(표 2) 증식 재배하고 생육특성, 바이러스 검출률 등을 조사하였다.

표 2. 접목선인장 무병종묘 시범보급 농가 재배법

농 가	재배양식	용토조성(v:v)	재식거리 (cm)	정식일 (월.일)
A	토경재배	(마사+연탄재) 6: 계분 4	15 × 15	3.16~3.27
B	생력트레이 재배	상토 4: 유기질비료 3: 모래 3	15 × 15	3.20~3.23

3. 결과 및 고찰

<시험 1> 접목선인장 무병자원 수집

2021년 연구소 및 도내 접목선인장 재배농가를 대상으로 CVX 등 선인장 바이러스 5종을 검정하여 삼각주(*Selenicereus* spp.) 등 3작목 104점의 무병자원 수집하였고 2022년에는 연구소, 도내 접목선인장 재배농가 및 제주도에서 수집한 자원을 대상으로 CVX 등 바이러스 5종을 검정하여 삼각주(*Selenicereus* spp.) 등 3작목 576점의 무병자원을 수집하였다. 2023년에는 Pitaya virus X(PiVX) 등 선인장 바이러스 6종을 검정하여 삼각주(*Selenicereus undatus*), 용과, 비모란 등 3작목 2,814점의 무병자원을 수집하였다(표 3).

표 3. 접목선인장 무병자원 연도별 수집현황

년 도	자원명(종)	수집개체수(점)	수집장소
2021	삼각주(<i>Selenicereus</i> spp.), 연성각, 비모란	104	연구소, 접목선인장 재배농가
2022	삼각주(<i>Selenicereus</i> spp.), 연성각, 비모란	576	연구소, 접목선인장 재배농가, 제주도원
2023	삼각주(<i>Selenicereus undatus</i>), 용과(7종), 비모란	2,814	연구소, 외국, 온난화대응 농업연구소
	계	3,494	-

<시험 2> 접목선인장 무병종묘 선발 및 증식

가. 연구소

바이러스가 없는 접목선인장 우량종묘 양성을 위해 시험 1에서 수집한 무병자원을 2022년부터 2023년까지 연구소 내 격리온실에서 증식 및 관리하였다. 접목선인장의 대 목선인장으로 활용되는 삼각주는 8,660주를 정식하여 25,980주 수확가능한 상태로 증식하였으며 연성각은 411주를 정식하여 204주를 증식하였고 접목선인장 비모란은 GG19154-1등 연구소 육성 계통 36점을 정식하여 119주를 증식하였다. 증식시험구의 품질관리를 위해 PiVX 등 선인장 바이러스 6종을 검정한 결과 검출률은 삼각주 3.9%, 비모란 1.7%로 조사되어 바이러스 관리가 효과적으로 이뤄지고 있었다(표 4).

표 4. 접목선인장 바이러스 무병종묘 증식현황

구 분	정식개체수(주)	증식개체수(주)	바이러스 검출률(%)
삼각주	8,660	25,980*	3.9
연성각	411	204	-
비모란(접목)	36	119	1.7
계	9,107	26,303	-

* 수확시 정식 가능한(15cm 이상) 삼각주선인장 수량

나. 농가

2022년 3월부터 5월까지 도내 접목선인장 재배농가에 바이러스 무병 삼각주 3,648 주를 정식하였다. 재배기간 중 고온기에 해충이 다발생 하였고 조직변형 등 바이러스 감염으로 의심되는 증상을 발견하여(그림 1), 바이러스를 검정한 결과 검출률이 50~60%로 나타났다(표 5). 바이러스의 급격한 감염증가의 원인이 총채벌레, 온실가루이 등 해충의 적기방제 실패, 바이러스 기주식물의 미제거 등으로 인한 것인지 구명하기 위해 증식농가에서 포집한 해충의 바이러스 검정을 실시한 결과 CVX와 PiVX가 고농도로 검출되었다(그림 2). 이는 총채를 통한 바이러스 전염도 가능성을 시사하는 결과로 바이러스 감염 방지와 무병종묘 관리를 위해서는 해충 방제가 필수적이라고 생각되었다.



그림 1. 온실 내 가루이 다발생 및 바이러스 감염 증상

표 5. 바이러스 무병 삼각주 재배농가의 바이러스 검출률

구 분	바이러스 검출률(%)		
	7월	8월	9월
농 가	50.0	60.0	58.8

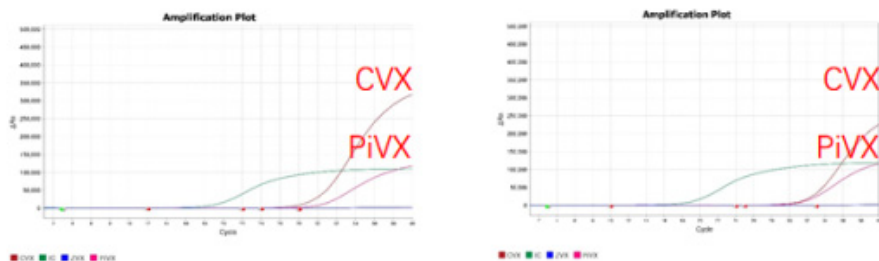


그림 2. 바이러스 무병 삼각주 재배농가 포집 해충 바이러스 검정 결과

<시험 3> 접목선인장 무병종묘 시범보급

2023년 3월 무병대목 보급체계 구축과 생산현장 바이러스 관리 효율 증진을 위해 연구소에서 증식한 무병 삼각주를 접목선인장 재배농가 2개소에 시범보급 하였으며 해충 유입을 방지하고자 망실을 설치한 무병묘 망실재배, 망실을 설치하지 않은 무병묘 관행재배, 농가생산묘 관행재배(대조구)로 처리구를 나누어 시험을 추진하였다(표 6). 보급된 무병묘의 생존율은 98% 이상이었고 주당 측지수는 3.4~3.8개, 측지길이는 60.7~65.7cm로 조사되었다. B 농가의 관행재배한 삼각주는 나방 유충 급증에 의한 식해 피해로 무병묘 재배구의 삼각주에 비해 측지 길이가 짧았다(표 7).

표 6. 바이러스 무병 삼각주 시범재배 현황

농 가	구 분	정식일 (월.일)	재식주수 (주)
A	무병묘 관행재배	3.16	209
	무병묘 망실재배	3.16	252
	농가 관행재배(대조)	3.27	300
B	무병묘 관행재배	3.20	216
	무병묘 망실재배	3.20	216
	농가 관행재배(대조)	3.23	216

표 7. 바이러스 무병 삼각주 생육특성

농 가	처리구	정식후 생존율 (%)	측지발생율 (%)	측지수 (개/주)	측지길이 (cm)
A	무병묘 관행재배	98.6	100	3.7	60.7
	무병묘 망실재배	98.4	100	3.6	65.2
	농가 관행재배(대조)	96.6	100	3.2	65.0
B	무병묘 관행재배	100	100	3.4	65.2
	무병묘 망실재배	100	100	3.8	65.7
	농가 관행재배(대조)	99.1	100	3.1	52.1

2023년 8월 무병 삼각주의 해충피해 및 바이러스 검출률을 조사한 결과 두 농가 모두 하절기 나방류 급증으로 인해 신초부위 식해, 분비물로 인한 그을음병 발생, 피사 등 피해율이 높았으나 망실재배 시에는 피해율이 낮아 해충 유입 방지효과가 있었다. 바이러스 검정결과 A 농가의 무병묘 망실재배 처리구의 바이러스 검출률은 3.7%로 다른 처리구에 비해 낮았다. 해충피해가 많았던 B 농가의 바이러스 검출률은 7.4~14.2%로 A 농가에 비해 높았으며 해충피해율이 증가할수록 바이러스 검출률도

높았다(표 8, 그림 3). 본 시험을 통해 품질관리를 위해서는 무병묘 재배시에는 망실 재배가 필수적이며 나방류와 같이 식해를 일으키는 해충보다는 총채벌레, 진딧물, 가루이 같은 흡즙성 해충의 예찰 및 방제가 바이러스 관리에 중요함을 알 수 있었다.

표 8. 시범재배 삼각주 시험구의 해충피해 및 바이러스 검출률

농 가	구 분	해충 피해율 ^ㄱ (%)	바이러스 검출률 ^ㄴ (%)
A	무병묘 관행재배	33.5	7.4
	무병묘 망실재배	7.9	3.7
	농가 관행재배(대조)	41.7	7.2
B	무병묘 관행재배	55.0	14.2
	무병묘 망실재배	28.9	7.4
	농가 관행재배(대조)	96.6	11.7

ㄱ 해충 피해율: 식해, 분비물로 인한 그을음병 등 피해발생주수/정식개체수×100

ㄴ 검출 바이러스: CVX, PiVX

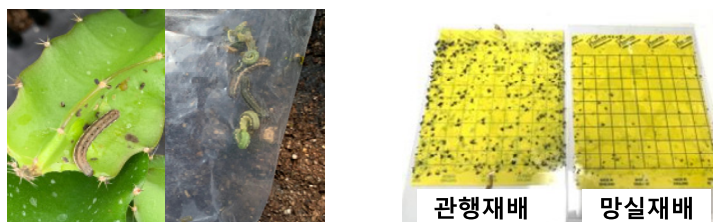


그림 3. 나방류 유충의 삼각주 신초 가해(좌) 및 망실재배 효과(우)

4. 적 요

접목선인장 무병종묘 생산 및 보급체계 확립을 위해 3년간 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

- 가. 2021년부터 2023년까지 3년간 삼각주, 연성각, 비모란 등을 대상으로 바이러스 검정을 통해 무병종묘 3,494점을 수집하였다.
- 나. 수집한 바이러스 무병종묘는 2022년부터 2023년까지 2년간 연구소 내 격리온실에서 총 9,107주를 정식하여 26,303주를 증식하였다. 작목별 바이러스 검출률은 삼각주 3.9%, 비모란 1.7%였으며 연성각에서는 바이러스가 검출되지 않아 무병종묘 관리가 효과적으로 이루어졌다.
- 다. 종묘증식의 효율성 향상을 위해 2022년 농가에서 바이러스 무병 삼각주를 재배한 결과 바이러스 검출률이 50~60%로 높았는데 포집한 해충에서 CVX와 PiVX가 고농도로 검출되어 바이러스 감염 방지와 무병종묘 관리를 위해서는 해충 예찰과 방제가 중요하였다.

라. 바이러스 무병 삼각주를 도내 재배농가 2개소에 시범보급한 결과 망실재배를 하지 않은 경우 해충 피해율이 33.5~96.6%로 높았으나 망실재배는 바이러스 감염률이 3.7~7.4%로 낮아 바이러스 예방을 위해서는 해충관리가 필수적이었다.

5. 인용문헌

농식품수출정보(www.kati.net). 2023. 선인장 수출입통계.
 김현희 등. 삼육대학교 산학협력단. 2011. 선인장의 돌발바이러스 분자진단용 multiplex Real-time PCR키트 개발 및 무병주 조기선발 시스템 구축: p. 8.
 김종범 등. 농촌진흥청. 2013. CVX 바이러스 저항성 형질전환 삼각주의 안전성 평가 및 심사서 작성: pp. 1-3.

6. 연구결과 활용제목

- 삼각주선인장 바이러스 감염 주요 증상 및 예방 대책(2022, 영농활용)
- 삼각주선인장 바이러스 관리방안(2023, 영농활용)
- 삼각주선인장 재배와 바이러스 관리 매뉴얼(2023, 자료발간)

7. 연구원편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'21	'22	'23
접목선인장 무병 종묘 생산 및 보급체계 확립	책임자	선인장다육식물 연구소	농업연구사	이지혜	세부과제 총괄	○	○	○
	공동 연구자	〃	농업연구사	서재순	시료검정	-	○	○
		〃	농업연구관	이재홍	자료분석	○	○	○
		〃	〃	정구현	시험검토	○	○	○