

| | | | | |
|-------------|----------------------------|-------------|---------------|---------|
| 과 제 구 분 | 공동연구 | 과 제 번 호 | PJ014878 | |
| 과 학 기 술 분 류 | LB0304 | 품 목 표 준 코 드 | VC-01-08030 | |
| 주 관 과 제 명 | 국가관리 바이러스 분포조사 및 관리 매뉴얼 개발 | | | |
| 과 제 책 임 자 | 성명 | 직급 | 소속기관 및 부서 | |
| | 이 봉 춘 | 농업연구관 | 국립농업과학원 작물보호과 | |
| 연 구 기 간 | 2020 ~ 2024 | 참여연구기관 | | |
| | 세부과제명 | 부서 | 세부책임자 | 연구기간 |
| | 3) 강원지역 국가관리 바이러스 정밀 분포조사 | 농업환경연구과 | 김문중 | '20~'24 |
| 키 워 드 | 바이러스, 분포조사, 관리 매뉴얼 개발 | | | |

ABSTRACT

The purpose of this project is to establish a monitoring system for 12 nationally managed viruses and common viral diseases introduced into Gangwon state from 2020 to 2024. This system aims to protect the domestic agricultural industry by strengthening domestic quarantine measures and implementing preemptive actions to mitigate damage to farmers. The occurrence of specific viruses was confirmed in major crops in the Gangwon region, with continuous virus outbreaks reported in cucumber (CABYV), melon (CABYV), and pepper (TSWV). Therefore, thorough virus surveillance and control are necessary for these crops and regions. Additionally, some viruses increased rapidly in specific years and areas. For example, there was 100% detection of TuMV in Jeongseon cabbage in 2021, multiple viruses detected in Gangneung Nari in 2020, and 100% detection of TSWV in Yeongwol and Inje peppers in 2023. Analyzing these patterns of increase is essential to predict future outbreaks and implement preventive measures. For cabbage, Chinese cabbage, and horseradish, continuous monitoring is crucial due to the high variability in virus occurrence. It was confirmed that a detailed analysis of virus occurrence in relation to climate change and crop cultivation methods is necessary. This study monitored the occurrence of major viral diseases in Gangwon state and conducted an in-depth investigation into viruses at risk of being introduced into the country. The objective is to establish foundational data for preventing the establishment and spread of viruses in domestic farmland while enhancing virus control efforts.

1 연구목표

기후 및 농업생태계 변화와 세계적으로 국가간 교류가 활발하여 새로운 바이러스병이 지속적으로 출현하고 있기 때문에 바이러스병에 대한 발생 예측과 대책수립을 위한 국내 생태계에 존재하는 바이러스의 분포지도 작성이 중요하다. 따라서 본과제에서는 지역·작물별 국가관리 바이러스에 대한 정밀 분포 조사를 통한 정밀분포지도 작성 및 데이터베이스를 구축하고, 진단 표준 매뉴얼 개발을 통한 효율적인 방제 대책을 마련하고자 한다. 기후변화, 새로운 작물 및 바이러스 유전자 진단기술의 첨단화로 지속적인 바이러스 발생 보고가 예상되고 있다. 식물바이러스는 효과적인 방제 약제 개발이 매우 어려우므로 신속한 바이러스 진단 및 발생 조사를 통해 확산 등의 피해를 막는 것이 중요하다. 온난화 등의 기후변화와 새로운 고소득 작물의 요구에 따라 아열대 작물 등 새로운 작물의 도입, 이로 인한 새로운 바이러스가 문제될 가능성이 높음에 따라 최신 NGS(RNA-seq) 기술에 기반해 국내 신규 도입된 작물에서의 바이러스 발생을 조사하고, 국내 확산 방지를 위한 관리 매뉴얼을 개발하고자 한다. 국내 주요 채소 작물인 고추와 토마토에서 높은 발병률을 보이는 고위험 바이러스의 경우 병원성이 강한 변종의 돌발적인 출현 시 막대한 피해가 발생할 것으로 예상된다. 바이러스병 발생을 원천적으로 차단하기 위하여 저항성품종 육종이 필요하며 이를 위해 대표 바이러스 선별 및 병원성 평가체계 구축이 필요하다. 본과제에서는 국내 농경지에서 발생하는 주요 바이러스병의 발생상황을 모니터링하고, 국내 유입이 우려되는 바이러스에 대해서는 보다 면밀한 조사를 실시하여 국내 농경지 정착·확산방지를 위한 기초자료를 마련하여 방제에 노력하고자 하였다.

2 재료 및 방법

〈Q. 제3세부과제 : 강원지역 국가관리 바이러스 정밀 분포조사〉

(시험 1) 국가관리 바이러스 발생 분포조사

강원지역 국가관리바이러스 모니터링을 위해 2020년부터 2024년까지 고추, 토마토, 오이, 멜론, 복숭아, 감자, 포도, 블루베리, 수박, 국화를 포함한 총 10작목에서 발생하는 바이러스 12종의 발생 양상을 조사하였다. 조사 시기는 생육 중 병징이 잘 나타나는 시기에 1회 방문하여 조사하였다. 작목별 조사지역 및 대상 바이러스로는 고추에서는 2020년부터 2024년까지 원주, 영월, 정선, 인제에서 CSNV, INSV, TSWV에 대한 3종의 바이러스 발생 양상조사를 실시하였다. 토마토의 경우 2020년~2024년까지 춘천, 횡성, 철원에서 CSNV, TYLCV, TSV에 대한 3종 바이러스 발생양상을 조사하였고, 오이에서는 2020년~2024년까지 춘천, 홍천, 화천, 횡성에서 CABYV, CCYV, MABYV, TSV 4종에 대한 바이러스 발생 양상을 조사하였다. 마찬가지로 멜론에서는 2020년~2024년까지 춘천, 평창, 양구, 횡성에서 CABYV, CCYV, MABYV 3종에 대한 바이러스 발생양상을 조사하였다. 복숭아에서는 2020년에 춘천, 원주, 영월에서 CNRMV에 대한 바이러스 발생양상을 조사하였고, 감자에서는 2020년에 춘천, 홍천, 평창에서 CDV에 대한 바이러스 발생양상을 조사하였다. 포도에서는 2020년~2021

년까지 황성, 영월, 삼척에서 GRBaV에 대한 바이러스 발생양상을 조사하였고, 블루베리에서는 2020년~2022년까지 춘천, 황성, 정선, 인제, 홍천에서 BRRV에 대한 바이러스 발생양상을 조사하였다. 수박에서는 2023년 원주, 영월, 양구에서 CABYV, CCYV, MABYV 3종에 대한 바이러스 발생양상을 조사하였으며 마지막으로 국화에서는 2023년~2024년까지 원주, 강릉에서 CCNV에 대한 바이러스 발생양상을 조사하였다. 포장에서 채집된 바이러스 증상시료는 RT-PCR방법을 이용하여 바이러스를 검정하였다. 우선 채집된 시료를 1.5mL 튜브에 1cm×1cm크기로 자른 후 마쇄한 후 easy-spinTM [DNA free] Total RNA Extraction kit(iNtRON Biotechnology, Seongnam, Korea)를 이용하여 사용자 매뉴얼에 따라 분리를 하였으며 감염 식물체에서 전체 핵산을 분리한 후 핵산 추출물을 진단에 이용하였다. 유전자 진단에 대상 바이러스의 특이 프라이머는 농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과에서 디자인한 프라이머를 사용하였으며, 표 1과 같다. PCR 조성액 총액은 20μL로 1×AccuPower® PCR Master Mix(Bioneer, Daejeon, Korea) 2μL, Forward primer(10 pmol) 1μL, Reverse primer(10 pmol) 1μL, RNA 2μL, D.W 14μL로 반응시켰다. RT-PCR 조건은 55°C에서 30분, 95°C에서 10분 역전사 반응 뒤 95°C에서 10분간 denaturation 후, 95°C에서 30초, 55~57°C에서 40초, 72°C에서 1분으로 35회로 진행하였고 PCR이 완료되면 각 산물은 1.2% agarose gel에서 전기영동을 통해 감염여부를 확인하였다.

표 1. 바이러스 의심주 진단에 사용한 프라이머 목록

| 바이러스 | 프라이머 이름 | 염기서열(5'-3') | PCR산물 크기(bp) |
|-------|--------------|---------------------------------|--------------|
| BRRV | BR-RT-1F | GTTGATGATATTATTATATTTTCAG | 603bp |
| | BR-RT-2R | GTTCCGAAGAAGACTGATATTGA | |
| CNRMV | CNRMV-F | GGTGCCCGAGTCTGAAACA | 502bp |
| | CNRMV-R | CAGAGGTTTATCATTTCATCAC | |
| TSWV | TSWV 6F | GAGATTCTCAGAATTCACCAGT | 459bp |
| | TSWV 6R | AGAGCAATCGTGTCAATTTTATTC | |
| INSV | INSV 1F | ATC AAT AGT AGC ATT AAA CAT | 800bp |
| | INSV 1R | GAC TCA ATC TGA TTC CTT AGA | |
| TYLCV | tylcv 1f | GTCACCAATCAAATTGCATCCTC AA | 712bp |
| | tylcv 1-2r | GTCCAAAATCCATTGGGC | |
| CABYV | CABYV-u4 | ACA CGA GTT GCA AGC ATT GGA AGT | 466bp |
| | CABYV-d3806 | AGT ATT CCA GAG CTG AAT GCT GGG | |
| CCYV | CCYV F2 | ATC ACA CCC GAA CAC ATG AAT C | 415bp |
| | CCYV R2 | TCG CTC ATT ACC TTA CCA GTG G | |
| CDV | CDV-F | GCTGATACAGTTGATGCCG | 831bp |
| | CDV-R | TAACCTCTAACCTTGACGCACAC | |
| GRBaV | GRBaV-F | GCTGTGGTGCTCATTTCTCT | 1216bp |
| | GRBaV-R | ACTTGATCATACACACGCCA | |
| MABYV | MABYV-262-F | GAACCGTCGACGCACTTCAAAGAGTA | 280bp |
| | Polero-uni-R | GATYTTATAYTCATGGTAGGCCTTGAG | |
| TSV | TS-N10 | CTA TTG AGA AGT CGT GCC T | 815bp |
| | TS-C30 | CCA TCA GAG ACG GCG ACA AA | |
| CSNV | CSNV-NCP1_F | GCG GAA TAC TCT GCA CGA CTT G | 601bp |
| | CSNV-NCP1_R | GCT CTT TGT GCT TTG AAT CCT G | |

(시험 2) 강원지역 주요작목(배추, 나리, 고추냉이) 바이러스 분포조사

강원지역 주요작목인 배추 및 나리, 고추냉이에 바이러스병 분포조사를 위해 태백, 정선, 삼척, 강릉에서 바이러스 분포양상을 조사하였다. 조사시기는 생육 초기, 중기, 후기 3회 방문하여 조사하였다. 배추는 2020년부터 2024년까지 CMV 등 4종의 바이러스에 대한 발생양상을 조사하였고, 나리는 2020년~2024년에 PIAMV 등 4종의 바이러스에 대한 발생조사를 실시하였다. 고추냉이는 2020년~2024년에 CMV 등 3종의 바이러스에 대한 발생조사를 실시하였다. 유전자 진단에 대상 바이러스의 특이 프라이머는 농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과에서 디자인한 프라이머를 사용하였으며, 표 2, 3, 4와 같으며, 유전자 분석 방법은 시험 1과 같다.

표 2. 배추 바이러스 의심주 진단에 사용한 프라이머 목록

| 바이러스 | 프라이머 이름 | 염기서열(5'-3') | PCR산물 크기(bp) |
|------|----------|---------------------------------|--------------|
| CMV | CMV - F | GAG TCA TGG ACA AAT CTG | 650bp |
| | CMV - R | AAC ACG GAT TCA AAC TGG | |
| TuMV | TuMVN60 | ACA TTG AAA AGC GTA ACC A | 356bp |
| | TuMVC20 | TCC CAT AAG CGA GAA TAC TAA CGA | |
| TYMV | TYMV N10 | TTT CCA CCC TCA CCA CCT TCT ACC | 304bp |
| | TYMV C20 | TGA GCG GTG ATG GAG ATG AGG AGT | |
| RMV | RMV N40 | TAC GCC GGT CCT GAT TCG | 668bp |
| | RMV C20 | CGT TAA CAG GTG ATC CAG GAA ATA | |

표 3. 나리 바이러스 의심주 진단에 사용한 프라이머 목록

| 바이러스 | 프라이머 이름 | 염기서열(5'-3') | PCR산물 크기(bp) |
|-------|-----------|---------------------------------|--------------|
| PIAMV | PIAMV DF1 | TGC TTC GAC GCG GGC TC | 520bp |
| | PIAMV DR2 | GCT GGT TAA GTT TGC CRA TA | |
| CMV | CMV - F | GAG TCA TGG ACA AAT CTG | 650bp |
| | CMV - R | AAC ACG GAT TCA AAC TGG | |
| LSV | LSV - F | GAT GTC GAA GGT GTC AAA AGC TGC | 551bp |
| | LSV - R | CAC TGT TAG AGC AAC GAC TAA CCC | |
| LMoV | LMoV - F | GGC TGT TTC ATC TGG AAG TGT GC | 300bp |
| | LMoV - R | CAT GGT TTG TGC ATA GAG AAT GG | |

표 4. 고추냉이 바이러스 의심주 진단에 사용한 프라이머 목록

| 바이러스 | 프라이머 이름 | 염기서열(5'-3') | PCR산물 크기(bp) |
|------|---------|---------------------------------|--------------|
| CMV | CMV - F | GAG TCA TGG ACA AAT CTG | 650bp |
| | CMV - R | AAC ACG GAT TCA AAC TGG | |
| TMV | TMV 1-f | TGT TAA GGA TTT TGG AGG AA | 428bp |
| | TMV 1-r | AGT AGC ATC TAA CGT TTC GG | |
| TuMV | TuMVN60 | ACA TTG AAA AGC GTA ACC A | 356bp |
| | TuMVC20 | TCC CAT AAG CGA GAA TAC TAA CGA | |
| AMV | AMV-N20 | AGGAAATGTTACTAGCTGATGAAG | 320bp |
| | AMV-C50 | GGTAGCATCATGGTCGGTGTCAAC | |

3 결과 및 고찰

〈Q 제3세부과제 : 강원지역 국가관리 바이러스 정밀 분포조사〉

(시험 1) 국가관리 바이러스 발생 분포조사

첫 번째로 고추에 발생한 바이러스 발생양상 조사를 위해 2020년부터 2024년까지 원주, 영월, 정선, 인제의 고추 재배지에서 시료를 채집하였다. 연도별, 지역별 감염률을 보면 2020년에는 TSWV가 원주에서 46.7%, 영월에서는 20%였고, 2021년에는 원주, 영월에서 20%의 감염률을 보였다. 2022년에는 3지역 모두 바이러스가 검출되지 않았으며, 2023년에는 TSWV가 영월, 인제 모두에서 100% 감염률을 보였다. 마지막으로 2024년도에는 22년도와 마찬가지로 3지역 모두 바이러스가 검출되지 않았다. 고추에서는 3지역 모두 CSNV와 INSV는 검출되지 않았으며, TSWV만 검출되는 것을 확인하였다(표 5.).

표 5. 고추 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | |
|----|------|------|-----------|------|------|
| | | | CSNV | INSV | TSWV |
| 원주 | 2020 | 15 | 0 | 0 | 7 |
| | 2021 | 15 | 0 | 0 | 3 |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| | 2024 | 45 | - | - | 0 |
| 영월 | 2020 | 15 | 0 | 0 | 3 |
| | 2021 | 15 | 0 | 0 | 3 |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | 15 |
| | 2024 | 45 | - | - | 0 |
| 정선 | 2020 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| | 2021 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 인제 | 2022 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | 15 |
| | 2024 | 45 | - | - | 0 |
| 합계 | 2020 | 45 | 0 | 0 | 10 |
| | 2021 | 45 | 0 | 0 | 6 |
| | 2022 | 135 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 45 | 0 | 0 | 30 |
| | 2024 | 135 | - | - | 0 |

두 번째로 토마토는 2020년부터 2024년까지 춘천, 횡성, 철원의 토마토 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 그 결과 2020년엔 횡성에서 TYLCV가 13.3%, 철원에서 40% 검출되었고, 2021년에는 횡성 66.7%, 철원 33.3%가 검출되었다. 2022년도에는 TSV 등 3종의 토마토 바이러스에 대한 감염 여부를 조사하였으나 검출되지 않았다. 2023년부터 2024년까지 3지역 모두에서 TYLCV 등 2종의 바이러스 전부 검출되지 않았다(표 6.).

〈Tomato Spotted Wilt Virus〉

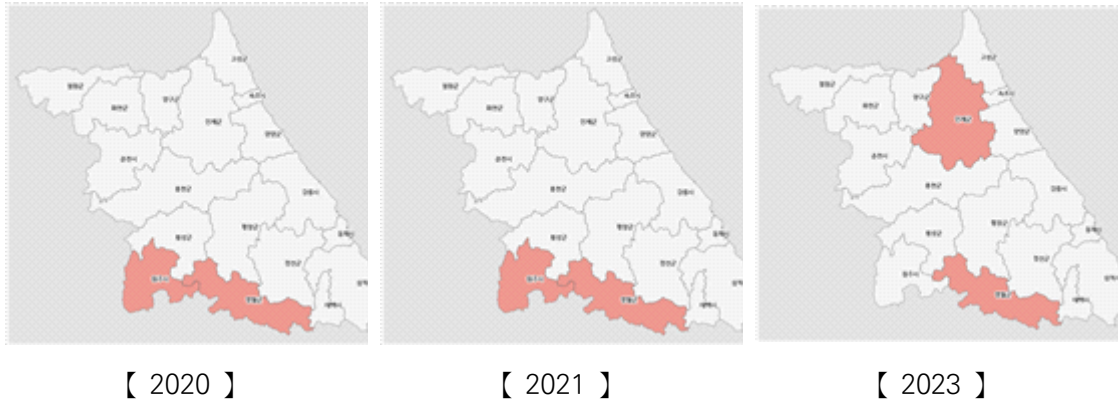


그림 1. 고추 바이러스 지역별 분포변화

표 6. 토마토 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | |
|----|------|------|-----------|-------|-----|
| | | | CSNV | TYLCV | TSV |
| 춘천 | 2020 | 15 | 0 | 0 | - |
| | 2021 | 15 | 0 | 0 | - |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 45 | - | 0 | - |
| 횡성 | 2020 | 15 | 0 | 2 | - |
| | 2021 | 15 | 0 | 10 | - |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 45 | - | 0 | - |
| 철원 | 2020 | 15 | 0 | 6 | - |
| | 2021 | 15 | 0 | 5 | - |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 45 | - | 0 | - |
| 합계 | 2020 | 45 | 0 | 8 | - |
| | 2021 | 45 | 0 | 15 | - |
| | 2022 | 135 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 45 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 135 | - | 0 | - |

세 번째로 오이는 2020년부터 2024년까지 춘천, 홍천, 화천, 황성의 오이 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 그 결과 2020년엔 춘천에서 CABYV가 53.3%, 홍천에서 93.3% 검출되었고, 2021년에는 화천 86.7%가 검출되었다. 2022년에는 마찬가지로 CABYV가 황성에서 17.8% 검출되었고, 특히 춘천 지역은 2023년 100%, 2024년 60%가 검출되었다. 2022년도에는 TSV 등 3종, 2023년도에는 MABYV 등 3종을 조사하였으나 CABYV를 제외하고는 진단되지 않았다(표 7.).

표 7. 오이 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | | |
|----|------|------|-----------|------|-------|-----|
| | | | CABYV | CCYV | MABYV | TSV |
| 춘천 | 2020 | 15 | 8 | 0 | - | - |
| | 2021 | 10 | 0 | 0 | - | - |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | - | 0 |
| | 2023 | 15 | 15 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 45 | 27 | 0 | - | - |
| 홍천 | 2020 | 15 | 14 | 0 | - | - |
| 화천 | 2020 | 15 | 0 | 0 | - | - |
| | 2021 | 15 | 13 | 0 | - | - |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | - | 0 |
| | 2023 | 15 | 8 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 45 | 0 | 0 | - | - |
| 황성 | 2021 | 15 | 0 | 0 | - | - |
| | 2022 | 45 | 8 | 0 | - | 0 |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 30 | 0 | 0 | - | - |
| 합계 | 2020 | 45 | 22 | 0 | - | - |
| | 2021 | 40 | 13 | 0 | - | - |
| | 2022 | 135 | 8 | 0 | - | 0 |
| | 2023 | 45 | 23 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | 120 | 27 | 0 | - | - |

네 번째로 멜론은 2020년부터 2024년까지 춘천, 평창, 양구, 황성의 멜론 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 그 결과 2020년엔 춘천에서 CABYV가 26.7%, 평창에서 93.8%, 양구에서 53.3% 검출되었고, 2021년에는 3 지역 모두 검출되지 않았다. 특히 양구에서는 CABYV가 2022년도에는 15.6%, 2023년도에는 40%가 검출되었다. 2023년도에는 멜론에서 MABYV 바이러스를 3지역 진단하였으나 모두 검출되지 않았다. (표 8.).

〈Cucurbit Aphid- Borne Yellows Virus〉

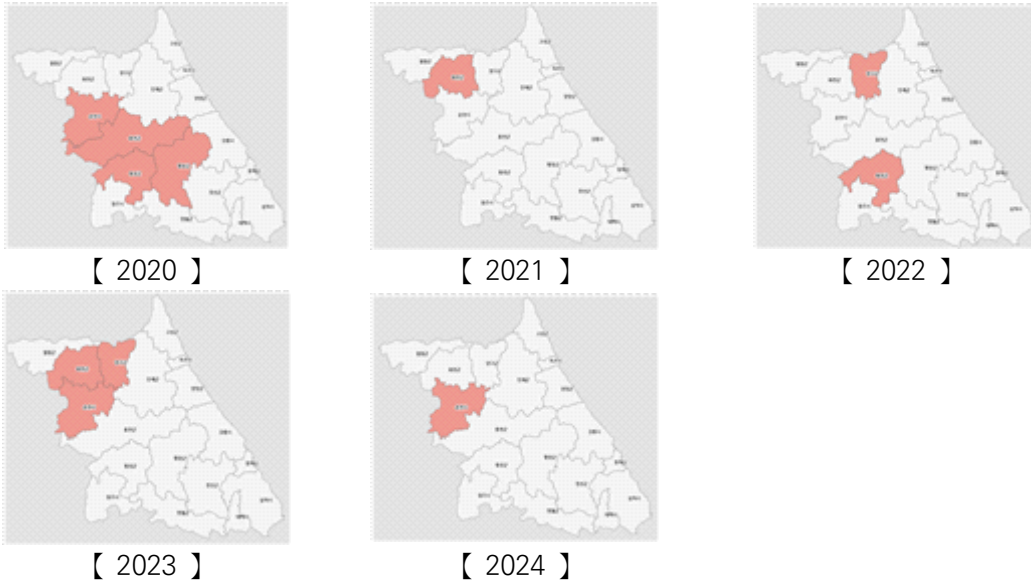


그림 2. 오이·멜론 바이러스 지역별 분포변화

표 8. 멜론 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | |
|----|------|------|-----------|------|-------|
| | | | CABYV | CCYV | MABYV |
| 춘천 | 2020 | 15 | 4 | 0 | - |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | - |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| | 2024 | 45 | 21 | 0 | - |
| 평창 | 2020 | 16 | 15 | 0 | - |
| 양구 | 2020 | 30 | 16 | 0 | - |
| | 2021 | 10 | 0 | 0 | - |
| | 2022 | 45 | 7 | 0 | - |
| | 2023 | 15 | 6 | 0 | 0 |
| 횡성 | 2024 | 30 | 0 | 0 | - |
| | 2021 | 10 | 0 | 0 | - |
| | 2022 | 45 | 0 | 0 | - |
| | 2023 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 합계 | 2024 | 45 | 0 | 0 | - |
| | 2020 | 61 | 35 | 0 | - |
| | 2021 | 20 | 0 | 0 | - |
| | 2022 | 135 | 7 | 0 | - |
| | 2023 | 45 | 6 | 0 | 0 |
| | 2024 | 120 | 21 | 0 | - |

다섯 번째로 복숭아는 2020년에 춘천, 원주, 영월의 복숭아 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 복숭아 바이러스 CNRMV에 대해 3지역을 진단하였지만 모두 검출되지 않았다(표 9).

표 9. 복숭아 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 |
|----|------|------|-----------|
| | | | CNRMV |
| 춘천 | 2020 | 15 | 0 |
| 원주 | 2020 | 15 | 0 |
| 영월 | 2020 | 15 | 0 |
| 합계 | 2020 | 45 | 0 |

여섯 번째로 감자에서 2020년에 춘천, 홍천, 평창의 감자 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 감자 바이러스 CDV에 대해 3 지역을 진단하였지만 모두 검출되지 않았다(표 10.).

표 10. 감자 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 |
|----|------|------|-----------|
| | | | CDV |
| 춘천 | 2020 | 15 | 0 |
| 홍천 | 2020 | 15 | 0 |
| 평창 | 2020 | 15 | 0 |
| 합계 | 2020 | 45 | 0 |

일곱 번째로 포도에서 2020년과 2021년도에 횡성, 영월, 삼척의 포도 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 포도 바이러스 GRBaV에 대해 2020년 3 지역, 2021년 2 지역을 진단하였지만 모두 검출되지 않았다(표 11.).

표 11. 포도 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 |
|----|------|------|-----------|
| | | | GRBaV |
| 횡성 | 2020 | 15 | 0 |
| | 2021 | 15 | 0 |
| 영월 | 2020 | 15 | 0 |
| | 2021 | 15 | 0 |
| 삼척 | 2020 | 15 | 0 |
| 합계 | 2020 | 45 | 0 |
| | 2021 | 30 | 0 |

여덟번째로 블루베리에서 2020년부터 2022년까지 춘천, 횡성, 정선, 인제, 홍천의 블루베리 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 블루베리 바이러스 BRRV에 대해 2020년부터 2022년 3 지역을 진단하였지만 모두 검출되지 않았다(표 12.).

표 12. 블루베리 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 |
|----|------|------|-----------|
| | | | BRRV |
| 춘천 | 2020 | 5 | 0 |
| | 2020 | 15 | 0 |
| 횡성 | 2021 | 15 | 0 |
| | 2022 | 45 | 0 |
| 정선 | 2020 | 15 | 0 |
| | 2021 | 15 | 0 |
| 인제 | 2022 | 45 | 0 |
| | 2022 | 30 | 0 |
| 합계 | 2020 | 35 | 0 |
| | 2021 | 30 | 0 |
| | 2022 | 120 | 0 |

아홉 번째로 수박은 2023년에 원주, 영월, 양구의 수박 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 그 결과 MABYV 등 3종 바이러스에 대해 3 지역을 진단하였지만 모두 검출되지 않았다(표 13.).

표 13. 수박 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | |
|----|------|------|-----------|-------|------|
| | | | MABYV | CABYV | CCYV |
| 원주 | 2023 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 영월 | 2023 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 양구 | 2023 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 합계 | 2023 | 45 | 0 | 0 | 0 |

마지막으로 국화에서 2023년과 2024년도에 원주, 강릉의 국화 재배지에서 의심주 시료를 채집하여 진단하였다. 국화 바이러스 CSNV에 대해 2023년과 2024년 2 지역을 진단하였지만 모두 검출되지 않았다(표 14.).

표 14. 국화 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 채집시료 | RT-PCR 결과 |
|----|------|------|-----------|
| | | | CSNV |
| 원주 | 2023 | 5 | 0 |
| | 2024 | 30 | 0 |
| 강릉 | 2023 | 10 | 0 |
| | 2024 | 30 | 0 |
| 합계 | 2023 | 15 | 0 |
| | 2024 | 60 | 0 |

(시험 2) 강원지역 주요작목(배추, 나리, 고추냉이) 바이러스 분포조사

첫 번째로 배추에 발생한 바이러스 발생양상 조사를 위해 2020년부터 2024년까지 태백, 정선의 고랭지배추 재배지에서 시료를 채집하여 진단하였다. 그 결과 2020년 태백에서 생육초기에 TuMV가 66.6%, 생육중기에는 20% 검출되었고, 정선에서는 생육중기 40%, 생육후기 16.6%가 검출되었다. 2021년에는 태백에서 생육 초기에 CMV가 100%, 생육중기 TuMV가 46.7%, 생육후기 TuMV 100%가 검출되었으며, 정선에서는 생육 중·후기에 TuMV가 100% 검출되었다. 2022년 및 2023년에는 태백에서 생육중기 TuMV가 100% 검출되었다. 2024년에는 CMV 등 4종 바이러스 모두 검출되지 않았다(표 15.).

표 15. 배추 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 생육시기 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | | |
|------|------|------|------|-----------|------|------|-----|
| | | | | CMV | TuMV | TYMV | RMV |
| 태백 | 2020 | 초기 | 15 | 0 | 10 | 0 | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 3 | 0 | - |
| | | 후기 | 18 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 2021 | 초기 | 15 | 15 | 0 | 0 | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 7 | 0 | - |
| | | 후기 | 14 | 0 | 14 | 0 | - |
| | 2022 | 초기 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| | | 후기 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 초기 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| | | 후기 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2024 | 초기 | 18 | 0 | 0 | 0 | - | |
| | 중기 | 45 | 0 | 0 | 0 | - | |
| | 후기 | 45 | 0 | 0 | 0 | - | |
| 정선 | 2020 | 초기 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 6 | 0 | - |
| | | 후기 | 12 | 0 | 2 | 0 | - |
| | 2021 | 초기 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 15 | 0 | - |
| | | 후기 | 15 | 0 | 15 | 0 | - |
| 합계 | 2020 | | 90 | 0 | 21 | 0 | - |
| | 2021 | | 89 | 15 | 51 | 0 | - |
| | 2022 | | 45 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| | 2023 | | 45 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| | 2024 | | 108 | 0 | 0 | 0 | - |

두 번째로 나리에 발생한 바이러스 발생양상 조사를 위해 2020년부터 2024년까지 강릉 나리 재배지에서 시료를 채집하여 진단하였다. 그 결과 2020년에는 생육 초기에 LMoV 100%, CMV가 3.3%, 생육중기에 LMoV 80%, LSV가 33.3%였으며, 생육후기에는 PLAMV가 43.3%, LMoV 46.6%, LSV가 33.3%였다. 2021년에는 4가지 바이러스 모두 발생하지 않았으며, 2022년에는 생육중기 PLAMV 27.7%, CMV 44.4%가 검출되었다. 생육 후기에는 PLAMV 5.5%, LMoV 55.5%가 검출되었다. 2023년과 2024년에는 PLAMV 등 4종 바이러스 모두 검출되지 않았다(표 16.).

표 16. 나리 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 생육시기 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | | |
|------|------|------|------|-----------|------|-----|-----|
| | | | | PLAMV | LMoV | LSV | CMV |
| 강릉 | 2020 | 초기 | 30 | 0 | 30 | 0 | 1 |
| | | 중기 | 30 | 0 | 24 | 10 | 0 |
| | | 후기 | 30 | 13 | 14 | 10 | 0 |
| | 2021 | 초기 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 후기 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2022 | 초기 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 18 | 5 | 0 | 0 | 8 |
| | | 후기 | 18 | 1 | 10 | 0 | 0 |
| | 2023 | 초기 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 후기 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2024 | 초기 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 중기 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 후기 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 합계 | 2020 | | 90 | 13 | 68 | 20 | 1 |
| | 2021 | | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2022 | | 54 | 6 | 10 | 0 | 8 |
| | 2023 | | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2024 | | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 |

마지막으로 고추냉이에 발생한 바이러스 발생양상 조사를 위해 2020년부터 2024년까지 태백, 삼척의 고추냉이 재배지에서 시료를 채집하여 진단하였다. 그 결과 2020년 삼척에서 생육중기에 CMV가 20% 검출되었다. 2021년부터 2024년까지 태백, 삼척 모두 CMV 등 4종의 바이러스는 검출되지 않았다(표 17.).

표 17. 고추냉이 바이러스 모니터링 결과

| 지역 | 연도 | 생육시기 | 채집시료 | RT-PCR 결과 | | | |
|----|------|------|------|-----------|------|-----|-----|
| | | | | CMV | TuMV | TMV | AMV |
| 태백 | 2020 | 초기 | - | - | - | - | 0 |
| | | 중기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 후기 | - | - | - | - | 0 |
| | 2021 | 초기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 후기 | - | - | - | - | 0 |
| | 2022 | 초기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 후기 | - | - | - | - | 0 |
| | 2023 | 초기 | - | - | - | - | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| | | 후기 | - | - | - | - | - |
| | 2024 | 초기 | - | - | - | - | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| | | 후기 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| 삼척 | 2020 | 초기 | - | - | - | - | 0 |
| | | 중기 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | 후기 | - | - | - | - | 0 |
| | 2021 | 초기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 후기 | - | - | - | - | 0 |
| | 2022 | 초기 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 중기 | - | - | - | - | 0 |
| | | 후기 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | 초기 | - | - | - | - | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| | | 후기 | - | - | - | - | - |
| | 2024 | 초기 | - | - | - | - | - |
| | | 중기 | 15 | 0 | 0 | 0 | - |
| | | 후기 | - | - | - | - | - |
| 합계 | 2020 | | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 2021 | | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2022 | | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2023 | | 30 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 2024 | | 45 | 0 | 0 | 0 | - |

4 적 요

〈Q 제3세부과제 : 강원지역 국가관리 바이러스 정밀 분포조사〉

(시험 1) 국가관리 바이러스 발생 분포조사

- 가. 조사기간은 2020년~2024년, 조사대상은 강원지역 10개 작목(고추, 토마토, 오이, 멜론, 복숭아, 감자, 포도, 블루베리, 수박, 국화)임
- 나. 조사방법은 바이러스 의심주 채집 후 RT-PCR 유전자 분석 수행하였으며, 주요 결과로는 고추에서는 TSWV가 2023년 영월, 인제에서 100% 검출, 2020~2022년 조사에서는 TSWV 발생이 보고되지 않았으며, CSNV 및 INSV는 미검출 되었음.
- 다. 토마토는 TYLCV가 2020~2021년 횡성·철원에서 검출, 2022년 이후 미검출 되었고, 오이는 CABYV가 지속 검출(2020~2024년, 지역별 차이 있음), TSV 등 기타 바이러스는 미검출 되었음. 멜론은 CABYV가 2020년 춘천(26.7%), 평창(93.8%), 양구(53.3%) 검출, 2021년 미검출, 이후 재발견 되었음. 기타 작목(복숭아, 감자, 포도, 블루베리, 수박, 국화)에서는 대부분 바이러스 미검출 되었음.

(시험 2) 강원지역 주요 작목(배추, 나리, 고추냉이) 바이러스 분포조사

- 가. 조사대상 및 지역은 배추(태백·정선), 나리(강릉), 고추냉이(태백·삼척)이며, 조사방법은 생육 초기·중기·후기 3회 조사 및 RT-PCR 유전자 분석 수행하였음
- 나. 주요 결과로 배추는 TuMV와 CMV 발생. 2021년 TuMV 100% 검출(정선, 생육 중·후기). 2024년에는 모든 바이러스 미검출 되었음
- 다. 나리는 2020년 LMoV, CMV, LSV, PLAMV 검출, 이후 감소. 2023~2024년 바이러스 미검출 되었음
- 라. 고추냉이는 2020년 삼척에서 CMV가 20% 검출 되었음
- 마. 강원지역 주요 작목에서 특정 바이러스 발생을 확인하였으며, 오이(CABYV), 멜론(CABYV), 고추(TSWV) 등은 연속적으로 바이러스 발생이 보고되어 해당 작목 및 지역에서는 철저한 바이러스 감시 및 방제가 필요한 것으로 보여졌음
- 바. 일부 바이러스는 특정 연도·지역에서 급증하였는데, 2021년 정선 배추(TuMV 100% 검출), 2020년 강릉 나리(다중 바이러스 검출), 2023년 영월·인제 고추(TSWV 100% 검출) 등 특정 시기 및 지역에서 감염률이 급증하였는데 이런 급증 패턴을 분석하여 향후 발생 예측 및 사전 대비가 필요해 보임
- 사. 배추, 나리, 고추냉이의 경우 바이러스 발생 변동성이 커 지속적인 모니터링이 필수적이고, 기후 변화 및 작물 재배방식에 따른 바이러스 발생 변화를 면밀히 분석할 필요가 있음

- Lee, H. J., Kim, M.-K., Lee, S. G., Choi, C. S., Choi, H.-S., Kwak, H. R. et al. 2015. Physiological characteristics of melon plants showing leaf yellowing symptoms caused by CABYV infection. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 33: 210-218.
- Kwon, S. J., Cho, I. S., Yoon, J. Y. and Chung, B. N. 2018. Incidence and Occurrence Pattern of Viruses on Peppers Growing in Fields in Korea. *Res. Plant Dis.* 24(1): 66-74.
- Cho, J. D., Kim, J. S., Kim, J. Y., Kim, J. H., Lee, S. H., Choi, G. S. et al. 2005. Occurrence and symptoms of tomato spotted wilt virus on vegetables in Korea. *Res. Plant Dis.* 11: 213-216.
- Won, H. S., Park, D. K., Kwon, S. B. et al. 2019. Incidence of Viral Diseases on Solanaceae Crops in Gangwon Province. *Res. Plant Dis.* 2019; 25(1): 22-28.
- Ko S. J., Lee Y. H., Cho M. S., Park J. W., Choi H. S., Lim G. C., Kim K. H.. 2007. The incidence of virus diseases on melon in Jeonnam province during 2000-2002. *Plant Pathol J* 23: 215-218.

6 연구결과 활용

| 연도(연차) | 활용방안 | 제 목 |
|----------|------|-------------------------------------|
| 2020(1년) | 컨설팅 | 파프리카 바이러스 증상 현장기술지원 요청 |
| | 홍보 | 강원도 주요 원예작물 진단키트 무상 보급 |
| 2021(2년) | 컨설팅 | 토마토 바이러스병 수확 후 관리방법 현장 기술지원 보고 |
| | 홍보 | 원예작물 바이러스 진단키트 무상 보급 |
| 2022(3년) | 컨설팅 | 옥시페탈룸 바이러스병 현장기술지원 |
| | 영농정보 | 옥시페탈룸 토마토반점위조바이러스(TSWV) 감염증상 및 예방대책 |
| | 홍보 | 시설채소 바이러스 발생 억제살포 당부 |
| | 홍보 | 봄철 시설채소 바이러스 주의 |
| 2023(4년) | 영농정보 | 고추 CMV, TSWV, PepMoV 복합감염 증상 및 예방대책 |
| 2024(5년) | 컨설팅 | 화훼류 재배 농가 컨설팅 결과보고 |

| 성과지표 | 연도 | 1년차 (2020) | | 2년차 (2021) | | 3년차 (2022) | | 4년차 (2023) | | 5년차 (2024) | | 계 | |
|----------|--------|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|----|----|
| | | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 |
| 영농 활용 | 기술 | | | | | | | | | | | | |
| | 정보 | | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | 2 |
| | 홍보 | 1 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 5 | 11 |
| | 컨설팅 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 5 | 4 |
| | 정책제안 | | | | | | | | | | | | |
| | 농자재 등록 | | | | | | | | | | | | |
| | 계 | 2 | 10 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 11 | 17 |

7 연구원 편성

| 구분 | 소속 | 직급 | 성명 | 수행업무 | 참여년도 | | | | |
|-------|---------|-------|-----|---------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | '20 | '21 | '22 | '23 | '24 |
| 과제책임자 | 국립농업과학원 | 농업연구관 | 이봉춘 | 과제 총괄 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 세부책임자 | 농업환경연구과 | 농업연구사 | 김문종 | 세부주관 수행 | - | - | - | - | ○ |
| 공동연구자 | 감자연구소 | 농업연구사 | 원헌섭 | 평가분석 지원 | ○ | ○ | ○ | - | - |
| | 농업환경연구과 | " | 문윤기 | 평가분석 지원 | - | - | - | ○ | ○ |
| | 농업환경연구과 | " | 황세정 | 평가분석 지원 | - | ○ | - | ○ | ○ |
| | 농업환경연구과 | 농업연구관 | 이재홍 | 평가분석 지원 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 농업환경연구과 | " | 김기선 | 평가분석 지원 | - | - | - | ○ | ○ |
| | 농업환경연구과 | 공무직 | 이선주 | 현장조사 지원 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |