

어젠다코드	1 - 1 - 1		구분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	P02	작목구분코드	VC-01-1205
과제종류	농업공동연구		세부사업(약어)	기후변화	
과제명	기후변화에 따른 돌발·외래 병해의 발생 실태 및 영향·취약성 평가				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	이용환		농업연구사	국립농업과학원 작물보호과	
연구기간	2017 ~ 2019		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
강원지역 돌발·외래 병해의 발생 실태조사 및 영향요인 분석 연구			환경농업연구과	이재홍	'17~'19
색인용어	배추 무름병, 배추 노균병, 감자 역병, 발생실태 조사, 영향평가				

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the occurrence status and to analyze the factors of climate change for principal disease of potato and Chinese cabbage in Gangwon-do. The late blight on potatoes occurred in Gangneung 1 in 2018, and the incidence was very low. The most damaging disease was potato soft rot, and the correlation analysis showed that precipitation had the greatest effect, followed by solar radiation quantity and air temperature. The correlation analysis between potato wilt disease and meteorological environment showed that average temperature and minimum temperature had an influence, and no significance was found in the effects of precipitation and solar radiation quantity. In Chinese cabbage, like potato, soft rot was the most damaging disease, and the temperature was the most influential, followed by solar radiation quantity and precipitation. In the correlation analysis of cabbage virus disease and weather environment, it was recognized that only humidity had an effect, and other weather conditions did not. In Chinese cabbage downy mildew, precipitation showed the greatest influence, followed by humidity, and temperature and insolation were not significant.

We investigated the injury of streptomycin WP treatment for radish soft rot control. When the streptomycin WP treated once, the injury degree was 2 in the investigation after 7 days and recovered normally after 15 days. However, after three consecutive treatments, the injury degree was about 4, and did not recover until the harvest season. We investigated the injury of streptomycin WP in 9 cultivars including Baekwoonmu. After 7 days of standard treatment, the injury degree were about 1-2, but after 17 days, they all recovered. After 7 days of double treatment, the injury degree was 1-3 depending on the variety, and after 17 days, 5 varieties were recovered and that of 4 varieties were 1.

1. 연구목표

작물 병해의 기후변화 영향·취약성 평가에 관한 자료와 연구는 미흡한 실정으로 지속적인 데이터의 축적과 정밀한 분석이 이루어져야 한다(김 등, 2013). 이러한 추세로 2014년 5월 농업분야 기후변화 실태조사 및 영향·취약성 평가 업무가 새로 신설되었고(농업·농촌 및 식품산업 기본법 47조의 2), 2016년 3월 농촌진흥청장에 위임된 업무를 고시로 제정하였다(농진청 제2016-16호). 본 연구에서는 강원지역에서 돌발적으로 발생하는 배추 무름병, 노균병 및 감자 역병에 대해 발생실태를 조사하고 병 발생에 영향을 미치는 기후변화요인을 분석하였다(심 등, 2014; 장 등, 1988; 좌 등, 2016).

2. 재료 및 방법

〈제2협동과제: 강원지역 돌발·외래 병해의 발생실태 조사 및 영향요인 분석연구〉

(시험 1) 강원지역 돌발·외래 병해의 발생실태 조사

본 연구는 2017년부터 2019년까지 3년에 걸쳐 이루어졌으며, 배추 무름병, 노균병, 그리고 감자 역병을 대상으로 작물 생육기에 10~15일 간격으로 병의 발생실태를 조사하였다. 감자는 평창과 강릉 2지역을, 배추는 정선, 삼척, 태백 등 3지역을 중심으로 지역별 3~4포장을 선정하였으며, 년차별 조사지점은 다소 상이하였다(표 1-6).

표 1. 2017년 지역별 감자 조사지점

지역	조사지점	품종명	면적(3.3m ²)	파종일	수확일	표고(m)
강릉	사천면 손맞이길 42	수미	400	3. 30	6. 30	65
	사천면 사천진리 29-5, 66-2	수미	1,000	4. 4	6. 20	71
	사천면 석교리 18-1,2,3(3필지)	조풍, 수미	2,000	3. 29	7. 2	44
평창	용평면 진전길 9	수미	2,400	4. 10	7. 28	610
	진부면 설터골길 34-2	조풍	1,600	4. 5	7. 23	627
	진부면 동산리 133-1	수미	1,000	4. 30	8. 5	721

표 2. 2017년 지역별 배추 조사지점

지역	조사지점	품종명	면적(3.3m ²)	정식일	수확일	표고(m)
태백	삼수동 69-1	강심장	20,000	6.8	8.15	812
	문곡소도동 46-1	춘광	4,000	5.15	7.20	707
	백산동 82-2	춘광	3,000	6.11	8.14	655
삼척	하장면 번천리 58	청옥	2,440	6.15	8.25	872
	하장면 장전리 142-1, 2	춘광	7,000	6.16	8.5	705
	하장면 장전리 173-1	춘광	5,000	7.7	9.10	676
정선	남면 무릉리 358-1	춘광	7,000	5.15	8.8	630
	여량면 남곡리 43-1	춘광	8,242	5.18	7.10	621
	임계면 도전리 823	춘광	1,500	5.15	7.25	624

표 3. 2018년 지역별 감자 조사지점

지역	조사지점	품종	면적(3.3m ²)	파종일	표고(m)	위성주소
강릉	사천면 덕실길 215-11	두배	600	4.1	60	37.806793, 128.835879
	사천면 석교리 18-2	조풍, 수미	2,000	3.30	44	37.828139, 128.850934
	사천면 판교리 264-1	수미	1,000	3월 하순	71	37.834615, 128.859492
평창	진부면 하진부리 806	수미	2,000	4월 상순	627	37.649834, 128.531767
	용평면 이목정리 417-1	수미	2,500	4.19	590	37.611095, 128.465525
	대관령면 유천리 457-1	수미	1,800	4월 하순	710	37.673133, 128.623306
	용평면 백옥포리 416	수미	2,400	4.18	610	37.586012, 128.390063

표 4. 2018년 지역별 배추 조사지점

지역	조사지점	품종	면적(3.3m ²)	정식일	표고(m)	위성주소
정선	신동읍 방제리 442-37	춘광	1,400	7.5	950	37.193623, 128.698336
	신동읍 방제리 441-13	춘광	2,000	7.5	900	37.203285, 128.698326
	남면 무릉리 358-1	춘광	3,666	5.4	630	37.257868, 128.791220
삼척	하장면 장전리 172	춘광	1,100	5.10	686	37.356436, 128.922596
	하장면 속암리 90-10	춘광	4,000	6.16	850	37.344774, 128.973864
	하장면 속암리 86	썸머탑	1,500	6.20	850	37.344896, 128.974350
	번천리 58	춘광	3,000	6.20	872	37.381180, 129.007720
태백	원동 68-1	춘광	4,000	7.5	707	37.269507, 128.953165
	백산동 78	춘광	3,000	7.5	655	37.138384, 129.039718
	삼수동 매봉산 1	춘광	5,000	6.10	1,100	37.218409, 128.971511
	삼수동 매봉산 2	춘광	8,000	6.10	1,200	37.214975, 128.964634
	삼수동 매봉산 3	춘광	6,000	6.10	1,300	37.213719, 128.974387

표 5. 2019년 지역별 감자 조사지점

지역	조사지점	품종명	면적(3.3m ²)	파종일	위성주소
강릉	사천면 덕실리 588~590	설봉	1,200	3.20	37.806858, 128.835585
	사천면 석교리 18-1~3	수미	2,000	4.20	37.827539, 128.851418
	사천면 판교리 264-1~2	설봉	550	4.20	37.834607, 128.859503
평창	대관령면 유천리 717-1~5	수미	1,700	4.17	37.672165, 128.617944
	진부면 하진부리 804~806	수미	1,400	4.30	37.649550, 128.530744
	용평면 이목정리 751-18	수미	1,500	4.20	37.605659, 128.460543
	용평면 백옥포리 547-1~549	수미	3,000	4.12	37.586634, 128.396526

표 6. 2019년 지역별 배추 조사지점

지역	조사지점	품종명	면적(3.3m ²)	정식일	위성주소
정선	신동읍 방제리 440-29	춘광	1,400	6.17	37.196758, 128.700925
	신동읍 방제리 442-30	춘광	2,000	6.17	37.193322, 128.697451
	남면 내자고치길 75	춘광	3,666	6.6	37.255102, 128.797189

지역	조사지점	품종명	면적(3.3㎡)	정식일	위성주소
삼척	하장면 숙암리 86-93	춘광	600	6.19	37.344856, 128.974590
	하장면 숙암리 24-1	춘광	1,500	6.15	37.359184, 128.991302
	하장면 번천리 55-1, 58	춘광	4,000	6.19	37.381842, 129.006699
	하장면 백두대간로 2803-11	춘광	3,000	6.6	37.360720, 128.916874
태백	창죽동 9-124	춘광	500	6.3	37.219421, 128.967166
	창죽동 9-428	춘광	3,000	6.3	37.214832, 128.964851
	창죽동 9-338	춘광	5,000	6.2	37.213680, 128.974102
	원동 144	춘광	3,000	6.19	37.268233, 128.953917
	상사미동 308-2	춘광	3,000	6.12	37.285635, 128.989636

연차별, 작물별 돌발병해 조사일자 및 조사횟수는 표 7과 같다.

표 7. 연차별, 작물별 돌발병해 조사일자 및 조사횟수

연도별	감자		배추	
	조사횟수	조사일자	조사횟수	조사일자
2019	7	5.10, 5.27, 6.6, 6.13, 6.21, 7.11, 7.25	7	6.14, 6.22, 7.12, 7.26, 8.7, 8.17, 8.29
2018	8	4.30, 5.9, 5.24, 6.5, 6.17, 6.28, 7.9, 7.18	8	6.9, 6.16, 6.28, 7.9, 7.18, 8.7, 8.28, 9.6
2017	10	4.19, 5.10, 5.20, 5.28, 6.3, 6.18, 6.25, 7.9, 7.18, 7.29	6	6.26, 7.10, 7.19, 7.29, 8.9, 8.20

(시험 2) 돌발·외래 병해의 기후변화 영향분석 연구

조사 작물 및 지역은 시험 1과 같고, 지역별, 생육기별 강수량, 기온 등 기상환경을 조사하였다. 지역별, 연차별 병해 발생상태와 기상 환경요인과의 상관관계를 SAS 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

(시험 3) 고랭지 무 무름병 방제약제 약해검정

스트렙토마이신 수화제는 무 무름병 방제약제로 농가에서 일반적으로 이용되고 있다(권 등, 2016; 김 등, 2002). 이 약제 처리시 약해가 발생하기 때문에 농가 피해를 예방하기 위해서 처리횟수, 농도 및 품종별 약해발생 정도를 조사하였고, 처리방법은 표 8과 같다.

표 8. 스트렙토마이신 수화제 처리 및 약해조사 방법

약 제 명	주성분 함량	희석배수		약해정도
		기준량	배량	
스트렙토마이신 수화제	20%	1,000배	500배	0~5 (0 무발생, 5 발생 심)

3. 결과 및 고찰

〈제2협동과제: 강원지역 돌발·외래 병해의 발생실태 조사 및 영향요인 분석연구〉

(시험 1) 강원지역 돌발·외래 병해의 발생실태 조사

가. 2017년도 감자 병해 조사

감자에서 역병은 발생이 조사되지 않았다.

표 9. 감자 무름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(5.10)	2차(5.27)	3차(6.6)	4차(6.13)	5차(6.21)	6차(7.11)	7차(7.25)
강릉	1	0	0	14.0	18.6	-	-
	2	0	0.6	9.2	-	-	-
	3	0	0.8	1.4	6.7	-	-
	평균	0	0	0.5	8.2	12.7	-
평창	1	0	0	0	0	1.2	-
	2	0	0	0	10.5	14.6	-
	3	0	0	0	0	6.0	8.6
	평균	0	0	0	0	3.5	7.3

강릉지역의 감자재배는 3월 하순 파종하여 6월 말에 수확하는 작형으로서 무름병의 발생이 6월 상순부터 조사되었고, 점점 증가되어 6월 하순에는 12.7%의 높은 발병주율을 나타냈다(표 9). 평창 지역 조사에서는 파종일이 4월 중하순으로 무름병의 발생은 6월 중순 이후부터 조사되었고, 7월 상순에는 발병주율이 7.3%로 높아졌으며, 7월 하순 이후 조사에서는 수확하였거나 순이 모두 죽어있어서 조사할 수 없었다(표 9).

나. 2017년도 배추 병해 조사

강원 고랭지역에서 배추 바이러스병의 발생조사 결과는 표 10과 같다. 바이러스병은 주로 TuMV에 의한 것으로 조사되었고, 6월 하순경 태백에서 처음 발생이 조사되었으며, 7월 중하순으로 갈수록 발생이 심해지는 경향이였다. 지역별로는 삼척에서 8월 하순 17.3%의 발병주율로 가장 높았고, 정선의 경우 무름병의 발생으로 인하여 포장을 조기에 정리하여 이후 조사를 할 수 없었다.

표 10. 배추 바이러스병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(6.14)	2차(6.22)	3차(7.12)	4차(7.26)	5차(8.7)	6차(8.17)	7차(8.29)
정선	1	0	0.3	-	-	-	-
	2	0	-	-	-	-	-
	3	0	0.3	-	-	-	-
	평균	0	0	0.3	-	-	-
삼척	1	0	0.3	2.3	3.3	3.8	-
	2	0	0	6.3	-	-	-

조사지점		1차(6.14)	2차(6.22)	3차(7.12)	4차(7.26)	5차(8.7)	6차(8.17)	7차(8.29)
삼척	3	-	-	0	1.7	2.3	2.8	17.3
	평균	0	0	0.1	3.4	2.8	3.3	17.3
태백	1	0	0	0.3	1.7	2.7	-	-
	2	0	1.3	1.3	-	-	-	-
	3	0	0	0.7	1.3	4.3	-	-
	평균	0	0.4	0.8	1.5	3.5	-	-

표 11. 배추 무름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점		1차(6.14)	2차(6.22)	3차(7.12)	4차(7.26)	5차(8.7)	6차(8.17)	7차(8.29)
정선	1	0	0	0.3	8.3	-	-	-
	2	0	0	-	-	-	-	-
	3	0	0	5.3	-	-	-	-
	평균	0	0	2.8	8.3	-	-	-
삼척	1	0	0	0.3	1.0	3.7	12.5	-
	2	0	0	0.7	7.3	-	-	-
	3	-	-	0	0	0	3.0	17.0
	평균	0	0	0.3	2.8	1.9	7.8	17.0
태백	1	0	0	1.3	9.3	21.0	-	-
	2	0	0.3	27.0	-	-	-	-
	3	0	0	0	4.0	6.0	-	-
	평균	0	0.1	9.4	6.7	13.5	-	-

배추 무름병 조사결과는 표 11과 같고, 6월 초에 발생하기 시작하여 점점 심해졌으며 7월 중순이후 무름병의 발생이 심한 포장은 조기에 갈아엎은 포장이 발생하였다. 무름병 조사는 태백지역이 6월 하순에 0.1%의 발병주율로 가장 빨리 조사되었고, 7월 중순 이후의 조사에서는 정선 지역이 무름병의 피해가 가장 심했다.

배추 노균병 조사결과는 표 12와 같다. 노균병 발생은 7월 중순 심한 강우 뒤에 처음 정선지역에서 조사되었고, 7월 하순에는 정선과 삼척 2지역에서 조사되었으며, 삼척 한 포장의 경우 노균병으로 인해 수확이 불가능 할 정도로 심한 발병을 나타냈다.

표 12. 배추 노균병 조사결과(발병도 %)

조사지점		1차(6.14)	2차(6.22)	3차(7.12)	4차(7.26)	5차(8.7)	6차(8.17)	7차(8.29)
정선	1	0	0	7.0	14.1	-	-	-
	2	0	0	-	-	-	-	-
	3	0	0	0	-	-	-	-
	평균	0	0	3.5	14.1	-	-	-
삼척	1	0	0	0	0	0	0	-
	2	0	0	0	24.1	-	-	-
	3	-	-	0	0	0	4.5	0
	평균	0	0	0	8.3	0	2.3	0

조사지점	1차(6.14)	2차(6.22)	3차(7.12)	4차(7.26)	5차(8.7)	6차(8.17)	7차(8.29)
태백	1	0	0	0	0	-	-
	2	0	0	0	-	-	-
	3	0	0	0	0	-	-
	평균	0	0	0	0	-	-

다. 2018년도 감자 병해 조사

표 13. 감자 역병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(4.30)	2차(5.9)	3차(5.24)	4차(6.5)	5차(6.17)	6차(6.28)	7차(7.9)	8차(7.18)
강릉	1	0	0	0	0	0	-	-
	2	0	0	0	0	0	0	-
	3	0	0	0	0.3	4.0	-	-
	평균	0	0	0	0.1	1.3	0	0
평창	1	-	0	0	0	0	0	0
	2	-	0	0	0	0	0	0
	3	-	0	0	0	0	0	0
	4	-	0	0	0	0	0	0
	평균	-	0	0	0	0	0	0

감자에서 역병 발생은 강릉 한 포장에서 6월 초·중순 1포장에서만 조사되었고, 평창은 조사되지 않았다(표 13).

무름병의 발생은 강릉지역에서 6월 하순부터 발생이 조사되어 7월 상순 15.7%의 발생주율을 나타냈고, 평창지역에서도 6월 하순부터 발생이 조사되었으며, 7월 상순 조사에서 6.8%의 발생주율로서 강릉보다 다소 낮은 발생주율을 나타냈다(표 14).

시들음병은 강릉의 경우 6월 상순부터 발생이 조사되어 6월 중순 조사에서는 19.3%의 높은 발생주율을 나타냈고, 평창에서는 6월 하순부터 발생이 조사되어 7월 상순에 1.3%로 다소 발생이 미미하였다(표 15).

표 14. 감자 무름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(4.30)	2차(5.9)	3차(5.24)	4차(6.5)	5차(6.17)	6차(6.28)	7차(7.9)	8차(7.18)
강릉	1	0	0	0	0	0.7	-	-
	2	0	0	0	0	0.7	15.7	-
	3	0	0	0	0	-	-	-
	평균	0	0	0	0	0.7	15.7	-
평창	1	-	0	0	0	0.7	16.7	61.5
	2	-	0	0	0	0	2.7	7.5
	3	-	0	0	0	0	7.0	20.4
	4	-	0	0	0	0.3	0.7	11.0
	평균	-	0	0	0	0.3	6.8	25.1

표 15. 감자 무름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(4.30)	2차(5.9)	3차(5.24)	4차(6.5)	5차(6.17)	6차(6.28)	7차(7.9)	8차(7.18)	
강릉	1	0	0	0	0.7	23.0	3.3	-	-
	2	0	0	0	0	2.7	2.3	2.3	-
	3	0	0	0	0.7	32.3	-	-	-
	평균	0	0	0	0.5	19.3	2.8	2.3	-
평창	1	-	0	0	0	0	2.3	3.7	6.0
	2	-	0	0	0	0	0	0	0
	3	-	0	0	0	0	1.7	1.3	5.5
	4	-	0	0	0	0	0	0	0
	평균	-	0	0	0	0	1.0	1.3	2.9

라. 2018년도 배추 병해 조사

표 16. 배추 바이러스병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(6.9)	2차(6.16)	3차(6.28)	4차(7.9)	5차(7.18)	6차(8.7)	7차(8.28)	8차(9.6)	
정선	1	-	-	0	0	0.7	0	0	0.3
	2	-	-	-	0	0	0	0	0
	3	0	0	0.3	0	-	-	0	15.7
	평균	-	-	0.3	0	0	0	0	5.3
삼척	1	0	0	0	0	-	-	-	-
	2	-	0	0	0	0.3	0.3	0	-
	3	-	-	0	0	0	0	0	-
	4	-	-	0	0	0	0	0	-
	평균	0	0	0	0	0	0	0	-
태백	1	-	-	-	0	0	0	0	-
	2	-	-	-	0	0	0	0	0
	3(매봉산 1)	-	0	0	0	0	0	0	-
	4(매봉산 2)	-	0	0	0	0.7	0.7	0	-
	5(매봉산 3)	-	0	0	0	0	0	0	-
	평균	0	0	0	0	0	0	0	0

2016년도 고랭지 배추 바이러스병 조사결과는 표 16과 같고, 처음 6월 하순 정선지역 한 포장에서 발생이 조사되었으며, 이후 9월 상순 정선지역에서 발생이 많았다.

무름병은 7월 상순에 처음으로 정선과 삼척지역에서 각각 발병주율 1.9%, 3.8%로 조사되었고 8월 하순 삼척의 조사에서 5.2%의 높은 발병주율을 나타냈다(표 17).

표 17. 배추 무름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(6.9)	2차(6.16)	3차(6.28)	4차(7.9)	5차(7.18)	6차(8.7)	7차(8.28)	8차(9.6)	
정선	1	-	-	0	0	0.7	0	0.7	11.7
	2	-	-	-	0	0	0	1.3	1.7
	3	0	0	0	5.7	-	-	-	2.0
	평균	-	-	0	1.9	0.4	0	1.0	5.1

조사지점		1차(6.9)	2차(6.16)	3차(6.28)	4차(7.9)	5차(7.18)	6차(8.7)	7차(8.28)	8차(9.6)
삼척	1	0	0	0	15.0	-	-	-	-
	2	-	0	0	0	0	0	1.3	-
	3	-	-	0	0	1.0	1.0	13.3	-
	4	-	-	0	0	0	0	1.0	-
	평균	0	0	0	3.8	0.3	0.3	5.2	
태백	1	-	-	-	0	1.3	10.0	12.3	-
	2	-	-	-	0	0	0	0	1.0
	3(매봉산 1)	-	0	0	0	10.0	0	-	-
	4(매봉산 2)	-	0	0	0	5.0	2.0	-	-
	5(매봉산 3)	-	0	0	0	2.3	0.7	1.0	-
평균	0	0	0	0	3.7	2.5	0.5	1.0	

표 18. 배추 노균병 조사결과(발병도 %)

조사지점		1차(6.9)	2차(6.16)	3차(6.28)	4차(7.9)	5차(7.18)	6차(8.7)	7차(8.28)	8차(9.6)
정선	1	-	-	0	0	0	0	13.3	0
	2	-	-	-	0	0	0	0	3.0
	3	0	0	0	0	-	-	-	-
	평균	-	-	0	0	0	0	6.7	
삼척	1	0	0	0	0	-	-	-	-
	2	-	0	0	0	0	0	5.2	-
	3	-	-	0	0	0	0	0	-
	4	-	-	0	0	0	0	0	-
	평균	0	0	0	0	0	0	1.7	-
태백	1	-	-	-	0	0	0	0	-
	2	-	-	-	0	0	0	0	9.6
	3(매봉산 1)	-	0	0	0	0	-	-	-
	4(매봉산 2)	-	0	0	0	0	0	-	-
	5(매봉산 3)	-	0	0	0	0	0	0	-
평균	0	0	0	0	0	0	0	9.6	

배추 노균병의 발생은 정선과 삼척에서 8월 하순부터 발생하였고, 태백에서는 9월 상순에 발생하였다. 정선 1포장에서 8월 하순 13.3%의 높은 발병도를 나타냈으며, 9월 상순조사에서는 무름병, 뿌리혹병 및 노균병에 의해 하엽이 거의 고사한 관계로 노균병의 발생은 조사되지 않았다(표 18).

배추 뿌리혹병은 정선과 태백지역에서 7월 중순 각각 2.0, 0.7%의 발병주율을 나타냈고, 이후 점차 늘어나 정선의 경우 9월 상순에 11.2%의 높은 발생주율을 나타냈으며, 태백에서는 7월 중순부터 8월 상순 사이 4~5% 정도로 높게 나타났다(표 19).

표 19. 배추 뿌리혹병 조사결과(발병주율 %)

조사지점		1차(6.9)	2차(6.16)	3차(6.28)	4차(7.9)	5차(7.18)	6차(8.7)	7차(8.28)	8차(9.6)
정선	1	-	-	0	0	4.0	4.0	9.0	22.3
	2	-	-	-	0	0	0	0.7	0
	3	0	0	0	0	-	-	-	-
	평균	-	-	0	0	2.0	2.0	4.9	11.2
삼척	1	0	0	0	0	-	-	-	-
	2	-	0	0	0	0	0	0	-
	3	-	-	0	0	0	0	0	-
	4	-	-	0	0	0	0	0	-
	평균	0	0	0	0	0	0	0	-
태백	1	-	-	-	0	0.3	8.3	9.0	-
	2	-	-	-	0	0	0	0	0.7
	3(매봉산 1)	-	0	0	0	0	-	-	-
	4(매봉산 2)	-	0	0	0	3.3	1.7	-	-
	5(매봉산 3)	-	0	0	0	0	11.7	2.3	-
	평균	0	0	0	0	0.7	5.4	3.8	0.7

표 20. 배추 뿌리마름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점		1차(6.9)	2차(6.16)	3차(6.28)	4차(7.9)	5차(7.18)	6차(8.7)	7차(8.28)	8차(9.6)
정선	1	-	-	0	0	0	0	0	1.7
	2	-	-	-	0	0	0	0	0
	3	0	0	0.7	0.7	-	-	0	0
	평균	-	-	0.4	0.3	0	0	0	0.6
삼척	1	0	0	1.3	0	-	-	-	-
	2	-	0	0	0	0	0	0	-
	3	-	-	0	0	0	0	0	-
	4	-	-	0	0	0	0	0	-
	평균	0	0	0.4	0	0	0	0	-
태백	1	-	-	-	0	0	0	0	-
	2	-	-	-	0	0	0	0	0
	3(매봉산 1)	-	0	0	0	0	0	-	-
	4(매봉산 2)	-	0	0	0	0	0	-	-
	5(매봉산 3)	-	0	0	0	0	0	0	-
	평균	0	0	0	0	0	0	0	0

배추 뿌리마름병은 정선과 삼척지역에서 6월 하순경에 발생이 처음 조사되었고, 두 지역 모두 0.4%의 발병주율을 나타냈으며, 7월 상순조사에서는 정선지역에서만 0.3%의 발병주율로 다소 줄어드는 경향이었다(표 20).

마. 2019년도 감자 병해 조사

감자 무름병의 발생은 강릉지역에서 6월 하순부터 발생이 조사되어 7월 상순 9.0%의 발생주율을 나타냈고, 평창지역에서는 7월 중순부터 발생이 조사되었으며, 7월 하순 조사에서 6.7%의 발병주율로서 다소 낮은 발병주율을 나타냈다(표 21).

표 21. 감자 무름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(4.19)	2차(5.10)	3차(5.20)	4차(5.28)	5차(6.3)	6차(6.18)	7차(6.25)	8차(7.9)	9차(7.18)	10차(7.29)	
강릉	1	0	0	0	0	0	0	0	-		
	2	-	0	0	0	0	0	1.7	9.0		
	3	-	0	0	0	0	0	4.0	-		
	평균	0	0	0	0	0	0	1.9	9.0		
평창	1	-	-	0	0	0	0	0	0	9.0	4.7
	2	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	3	-	-	0	0	0	0	0	0	4.3	6.0
	4	-	-	0	0	0	0	0	0	2.0	9.3
	평균	-	0	0	0	0	0	0	0	5.1	6.7

표 22. 감자 시들음병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(4.19)	2차(5.10)	3차(5.20)	4차(5.28)	5차(6.3)	6차(6.18)	7차(6.25)	8차(7.9)	9차(7.18)	10차(7.29)	
강릉	1	0	0	0	0	0	0	0.3	-	-	-
	2	-	0	0	0	0	10.7	11.0	-	-	-
	3	-	0	0	0	0	9.3	22.3	-	-	-
	평균	0	0	0	0	0	6.7	11.2	-	-	-
평창	1	-	-	0	0	0	0	0	0	0	1.7
	2	-	0	0	0	0	0	0	24.7	23.7	-
	3	-	-	0	0	0	0	1.7	0	0	6.3
	4	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	평균	-	0	0	0	0	0	0.4	6.2	5.9	2.7

감자 시들음병은 강릉의 경우 6월 중순부터 발생이 조사되었고, 6월 하순 11.2%의 다소 높은 발병주율을 나타냈고, 평창에서는 6월 하순부터 발생이 조사되어 7월 상순에 6.2%로 발생을 보였다(표 22).

바. 2019년도 배추 병해 조사

2019년도 바이러스병 조사결과는 표 23과 같고, 태백 2포장에서만 조사되었으면, 발생은 매우 적었다.

무름병 조사결과는 표 24와 같고, 7월 상순에 처음으로 삼척과 태백지역에서 조사되어 7월 하순 조사에서는 정선이 32.5%의 높은 발생주율을 나타냈으며, 8월 부터는 전지역에서 높은 발생을 나타냈다.

표 23. 배추 바이러스병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(6.26)	2차(7.10)	3차(7.19)	4차(7.29)	5차(8.9)	6차(8.20)	7차(8.29)
정선	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	-	-
	3	0	0	0	-	-	-
	평균	0	0	0	0	0	0
삼척	1	0	0	0	0	0	-
	2	0	0	0	0	0	-
	3	0	0	0	0	0	-
	평균	0	0	0	0	0	-
태백	1	0	0	0	0	0	-
	2	0	0	0.7	0	0	-
	3	0	0	0	0	-	-
	4	0	0	0	0	0	0
	평균	0	0	0.1	0	0	0

표 24. 배추 무름병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(6.26)	2차(7.10)	3차(7.19)	4차(7.29)	5차(8.9)	6차(8.20)	7차(8.29)	
정선	1	0	0	0	2.3	4.0	13.7	
	2	0	0	2.3	65	-	-	
	3	0	0	0	-	-	-	
	평균	0	0	0.8	32.5	2.3	4.0	13.7
삼척	1	0	0	1.0	11.3	19.0	-	
	2	0	0	9.0	19.0	-	-	
	3	0	0.3	0.7	1.3	5.7	-	
	평균	0	0.1	0.2	4.1	11.8	19.0	-
태백	1	0	0	0	0.7	32.3	-	
	2	0	0.3	0	0	10.0	0	
	3	0	0	0	2.3	-	-	
	4	0	0	0	0	0	1.0	2.3
	평균	0	0.1	0	1.0	4.4	11.1	2.3

표 25. 배추 뿌리혹병 조사결과(발병주율 %)

조사지점	1차(6.26)	2차(7.10)	3차(7.19)	4차(7.29)	5차(8.9)	6차(8.20)	7차(8.29)
정선	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	-	-
	3	0	0	0	-	-	-
	평균	0	0	0	0	0	0

조사지점	1차(6.26)	2차(7.10)	3차(7.19)	4차(7.29)	5차(8.9)	6차(8.20)	7차(8.29)
삼척	1	0	0	0	0	0	-
	2	0	0	0	0	-	-
	3	0	0	0	0	-	-
	4		0	0	0	-	-
	평균	0	0	0	0	0	-
태백	1	0	0	0	0	0	-
	2	0	0	0	0	10.0	23.3
	3	0	0	0	0	-	-
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	11.3	13.7
평균	0	0	0	0	5.3	9.3	0

배추 뿌리혹병은 8월 상순 조사 시 태백지역에서 5.3%의 발병주율을 나타냈고, 8월 중순 조사에서도 태백지역에서만 9.3%의 높은 발병주율을 나타냈으며, 다른 지역에서는 조사되지 않았다(표 25).

(시험 2) 강원지역 돌발·외래 병해의 기후변화 영향 분석연구

가. 기상환경에 따른 감자 병해 발생

연차별 기상환경에 따른 감자 병해 발생조사결과는 표 26, 그림 1과 같다.

(1) 2017년 기상환경 및 병해발생

강릉의 경우 비가 오고 평균기온이 20℃ 이상 유지되는 6월 초부터 무름병이 발생하기 시작하여 6월 하순에 12.7%의 높은 발생을 나타냈다. 평창 고랭지에서 무름병의 발생은 6월 하순 비가 오고 기온이 상승하면서부터 발생하기 시작하였고, 7월 상순에는 강수량이 262mm로 많고 평균기온이 21.1℃로 높아서 7.3%의 높은 발병주율을 나타냈다. 무름병의 발생은 강릉지역의 경우 강수량이 적은 데도 불구하고 병의 발생이 많은 것으로 나타나 강수량보다는 평균기온의 영향을 더 받는 것으로 나타났다.

(2) 2018년 기상환경 및 병해발생

강릉지역의 평균기온은 4~5월 전년에 비해 다소 낮았고, 6월 이후부터는 비슷하게 나타났으며, 강수량에서는 2017년과 달리 4월부터 5월 중순까지 다소 많은 강수량을 나타냈으나 5월 하순부터 6월 중순까지 매우 낮은 강수량을 나타냈다. 평창지역의 평균기온은 2017년과 비슷한 경향을 나타냈고, 강수량에서는 강릉지역과 마찬가지로 4월부터 5월 중순까지 다소 많은 강수량을 나타냈고, 이후 6월 중순까지 매우 낮은 강수량을 나타냈으며, 7월 상순에는 262mm로 매우 높았다. 역병의 경우 강릉지역에서 4~5월 다소 많은 강우와 저온으로 인하여 6월 상순부터 중순까지 발생이 조사되었다. 시들음병은 강릉지역에서 4~5월 잦은 강우 뒤 6월 가뭄과 기온 상승으로 인해 6월 중순 많은 발생을 나타냈으나, 평창지역에서는 파종이 강릉지역보다 늦었기 때문에 발생이 적은 것으로 나타났다. 무름병의 발생은 강릉지역에서는 2017년에 비해 다소 적었으나 평창지역에서는 7월 상순 많은 강우 후 고온에 의해 7월 중순 조사에서 25.1%의 높은 발생률을 나타냈다.

표 26. 연차별 기상환경 및 감자 병해 발생

구분		5월			6월			7월				
		상	중	하	상	중	하	상	중	하		
강릉	평균기온 (°C)	2019	17.6	18.0	23.2	19.4	19.3	20.7	22.4	-	-	
		2018	13.7	17.7	17.2	22.6	18.1	23.9	19.4	-	-	
		2017	18.6	21.3	21.1	19.1	21.1	23.4	24.5	-	-	
	강수량 (mm)	2019	1.0	1.6	0	82.6	30.3	9.5	63.5	-	-	
		2018	35.0	91.3	6.7	1.2	0	43.5	185.1	-	-	
		2017	2.5	8.5	14.0	18.2	1.0	8.0	161.2	-	-	
	무름병 (%)	2019	0	0	0	0	0	1.9	9.0	-	-	
		2018	0	0	0	0	0	0.7	15.7	-	-	
		2017	-	0	0	0.5	8.2	12.7	-	-	-	
	역병(%)	2019	0	0	0	0	0	0	0	-	-	
		2018	0	0	0	0.1	1.3	0	0	-	-	
		2017	0	0	0	0	0	0	-	-	-	
	시들음병 (%)	2019	0	0	0	0	0	6.7	11.2	-	-	
		2018	0	0	0	0.5	19.3	2.8	2.3	-	-	
		2017	-	0	0	0	0	0	-	-	-	
	평창	평균기온 (°C)	2019	12.1	14.7	16.6	16.2	15.4	17.2	17.6	19.2	23.4
			2018	9.0	13.6	14.7	17.2	14.3	19.8	16.5	23.4	24.0
			2017	12.9	13.6	14.7	13.3	15.7	18.5	21.1	22.7	20.9
강수량 (mm)		2019	0	3.6	2.0	116.6	46.9	5.0	46.0	83.7	54.1	
		2018	47.2	146.1	9.7	13.5	6.9	63.1	210.9	7.1	10.0	
		2017	4.5	14.1	13.0	33.4	0.2	39.4	262.0	42.9	50.5	
무름병 (%)		2019	0	0	0	0	0	0	0	5.1	6.7	
		2018	0	0	0	0	0	0.3	6.8	25.1	-	
		2017	-	0	0	0	0	3.5	7.3	8.6	-	
역병(%)		2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		2018	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
		2017	-	0	0	0	0	0	0	0	-	
시들음병 (%)		2019	0	0	0	0	0	0.4	6.2	5.9	2.7	
		2018	0	0	0	0	0	1.0	1.3	2.9	-	
		2017	-	0	0	0	0	0	0	0	-	

(3) 2019년 기상환경 및 병해발생

강릉지역의 평균기온은 5월 하순 23.2°C로서 다소 높게 나타났고, 강수량에서는 5월에는 거의 없다가 6월 상순과 7월 상순에 다소 많았다. 평창지역의 평균기온은 전년과 비슷하거나 다소 낮게 나타났고, 강수량에서는 5월에는 거의 없다가 6월 상순에 116.6mm로 많았으며 이후 순별 40mm 이상의 강수량을 지속적으로 나타냈다. 역병은 강릉과 평창 두 지역 모두 발생이 조사되지 않았다. 무름병은 강릉지역의 경우 6월 중하순 다소 낮은 기온과 적은 강수량으로 인해 발생이 적었고, 6월 하순 1.9%를 시작으로 7월 상순 9.0%를 나타냈다. 평창의 경우도 강릉과 마찬가지로 6월 중순부터 다소 낮은 기온과 적은 강수량에 의해 발생이 다소 적고, 7월 중순 5.1%를 시작으로 7월 하순 6.7%의

발병주율을 나타냈다. 시들음병은 강릉지역의 경우 전년에 비해 발생시기가 6월 하순으로 늦었고 발생주율도 낮았다. 평창지역에서는 전년과 마찬가지로 6월 하순부터 조사되었으며, 7월 상순 6.2%로 다소 높은 발생을 나타냈다.

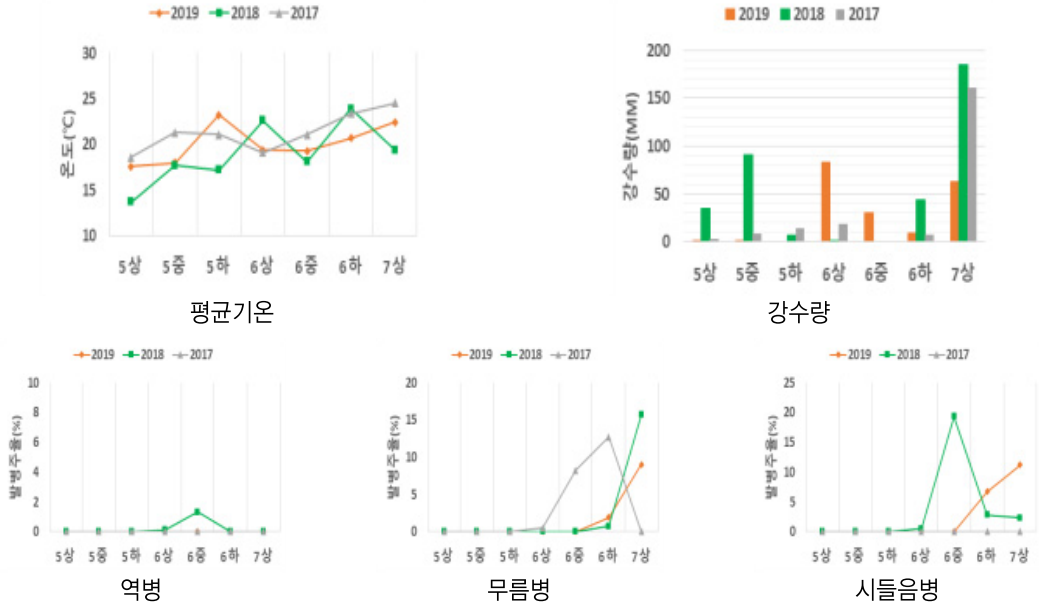


그림 1. 강릉지역 연차별 기상환경 및 병해발생

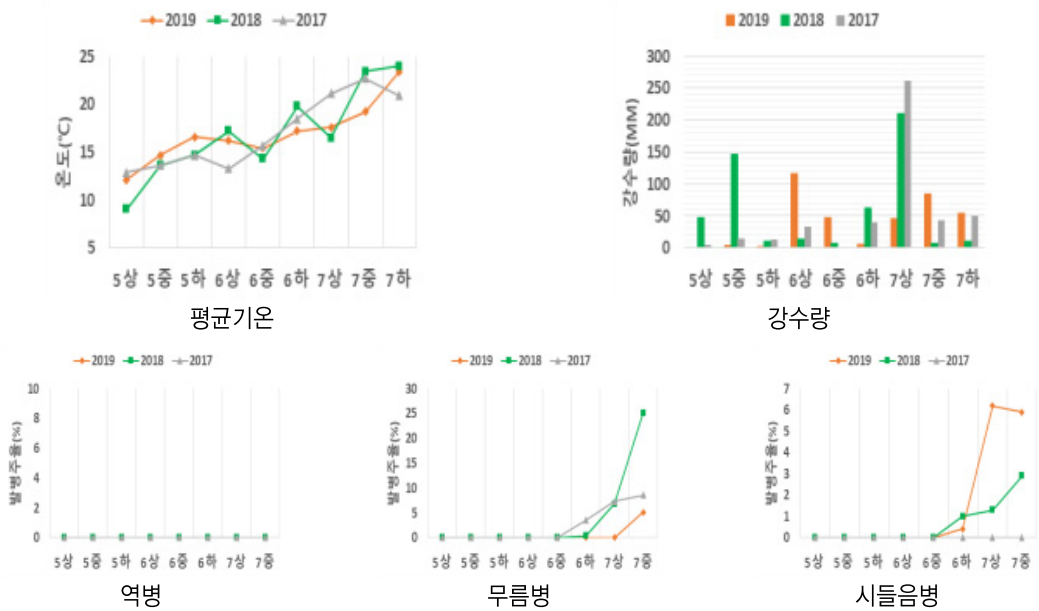


그림 2. 평창지역 연차별 기상환경 및 병해발생

표 27. 감자 무름병 발생과 기상과의 상관관계분석 결과

	Dis	MT	HT	LT	MM	HM	LM	RF	SQ
Dis									
MT	0.3689 0.0448								
HT	0.0577 0.7616	0.7810 <.0001							
LT	0.5186 0.0033	0.7200 <.0001	0.1600 0.3981						
MM	0.4646 0.0097	-0.052 0.7862	-0.476 0.0077	0.5103 0.0040					
HM	0.3545 0.0546	-0.038 0.8415	-0.023 0.9032	0.0781 0.6816	0.6653 <.0001				
LM	0.4453 0.0137	-0.090 0.6362	-0.637 0.0002	0.5751 0.0009	0.9257 <.0001	0.3671 0.0460			
RF	0.6697 <.0001	0.3686 0.0450	0.1373 0.4691	0.4871 0.0063	0.4260 0.0189	0.3494 0.0584	0.3412 0.649		
SQ	-0.568 0.0010	-0.279 0.1353	-0.062 0.7420	-0.508 0.0041	-0.515 0.0035	-0.487 0.0075	-0.397 0.0295	-0.827 <.0001	

※ Dis 발병율, MT 평균온도, HT 최고온도, LT 최저온도, MM 평균습도, HM 최고습도, LM 최저습도, RF 강수량, SQ 일사량

감자 무름병 발생과 기상과의 상관관계 분석결과 강수량이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고, 다음으로 일사량, 최저기온 등이 영향을 미쳤으며, 일사량과는 부의 상관관계를 나타냈다(표 27).

감자 시들음병과 기상환경과의 상관관계 분석결과 평균기온 및 최저기온이 영향을 미치는 것으로 나타났고, 강수량이나 일사량의 영향에 있어서는 유의성이 인정되지 않았다(표 28).

표 28. 감자 시들음병 발생과 기상과의 상관관계분석 결과

	Dis	MT	HT	LT	MM	HM	LM	RF	SQ
Dis									
MT	0.4693 0.0102								
HT	0.2973 0.1172	0.8475 <.0001							
LT	0.4971 0.0061	0.8650 <.0001	0.4907 0.0069						
MM	0.2198 0.2518	0.1210 0.5317	-0.251 0.1877	0.5070 0.0050					
HM	0.0795 0.6816	0.0978 0.6137	0.0362 0.8520	0.2451 0.1999	0.7746 <.0001				
LM	0.2365 0.2166	0.0829 0.6688	-0.403 0.0299	0.5339 0.0029	0.9226 <.0001	0.4901 0.0070			
RF	0.0508 0.7933	0.0392 0.8399	-0.111 0.5646	0.2413 0.2072	0.4178 0.0241	0.3591 0.0557	0.3849 0.0392		
SQ	0.0156 0.9359	0.0975 0.6146	0.1995 0.2994	-0.176 0.3598	-0.536 0.0027	-0.509 0.0047	-0.424 0.0217	-0.734 <.0001	

※ Dis 발병율, MT 평균온도, HT 최고온도, LT 최저온도, MM 평균습도, HM 최고습도, LM 최저습도, RF 강수량, SQ 일사량

나. 기상환경에 따른 배추 병해 발생

연차별 기상환경에 따른 감자 병해 발생조사결과는 표 29, 그림 3와 같다.

(1) 2017년 기상환경 및 병해발생

7월 상순 많은 강우량과 7월 중순 높은 기온은 고랭지 배추에 병해 발생 증가에 영향을 미쳐 노균병의 경우 7월 하순 3.5%의 높은 발병을 나타냈고, 바이러스병과 무름병은 6월 하순 발생하기 시작하여 계속 증가하는 경향이었으며, 무름병의 발생 피해가 가장 심했다.

(2) 2018년 기상환경 및 병해발생

도내 고랭지의 평균기온은 전년에 비해 6월 중순과 7월 상순을 제외하고 전반적으로 다소 높게 나타났고, 강수량에 있어서는 6월 상순과 중순, 7월 중순과 하순에 매우 적고 전년에 비해 대체로 강수량이 적었다. 여름철 고온건조로 인해 뿌리혹병을 제외한 모든 병의 발생이 전년에 비해 낮게 나타났고, 전년에는 조사되지 않았던 뿌리마름병의 발생이 조사되었다. 바이러스병 및 뿌리마름병의 발생이 6월 하순부터 조사되었고, 무름병은 7월 상순부터 조사되었으며, 무름병의 발생이 7월 상순부터 3% 이상의 높은 발병주율로 가장 피해가 컸다. 노균병의 발생은 전년에는 7월 중하순에 발생하였지만 금년에는 8월 중순이후 발생이 많았다.

(3) 2019년 기상환경 및 병해발생

도내 고랭지의 평균기온은 2018년과 비슷하였지만 6월 하순과 7월 중순이 5℃정도 낮았으며, 강수량에서는 6월 상순과 7월 중순에 다소 많았다. 무름병이 7월 상순부터 발생하여 7월 하순에는 12.5%의 높은 발생을 나타냈고, 이후 지속적으로 발생이 많았다. 뿌리혹병은 8월 상순에 1.3%, 8월 중순에 2.3%의 발병주율로 2018년과 비슷하였다. 노균병, 뿌리마름병, 바이러스 등은 거의 발생이 조사되지 않았다.

표 29. 연차별 기상환경 및 감자 병해 발생

구분	6월			7월			8월			
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
평균기온(℃)*	2019	17.1	16.3	17.9	18.3	19.8	24.3	24.0	21.9	19.6
	2018	18.2	15.3	21.0	17.3	24.7	25.0	24.2	21.3	21.0
	2017	14.2	16.7	19.1	21.9	23.5	21.6	21.9	18.7	19.2
강수량(mm)*	2019	94.3	35.2	21.2	41.0	110.5	48.1	100.2	94.0	7.5
	2018	9.4	4.8	56.7	219.6	4.4	16.0	73.8	81.4	251.2
	2017	27.3	7.0	63.4	236.1	46.1	52.4	45.9	154.7	73.3
바이러스병**	2019	-	-	0	0	0.04	0	0	0	0
	2018	0	0	0.2	0.2	1.1	-	1.1	1.8	4.6
	2017	-	0	0.2	-	0.4	1.9	2.0	3.5	5.2

구분	6월			7월			8월			
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
무름병**	2019	-	-	0	0.07	0.3	12.5	6.2	11.4	8.0
	2018	0	0	0	3.1	3.5	-	3.5	5.4	6.7
	2017	-	0	0.04	-	4.4	4.9	5.6	6.8	9.3
뿌리마름병**	2019	-	-	0	0	0	0	0	0	0
	2018	0	0	0.1	0.1	0	-	0	0	0.2
	2017	-	0	0	-	0	0	0	0	0
뿌리혹병**	2019	0	0	0	0	0	0	1.3	2.3	0
	2018	0	0	0	0.5	0.4	-	1.5	1.3	2.9
	2017	-	0	0	-	1.0	0	0	0	0
노균병***	2019	-	-	0	0	0	0	0	0	0
	2018	0	0	0	0	0	-	0	2.3	6.3
	2017	-	0	0	-	0.9	3.5	0	1.1	0

* 기상자료는 대관령과 태백의 평균치, ** 발병주율 %, *** 발병도 %

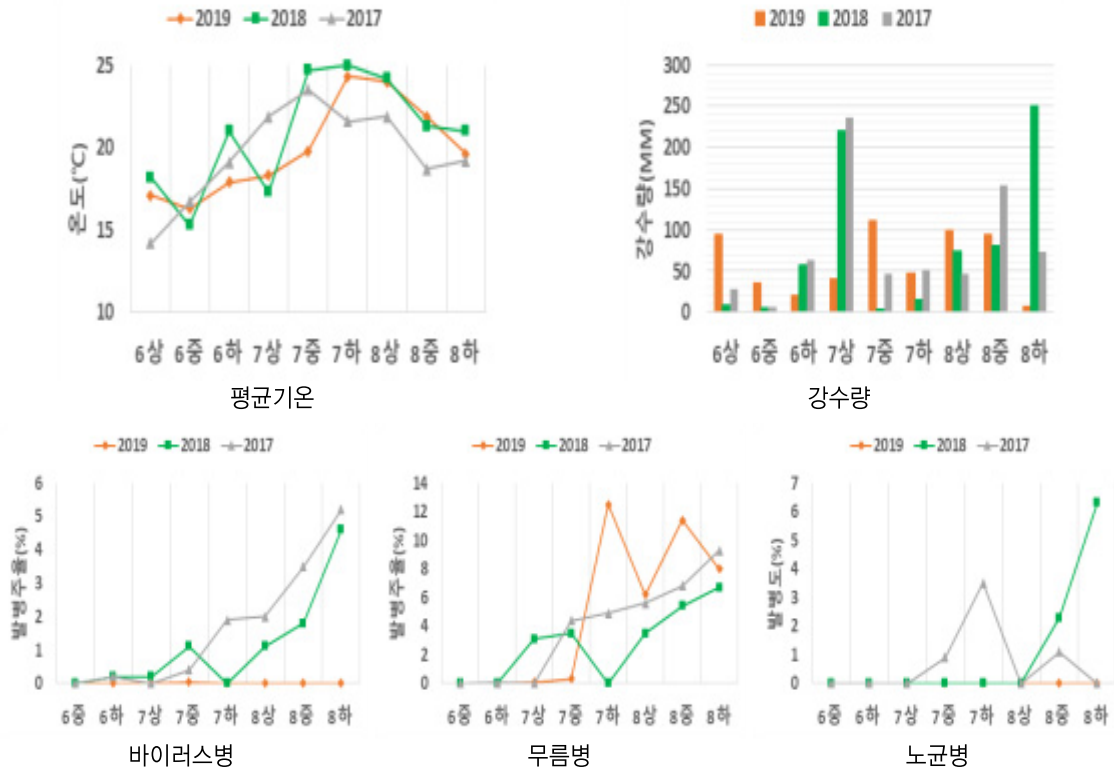


그림 3. 고랭지 배추재배 연차별 기상환경 및 병해발생

표 30. 배추 무름병 발생과 기상과의 상관관계분석 결과

	Dis	MT	HT	LT	MM	HM	LM	RF	SQ
Dis									
MT	0.5793 0.0074								
HT	0.3439 0.1376	0.9017 <.0001							
LT	0.6943 0.0007	0.9326 <.0001	0.6935 0.0007						
MM	0.4696 0.0367	0.3495 0.1309	0.0393 0.8692	0.5674 0.0091					
HM	0.043 0.8558	0.0654 0.7841	0.0768 0.7474	0.0425 0.8585	0.6007 0.0051				
LM	0.5008 0.0245	0.2674 0.2543	-0.127 0.5925	0.5559 0.0109	0.9330 <.0001	0.3400 0.1424			
RF	0.4170 0.047	0.1041 0.6622	-0.195 0.4090	0.3447 0.1365	0.5362 0.0148	0.1589 0.5033	0.6253 0.0032		
SQ	-0.456 0.0432	0.0335 0.8883	0.4335 0.0561	-0.300 0.1987	-0.760 <.0001	-0.211 0.3707	-0.894 <.0001	-0.728 0.0003	

※ Dis 발병율, MT 평균온도, HT 최고온도, LT 최저온도, MM 평균습도, HM 최고습도, LM 최저습도, RF 강수량, SQ 일사량

표 31. 배추 바이러스병 발생과 기상과의 상관관계분석 결과

	Dis	MT	HT	LT	MM	HM	LM	RF	SQ
Dis									
MT	0.1363 0.5556								
HT	-0.066 0.7734	0.8761 <.0001							
LT	0.2653 0.2450	0.8953 <.0001	0.5806 0.0058						
MM	0.5588 0.0085	0.0987 0.6703	-0.254 0.2647	0.4046 0.0688					
HM	0.4218 0.0568	-0.078 0.7350	-0.021 0.9275	-0.131 0.5707	0.5446 0.0107				
LM	0.4533 0.0390	0.0880 0.7044	-0.357 0.1118	0.4685 0.0322	0.9267 <.0001	0.2474 0.2794			
RF	0.3819 0.0875	-0.042 0.8541	-0.350 0.1190	0.2579 0.2590	0.5727 0.0067	0.1325 0.5668	0.6328 0.0021		
SQ	-0.370 0.0982	0.2223 0.3327	0.6099 0.0033	-0.193 0.3999	-0.764 <.0001	-0.134 0.5597	-0.848 <.0001	-0.725 0.0002	

※ Dis 발병율, MT 평균온도, HT 최고온도, LT 최저온도, MM 평균습도, HM 최고습도, LM 최저습도, RF 강수량, SQ 일사량

표 32. 배추 노균병 발생과 기상과의 상관관계분석 결과

	Dis	MT	HT	LT	MM	HM	LM	RF	SQ
Dis									
MT	0.1594 0.4899								
HT	-0.053 0.8190	0.8761 <.0001							
LT	0.2836 0.2127	0.8953 <.0001	0.5806 0.0058						
MM	0.4633 0.0344	0.0987 0.6703	-0.254 0.2647	0.4046 0.0688					
HM	0.2583 0.2582	-0.078 0.7350	-0.021 0.9275	-0.131 0.5707	0.5446 0.0107				
LM	0.4486 0.0414	0.0880 0.7044	-0.357 0.1118	0.4685 0.0322	0.9267 <.0001	0.2474 0.2794			
RF	0.4730 0.0303	-0.042 0.8541	-0.350 0.1190	0.2579 0.2590	0.5727 0.0067	0.1325 0.5668	0.6328 0.0021		
SQ	-0.402 0.0705	0.2223 0.3327	0.6099 0.0033	-0.193 0.3999	-0.764 <.0001	-0.134 0.5597	-0.848 <.0001	-0.725 0.0002	

※ Dis 발병율, MT 평균온도, HT 최고온도, LT 최저온도, MM 평균습도, HM 최고습도, LM 최저습도, RF 강수량, SQ 일사량

배추 무름병과 기상환경과의 상관관계 분석결과 평균기온과 최저기온이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 다음으로 일사량, 강수량 순이었으며, 일사량과는 부의 상관관계를 나타냈다(표 30).

배추 바이러스병과 기상환경과의 상관관계 분석에서는 습도만이 영향을 미치는 것으로 유의성이 인정되었으며, 다른 기상조건들은 유의성이 인정되지 않았다(표 31).

배추 노균병에 있어서는 강수량이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고, 다음이 습도가 영향을 미쳤으며, 온도와 일사량은 유의성이 인정되지 않았다(표 32).

(시험 3) 고랭지 채소 스트렙토마이신 수화제 약해발생 조사

무 무름병 방제약제인 스트렙토마이신 수화제를 처리할 경우 그림 4와 같이 잎이 탈색되어 황백화하는 약해증상이 나타난다. 스트렙토마이신 수화제 처리횟수별 약해발생은 표 33과 같고, 1회 처리할 경우 7일 후 조사에서 약해가 2정도이었다다가 15일 후에는 정상적으로 회복하였지만 3회 연속 처리할 경우 약해가 4정도로 매우 심하고 수확기 까지 약해가 회복되지 않았다. 따라서 고랭지지역에서 무 무름병 방제를 위해 스트렙토마이신 수화제를 처리할 경우 병 발생초기 1회만 처리하면 약해를 예방할 수 있고, 기작이 다른 약제를 교호로 살포하는 것이 약해예방과 더불어 방제효과도 높아질 것으로 생각된다.

백운무 등 9종의 품종에서 스트렙토마이신 약제처리 약해발생 조사결과는 표 34와 같다. 기준량 처리 7일후 조사에서는 약해가 1-2 정도로 조사되었지만 17일 후 조사에서는 모두 약해발생이 조사되지 않았다. 배량처리 7일 후 조사에서는 약해가 품종에 따라 1-3으로 조사되었고, 17일 후 조사

에서는 멧진맛깎무 등 4품종이 약해가 1정도로 조사되었다. 따라서 스트렙토마이신 약제 1회 처리시 모든 품종에서 약해가 1이하로 크게 문제가 되지 않은 것으로 나타났다.

표 33. 무 스트렙토마이신 약제 처리횟수별 약해발생 정도

품종명	무처리	1회 처리*	3회 처리*
태청	0	2	4

* 최종 약제처리 후 7일차 조사



1회처리(7일후)

3회처리(7일후)

3회처리(수확기)

그림 4. 스트렙토마이신 수화제 처리횟수별 무 약해발생

표 34. 스트렙토마이신 약제처리시 품종별 약해발생 정도

품종명	무처리	기준량		배량	
		7일후	17일후	7일후	17일후
백운무	0	2	0	2	0
멧진맛깎무	0	3	0	3	1
서동	0	1	0	2	0
청운	0	2	0	2	1
백자	0	1	0	1	0
참조은	0	2	0	2	1
한가을	0	2	0	3	1
태청	0	1	0	1	0
초롱	0	2	0	2	0

4. 적 요

〈제2협동과제: 강원지역 돌발·외래 병해의 발생실태 조사 및 영향요인 분석연구〉

○ 감자 병해조사

- 2017년

- 강릉의 경우 비가 오고 평균기온이 20℃ 이상 유지되는 6월 초부터 무름병이 발생하기 시작하여 6월 하순에 12.7%의 높은 발생을 나타냈다.

- 평창 고랭지에서 무름병의 발생은 6월 하순 비가 오고 기온이 상승하면서부터 발생하기 시작하였고, 7월 상순에는 강수량이 262mm로 많고 평균기온이 21.1°C로 높아서 7.3%의 높은 발병주율을 나타냈다.

- 2018년

- 강릉지역의 평균기온은 4~5월 전년에 비해 다소 낮았고, 6월 이후부터는 비슷하게 나타났으며, 강수량에서는 2017년과 달리 4월부터 5월 중순까지 다소 많은 강수량을 나타냈으나 5월 하순부터 6월 중순까지 매우 낮은 강수량을 나타냈다.
- 평창지역의 평균기온은 2017년과 비슷한 경향을 나타냈고, 강수량에서는 강릉지역과 마찬가지로 4월부터 5월 중순까지 다소 많은 강수량을 나타냈고, 이후 6월 중순까지 매우 낮은 강수량을 나타냈으며, 7월 상순에는 262mm로 매우 높았다. 역병의 경우 강릉지역에서 4~5월 다소 많은 강우와 저온으로 인하여 6월 상순부터 중순까지 발생이 조사되었다.
- 시들음병은 강릉지역에서 4~5월 잦은 강우 뒤 6월 가뭄과 기온 상승으로 인해 6월 중순 많은 발생을 나타냈으나, 평창지역에서는 파종이 강릉지역보다 늦었기 때문에 발생이 적은 것으로 나타났다.
- 무름병의 발생은 강릉지역에서는 2017년에 비해 다소 적었으나 평창지역에서는 7월 상순 많은 강우 후 고온에 의해 7월 중순 조사에서 25.1%의 높은 발생률을 나타냈다.

- 2019년

- 강릉지역의 평균기온은 5월 하순 23.2°C로서 다소 높게 나타났고, 강수량에서는 5월에는 거의 없다가 6월 상순과 7월 상순에 다소 많았다.
- 평창지역의 평균기온은 전년과 비슷하거나 다소 낮게 나타났고, 강수량에서는 5월에는 거의 없다가 6월 상순에 116.6mm로 많았으며 이후 순별 40mm 이상의 강수량을 지속적으로 나타냈다.
- 역병은 강릉과 평창 두지역 모두 발생이 조사되지 않았다.
- 무름병은 강릉지역의 경우 6월 중하순 다소 낮은 기온과 적은 강수량으로 인해 발생이 적었고, 6월 하순 1.9%를 시작으로 7월 상순 9.0%를 나타냈다.
- 평창의 경우도 강릉과 마찬가지로 6월 중순부터 다소 낮은 기온과 적은 강수량에 의해 발생이 다소 적고, 7월 중순 5.1%를 시작으로 7월 하순 6.7%의 발병주율을 나타냈다.
- 시들음병은 강릉지역의 경우 전년에 비해 발생시기가 6월 하순으로 늦고 발생주율도 낮았으며, 평창지역에서는 전년과 마찬가지로 6월 하순부터 조사되었고, 7월 상순 6.2%로 다소 높은 발생을 나타냈다.

○ 배추 병해조사

- 2017년

- 7월 상순 많은 강우량과 7월 중순 높은 기온은 고랭지 배추에 병해 발생 증가에 영향을 미쳐 노균병의 경우 7월 하순 3.5%의 높은 발병을 나타냈고, 바이러스병과 무름병은 6월 하순 발생하기 시작하여 계속 증가하는 경향이었으며, 무름병의 발생 피해가 가장 심했다.

- 2018년

- 도내 고랭지의 평균기온은 전년에 비해 6월 중순과 7월 상순을 제외하고 전반적으로 다소 높게 나타났고, 강수량에 있어서는 6월 상순과 중순, 7월 중순과 하순에 매우 적고 전년에 비해

대체로 강수량이 적었다.

- 여름철 고온건조로 인해 뿌리혹병을 제외한 모든 병의 발생이 전년에 비해 낮게 나타났고, 전년에는 조사되지 않았던 뿌리마름병의 발생이 조사되었다.
- 바이러스병 및 뿌리마름병의 발생이 6월 하순부터 조사되었고, 무름병은 7월 상순부터 조사되었으며, 무름병의 발생이 7월 상순부터 3% 이상의 높은 발병주율로 가장 피해가 컸다.
- 노균병의 발생은 전년에는 7월 중하순에 발생하였지만 금년에는 8월 중순이후 발생이 많았다.

- 2019년

- 도내 고랭지의 평균기온은 2018년과 비슷하였지만 6월 하순과 7월 중순이 5°C 정도 낮았으며, 강수량에서는 6월 상순과 7월 중순에 다소 많았다.
- 무름병이 7월 상순부터 발생하여 7월 하순에는 12.5%의 높은 발생을 나타냈고, 이후 지속적으로 발생이 많았다.
- 뿌리혹병은 8월 상순에 1.3%, 8월 중순에 2.3%의 발병주율로 2018년과 비슷하였다.
- 노균병, 뿌리마름병, 바이러스 등은 거의 발생이 조사되지 않았다.

○ 고랭지 채소 스트렙토마이신 수화제 약해발생 조사

- 무 스트렙토마이신 수화제 처리횟수별 약해발생 조사결과 1회 처리할 경우 7일 후 조사에서 약해가 2정도이었다다가 15일 후에는 정상적으로 회복하였지만 3회 연속 처리할 경우 약해가 4 정도로 매우 심하고 수확기 까지 약해가 회복되지 않았다.
- 백운무 등 9종의 품종에서 스트렙토마이신 약제처리 약해발생 조사결과 기준량 처리 7일후 조사에서는 약해가 1-2 정도로 조사되었지만 17일 후 조사에서는 모두 약해발생이 조사되지 않았으며, 배양처리 7일 후 조사에서는 약해가 품종에 따라 1-3으로 조사되었고, 17일 후 조사에서는 멧진맛갈무 등 4품종이 약해가 1정도로 조사되었다.

5. 인용문헌

- 권민, 김주일, 최장규, 지삼녀, 이영규, 김기덕. 2016. 농약살포 없이 고랭지 여름배추 가능한가. 한국응용곤충학회 학술대회 논문집. p. 158.
- 김명현, 방혜선, 나영은, 김미란, 오영주, 강기경, 조광진. 2013. 기후변화에 따른 주요 벼 병해충에 의한 벼 생산의 취약성 평가. 한국환경복원기술학회지. 16(1):147.
- 김성문, 최해진, 김희연, 이동경, 김태한, 안문섭, 허장현. 2002. 강원도 고랭지대 배추 경작자들의 농약 사용 실태. 농약과학회지. 6(4):250-256.
- 심명선, 임진희, 김점순, 유성준. 2014. 감자역병 예측모델을 위한 맞춤형보용 방제모듈 개발에 대한 고찰. Korean Journal of Agricultural Science. 41(1):23-27.
- 장익호, 김학기, 김관수. 1988. 동해안 지역의 감자 재배작형과 역병 발생. 산경농촌. 9:109.
- 좌재호, 고상욱, 김형순. 2016. 대기온도 상승이 배추 무름병 발생에 미치는 영향. 한국원예학회 학술발표요지. 2016(10):59.

6. 연구결과 활용

연도(연차)		활용방안	제 목						
2018(2년)		학술발표	최근 고랭지 배추 주요 병해 발생양상						
2019(3년)		영농활용	무 무름병 방제를 위한 스트렙토마이신 수화제 처리시 약해피해 예방(중앙)						

성과지표명		연도	1년차(2013)		2년차(2014)		3년차(2015)		계	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문 계재	SCI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	비SCI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
학술 발표	국제	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	국내	-	-	1	1			1	1	
영농 활용	기술	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	정보	-	-	-	-	1	1	1	1	1
농가기술지도/컨설팅		1	2	1	2	1	0	3	4	
정책제안		-	-	-	-	-	-	-	-	-
농자재 등록		-	-	-	-	-	-	-	-	-
홍보		1	-	1	-	1	-	3	0	
계		1	2	2	3	2	1	8	6	

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'17	'18	'19
과제책임자	국립농업과학원	농업연구관	이용환	과제 총괄	-	-	○
2협동책임자	환경농업연구과	농업연구사	이재홍	세부주관 수행	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	원현섭	병해조사 지원	○	○	○
	"	"	황세정	병해조사 지원	○	○	○
	"	"	이안수	병해조사 지원	○	○	○
	"	공무직	이승제	병해조사 지원	○	○	○
	"	농업연구관	정태성	평가분석 지원	○	○	○