

어젠다코드	1 - 1 - 3		구분	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	S02	작목구분코드	FC-05-0501
과제종류	농업공동연구		세부사업(약어)	-	
과제명	이상기상 대응 작물생육 영향분석 및 피해 경감기술 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	권의석		농업연구사	충북도원 포도연구소	
연구기간	2019		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 이상기상발생에 따른 강원도 지대별 씨감자 생산량 변화 조사			감자연구소	맹진희	'19
색인용어	이상기상, 씨감자, 수미				

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effects of climatic elements on seed potato production in Gangneungsi-Wangsanmyeon and Pyeongchanggun-Daegwallyeongmyeon, Gangwon Province. The highest seed potato production in recent two years(2016~2017) was in the range of accumulated temperature 2,400 to 2,500. C, and the correlation coefficient between the total and the standard tubers was higher than at the temperature of 0. C. The shorter the cultivation period, the more small seed potatoes, and the longer the cultivation period the larger the seed potatoes. In 2019, the field experiment was performed to investigate seed potato production of according to altitude with 'Superior' in Wangsanmyeon at 600m height and Daegwallyeongmyeon at 800m height. Superior famers were selected in two areas respectively to analyze the weather environment and soil physicochemical properties.

In order to analyze climate data, on the basis of the potato yield, we used weather data from the meteorological agency to analyze past and present climates. Our results represent that maximum total weight of 'Superior' was observed at 110 days after planting and 120 days after planting in the high-land area of Chahangri 1 and Chahangri 2. Semi high land region of godanri 1 was the highest of the rate of standard tubers of 78% on the 90th day after the planting. But considering the total yield, 100 days were the highest. The rate of the standard tubers to the 110days harvest was 73% including the marketable tubers.

The correlation coefficient(R2) between the accumulated temperature and yield in 2019 showed a high correlation of 0.847 and was the highest at 2,100. C. The analysis was conducted by integrating climate data, past seed potato yielding (2016-2017) and this year(2019).The correlation coefficient(R2) between the past and this year showed a high correlation of 0.755. The accumulated temperature was about 2,200°C and the yield was the highest. In 2018, As for results of seed potato production analysis, accumulated temperature

and seed potato production shows low correlation. Under general climate conditions, accumulated temperature are effected but in 2018, it is judged that a different environment had an effect. In order to know elements other than temperature, research should be conducted in the future.

1. 연구목표

감자는 벼, 옥수수, 밀과 함께 세계 4대 주요 식량작물이며 식품적 가치도 높은 작물이면서 (Burton, 1966) 우리나라 강원도의 대표적 작물이다. 국내 감자 총재배면적('19년 26,115ha)중 강원도 재배면적은 23%(전국1위)를 차지하고 있다(통계청, 2019). 강원도는 감자 종서 생산단지를 보유하고 있어 우수한 품질의 종자 보급 및 생산이 가능하다. 특히 고랭지 지역에서 생산되는 씨감자(405ha)는 전국 95% 이상의 생산량으로 씨감자 생산량의 대부분을 차지하고 있다. 따라서, 강원도는 씨감자 주산지로서 매우 중요하며 특히 고랭지 여름재배에서 생산된 씨감자는 다음해 보급종으로 전국 공급(8,000톤/년)되어 일반 식용재배 농가의 재배면적 및 가격등락을 좌우한다. 씨감자는 기온 상승 등으로 30년 전보다 재배지가 절반 이상 줄었으며 생산량 역시 감소하여 기후변화에 따른 영향을 크게 받고 있다. 도입종인 수미감자는 감자 재배면적의 70%이상을 차지하고 있으며 이에 따른 편중 재배는 돌발 병해충 발생 및 기상이변 등에 취약하여 대응 방안을 모색해야 한다. 최근 씨감자 재배포장의 감자 줄기 고사 및 조기 황엽시기 도래 등 이상생육에 의한 수량저하 등 문제점이 다수 발생되어 작황 및 변동요인 조사가 필요하다. 최근 들어 토양이나 기상환경 등의 요인을 분석하여 작물의 생육, 품질, 수량 등을 예측하기 위한 연구가 시도되고 있다(Ahn et al., 1996b; Chloupek et al., 2003; Van Delden et al., 2003). 이에 국내 이상기상에 의해 씨감자 생산저하에 영향을 주는 기상, 토양 환경요인 및 생산량 변화 조사가 필요하다. 따라서, 수미 감자의 주요 재종지에서 재종포 농가의 관행적인 표준재배법에 의해 이상기상 발생에 따른 지대별 씨감자 생산량 변화 조사를 하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

(시험 1) 감자 이상기상 지역별 발생 현황 및 실태조사

본 연구는 2019년도에 강원도 강릉시 왕산면과 평창군 대관령면 씨감자 주산단지에서 수미감자 전업재배농가 각각 2개소를 지정하여 기상환경 및 토양 이화학성을 분석하였으며 수미 보급종 채종 농가의 수량성을 토대로 최근 기후자료를 분석하기 위해 기상청 기상자료를 활용하여 과거 기후와 현재 기후에 관한 분석을 하였다. 기상청 자료에서 2016년부터 2019년까지 수집된 기상요소는 연도 및 지역별 일평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량, 일조시간 등 이었으며 강수량은 0.1mm이상의 강수량의 누적값을 이용하였다. 평균온도, 최저기온, 최고기온을 수집하여 적산온도 0℃ 이상의 온도를 누적하였으며 일 평균온도와 최고기온, 최저기온의 평균을 내었다. 기후자료를 이용한 분석은 지역의 위치정보를 이용한 일평균기온을 계산하여 수량과 기온과의 상관관계(SPSS)를 분석하였다. 기상데이터와 수미감자의 수량 성적간의 상관계수는 회귀분석을 하였다.

(시험 2) 이상기온 피해 감자 생육특성 및 수량조사

본 연구는 2019년도에 시험1과 같은 지역의 채종포 농가에서 관행농법으로 무말칭의 1열 재배로 채종포 대표 품종인 수미감자를 시험계통으로 하여 주산지에서 출현율, 경장, 생체중 등 지상부 특성조사와 각 시기별로 괴경중, 괴경수, 비중, 생리장해 등 지하부 특성을 조사 및 측정하였다. 주요 조사 항목은 농촌진흥청 시험연구조사기준(2013)과 방법에 준하여 생육 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

(시험 1) 감자 이상기상 지역별 발생 현황 및 실태조사

평창군 대관령면 차항리 지역은 해발 750m의 고랭지 지역의 전형적인 채종농가의 밭이고 강릉시 왕산면 고단리 지역 역시 600m 정도의 준고랭지 채종포이다. 토양성분 중 차항리1은 감자재배를 위한 개간지로서 다른 지점보다 토양 유기물 함량이 4.31g/kg으로 부족하였으며, 차항리 2는 pH 7.09로서 감자재배에 부적합한 알칼리 토양이면서 유효인산, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량이 다른 지역보다 높게 나왔다. 이는 고랭지 일부지역의 밭토양에서 고랭지 채소와 감자의 연작재배에 의해 특정성분이 높은 것은 석회질 비료에 의한 적정 산도 조절과 적정 유기물을 알맞은 시기에 공급되지 않은 것으로 보고(이 등, 2003)된 처럼 채종지 토양환경을 지속적으로 조사 분석하여 효과적인 토양관리가 필요할 것으로 본다.

표 1. 채종포장 토양분석

	지역	토성	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
						(cmol ⁺ /kg)			
고 랭 지	평창군 대관령면 차항리 1	사토	5.03	1.64	4.31	2.92	0.36	1.0	203
	평창군 대관령면 차항리 2	양질사토	7.09	0.87	32.03	6.48	1.08	2.44	1,093
준 고 랭 지	강릉시 왕산면 고단리 1	사양토	4.65	1.28	16.78	2.65	0.52	1.21	703
	강릉시 왕산면 고단리 2	사토	5.51	1.33	13.17	5.42	0.34	1.01	380
권장			5.5~6.2	2이하	20~30	4.5~5.5	0.5~0.6	1.5~2.0	250~350

그림 1은 대관령 지역의 씨감자 재배기간동안 최근 5년간(2015~2019년)의 기상청자료를 월별 비교하여 나타냈다. 각 연도별 월별로 최고기온, 평균기온, 최저기온을 표시하였으며 재배기간(4월~9월) 동안의 평균온도는 15.7°C이고, 최고기온이 가장 높은 달은 18년 7월(25.8°C)이며, 최저기온이 가장 낮은 달은 19년 4월(-0.2°C)로 나타났다.

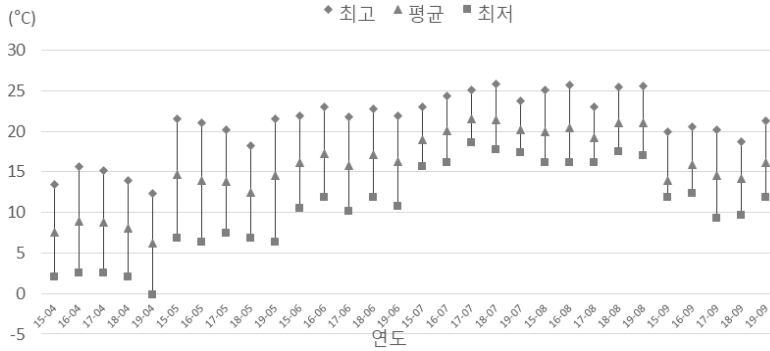


그림 1. 대관령면의 월별 기온분포(최고, 평균, 최저기온)

그림 2는 최근 5년(2015~2019년)의 재배기간 6개월(4월~9월)의 강수량을 나타내었으며 2018년을 제외한 나머지 4개년의 강수량은 673.4~979.4mm이었으며, 2018년은 재배기간 동안의 강수량이 1381.2mm를 나타내었고 특히 감자 수량에 영향을 많이 주는 8월에 집중적인 강수량(542.6mm)이 가장 많았다. 재배기간 중 일조시간은 2019년이 1,342시간으로 가장 낮았고, 2017년이 1,517시간으로 가장 높았다

국내 감자 재배지에서는 파종 후 50일 동안은 기온이 높을수록 지상부 생육이 촉진 되어 괴경 수량이 증가하며, 괴경이 비대기인 수확 전 50일 동안에는 기온의 영향은 적고 상대습도가 높고, 일조시간은 적으며, 강수일수가 많은 경우에 수량이 증가하였다는 보고(Choi et al, 2014)가 있는데 2019년의 기후가 전년도 2018년과 대비되는 기상으로 감자 재배에 유리한 기상환경이었다.

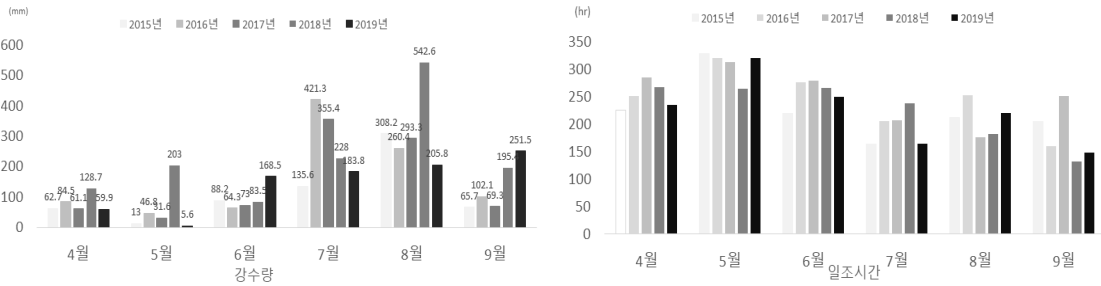


그림 2. 대관령면의 연도별 강수량(mm) 및 일조시간(hr) 분포

〈과거 기후자료 이용 수량특성간 상관분석〉

최근 이상기상('18년)에 의한 강원도 감자 채종포 생산성 저하로 인해 기상과 수량과의 분석을 통해 원인을 찾고자 수행하였다. 2016년부터 2017년까지 대표적인 감자 채종지역인 평창군 대관령면 9지점, 강릉시 왕산면 6지점을 선정하여 해당연도와 지역의 일평균기온을 이용하여 상관분석하였다. 파종일은 4월 중순에서 5월 상순까지였으나 늦게 파종한 지역은 기상조건이 유리할 때 파종하려고 지연된 것이며 수확시기는 대체적으로 9월 상순 정도에 수확을 완료하였다. 지역별 수량을 분석한 결과 총수량은 2,954~5,012kg/10a이었고 규격서(50~270g)는 2,378~3,100kg/10a로 지점별 가장 큰 차

이는 722kg/10a이었다. 규격외서의 수량차이도 240~1,898kg/10a까지 지점별 차이가 매우 컸다. 이는 같이 고령지 지역이어도 경사지, 고도 차이, 토양, 비료 등 여러 요인으로 추정된다(표 2)

표 2. 2016년~2017년 지역별 보급종 채종농가의 수량성

조사지역	파종일 (월.일)	수확일 (월.일)	총수량 (kg/10a)	규격서 (kg/10a)	규격외서 (kg/10a)	해발고도 (m)
15	4.24~5.10	9.4~9.10	2,954~5,012	2,378~3,100	240~2,138	653~823

* 규격서: 50~270g

표 3의 회귀분석은 2016년과 2017년 수미 보급종 생산량과 기상청 기후자료와 지역의 위치정보를 이용한 일평균기온을 이용하여 수량과 기온과의 상관관계를 분석하였다.

표 3. 감자 수량과 일평균온도간 상관분석

구 분	No	Year	총수량	규격서	50g미만	270g초과	더댕이병
일수	-0.53907241	-0.73886	0.021263	0.082537	-0.70243**	0.627284*	0.30903
평균 온도	0.81443862	0.990461	-0.49893	-0.41193	0.483593	-0.86254**	-0.43256
0	0.791720116	0.908098	-0.70024**	-0.52791*	0.207552	-0.80569**	-0.40694
1	0.798225328	0.919511	-0.69106**	-0.52317*	0.227647	-0.81489**	-0.41134
2	0.803865686	0.929815	-0.68156**	-0.51812*	0.246974	-0.82313**	-0.41525
3	0.808694165	0.939067	-0.6718**	-0.51281	0.265526	-0.83047**	-0.41872
4	0.812672249	0.947329	-0.66176**	-0.50743	0.283146	-0.83694**	-0.42133
5	0.815884829	0.954391	-0.6519**	-0.50238	0.299469	-0.84234**	-0.4234

*, **: 각각 0.05, 0.01 유의수준에서 유의함

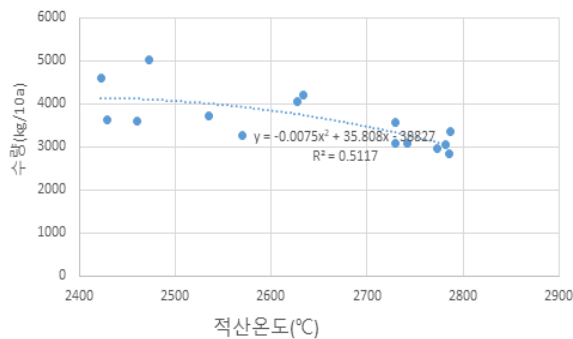


그림 3. 감자수량과 적산온도간 관계

그 결과 그림 3과같이 최근 2년(2016~2017)의 최고수량은 적산온도가 2,400~2,500°C 범위였다. 다만, 조사된 지점의 적산온도 2,400°C이하 자료가 없어 알 수 없었으나, 총수량과 규격서는 0°C 이상 적산온도에서 상관계수가 높았다.

재배일수가 짧을수록 소서(50g 미만)가 많았고, 재배일수가 길수록 대서(270g 초과)가 많았다.

(시험 2) 이상기온 피해 감자 생육특성 및 수량 조사

〈시험지 미기상: 지상온도 및 지중온도〉

(1) 지상온도

재배기간 중 고랭지 지역인 차항리 1의 지상 평균온도는 17.9℃였으며, 최고 평균온도는 22.8℃, 최저 평균온도는 13.4℃였다. 차항리 2지역의 지상 평균온도는 18.3℃였으며, 최고 평균온도는 24.1℃, 최저 평균온도는 13.3℃였다. 지상부 최저온도의 차이는 크지 않았으나 평균온도와 최고온도는 근소한 차이가 있었다. 또한 고단리 1지역의 지상 평균온도는 18.4℃였으며, 최고 평균온도는 24.5℃, 최저 평균온도는 12.9℃였다. 고단리 2지역의 지상 평균온도는 18.3℃였으며, 최고 평균온도는 24.1℃, 최저 평균온도는 13.3℃였다. 인근지역인 고단리 두 지점은 지상평균온도와 최고 평균온도의 기온차이는 ±0.1로 서로 유사했지만 최저 평균온도가 0.4℃로 차이가 다소 났다.

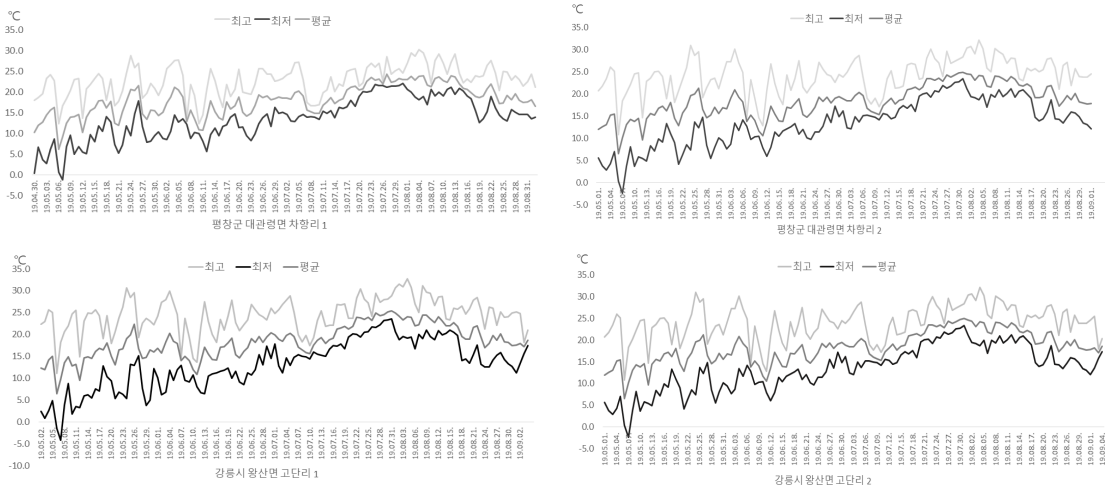


그림 4. 재배기간 중 지상 평균, 최고, 최저온도

(2) 지중온도

재배기간 중 차항리 1지역의 지중평균온도는 18.9℃였으며, 최고 평균온도는 21.2℃, 최저 평균온도는 16.8℃였다. 차항리 2지역의 지중 평균온도는 21.0℃였으며, 최고 평균온도는 26.8℃, 최저 평균온도는 16.8℃였다. 고단리 1지역의 지중평균온도는 20.3℃였으며, 최고 평균온도는 23.5℃, 최저 평균온도는 17.4℃였으며 고단리 2지역의 지중 평균온도는 21.0℃였으며, 최고 평균온도는 26.8℃, 최저 평균온도는 16.8℃였다. 지상인근지역인 차항리 두 지점의 온도차이는 그림 4처럼 지상이나 지중 최저온도는 거의 비슷하거나 같았다. 다만 대상기간 동안 측정된 지중 온도의 일변화에서 지중의 최고온도나 평균온도가 차이가 많이 나는 것은 씨감자 채종포장의 지형에 따라서 같은 고도와 사면에 따라 지중온도의 차이가 나이가 나타나는 것으로 보인다. 따라서 씨감자 생산량에 있어서 재배지역의 태양각도에 따른 사면방향이 생산성에 연관있는 것으로 보인다는 보고와 유사하다(이 등, 2013). 온도는 감자 식물체의 광합성에 직접적인 영향을 주며 15~20℃가 괴경 형성 및 생육 최적온도라고

알려져 있다(Bodlaender, 1963). 씨감자 채종포 온도 변화는 지구 온난화 등에 의한 기온 상승을 요인으로 보면 씨감자 재배적정온도 18℃와 임계최저온도 5℃, 임계최고온도 28℃의 범위로 본다면 이상기상에 의한 최고온도의 상승으로 씨감자재배 적지의 변동이 있을 거라고 판단된다.

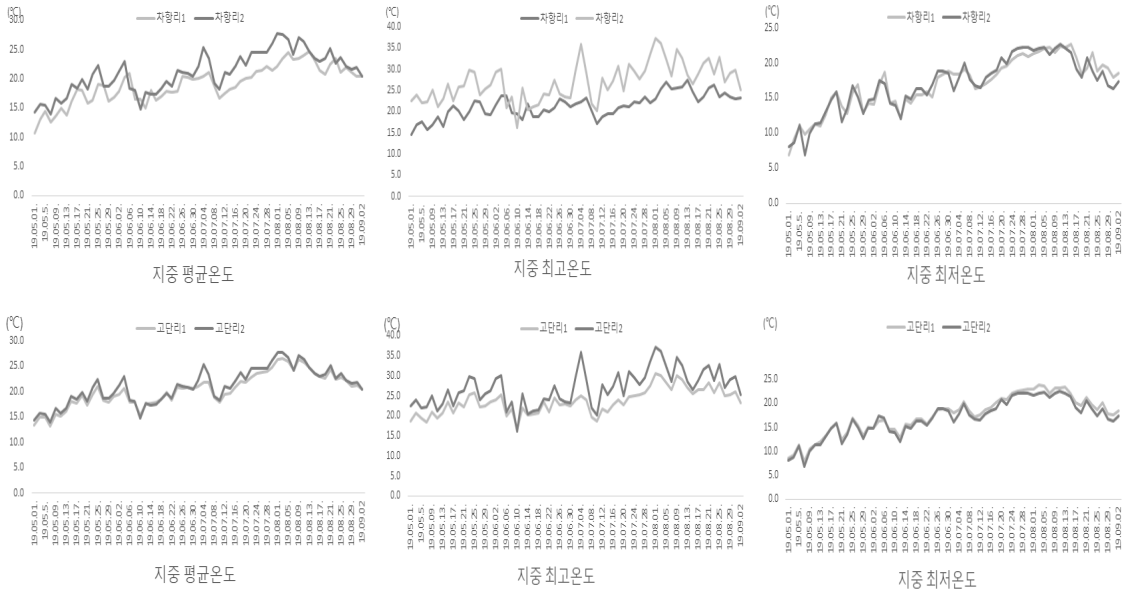


그림 5. 재배기간 중 지중 평균, 최고, 최저온도

〈평창군 대관령면 차항리〉

씨감자 채종지로서 적합한 고도의 750m이상의 두 지역을 선정하여 채종포 관행농법인 무피복으로 재식거리를 두둑간 사이를 74cm, 포기사이를 30cm로 하여 4월 22일과 23일 파종하였다. 파종 후 110일 전후로 하여 8월 12일 지상부 고사를 위하여 경엽건조제 처리를 하였으며 감자 재배기간은 파종 후 120일 정도였다.

출현율과 초장 등 지상부 생육특성은 파종 후 70일까지 지점별 뚜렷한 차이가 없었으며 생체중은 차항리 2 지역에서 33g 정도 높게 나왔다. 그림 6은 시기별 지상부 생육상태이며 숙기가 조생종인 수미감자는 90일 정도에 이미 지상부가 도복되었고, 경엽건조제 처리를 한 이후인 110일 이후에는 거의 고사되었다.

표 4. 경종개요

구 분	재배방법	파종일 (월·일)	경엽건조제 (월·일)	수확종료일 (월·일)
차항리 1	무피복, 1열 휴간 74cm	4,23	8,12	8,21
차항리 2	주간 30cm	4,22	8,12	8,20

표 5. 지상부 생육조사(70일)

구 분	출현율(%)	초장(cm)	경장(cm)	생체중(g)
차항리 1	98	52	36	312
차항리 2	98	50	34	345



그림 6. 지상부 시기별 상황

경수는 1.4~2.7개로 초기생육에서는 차항리 1지역에서 적었으나 90일부터 120일까지는 2.0개 이상이었으며 생육시기별 큰 차이는 없었다. 파종 후 70일까지는 차항리 1, 2 모두 규격서중의 차이가 없었으며, 90일 이후부터 차항리 2지역이 더 높게 나왔으며 차항리 1은 파종 후 110일 수확시 규격서중 3,012kg/10a로 가장 높았으며 차항리 2는 120일 수확시에 3,281kg/10a로 가장 높은 수량이 나왔으나 개간지였던 차항리 1에 비해 수량성이 높았다.



7. 지하부 시기별 상황

표 6. 수확시기에 따른 수량

구 분		경수 (개)	괴경수 (개/주)	총서중 (kg/10a)	상서중 (kg/10a)	규격서중 (kg/10a)
차항리 1	70일	1.4	8.6	1,402	477	435
	90일	2.5	9.3	2,428	1,408	1,335
	100일	2.1	7.6	3,358	2,619	2,519
	110일	2.3	7.6	4,015	3,413	3,012
	120일	2.5	8.4	3,857	3,124	2,893
차항리 2	70일	2.0	11.0	1,434	516	445
	90일	1.9	8.3	2,486	1,666	1,591
	100일	2.7	10.4	4,003	2,922	2,802
	110일	2.2	8.1	4,248	3,526	3,186
	120일	2.1	7.6	4,051	3,646	3,281

* 상서중: 50g 이상, 규격서중: 50~270g

일평균기온과 주당 수량 분포를 보면 차항리 1과 2 모두 적산온도가 높아질수록 규격서의 비율이 높아지는 경향이었으며 품질(비중)은 큰 차이가 없었다. 다만 주당서수분포는 파종 후 100일 수확부터 규격서 비율이 70%이상을 차지하였으며 규격서중 수량확보를 위해서는 최소 100일 이후부터 수확이 유리하며 차항리 1지역은 110일, 차항리 2지역은 120일 수확시 가장 규격서중이 높았다. 감자는 보통 12~21℃의 기온에서 생육이 양호한 저온성 작물이나 각 생육단계별 최적의 요구온도가 다르며 (Borah, 1959), 맹아의 출현은 26.7~29.4℃, 출현 후 생육은 21~24℃(Yamaguchi et al., 1964), 괴경의 비대기에는 지온 22℃가 적정하다고 알려졌다(Epstein, 1966). 또한 저온단일 조건에서 증수되는데 일장은 12시간 정도(Wheeler and Tibbitts, 1986), 일사량은 많을수록 괴경비대가 촉진된다(Haverkort and Harris, 1986)는 감자 생육단계별 최적온도에 관한 연구가 선행되었지만 감자는 동일한 품종일지라도 재배지역에 따른 생육이나 품질이 매우 다르게 나타나는, 즉 기상요인에 아주 민감한 작물로 알려져 있다(Agblor et al., 2002)는 보고처럼 같은 지역에서도 차이가 났다.

표 7. 수확시기에 따른 적산온도 및 주당 서수 분포

구 분	적산온도(℃)	비 중	주당 서수 분포 (%)			
			~49g	50~270g(규격서)	271g~	
차항리 1	70일	1075.7	-	66	31	3
	90일	1474.9	1.058	42	55	3
	100일	1737.6	1.056	22	75	3
	110일	1947.8	1.061	15	75	10
	120일	2140.2	1.057	19	75	6
차항리 2	70일	1075.0	-	64	31	5
	90일	1450.7	1.057	33	64	3
	100일	1688.9	1.056	27	70	3
	110일	1900.1	1.057	17	75	8
	120일	2115.3	1.061	10	81	9

표 8. 수확시기별 괴경 생리장해

구 분	바이러스 발생률(%)	괴경생리장해(%)					
		기 형	열개서	더덩이병	이차생장	부패서	
차항리 1	90일	0	1.0	0.7	0.0	0.0	0.0
	100일	0	2.7	0.3	0.7	0.3	0.3
	110일	0	6.0	2.0	0.7	5.0	5.0
	120일	0	2.7	5.7	0.7	5.7	5.7
차항리 2	90일	0.01	1.3	0.7	0.3	0.7	0.0
	100일	0	10.0	0.7	0.3	2.3	0.3
	110일	0	6.3	1.3	0.7	6.7	5.0
	120일	0	3.0	5.3	1.0	7.0	5.3

감자 더듬이병은 흔히 알고 있는 토양 pH 조절로 효과적으로 방제하지만 다른 토양보다 pH가 높은 차항리 2에서는 적정 토양산도 지역이었던 차항리 1과 비교하면 발병율의 차이가 없었으며 이는 낮은 pH에서도 생존 가능한 병원균이 발견되는 보고(Lambert 등 1989)처럼 토양 pH외에 다른 요인이 증가 또는 경감 작용을 하는 것으로 판단된다. 재배지 바이러스 발생율은 차항리 1지역은 무발생이고 차항리 2지역은 90일에 0.01% 발생하였지만 검사규격 허용기준 이내(4%)였다. 괴경의 생리장해는 수확시기가 길수록 열개서와 이차생장, 부패서가 많이 발생되었다.

〈강릉시 왕산면 고단리〉

씨감자 채종지로서 적합한 고도의 600m 두 지역을 선정하여 채종포 관행농법인 무피복으로 재식 거리를 두둑간 사이를 74cm, 포기사이는 30cm로 하여 4월 23일과 25일 파종하였다. 파종 후 110일 전후로 하여 8월 11일 지상부 고사를 위하여 경엽건조제 처리를 하였으며 감자 재배기간은 파종 후 120일 정도였다.

표 9. 경종개요

구 분	재배방법	파종일 (월·일)	경엽건조제 처리 (월·일)	수확종료일 (월·일)
고단리 1	무멀칭, 1열 휴간 74cm	4.23	8.11	8.21
고단리 2	주간 30cm	4.25	8.11	8.23

지상부 생육특성은 고단리 1지역에서 출현율이 다소 높았고 70일까지 초장은 차이가 없었으나 생체중이 고단리 2 지역보다 156g 정도 높게 나왔으며 표 11의 70일 수량에서도 고단리 1지역의 총서중이 1,508kg/10a로 고단리 1지역보다 높게 나왔으며 후기 생육까지 이어졌다. 규격서중은 최고 수량은 고단리 1은 100일, 고단리 2는 110일 이었다. 같은 지역내 차이는 재배지 지형 및 토질 등 여러 요인으로 판단되었다.

표 10. 지상부 생육조사(70일)

구 분	출현율(%)	초장(cm)	경 장(cm)	생체중(g)
고단리 1	96	50	36	367
고단리 2	98	51	39	211

경수는 1.8~2.7개로 두 지역간 생육시기에 따른 생육시기별 큰 차이는 없었다. 파종 후 70일 수확시 고단리 1 지역이 규격서중이 694kg/10a로 고단리 2지역(408kg/10a)에 비해 높았으며 100일 수확시 규격서중 2,837kg/10a로 가장 높았으며 고단리 2는 110일 수확시에 2,518kg/10a로 가장 높은 수량이 나왔다. 고단리 같은 지역내 차이는 재배지 지형 및 토질 등 여러 요인으로 있지만 감자 고온기에

흔히 발생확률이 높은 이차생장이나 부패서가 수확시기가 길어질수록 열개서와 이차생장, 부패서가 많이 발생되었던 것으로 판단된다. 표 15에서처럼 바이러스 발생율은 고단리 1지역에서 100일까지 바이러스 감염증상이 보였지만 그 이후 시기에서는 고단리 1, 2 모두 불검출되었고 검사규격 허용 기준이내(4%) 였다.

표 11. 수확시기에 따른 수량

구 분	경수 (개)	괴경수 (개/주)	총서중 (kg/10a)	상서중 (kg/10a)	규격서중 (kg/10a)	
고단리 1	70일	2.4	8.4	1,508	739	694
	90일	1.8	6.1	2,592	2,100	2,022
	100일	2.0	6.9	3,684	3,242	2,837
	110일	2.1	6.6	3,029	2,605	2,393
	120일	2.2	7.3	3,175	2,794	2,477
고단리 2	70일	2.0	4.7	1,359	408	367
	90일	1.9	9.3	2,562	1,717	1,640
	100일	2.7	9.7	3,202	2,081	1,985
	110일	2.2	8.4	3,449	2,656	2,518
	120일	2.1	7.9	3,144	2,389	2,264

* 상서중: 50g 이상, 규격서중: 50~270g

표 12. 수확시기별 괴경 생리장해

구 분	바이러스 발생율(%)	괴경생리장해(%)					
		기형	열개서	더뎡이병	이차생장	부패서	
고단리 1	90일	0.01	1.3	0.7	0.7	2.0	0.0
	100일	0.01	2.3	1.0	1.0	1.3	0.3
	110일	0	3.3	1.7	1.0	6.0	4.0
	120일	0	7.3	1.7	1.7	6.3	6.0
고단리 2	90일	0.01	1.3	0.7	0.7	1.3	0.0
	100일	0	3.0	1.0	1.0	1.3	0.3
	110일	0	7.3	1.7	1.0	6.7	3.7
	120일	0	3.3	5.3	1.0	8.7	4.3

일평균기온과 주당 수량 분포를 보면 고단리 1은 파종 후 90일부터 규격서 비율이 78%로 가장 높았으나 총서중의 분포를 보면 상서중 기준시 100일이 가장 높았으며 수량 확보를 위해서는 최소 100일 이후부터 수확이 유리하며 고단리 2는 파종 후 110일부터 규격서의 비율이 73%이며 상서중 포함시에도 가장 수량성이 높았다. 표13과 같이 생육 수확시기에 따른 차이는 있지만 고단리 1과 2 모두 적산온도가 높아질수록 수량성이 높아지는 경향이였으며 품질(비중) 차이는 없었다.

표 13. 수확시기에 따른 적산온도 및 주당 서수 분포

구 분	적산온도 (°C)	비중	주당 서수 분포 (%)			
			~49g	50~270g	271g~	
고단리 1	70일	1045.5	-	51	46	3
	90일	1431.6	1.063	19	78	3
	100일	1675.0	1.066	12	77	11
	110일	1886.9	1.060	14	79	7
	120일	2101.6	1.067	12	78	10
고단리 2	70일	1067.0	-	70	27	3
	90일	1456.2	1.057	33	64	3
	100일	1696.3	1.056	35	62	3
	110일	1905.9	1.057	23	73	4
	120일	2114.3	1.061	24	72	4

위 결과를 토대로 분석결과 2019년 적산온도와 수량과의 상관계수(R2)는 0.847로 높은 상관도를 나타내었으며 회귀분석결과는 그림 8과 같으며 약 2,100°C에서 최고수량이었다.

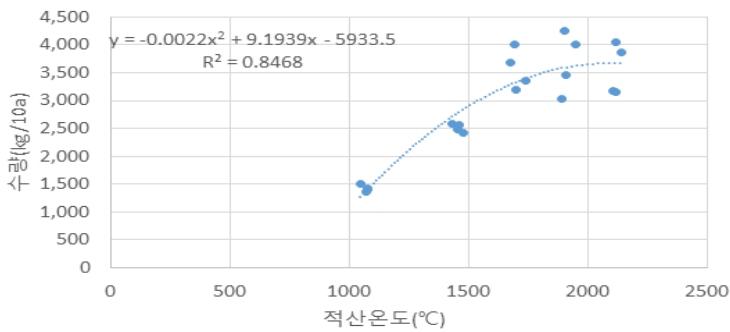


그림 8. 2019년 적산온도와 수량과의 관계

채종포 수량(2016~2017년)과 올해(2019년) 시험자료를 통합하여 회귀분석한 결과 그림 8과 같으며 과거 생산량과 실제 생산량 값의 상관계수(R2)는 0.755로 높은 상관도를 나타내었으며 적산온도가 약 2,200°C에서 수량이 가장 높았다.

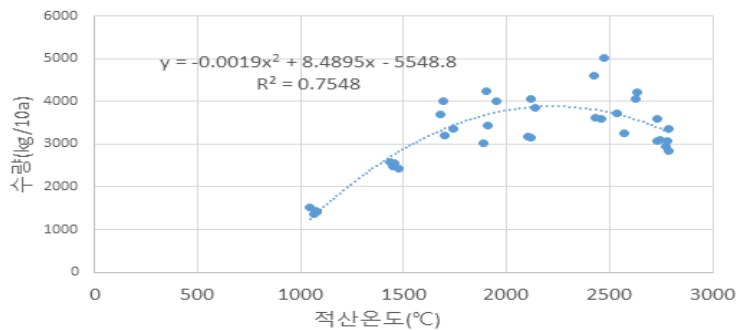


그림 9. 적산온도(2016~2017, 2019)와 수량과의 관계

다만 2018년 수미감자 채종포 생산량 분석결과, 적산온도와 수량과의 회귀분석은 그림 10과 같으며, 이는 적산온도와 생산량과의 관계를 보여주는 그림3, 8과 그림 9의 결과와 다르게 낮은 상관도를 보여주고 있다. 이런 낮은 상관도를 보이는 것은 그림 8과 9를 비교하여 볼 때 일반적인 기후조건에서는 적산온도에 영향을 받으나 2018년도에는 평년과 다른 어떤 환경이 영향을 준 것으로 보인다. 기온변화에 따른 생산량 변화를 파악하기 위해서는 기온변화 외에 다른요인이 생산량 변화를 더 큰 폭으로 나타남을 파악했다. 또한 평년과 2018년도의 재배기간 중 기후자료의 세밀한 분석이 필요한 것으로 판단되며 온도 이외에 다른요인을 구명하기 위해 추후 연구가 수행되어야 할 것으로 여겨진다. 본 연구에서 나타난 바와 같이 여러 가지 기상요소들이 감자의 수량 특성에 영향을 갖는 것으로 나타났다.

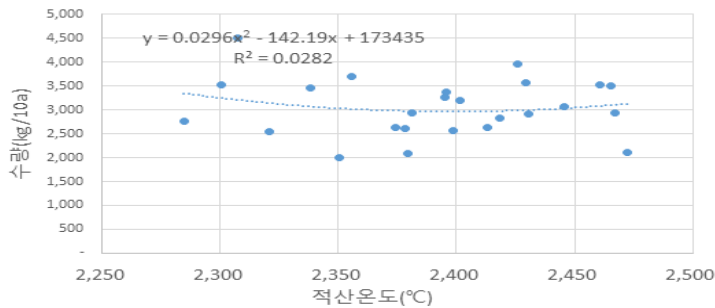


그림 10. 적산온도(2018)와 수량과의 관계

4. 적 요

(시험 1) 감자 이상기상 지역별 발생 현황 및 실태조사

본 연구는 최근 이상 기후 변화가 가속화되면서 기상 요소가 감자수량에 미쳤던 영향을 분석하기 위하여 수행하였다. 강원도 강릉시 왕산면과 평창군 대관령은 수미감자의 대표적인 채종지역으로 전국 보급을 위한 씨감자 주산단지이다. 씨감자 주산단지의 최근 2년간(2016~2017)의 수량은 적산온도 2,400~2500℃ 범위에서 가장 많았다. 총수량과 규격서의 생산량은 0℃ 이상 적산온도와 상관 계수가 높았다. 또한 재배일수가 짧을수록 소서가 많았고, 재배일수가 길수록 대서가 많았다.

(시험 2) 이상기온 피해 감자 생육특성 및 수량 조사

2019년에 수미감자 전업 재배농가를 지역별 각각 2개소를 지정하여 기상환경 및 토양 이화학성을 분석하였다. 최근 기후자료를 분석하기 위해 기상청 기상자료를 활용하였으며 수미 보급종 채종농가의 수량성을 토대로 기후 자료와의 상관관계를 분석하였다.

고랭지 지역인 평창군 대관령면 차항리 1에서는 파종 후 110일, 차항리 2지역은 120일 수확시 수량성이 높았다. 준고랭지 지역인 왕산면 고단리 1은 파종 후 90일에 규격서 비율이 78%로 가장 높았으나 총서중의 분포를 보면 상서중 기준시 100일이 가장 높았다. 또한 인근 고단리 2는 파종 후 110일부터 규격서의 비율이 73%이며 상서중 포함시에도 가장 수량성이 높았다. 이 결과를 토대로

분석결과 2019년 적산온도와 수량 사이의 상관계수(R2)는 0.847로 높은 상관도를 나타내었다. 최고 수량에서의 적산온도는 약 2,100°C이었다. 과거 기후자료와 채종포 수량(2016~2017년)과 올해(2019년) 시험 자료를 통합하여 회귀분석한 결과 평균값의 상관계수(R2)는 0.755로 높은 상관도를 나타내었으며 적산온도 약 2,200°C에서 수량이 가장 높을 것으로 계산되었다. 다만 2018년 수미감자 채종포 생산량 분석결과, 적산온도와 수량과의 회귀분석은 앞의 결과와 달리 낮은 상관도를 보였는데, 2018년도에는 평년과 다른 환경이 영향을 준 것으로 판단되어 온도 이외에 다른 요인도 수량에 영향을 미치는 것으로 생각되었다. 추후 다양한 환경 요인에 따른 연구가 수행되어야 할 것으로 생각되었다.

5. 인용문헌

- 이춘수, 이정태 등 6인, 2003, 고령지 친환경 농업기술 개발 고령지농업시험장 pp 547~563
- 이종범, 김재철 등 7인 2013. 강원도 씨감자 생산지원을 위한 기후정보 개발. pp40. 강원대학교
- Agblor, A. and Scanlon, M. G., 2002, Effect of storage period, cultivar and two growing locations on the processing quality of french fried potatoes, *Amer. J. of Potato Res.* 79: 167-172.
- Ahn JH, Lee JM, Yun JI, Hahm YI, Kim BH, Om YH and Kim JK, 1996b. Modeling of potato growth and yield based on meteorological information I. Theoretical model and the estimation of parameters, *RDA, J. Agri. Sci.* 38(2): 331-344.
- Bodlaender, K. B. A. 1963. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield in the growth of the potato Ed. J. K Ivimns and F. L. Milthorpe, Butterworths, London: 199-210.
- Borah, M. N. 1959. The effect of light intensity, length of day and temperature on growth and tuber formation in the potato. D. Thesis, Univ. of Nottingham.
- Burton W. G., 1966, The potato-A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. 2nd ed. Veenman an Zonen, Wageningen, Holland: 51-81.
- Chloupek, O., Hrstkova, P. and Schweigert, 2003, Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic on comparison to some European countries, *Field Crop Res.*(inpress)
- Choi Sung-Jin, An-Soo Lee, Shin-Jae Jeon, Kyeong-Dae Kim, Myeong-Cheol Seo, Woo-Suk Jung, Jin-Hee Maeng, and In-Jong Kim, 2014, *Korean J. Crop Sci*:89-96
- Epstein, E. M. 1966. Preliminary report on the periods of critical need of potatoes for nitrogen and potassium. *Am. Potato J.* 23: 267-271.
- Haverkort A. J. and P. M. Harris. 1986. Conversion coefficients between intercepted solar radiation and tuber yields of potato crops under tropical highland conditions *Potato. Res.* 29: 529-533.
- KOSIS. 2019. <http://kostat.go.kr/>

- Lambert, D. H., and R. Loria, 1989. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 39(4), 393-396.
- Van Delden, A., Schroder J. J., Kropff, M. J., Grashoff, C. and Booi, R., 2003. Simulated potato yield, and crop and soil nitrogen dynamics under different organic nitrogen management strategies in The Netherlands, *Agri. Eco. & Environ.* 96: 77-95
- Wheeler, R. M. and T. W. Tibbitts, 1986. Utilization of potatoes for life support systems in space. I. Cultivar-photoperiod interactions *Amer. J. of Potato Res.* 63: 315-323.
- Yamaguchi, M., H. Timm and A. R. Spurr, 1964. Effects of soil temperature on growth and nutrition of potato plants and tuberization, composition and periderm structure of tubers. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 84: 412-423.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목			
2019(1년)	논문발표	기후변화에 의한 오륙감자 생산 변화량 조사			
성과지표명	연도	1년차(2019)		계	
		목 표	실 적	목 표	실 적
학술 발표	국제				
	국내	1	1	1	1
현장기술지원		1	1	1	1
홍보		0	1	0	1
계		2	3	2	3

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
					'19
과제책임자	충북도원	농업연구사	권의석	과제 총괄	○
2협동책임자	감자연구소	농업연구사	맹진희	세부주관 수행	○
공동연구자	감자연구소	농업연구사	조수현	계획수립 지원	○
	감자연구소	"	김기성	수량조사 지원	○
	감자연구소	"	최옥	수량조사 지원	○
	감자연구소	"	한규석	수량조사 지원	○
	감자연구소	일반직	김정기	현장조사 지원	○
	감자연구소	일반직	전성찬	현장조사 지원	○
	감자연구소	농업연구관	하건수	평가분석 지원	○
강릉원주대	교수	김병섭	평가분석 지원	○	