

어젠다코드	1 - 1 - 1		구분	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	E02	작목구분코드	EE-02-EE2Z
과제종류	공동연구		세부사업(약어)	기후변화	
과제명	기후변화 대응 강우 및 식생피복 변동에 따른 농경지 토양침식 위험성 평가				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	한경화		농업연구사	국립농업과학원	
연구기간	2017 ~ 2020		참여연구기관	목포대학교, 연세대학교	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
중·북부지역 발토양 침식조사 및 평가			환경농업연구과	최병곤	'17~'20
색인용어	기후변화, 토양침식, 강우, 식생피복				

ABSTRACT

In order to prevent soil erosion of highland agricultural land in Gangwon-do, it is necessary to grow perennial plants. In the Wangsan-myeon area of Gangneung-si, cultivated areas of highland chinese cabbage, highland radish and potatoes occupy more than 80% of the farmland. In the Haean-myeon area of Yanggu-gun, ginseng, a perennial crop, is the most cultivated, accounting for 21% of agricultural land, followed by potato (20%), rice (11%) and leafy vegetables (10%). Wangsan, Nae-myeon and Haean-myeon are carrying out rye planting and building muddy water reducing facilities as muddy water reduction projects. The soil pHs and organic matter contents of the rye cultivation sites were higher than those of the non-cultivation sites, which are indicating that the organic matter contents of the soils were increased by the rye cultivation, which confirmed the possibility of reducing soil erosion. Although various erosion prevention(muddy water reduction projects) have been carried out, such as sand settlements and gabions, some muddy water reduction effects have been achieved, but there are many negative opinions on the return on investment.

In the Chuncheon area, the ground cover time and soil cover time of spring potatoes and spring cabbage were almost the same. The soil cover period was about 60 days from early May to late June. Precipitation in Chuncheon area was 127.9mm from early May to late June in 2019. Soil erosion was reduced by 75 and 79%, respectively. However, during this period, soil loss due to rainfall is difficult because most of the rainfall is absorbed into the soil due to low soil moisture content and low rainfall intensity. The soil cover period of the maize was about 80 days from mid-May to late July. This period overlaps with Korea's rainy season in late June to late July, and corn is considered to be a promising crop to prevent soil erosion in Korea during the rainy season. In addition, since corn is kept blue even after harvesting, it is expected to play a role in preventing soil

erosion during typhoons and heavy rains in August and September, if left uncut. Soil cover period of the soybean was the longest among the test crops, about 120 days from early June to late September. Since soybeans grow slowly at the beginning of the rainy season, it was difficult to prevent soil erosion at the beginning of the rainy season at the beginning of the rainy season. It was effective in preventing soil erosion caused by typhoons and heavy rain. Soil erosion during the growing period of corn and empty lot were 0.11 tons/ha and 5.46 tons/ha, respectively. Soil erosion during soybean growth and empty lot were 2.6 ton/ha and 16.96 ton/ ha for bare soil.

1. 연구목표

우리나라 국토의 약 65%가 산악지형으로 구성되어 있고 계절별, 연도별, 지역별 강수량의 편차가 약 19%에 달하는 등 농경지 토양침식의 위험성이 매우 크기 때문에 우심지역에 대한 영농적, 정책적 실행이 필요하다. 또한, 기후변화로 인한 강우의 편차는 급격히 증가하고 있으며, 이로 인한 가뭄과 홍수와 같은 자연재해, 비점오염 증가, 농작물 생산량의 감소 등 사회·경제적 손실이 증가하고 있어, 우리나라의 농업분야의 지속가능한 발전을 위하여 기후변화 실태 및 영향, 농업환경 취약성 평가가 시급히 요구된다. 이에 따라 우리나라 강우강도와 패턴, 다양한 식생피복에 따른 정량적인 토양침식 위험성 평가를 통해 기후변화에 따른 변동에 적극적으로 대응하고자 본 연구를 실시하게 되었다.

미국 농무성(USDA)에서 발표한 범용토양유실에측공식(USLE)은 축적된 다수의 경험인자들을 바탕으로 연간 토양 유실량을 산정하기 위해 전 세계적으로 가장 광범위하게 사용되고 있으며, 국내에서도 USLE를 이용하여 연간 토양유실량의 산정을 위하여 390개 토양통(series)에 포함된 1,321개 토양상(soil phase)을 바탕으로 토양 침식인자(K factor)를 산정하였고, 강우침식인자(R factor)의 경우에는 159개소에서 측정하여 평균 4,210 MJ mm/ha/y/h의 값을 적용하였다. 하지만 적용한 데이터가 1973~1996년에 측정된 값으로 현재 기후변화에 대한 변동성이 고려되기에는 어려움이 있다(정 등, 2004). 강우침식인자(R factor)의 경우 기상청 산하 전국 60개 지점에서 30년 동안(1981~2010년)의 60분 단위 강수량 자료를 이용하여 산출된 바 있다. 우리나라 평균 강우침식인자는 4,147 MJ mm/ha/y/h로, 경기 북서지역과 서울지역에서 높은 강우침식인자 값을 보였으며, 계절별로는 강우가 집중되어 있는 여름철 강우침식인자의 비율이 1981~1990년 69.8%, 1991~2000년 73.7%, 2001~2010년 74.2%로 조사되었다. 이는 기후변화에 따라 우리나라의 강우패턴이 변화하고 있다는 것을 나타내며, 향후에 여름철 집중강우에 의한 농경지 토양침식이 심화될 것으로 사료된다(박 등, 2011).

범용토양유실에측공식에서 피복인자는 토양의 피복도와 관리 정도를 나타내는 중요한 지표로 0~1 사이의 값을 나타내며, 농업적 관리에 의한 토양의 침식정도를 비교할 때 유용하게 사용되어진다. 피복인자는 흔히 넓은 지역의 위성사진을 이용하여 식생지수(Normalized Difference Vegetation Index; NDVI)를 계산하여 정량적으로 산출하지만, 그 정확도가 많이 낮다. 국내에서는 너비 2 m, 경사장 5 m, 깊이 1 m, 경사도 15%인 식양토, 양토, 사양토 시험포에서 단일 고추품종(*Capsicum*

annuum L. cv. Daechon)을 정식 후 NDVI와 영상분석수치의 상관분석을 통해 피복율과 초장 값으로 피복인자의 산정인자 중 하나인 수관피복인자(canopy cover subfactor, CC)를 비교한바 있다(조 등, 2010). 우리나라와 같이 지역별, 계절별 농작물과 경운방법에 제한이 있는 상황에서는 소규모 포장에서 측정된 수치와 NDVI값의 비교·보정을 통해 지역의 특이성을 고려한 농업환경에 맞는 정확한 피복인자를 도출하는 것이 가능할 것으로 판단되며, 이는 기후변화에 따라 급변하는 지역별 강우침식인자와 더불어 종합적인 토양침식 위험성 예측이 가능할 것으로 여겨진다.

최근 국외연구에서는 원격탐지센서를 이용하여 NDVI 값을 산정하고 이 지수를 세 가지 모델에 적용하여 계산된 피복인자와 실제 농작물이 경작되고 있는 포장에서 측정된 피복인자 간의 비교를 진행하고 있다. NDVI 값을 적용하여 예측한 피복인자를 범용토양유실예측공식에 대입하여 토양유실 예측 값을 산정하고 실제로 측정된 토양유실 측정값과 비교·분석하여 모델의 정확도를 평가하고 있다(Anache et al., 2014).

말레이시아 Sarawak에서는 상이한 범용토양유실예측공식의 C와 P factor값이 다른 지역을 선정하고 완충지 계산기(Buffer Zone Calculator)를 사용하여 강어귀의 총고상부유물(total suspended solid; TSS)을 측정하였다. 총고상부유물은 작물별로 유의한 차이를 보였으며, 경작법으로는 계단식(terracing), 등고선 대장 재배(contour-strip cropping), 등고선(contouring) 순으로 감소하였다. 아무런 보전경운 방법을 도입하지 않은 경우 가장 많은 총 고상부유물이 발생하였다. 이는 작물에 따른 C factor와 경운방법에 따른 P factor에 따라 토양침식의 위험성이 상이하며, 이는 기후변화에 따른 강우패턴과 양에 따라 그 변동성은 크다고 판단된다(Kuok et al., 2013).

토양은 인간에게 다양한 공익적 혜택을 제공할 뿐만 아니라 사회·문화·경제에 매우 큰 기여를 하고 있다. 하지만 우리나라의 토양침식은 기후변화에 의해 급속히 가속화될 것으로 판단되며, 이로 인해 발생하는 비점오염의 증가와 가용농경지의 손실은 국민경제에 막대한 피해를 끼칠 것이다. 토양침식은 불가피한 자연현상으로 현재의 기술로 위험성을 감소시키는 것이 최선이다. 특히 몬순기후대에 속해 있는 우리나라에서는 수식에 의한 토양침식 위험성을 평가하고 국내 실정에 적합한 최적관리방안의 모색이 시급하다.

토양침식 위험성의 적절한 판단과 대응을 위해서는 지속적이고 짧은 주기의 모니터링, 최신 관련 인자(강우, 피복, 관리 등)의 데이터베이스, 원격탐사, 경험적 데이터 모델링 등을 이용하여 다양하고 종합적인 평가기법의 도입이 필요하다. 토양침식은 우리나라 비점오염원 중 가장 큰 비중을 차지하며, 몬순기후대에 속해 있는 우리나라의 경우 7~8월 집중강우기에 절반이상의 토양유실과 흙탕물이 발생하고 있다. 특히 최근 기후변화로 인해 토양침식에 대한 우려 및 농작물의 피해가 증가하고 있어 관련연구를 통한 국내 토양 및 농업환경에 적합한 제도적 관리방안의 마련이 시급하다.

2. 재료 및 방법

(시험 1) 토양침식 우심지역 경종실태 분석

토양침식 우심지역 경종실태 분석은 2017~2019년 3년에 걸쳐, 강원도의 대표적인 토양침식 우심지역인 강릉시 왕산면, 홍천군 내면, 양구군 해안면을 대상으로 실시하였다. 강릉시 왕산면지역에서는 휴경기간의 풋거름작물 재배, 비재배지의 토양 화학성변화를 조사하였고, 홍천군 내면, 양구군 해안면

지역에서는 토양침식 우심지역의 작부체계 및 침식방지 우수사례로 휴경기간중의 초생작물, 대체작물의 재배의 사례를 발굴하였다.

(시험 2) 중·북부 지역 주요작목 C-factor 산정 및 토양 침식량 평가

식생피복에 따른 유거수와 토양침식량을 측정하여 토양침식량 조사는 2017~2019년에 춘천시 유포리에서 시험포장(라이시미터)에서 실시하였다. 라이시미터는 2.8m(폭)×9.5m(길이)로 경사도는 13%이다. 피복작물로는 2017년도에는 감자(수미 품종)를 4월 10일에 재식거리 70cm×25cm 로, 콩은 5월 23일에 재식거리 50cm×20cm로 정식 및 파종하였다. 2018년도에는 감자(수미 품종)를 4월 4일에 재식거리 70cm×25cm로, 옥수수(미백 품종)를 4월 11일 70cm×30cm 로, 배추는 4월 26일 70cm×25cm로, 콩은 5월 20일 70cm×20cm로 파종 및 정식하였다. 2019년도에는 감자(수미 품종)를 4월 4일에 재식거리 70cm×25cm로, 옥수수(미백 품종)를 4월 11일 70cm×30cm로, 배추는 4월 26일 70cm×25cm로, 콩은 5월 20일 70cm×20cm로 파종 및 정식하였다. 조사내용은 토양피복률의 변화, 강우량, 강우세기, 토양침식량, 유거수량, 토양이화학적, 작물별 생육 및 수량이다.

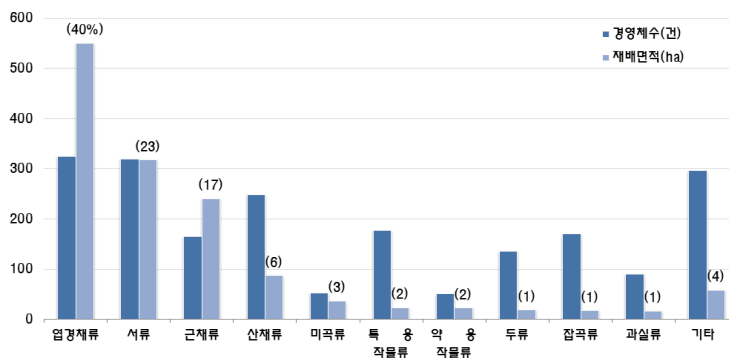
3. 결과 및 고찰

(시험 1) 토양침식 우심지역 경종실태 분석

가. 강릉시 왕산면 지역의 경종실태 분석

(1) 주요 재배 작목류별 경영체수와 재배면적

강릉시 왕산 지역의 2018년도 주요 재배 작목류별 경영체수 및 재배면적을 농업경영체 등록정보 조회서비스(<http://uni.agrix.go.kr/docs7/biOlap/dashBoard.do>)를 통해 분석하였다. 왕산지역은 엽경채류, 서류, 근채류 등 3작목류가 재배면적의 80%를 차지하고 있으며, 특히 고랭지배추가 포함된 엽경채류가 재배면적의 40%를 차지하여 작목이 편중되어 재배되고 있다. 경영체당 재배면적이 넓은 작목류는 엽경채류와 근채류로 조사되어었다(그림 1).



* () : 강릉 왕산 재배면적(1,389.0ha) 중 해당 품목의 재배면적(ha) 비율

그림 1. 강릉 왕산 지역 주요 재배작목 및 재배면적

그림 2는 강릉 왕산지역의 2015~2018년간의 작목별 재배면적의 변화추이를 나타낸 것이다. 왕산 지역의 주요 재배작목은 고랭지배추, 감자, 고랭지 무 등으로 주로 1년생 작물 위주로 재배되고 있어 강우에 의한 토양침식에 취약한 것으로 나타났으며, 토양보전에 유리한 다년생 작목의 재배는 두릅으로 조사되었다. 재배면적이 증가하고 있는 작목은 고랭지 배추, 양배추, 당근 등으로 조사되어 다년생작물로 작목이 전환될 필요성이 높았다.

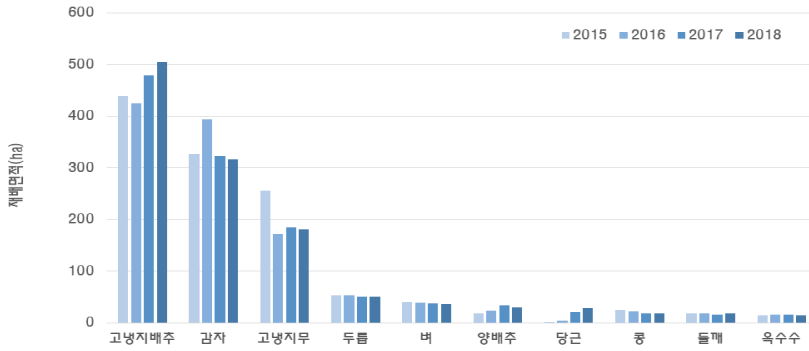


그림 2. 강릉 왕산 지역의 주요 재배작목 연도별(2015~2018) 재배면적의 변화

(2) 토양 보호작물 재배지 실태 조사(호밀 재배·비재배지 각 5농가 조사)

강릉 왕산 지역의 주요 재배작물은 배추와 감자로서 감자 종서 생산 시에는 배추와 감자를 교차로 재배하고 있으며, 감자는 4월, 배추는 6월에 정식하고 이들 작물의 재배지의 경사도는 5~15% 로 조사되었다. 강릉시에서는 송현리 등 왕산면 8개리 500여 ha를 대상으로 흙탕물 발생을 저감시키기 위한 목적으로 호밀식재 사업을 실시하고 있다(표 1).

표 1. 강릉시 흙탕물(토양침식) 저감 호밀식재 지원사업

년도	사업내역	사업량	지원면적 (ha)	참여농가수 (농가)	대상지
2017	호밀식재 종자 지원	156백만원(호밀종자 4,308포)	546	152	왕산면 8개리
2018		173백만원(호밀종자 4,416포)	551	143	(송현, 고단1~3,
2019		203백만원(호밀종자 4,598포)	579	183	대기1~4)



그림 3. 안반덕 호밀재배 광경

농가에서는 호밀을 9월 말에 파종하고 배추 재배 시에는 5월 중, 하순에 호밀을 토양 환원하고 6월 하순에서 7월 초순에 배추를 정식하여 9월 초, 중순에 수확한다. 감자 재배 시에는 호밀을 3월 하순에서 4월 초순 사이에 토양환원하고 4월 중, 하순에 감자를 정식하고 8월 하순에 수확한다(표 2).

표 2. 강릉 왕산 호밀 재배농가의 배추, 감자 재배 작형

구분	호밀파종기	호밀 환원기	작물 파종·정식기	작물수확기
배추	9월 하	5월 중 ~ 하	6월 하 ~ 7월 초	9월 초 ~ 9월 중
감자	9월 하	3월 하 ~ 4월 초	4월 중 ~ 4월 하	8월 하

강릉 왕산에서 배추와 감자를 재배하는 농가의 경종실태를 조사하였다. 조사농가 포장의 경사도의 분포는 2~19% 이고 10%이상인 농가는 4농가 였다. 당년에 객토를 실시한 농가는 2농가로 객토 주기는 4~4년으로 조사되었으며, 작물의 재배는 등고선 재배하는 것으로 조사되었다(표 3).

표 3. 강릉 왕산 배추, 감자 재배농가의 경종실태 조사

농가명	재배작물	정식 (파종기)	경사도	당년 객토여부	객토 주기(년)	객토량 (톤/10a)	재배 방식
김00	호밀→배추	6월 하	18	-	-	-	등고선
이00	호밀→배추	6월 하	19	-	-	-	"
조00	호밀→배추	7월 상	7	-	-	-	"
박00	호밀→배추	7월 상	9	-	-	-	"
권00	호밀→배추	7월 상	7	-	-	-	"
김00	배추	6월 하	18	-	-	-	"
이00	배추	6월 하	19	-	-	-	"
조00	배추	7월 상	7	-	-	-	"
박00	배추	7월 상	9	-	-	-	"
권00	배추	7월 상	7	-	-	-	"
김00	호밀→감자	4월 중	5	-	-	-	"
김00	호밀→감자	4월 중	2	○	4~5	200	"
김00	감자	4월 하	5	-	-	-	"
김00	감자	4월 하	2	○	4~5	200	"

호밀 재배 유무에 따른 배추 재배지(5농가)의 토양화학성의 변화를 살펴보았다. 2017년도에는 호밀 환원 배추 재배지의 pH는 배추 단작 포장의 pH 보다 높은 경향이였으며, 유기물 함량, EC, 인산 및 질산태 질소의 함량이 낮은 결과를 보였다. 2018년도에는 호밀 환원 배추 재배지의 토양 pH와 유기물 함량이 배추 단작 포장보다 유기물함량이 높은 것으로 조사되어 호밀재배에 의해 토양의 유기물의 함량이 증가됨을 알 수 있으며, 이로 인하여 토양의 침식이 줄어들 가능성을 확인할 수 있었다(표 4, 표 5).

표 4. 2017년도 호밀 재배 유·무에 따른 배추재배지 토양 화학성 변화(5농가 평균)

작목	호밀재배 여부	월별	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	NO ₃ -N
			1:5	dS/m	g/kg	cmol ⁺ /kg		mg/kg	mg/kg	
배추	재배	4	6.9	1.0	20.7	7.6	0.8	1.8	587	18.3
		5	7.0	0.9	28.1	7.7	1.1	1.7	654	36.7
		6	6.6	0.8	24.3	6.4	1.2	1.4	557	40.8
		7	6.6	0.9	27.0	6.2	1.0	1.2	564	52.0
		8	6.6	0.7	25.6	6.1	0.9	1.1	595	36.1
		9	6.5	0.6	24.7	5.9	0.7	1.4	539	16.4
	비재배	4	6.4	1.5	21.3	5.9	0.7	1.9	688	6.9
		5	6.2	2.2	28.8	6.4	1.5	1.9	1004	47.8
		6	6.2	2.3	26.9	6.5	1.5	1.9	873	67.4
		7	6.4	1.9	27.0	6.3	1.5	1.8	564	52.0
		8	6.4	1.7	26.7	6.2	1.4	2.1	595	36.1
		9	6.5	2.1	25.4	6.5	1.1	2.2	792	83.1

표 5. 2018년도 호밀 재배 유·무에 따른 배추재배지 토양 화학성 변화(5농가 평균)

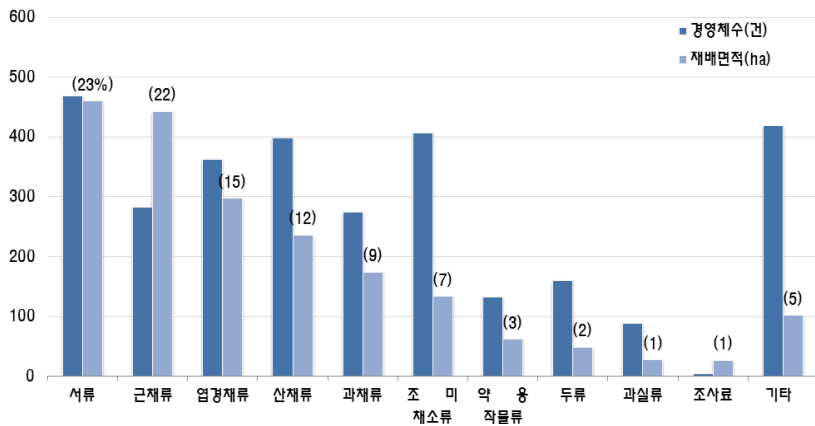
작목	호밀재배 여부	월별	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	
			1:5	dS/m	g/kg	cmol ⁺ /kg		mg/kg		
배추	재배	전년	6.8	0.6	24.7	5.9	1.1	1.4	539	
		4	6.9	0.6	24.1	6.0	1.2	1.9	760	
		5	6.8	0.8	25.6	5.9	1.1	2.4	978	
		6	6.8	0.7	25.7	6.1	1.1	1.9	989	
		7	6.8	0.7	25.8	6.0	1.1	1.9	987	
		8	6.7	0.6	25.7	5.9	1.2	1.9	895	
		비재배	전년	6.4	0.9	23.6	4.9	1.1	2.2	792
			4	6.4	0.6	22.5	4.6	1.1	1.7	701
	5		6.4	0.7	22.6	4.7	1.0	1.9	857	
	6		6.3	0.7	22.4	4.8	1.0	1.9	868	
			7	6.3	0.6	23.1	4.9	0.9	1.8	856
			8	6.3	0.6	22.5	4.9	0.9	1.8	821

나. 홍천군 내면 지역의 경종실태 분석

(1) 주요 재배 작목류별 경영체수와 재배면적

홍천군 내면 지역의 2018년도 주요 재배 작목류별 경영체수 및 재배면적을 농업경영체 등록정보 조회서비스(<http://uni.agrix.go.kr/docs7/biOlap/dashBoard.do>)를 통해 분석하였다. 내면지역은 고랭지 채소인 엽경채류, 서류, 근채류 등 3작목류가 전체 재배면적의 60%를 차지하고 있으며, 다년생 작물인 산채류의 재배면적은 전체 재배면적의 12%를 차지하고 있어, 강릉 왕산에 비하면 작목이

다양화 되어 있으며 다년생 작목의 재배비중도 높았다. 경영체당 재배면적이 넓은 작목류는 근채류와 서류로 조사되었다(그림 4).



* (): 홍천 내면 재배면적(2,010.9ha) 중 해당 품목의 재배면적(ha) 비율

그림 4. 홍천 내면지역의 주요 작목류별 경영체수 및 재배면적

그림 5는 2015년~2018년 4년간의 작목별 재배면적의 변화를 나타낸 것이다. 내면 지역의 주요 재배작목은 감자, 고랭지무, 더덕, 오이, 고랭지배추, 풋고추, 양배추로 나타났다. 재배면적이 추세적으로 증가하는 작목은 고랭지 무, 고랭지 배추, 상추, 산마늘 등이고, 감소하는 작목은 더덕, 호박 등이었다. 고랭지 배추, 고랭지 무, 감자에 80% 이상 편중되어 재배되고 있는 왕산보다는 덜하지만 내면도 감자, 고랭지 무의 재배면적이 45%를 차지하여 다양한 작목의 도입이 필요하다(그림 5).

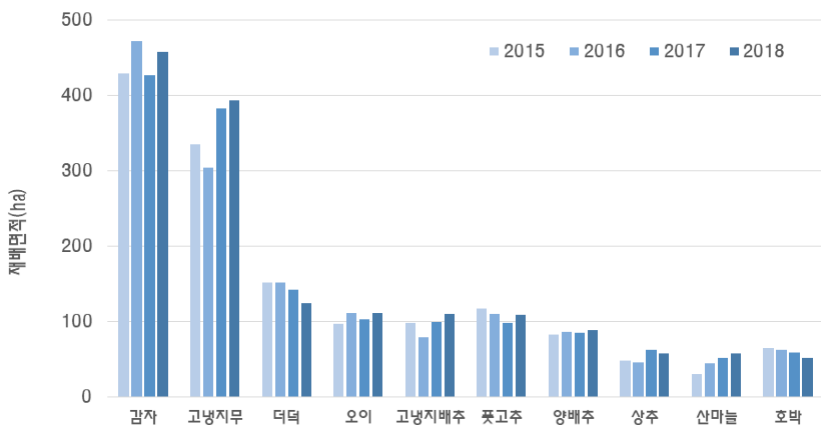


그림 5. 내면지역 주요 재배작목의 연도별(2015~2018) 재배면적의 변화

(2) 흙탕물 저감을 위한 홍천군의 사업

홍천군에서도 내면 고랭지밭 200여 ha를 대상으로 흙탕물 발생 저감을 위한 목적으로 호밀식재 사업을 실시하고 있다(표 6).

표 6. 홍천군 흙탕물(토양침식) 저감 호밀식재 지원사업

년도	사업내역	사업량	지원면적(ha)	참여농가수(농가)	대상지
2017	호밀식재	84백만원(호밀종자 2,056포)	257	152	내면
2019	종자 지원	64백만원(호밀종자 1,430포)	179	-	고랭지밭

또한, 홍천군에서는 침사지, 돌망태(gabion) 등 다양한 침식방지(흙탕물 저감사업)를 실시하여 일부 흙탕물 저감 효과를 거두고 있으나 투자대비 효과에 대해서는 부정적인 의견들이 많은 실정이다. 이는 대분의 투자가 토양침식 발생 후 흙탕물 저감에만 집중된 결과로서, 점차 토양침식의 발생원인인 고랭지 경사 밭에서의 침식방지에 대한 대책에 고심 중이다.



그림 6. 홍천군의 토양침식(흙탕물발생) 저감사업 및 토양침식 방지 노력

(3) 홍천 내면지역 씨감자 생산지 경종실태조사(5농가)

홍천 내면 지역은 씨감자 생산지로서 씨감자 생산을 위해 객토를 2~4년에 1번씩 주기적으로 실시하고 있으며, 1회 객토량은 200톤으로 조사되었다. 또한, 주로 비멸칭 재배를 하고 있어 토양침식 위험성이 높았다. 씨감자의 정식시기는 4월 중, 하순이고, 농가 포장의 경사도의 분포는 2~15%로

강릉 왕산 보다는 완만한 편이었고, 등고선 재배하는 것으로 조사되었다(표 7). 또한, 토양침식, 흙탕물 발생 저감 인식확 대로 밭둑초생 등 자발적 토양침식 방지 노력이 확대되고 있다.

표 7. 홍천군 내면지역의 씨감자 생산지 경종실태 조사

농가명	재배작물	정식 (파종기)	경사도	당년 객토여부	객토 주기(년)	객토량 (톤/10a)	재배 방식
김00	씨감자	4월 중	15	×	2	250	등고선
어00	씨감자	4월 중	5	×	4	200	"
김00	씨감자	4월 중	7	○	3	200	"
박00	씨감자	4월 중	5	○	3	200	"
서00	씨감자	4월 하	2	×	4	150	"

씨감자 생산지의 시기별 토양화학성의 변화를 2017년, 2018년에 걸쳐 분석하였다. 2018년도에는 pH, EC, Ca, NO₃-N 함량 높았고, 2017년도에는 유기물, P₂O₅의 함량이 높아, 2017년도에는 퇴비를, 2018년도에는 화학비료를 주로 사용한 것으로 나타났다(표 8).

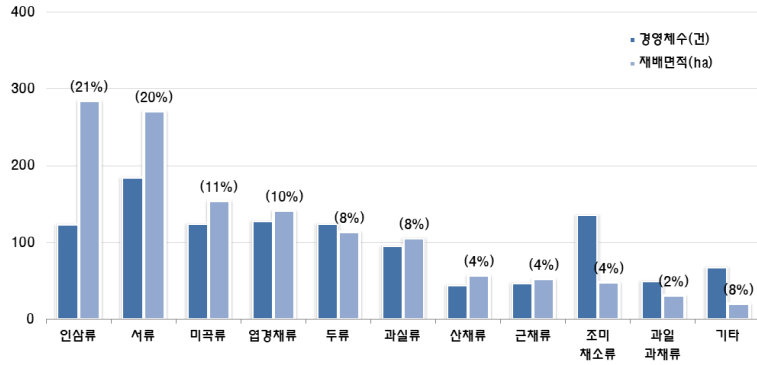
표 8. 씨감자 생산지 시기별 토양화학성 변화(5농가 평균)

연도	월별	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	NO ₃ -N
		1:5	dS/m	g/kg		cmol ⁺ /kg		mg/kg	mg/kg
2017	4	5.7	0.21	31.2	4.6	1.1	1.9	1,251	58
	5	5.8	0.19	31.5	4.9	1.2	1.8	1,119	36
	6	5.8	0.17	30.9	4.7	1.2	1.9	1,254	29
	7	5.6	0.15	29.8	4.6	1.0	1.7	1,124	14
	8	5.6	0.15	29.7	4.9	1.0	1.7	1,156	14
	9	5.7	0.14	29.6	4.6	1.0	1.7	1,101	8
2018	4	6.0	0.34	29.8	5.6	1.0	1.9	978	47.8
	5	6.1	0.41	28.7	5.9	1.1	1.8	1,021	67.4
	6	6.0	0.38	29.0	5.7	1.1	1.8	989	52.0
	7	6.0	0.40	29.1	5.5	1.1	1.7	895	36.1
	8	5.9	0.38	29.2	5.5	1.1	1.7	978	83.1

다. 양구군 해안면 지역의 경종실태 분석

1) 양구군 해안지역의 주요 재배 작목류별 경영체수와 재배면적

양구군 해안면 지역의 2018년도 주요 재배 작목류별 경영체수 및 재배면적을 농업경영체 등록정보 조회서비스(<http://uni.agrix.go.kr/docs7/biOlap/dashBoard.do>)를 통해 분석하였다. 해안면에서는 다년생 작물인 인삼류가 전체 경지면적의 21%를 차지하여 가장 많이 재배되고 있으며, 서류(20%), 미곡류(11%), 엽경채류(10%) 순으로 많이 재배되고 있다. 또한, 고랭지 배추, 고랭지 무, 감자 등 단년생 고랭지 채소작목 위주로 재배되는 강릉 왕산, 홍천 내면과는 다르게 양구 해안에서는 인삼류, 과실류, 산채류 등 다년생 작물류의 재배면적이 많았다(그림 7).



* (): 양구 해안면 재배면적(1,361.9ha) 중 해당 품목의 재배면적(ha) 비율
 그림 7. 양구 해안지역의 주요재배 작목류별 경영체수 및 재배면적

그림 8은 2015년~2018년 4년간의 작목별 재배면적의 변화를 나타낸 것이다. 양구 해안 지역의 주요 재배작목은 인삼, 감자, 벼, 콩, 사과, 무청 등이며, 재배면적이 추세적으로 증가하는 작목은 인삼, 감자, 사과, 무청, 여름무, 대파 등이고, 감소하는 작목은 벼, 엽경채류 등이었다(그림 8).

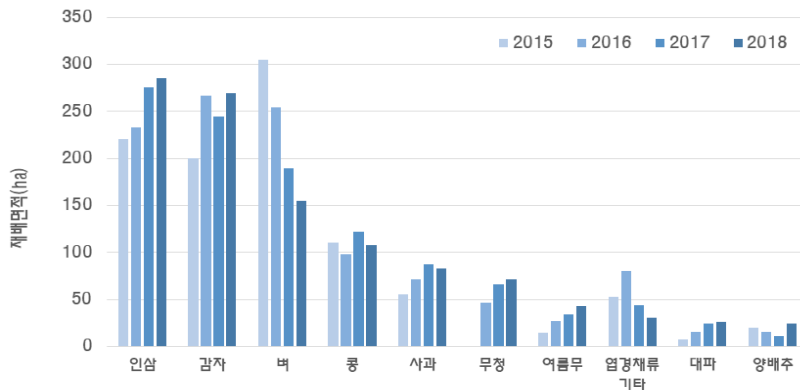


그림 8. 양구 해안지역 주요 재배작목의 면적 변화

(2) 양구군 토양침식(흙탕물발생) 저감 사업

양구군에서도 흙탕물 발생 저감을 위하여 호밀종자 지원사업을 실시하고 있으나 그 규모는 강릉이나 홍천에 비하여 적어서, 2017년 사업규모는 해안면의 21농가 27ha에 불과하였다. 또한 흙탕물 발생 저감시설로 침사직 2개소와 흙망태(gabion) 29,755m³, 사면보호시설 45,647m²을 설치하고 있다(표 9).

표 9. 호밀식재 지원사업

년도	사업내역	사업량	지원면적	참여농가수	대상지
2017	호밀식재 종자지원	8.7백만원 (호밀종자 213포)	27ha	21농가	해안면

(3) 양구 해안지역 경종실태조사(5농가)

양구 해안지역의 감자, 무 재배농가 5농가를 대상으로 경종실태를 조사하였다. 감자는 4월 하순에 파종하고, 재배지의 경사도는 7~13%로 등고선 재배를 하고 있었다. 무는 6월 하순에 파종하고 재배지의 경사도는 3%로 등고선 재배를 하고 있었다.

표 10. 양구 해안지역 감자, 무 재배농가 경종실태 조사

농가명	재배작물	정식 (파종기)	경사도	당년 객토여부	객토 주기(년)	객토량 (kg/10a)	재배 방식
장00	감자	4월 하	13	-	-	-	등고선
이00	감자	4월 하	7	-	-	-	"
김00	무	6월 하	7	-	-	-	"
김00	무	6월 하	3	-	-	-	"
신00	무	6월 하	3	-	5	200	"

양구 해안지역의 감자, 무의 재배 전후에 토양의 pH, EC, Ca, K, Mg 등의 변화가 적은 것으로 분석되었고, 감자와 무 재배지간에는 무 재배지의 pH, EC, 유기물, Ca, Mg, P₂O₅ 등의 함량이 높은 것으로 나타나, 무 재배지에서 화학비료 및 퇴비사용이 감자 재배지 보다 많은 것으로 나타났다(표 11).

표 11. 시기별 토양화학성(감자 2농가, 무 3농가 평균)

작물	채취 시기	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
		1:5	dS/m	g/kg		cmol ⁺ /kg		mg/kg
감자	전년	6.2	0.20	25.2	5.5	1.2	1.2	687
	4월	6.1	0.21	27.6	5.0	0.9	1.0	678
	5월	6.2	0.20	28.7	5.2	1.1	1.0	654
	6월	6.2	0.19	27.6	5.1	1.2	1.2	657
	7월	6.1	0.20	27.5	5.0	1.1	1.1	568
	8월	6.2	0.20	27.1	5.0	1.01	1.1	559
무	전년	6.3	0.31	29.6	5.8	1.1	1.7	924
	4월	6.4	0.34	28.0	5.6	1.0	1.9	978
	5월	6.6	0.41	28.2	5.9	1.1	1.8	999
	6월	6.6	0.38	29.0	5.7	1.1	1.8	989
	7월	6.5	0.32	28.5	5.5	1.0	1.7	894
	8월	6.5	0.31	28.2	5.5	1.0	1.7	867

(4) 양구 해안지역의 토양침식 방지 우수사례

강릉 왕산, 흥천 내면에서는 고랭지 배추, 고랭지 무, 감자 등 토양침식에 취약한 1년생 작물을 주고 재배하고 있었으나, 양구 해안에서는 인삼, 과실류, 산채류 등 토양침식을 저감할 수 있는 다년생 작목의 재배 면적이 많았다. 최근에는 토양침식 방지를 위한 전환작목으로 과수가 권장되면서 2018년도 과실류 재배농가는 113농가, 재배면적 106,1ha에 달하고 있어, 양구 해안지역의 토양침식 방지의

우수사례로 이야기되고 있다.

양구 해안의 과수재배 농가들은 토양침식의 가장 큰 원인은 무, 배추 등 고랭지 주요작물로 지목하면서 과수재배 단지 확대 조성하는 것이 타당하지만, 과수재배의 확대에 의한 과잉생산의 문제점을 인식하고 있었으며, 이를 해결하기 위해서는 과실가공 등의 대책이 마련되어야 한다고 이야기하고 있다.

표 12. 양구 해안지역의 과수단지 조성 현황(2018)

품 목	경영체수(건)	면적(ha)	면적비율(%)
사 과	77	83.3	78.5
배	4	2.8	2.6
포 도	3	3.8	3.6
복 승 아	11	8.2	7.7
블루베리	4	1.5	1.4
아로니아	9	6.1	5.8
과실류 기타	5	0.5	0.4
합 계	113	106.1	100

양구 해안지역의 토사침식 방지를 위한 또 다른 우수 사례로 눈개승마의 재배를 들 수 있다. 눈개승마는 산채류에 속하는 영년생작물로 뿌리의 발달이 우수하고 토양피복효과가 높아 토양침식에 효과적이지만, 수확기간이 이른 봄에 한정되어 있고 소득제고 효과가 타 작물에 비해 떨어져 재배면적이 늘어나지 못하고 있다. 이에 따라 재배농가에서는 소득을 보전할 수 있는 방안이 마련되기를 원하고 있다.



그림 9. 토양침식 방지 우수사례(눈개승마)



그림 10. 토양침식 방지 우수사례(과수)

(시험 2) 중북부 지역 주요작목 C factor 산정 및 토양 침식량 평가

가. 감자, 콩의 시기별 피복률 및 토양침식량 조사(2017)

2017년도에 춘천 신북읍 유포리에서 라이시미터를 이용하여 감자, 콩의 시기별 피복률 및 토양침식량을 조사하였다. 라이시미터의 경사도는 13%이고, 토양의 pH는 7.3으로 높았으며, 토성은 사양토로 경사밭과 비슷한 토양으로 강원도 고랭지 경사밭과 비슷한 토양이었다(그림 11, 표 13).

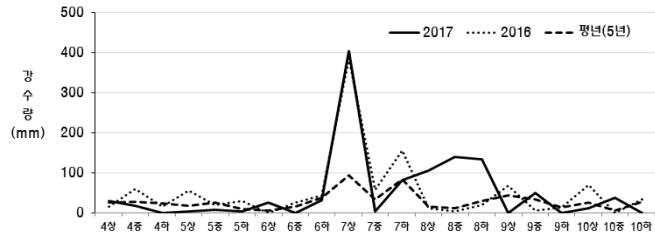


그림 11. 시험포장의 시기별 강수량 현황

표 13. 시험전 시험포장의 토양 이화학성

pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	토성
1:5	dS/m	g/kg		cmol ⁺ /kg		mg/kg	
7.3	0.42	24.1	6.8	0.4	1.1	416	사양토

감자는 수미품종을 4월 10일에 재식거리 70cm×25cm로 정식하였다. 감자의 피복률은 파종 후 증가하다 6월 말 84%로 가장 높았으며, 7월부터 감소하여 장마가 7월에 발생하는 경우 토양침식에 취약한 것으로 분석되었다(그림 12, 그림 14).

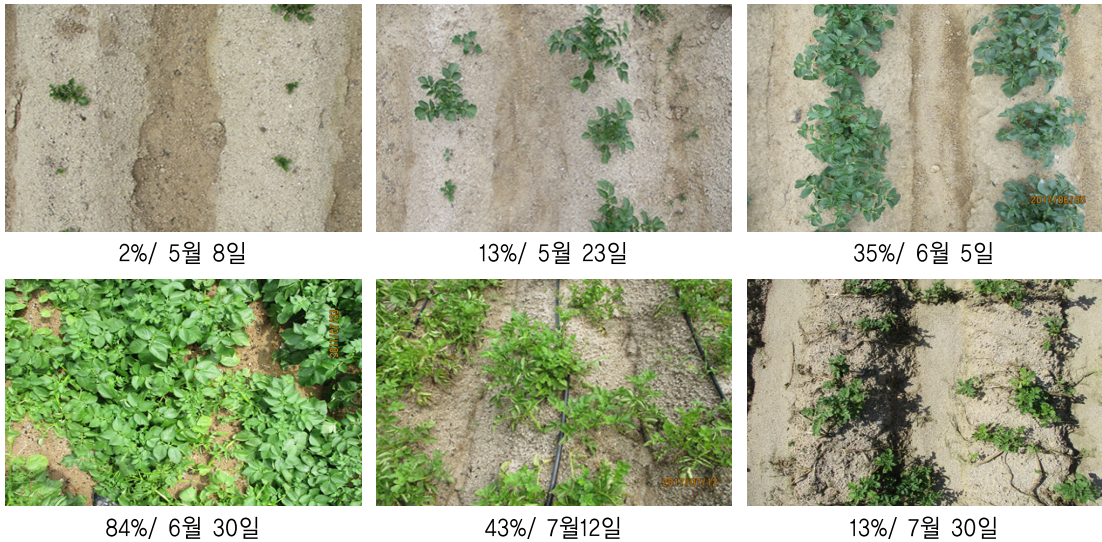


그림 12. 감자의 시기별 토양 피복률 변화

콩은 5월 23일에 재식거리 70cm×20cm로 정식하였다. 콩의 피복률은 파종 후 증가하다 6월 말 84%로 가장 높았으며, 7월 중순부터 85%를 상회하여 9월 중순 99%를 기점으로 감소하여 6월~7월에 발생하는 장마기에 토양침식이 다소간 발생할 수 있으나 8~9월의 태풍이나 호우에 의한 토양침식 방지에는 토양피복작물로 유리할 것으로 나타났다(그림 13, 그림 14).

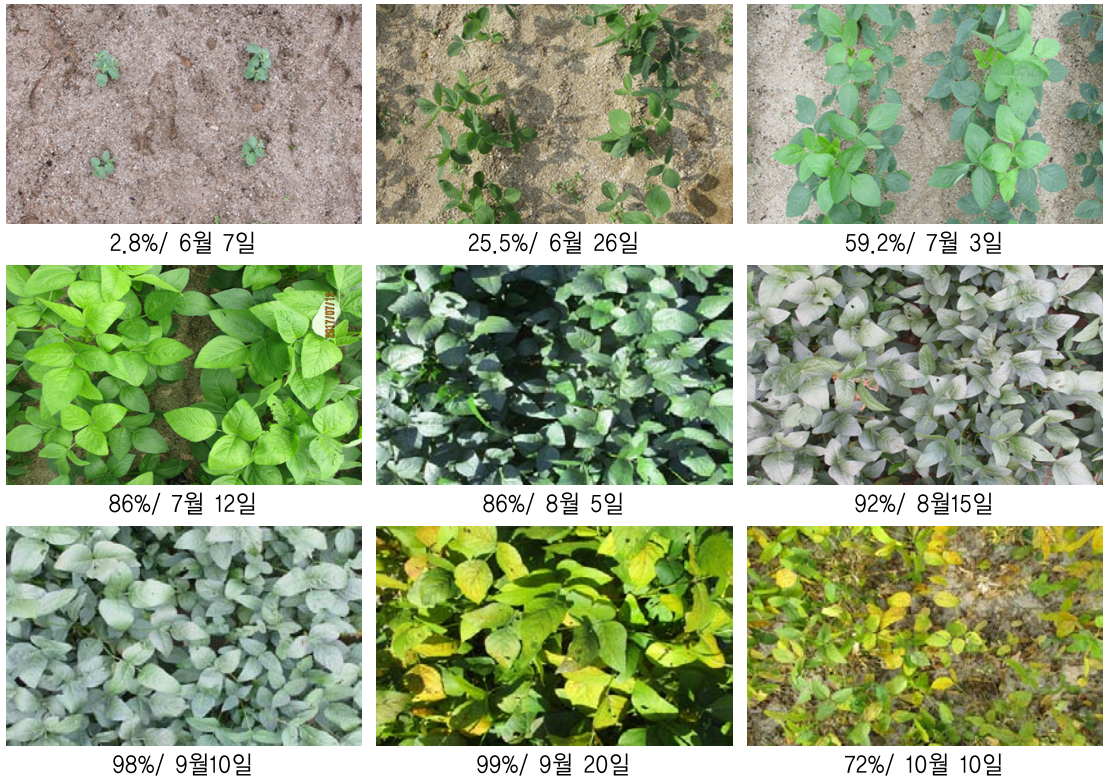


그림 13. 콩의 시기별 토양 피복률 변화

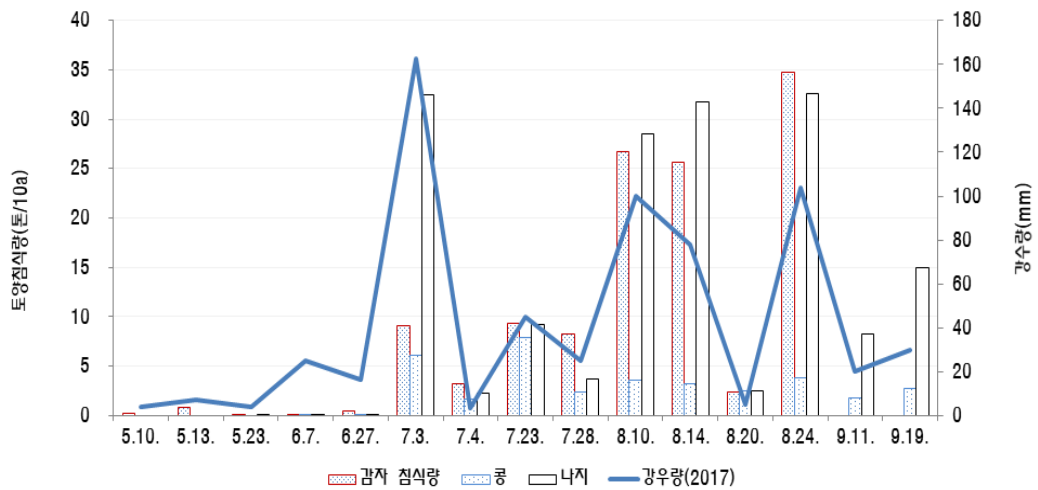


그림 14. 시기별 강수량 및 토양침식량(감자, 콩)

감자의 토양침식량은 7월 상순 12.24톤/ha로 가장 많았고, 콩의 토양침식량은 7월 상순 7.68톤/ha으로 가장 많았고, 이후 피복률이 증가함에 따라 토양침식량도 낮아지는 것으로 나타났다(표 14).

표 14. 강수량, 작물별 피복률, 토양침식량 비교

구분	5상	5중	5하	6상	6중	6하	7상	7중	7하	8상	8중	8하	9상	9중	9하	
강수량(mm)	4	8	4	26	0	32	403	5	83	107	140	135	1	50	1	
감자	피복률(%)	2	7	13	35	55	84	80	43	13	-	-	-	-	-	
	침식량(톤/ha)	0.25	0.79	0.09	0.03	-	0.45	12.24	-	8.21	26.77	28.02	34.72	-	-	
콩	피복률(%)	-	-	-	3	3	14	59	86	86	92	95	98	99	99	
	침식량(톤/ha)	-	-	-	0.03	-	0.11	7.68	-	10.2	3.57	5.67	3.77	-	1.72	2.74
나지	침식량(톤/ha)	-	-	0.04	-	-	0.07	34.69	-	12.91	28.56	34.23	32.60	-	8.21	14.99

나. 중·북부 지역 주요작목 C-factor 산정 및 토양 침식량 조사(2018)

2018년도에 춘천 신북읍 유포리에서 라이시미터를 이용하여 감자, 옥수수, 콩, 배추의 시기별 피복률 및 토양침식량을 조사하였다. 라이시미터의 경사도는 13%이고, 토양의 pH는 7.2으로 높았으며, 토성은 사양토로 경사밭과 비슷한 토양으로 강원도 고랭지 경사밭과 비슷한 토양이었다(표 15).

표 15. 시험포장 토양 이화학성

pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	토성
1:5	dS/m	g/kg		cmol ⁺ /kg		mg/kg	
7.2	0.21	22.4	5.9	0.4	0.8	369	사양토

시험이 실시된 춘천 유포리 시험포장의 갈수기(5~6월) 강수량은 275mm로 2017년(12mm), 평년(71mm) 보다 많았고, 7~8월은 514mm로 평년(465mm)과 비슷하였고, 2017년(882mm) 보다는 적었다.

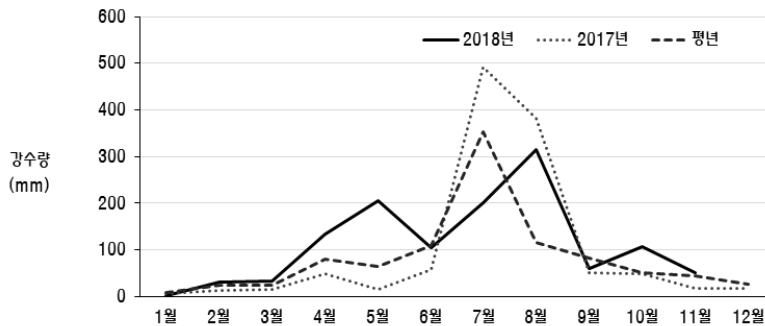


그림 15. 시험포장 시기별 강수량 현황

감자의 토양피복률은 5월 상순 2%에서 6월 상순 48%로 증가하고, 7월 상순에 84로 가장 높았으며 이후 급격히 피복률이 감소하였으며, 옥수수는 5월 중순 3%에서 6월 중순 37%, 7월 중순 88%를 증가하였으며, 이후 수확 시 까지 피복률을 유지하였다. 콩의 토양피복률은 6월 중순 3%에서 7월 중순 86%로 증가하고, 8월 중순 98%로 가장 높은 피복률 보였으며, 가을배추의 토양피복률은 9월 상순 2%에서 9월 하순 21%로 증가하고 10월 하순 92%로 조사되었다(그림 16).





























작 물	시기별 피복률							
	감 자							
피복률(%)	2	4	26	48	72	65	84	62
날짜	5. 3.	5. 18.	5. 31.	6. 4.	6. 16.	6. 26.,	7. 3.	7. 19
옥수수								
피복률(%)	3	4	7	37	43	48	88	
날짜	5. 18.	5. 25.	6. 4.	6. 14.	6. 26.	7. 5.	7. 15.	
콩								
피복률(%)	3	28	75	86	82	94	98	96
날짜	6. 16.	6. 28	7. 10.	7. 20.	8. 1.	8. 10.	8. 20.	8. 30.
배추								
피복률(%)	2	3	21	61	79	92		
날짜	9. 10.	9. 20.	9. 30.	10. 10.	10. 20.	10. 30.		

그림 16. 작물별, 시기별 피복율의 변화

재배기간 동안 작물별 토양침식량은 감자 68.88톤/ha, 콩 12.11, 옥수수 18.87, 가을배추34.34였고, 나지는 76.56로 조사되었다. 토양침식량은 작물별로 재배기간이 달라서 침식량의 절대 비교는 어려운 점이 있으므로, 작물이 심겨져 있지 않을 때에는 나지의 침식량을 고려하여야 할 것으로 사료된다(표 16).

표 16. 월별 강수량 및 재배작물별 토양침식량

월별	순별	강수량	토양침식량(톤/ha)				
			감자	콩	옥수수	배추	나지
5	중순	157	34.0	-	17.17	-	20.33
	하순	14	-	-	-	-	-
6	상순	0	-	-	-	-	-
	중순	1	-	-	-	-	-
	하순	103	1.39	1.16	0.77	-	3.93
7	상순	174	1.46	0.7	0.54	-	1.0
	중순	27	0.46	0.46	0.39	-	0.46
	하순	0	-	-	-	-	-

월별	순별	강수량	토양침식량(톤/ha)				
			감자	콩	옥수수	배추	나지
8	상순	3	-	-	-	-	-
	중순	42	10.78	5.78	-	-	21.72
	하순	268	20.56	3.93	-	30.8	28.95
9	상순	28	0.23	0.08	-	3.54	0.17
	중순	0	-	-	-	-	-
	하순	0	-	-	-	-	-
10	상순	135	-	-	-	-	-
	중순	0	-	-	-	-	-
	하순	20.5	-	-	-	-	-
계		972.5	68.88	12.11	18.87	34.34	76.56

토양침식에 따른 작목별 식생피복인자값은 감자 0.90, 콩 0.16, 옥수수 0.73, 가을배추 1.18이었다(표 17).

표 17. 토양침식에 따른 식생피복인자(C-factor)*

구분	감자	콩	옥수수	가을배추
기준	-	0.19	0.44	0.45
2018	0.90	0.16	0.73	1.18

* C-factor 산정식: $C = \frac{\sum(\sum A_{ci} / \sum A_i)}{N}$

Ac-피복상태 토양유실량, A-무피복상태 토양유실량, i-측정 연도, N-측정기간(년)

재배작물별 유거수 주요성분은 호밀재배 시 탁도 7NTU로 나지 121보다 낮았고, 총 질소와 총 인도 0.6mg/kg, 0.1로 나지 0.9, 0.3 보다 낮았다(표 18, 그림 17).

표 18. 작물별 유거수 수질 분석결과

구분	탁도 (NTU)	-----mg/L-----			
		COD _{Mn}	SS	T-N	T-P
호밀	7	5.0	4	0.6	0.1
감자	121	3.2	1,150	0.8	0.3
옥수수	145	3.8	987	1.3	0.4
콩	97	2.5	553	0.9	0.2
나지	121	3.2	3,493	0.9	0.3



그림 17. 작물별 유거수 수질 분석

다. 시기별 피복률 및 토양침식량 조사(2019)

2019년도에 춘천 신북읍 유포리에서 라이시미터를 이용하여 감자, 배추, 옥수수, 콩의 시기별 피복률 및 토양침식량을 조사하였다. 감자는 4월 4일에 재식거리 70cm×25cm로, 옥수수는 4월 11일에 재식거리 70cm×30cm로, 배추는 4월 26일에 재식거리 70cm×40cm로, 콩은 5월 20일에 재식거리 70cm×20cm로 정식 또는 파종하였다. 작물별 경사전 및 평탄지 재배시의 생육의 차이를 비교하여 식물체의 초장의 크기가 토양침식량에 미치는 영향을 알아보기 위해 생육기간 중에 조사하였다. 옥수수의 경우 시험기간 중에 최대 피복률이 90% 이상을 넘지 못하였지만, 2m 이상에 달하는 높은 초장과 넓고 중첩된 잎에 의해 하늘에서 떨어지는 강우의 에너지를 감소시킴으로서 토양침식 방지에 효과적인 작물임을 확인할 수 있었다(표 19).

표 19. 작물별 경사전 및 평탄지 재배의 초장 비교 (단위: cm)

작물	재배지	5월 23일	6월 21일	7월 9일	9월 30일
감자	경사지	26.7	46.3	45.7	-
	평탄지	37.2	73.3	71.3	-
배추	경사지	17.1	35.7	-	-
	평탄지	23.6	42.3	-	-
옥수수	경사지	40.5	206.3	274.3	-
	평탄지	59.5	241.7	277.3	-
콩	경사지	-	30.0	45.2	87.3
	평탄지	-	55.7	69.3	109.7

춘천에서 4월 4일 정식한 감자는 정식 25일 후에 어린 잎이 나와 토양의 0.03%를 피복하였으며, 정식 50일 후에는 37.6%, 정식 75일 후에는 80.7%, 정식 85일 후에는 91.5%로 최대 피복률을 보인 후 피복률이 급속히 감소하는 모습을 보였다(그림 18).

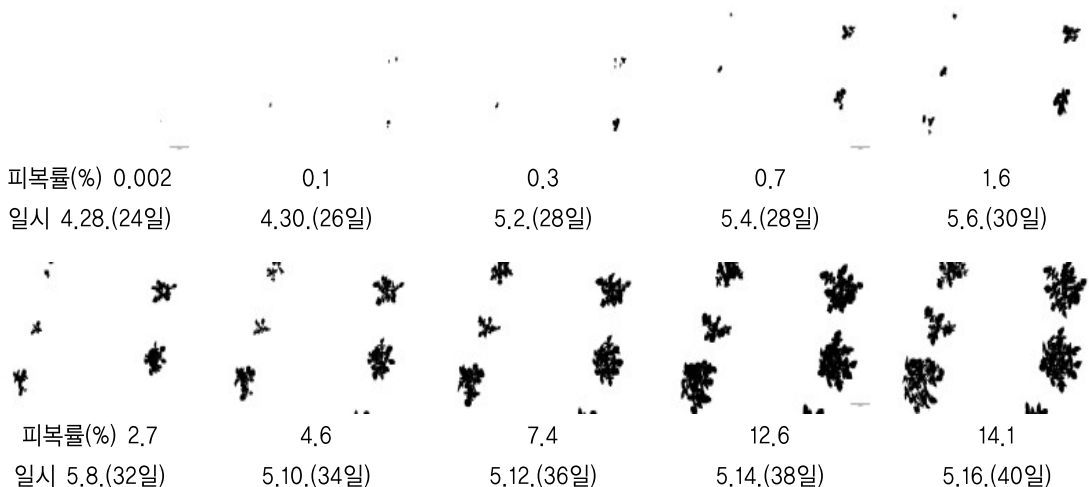


그림 18. 감자의 시기별 피복률(정식일: 4. 4.)

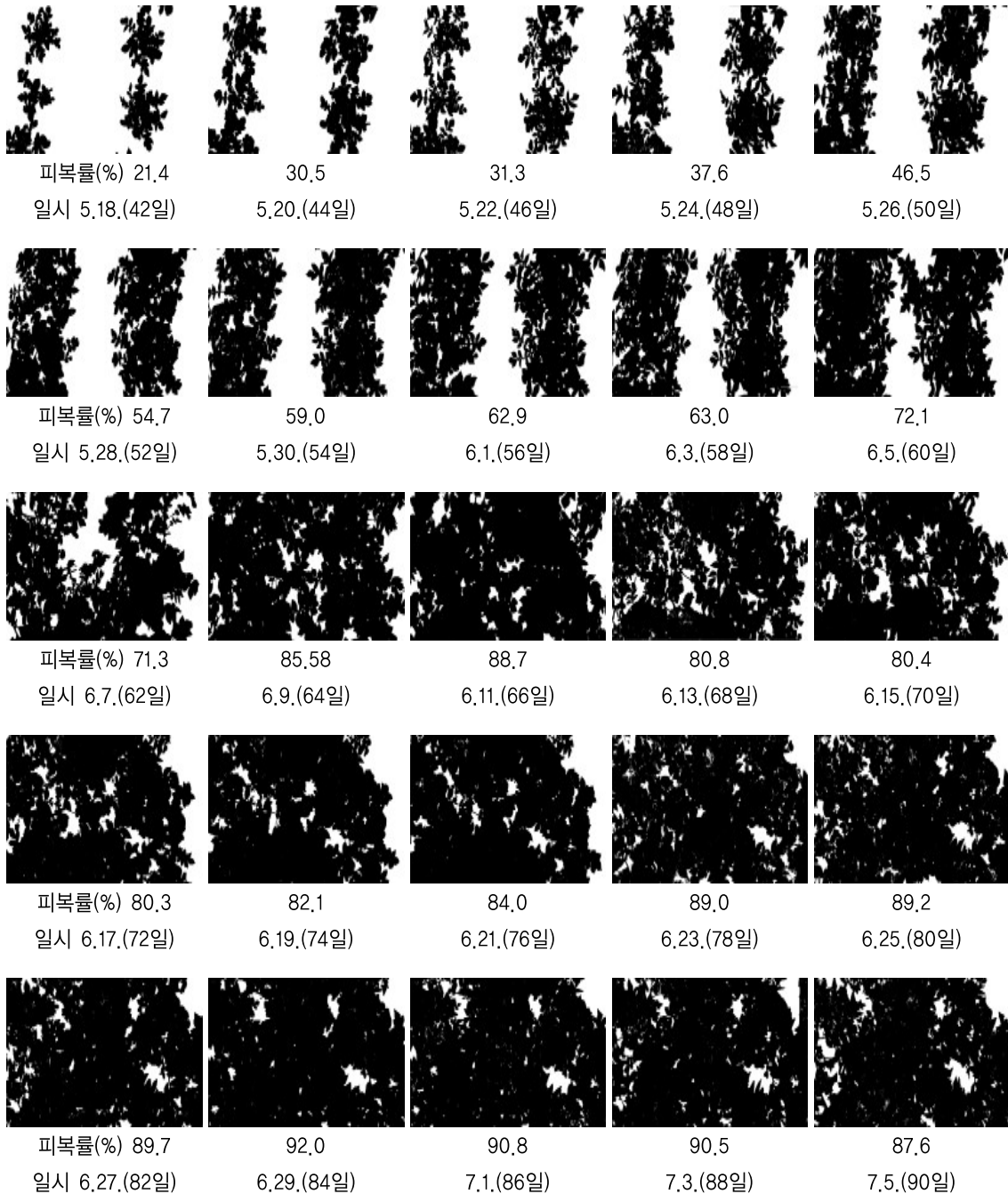


그림 18. 감자의 시기별 피복률(정식일: 4. 4.)(계속)

춘천에서 4월 26일 정식한 배추는 정식 20일 후에는 17.0%, 정식 30일 후에는 50.5%, 정식 40일 후에는 73.9%, 정식 57일 후에는 최대 피복률인 91.2%를 보였으며 이후에는 피복률이 서서히 감소하는 모습을 보였다(그림 19).

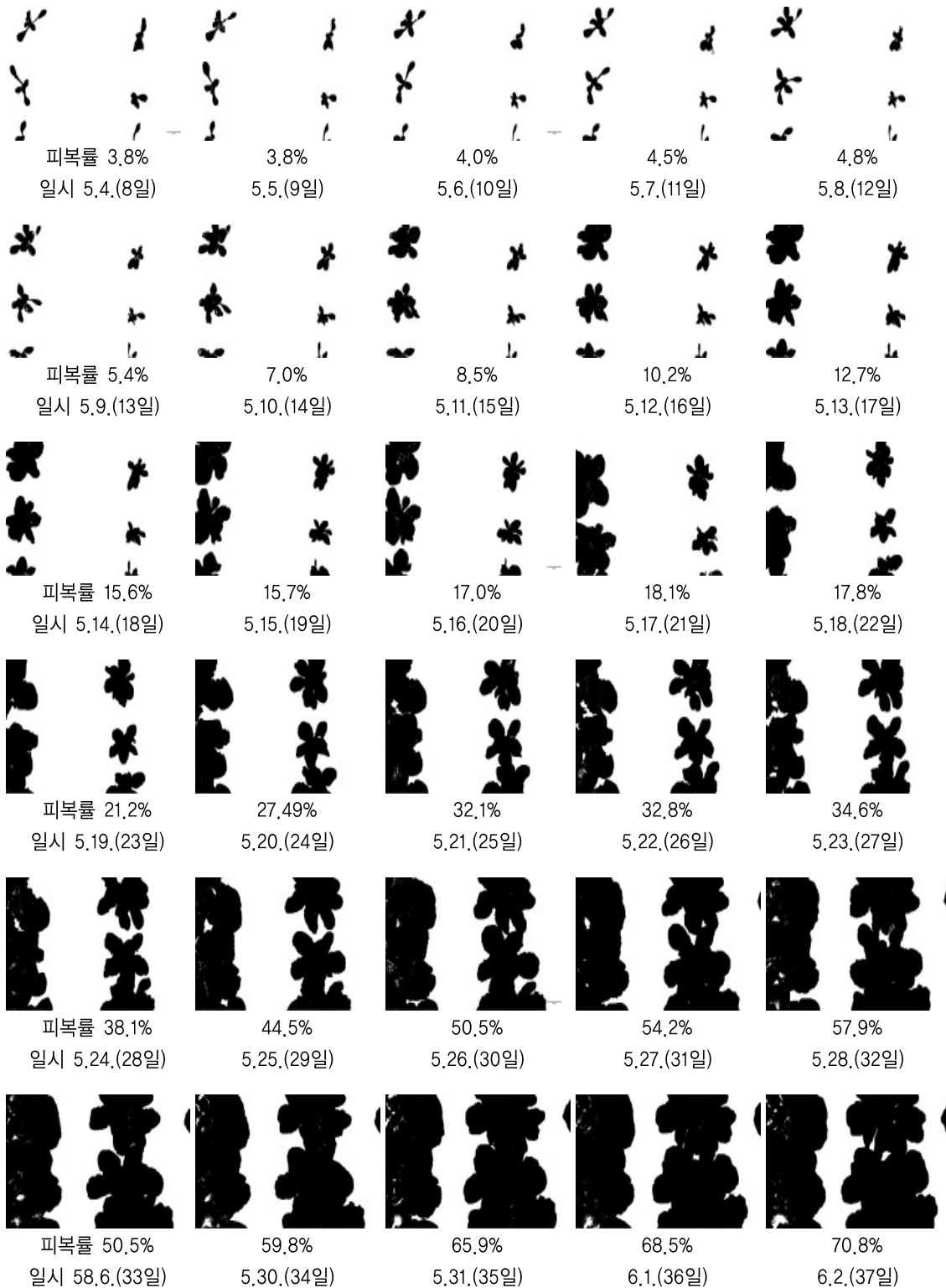


그림 19. 배추의 시기별 피복률(정식일: 4. 26.)

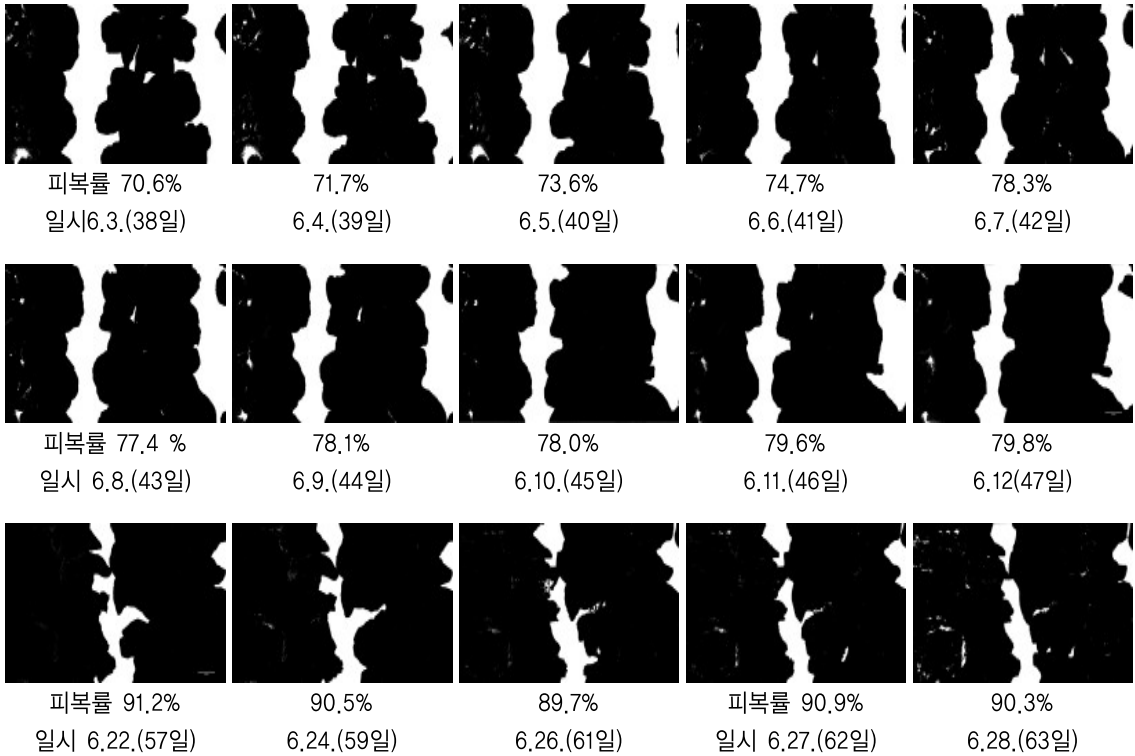


그림 19. 배추의 시기별 피복률(정식일: 4. 26.)(계속)

춘천에서 4월 11일 파종 한 옥수수는 파종 37후에 토양의 7.2%를 피복하였으며, 파종 50일 후에는 27.1%, 파종 70일 후에는 75.0%, 파종 85일 후에는 최대 피복률인 91.2%를 보였으며 이후 수확할 때까지 85% 이상의 피복률을 유지하였다(그림 20).

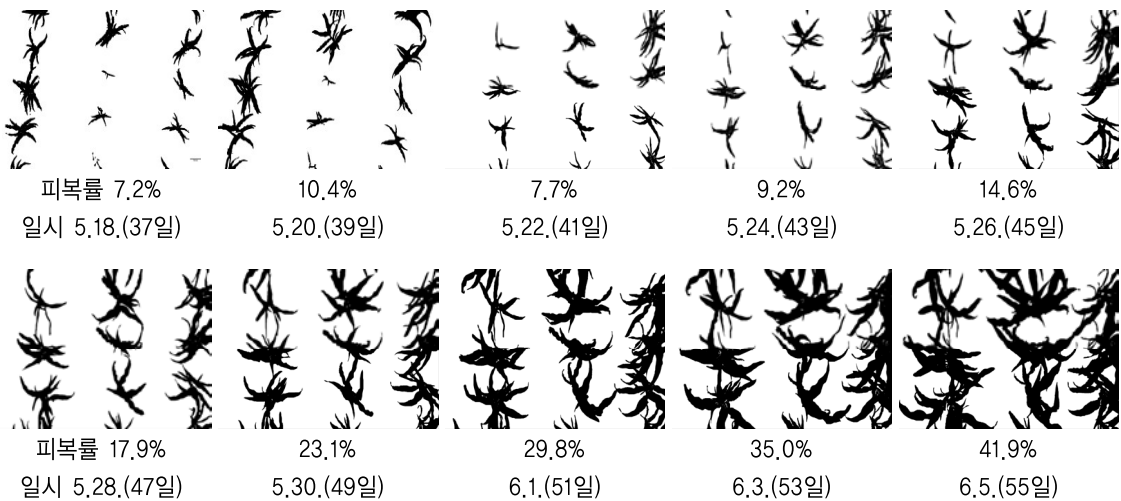


그림 20. 옥수수의 시기별 피복률(파종일: 4. 11.)

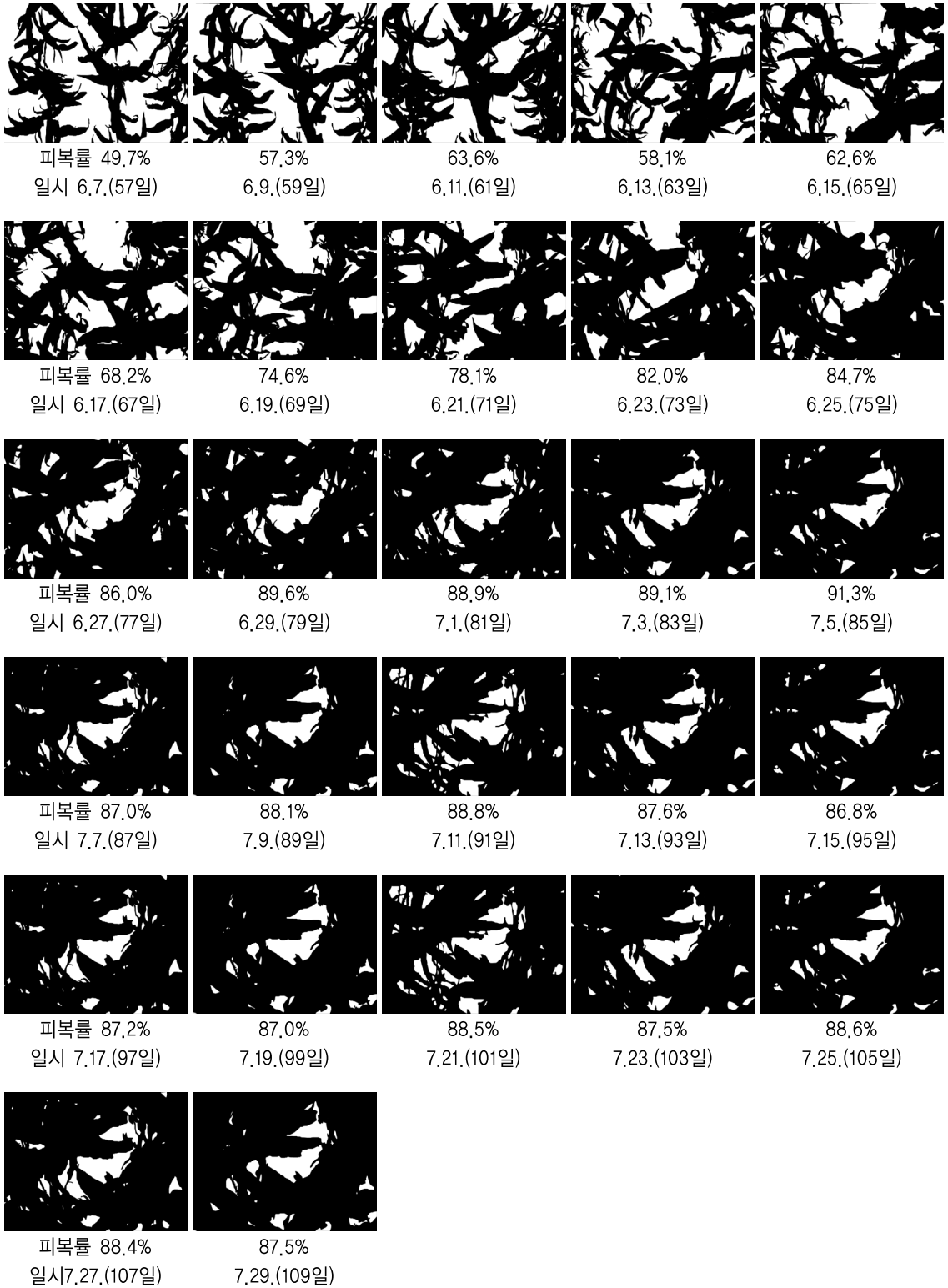


그림 20. 옥수수의 시기별 피복률(파종일: 4. 11.)(계속)

춘천에서 5월 20일 파종 한 콩은 파종 20후에 토양의 5.9%를 피복하였으며, 파종 40일 후에는 61.3%, 파종 60일 후에는 87.2%, 파종 85일 후에는 94.3%, 파종 100일 후에는 최대 피복률인 98.6%을 보였으며 이후 수확할 때까지 90% 이상의 피복률을 유지하였다(그림 21).

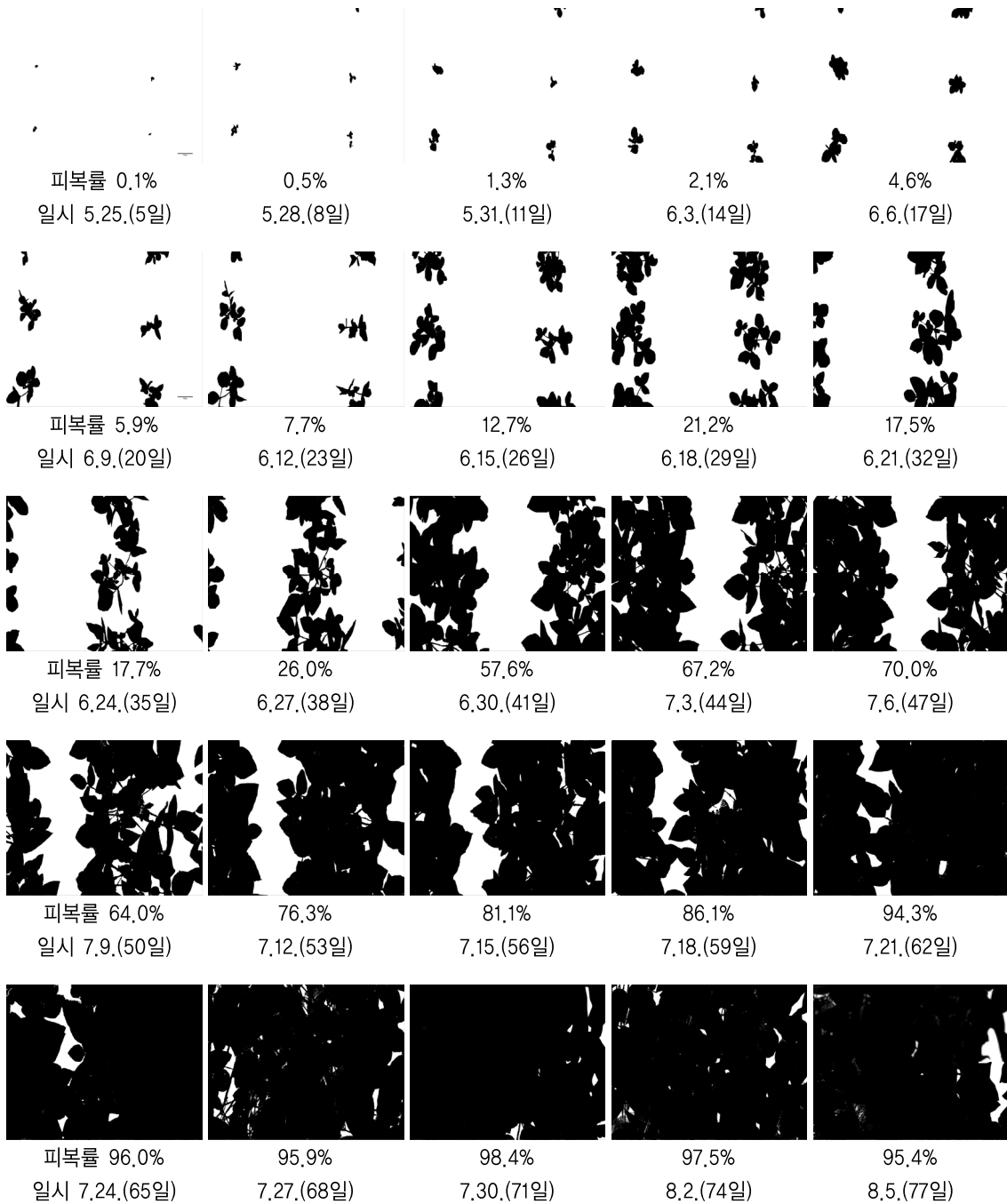


그림 21. 콩의 시기별 피복률(파종일: 5. 20.)

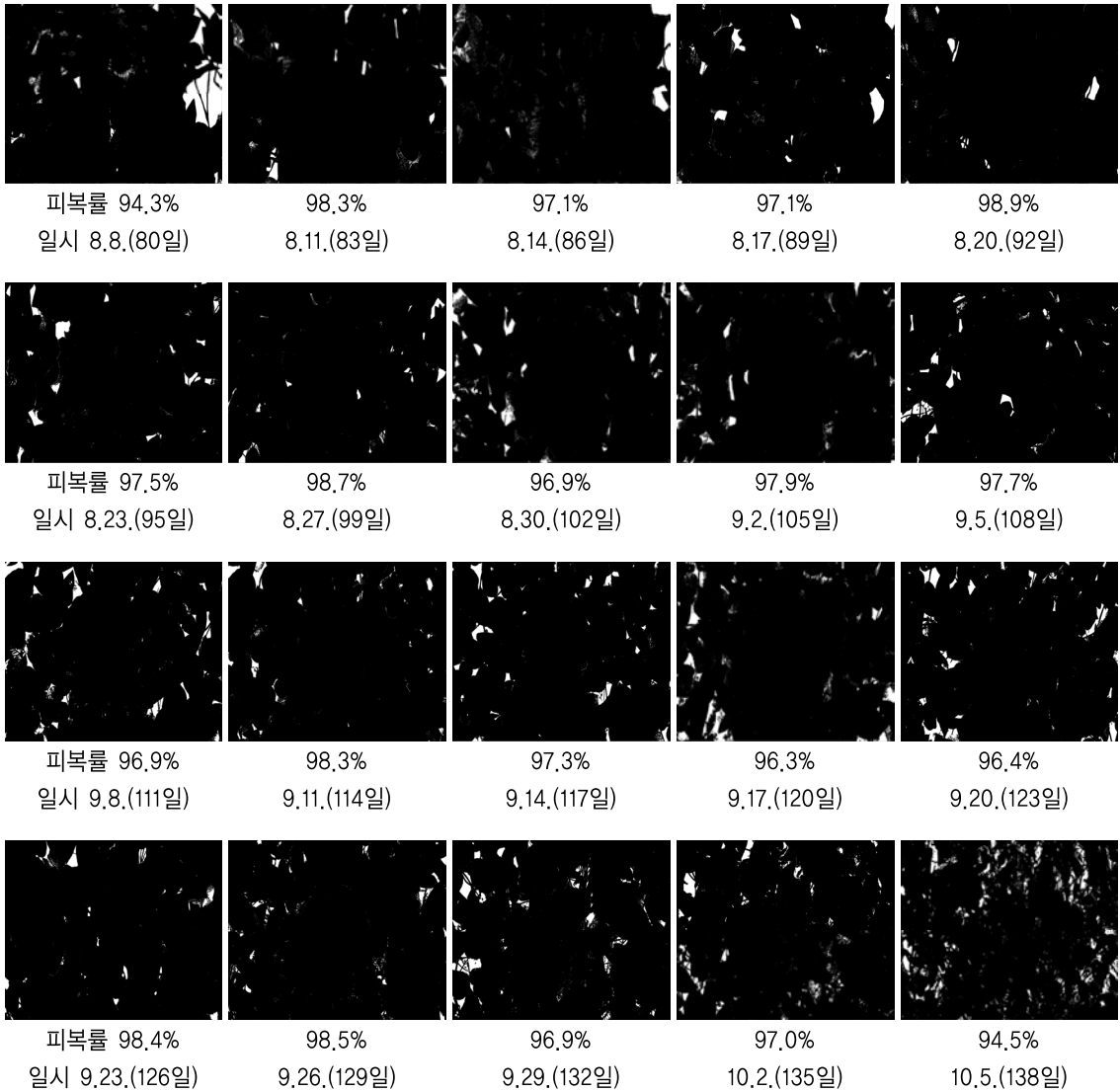


그림 21. 콩의 시기별 피복률(파종일: 5. 20.)(계속)

춘천지역에서 감자와 배추의 지상부 토양피복시기와 기간은 거의 동일 한 것으로 나타났다. 지상부의 토양피복 기간은 5월 초순부터 6월 하순까지 60여일 정도였다. 이 시기에는 토양의 수분함량이 낮고 강우강도가 낮아 강우의 대부분이 토양 중에 흡수되기 때문에 강우에 의한 토양 유실이 일어나기 어렵다. 2019년도 5월 초에서 6월 하순까지의 춘천 지역 강수량은 127.9mm 였으며, 토양침식량(톤/ha)은 감자 재배지는 0.7, 배추 재배지는 0.6으로 나지는 2.85로서 감자와 배추 재배 시나지 대비 토양침식량의 발생이 각각 75, 79% 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 옥수수 지상부의 토양피복 기간은 5월 중순부터 수확기인 7월 하순으로 80여일 정도였다. 이 시기는 우리나라의 장마철인 6월 하순에서 7월 하순과 겹치는 시기로서, 옥수수는 우리나라의 장마철 토양침식 방지에 유망한 작물로 판단된다. 또한, 옥수수는 수확 후에도 지상부가 고사되지 않고 푸른 상태를 유지하기

때문에 예취하지 않고 그대로 두면 8, 9월의 태풍이나 호우에도 토양침식을 방지하는 역할을 할 수 있을 것으로 예상되므로 이에 대한 추가 시험이 필요하다. 콩 지상부의 토양피복 기간은 6월 초순부터 수확기인 9월 하순으로 120여일 정도로 시험작물 중에서는 가장 토양피복기간이 길었다. 콩은 초기의 지상부 생육이 느리기 때문에 장마가 시작되는 6월 하순에 토양피복률이 60% 초반으로 토양침식을 방지하기에는 어려움이 있었으나, 7월 중순 이후부터는 토양피복률이 87% 이상으로 토양침식 방지에 효과적이었다. 옥수수 생육기간 중의 토양침식량은 0.11톤/1ha이고 나지의 토양침식량은 5.46톤/1ha으로 옥수수 재배시 나지 대비 토양침식량의 발생이 98% 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 콩 생육기간 중의 토양침식량은 2.6톤/1ha이고 나지의 토양침식량은 16.96톤/1ha으로 콩 재배시 나지 대비 토양침식량의 발생이 84% 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

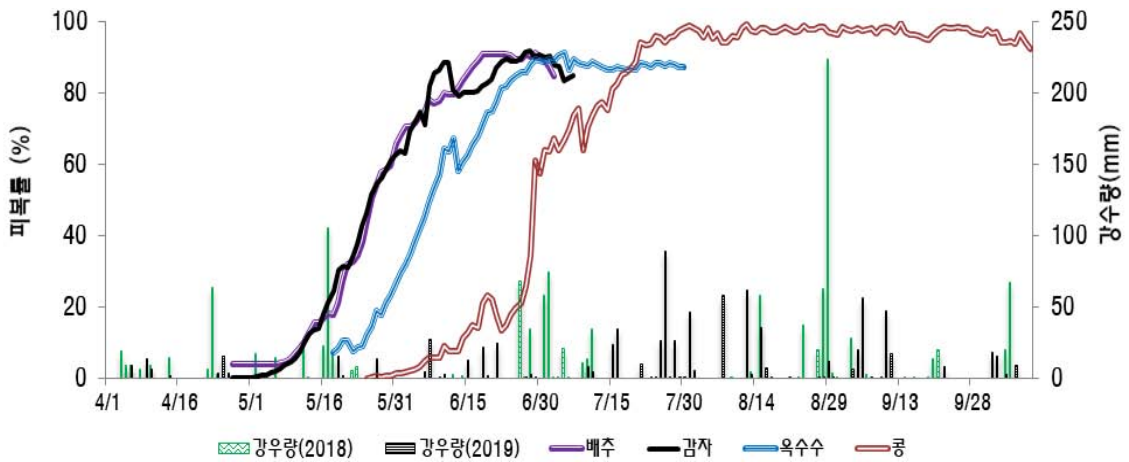


그림 22. 작목별 생육시기의 피복률 변화

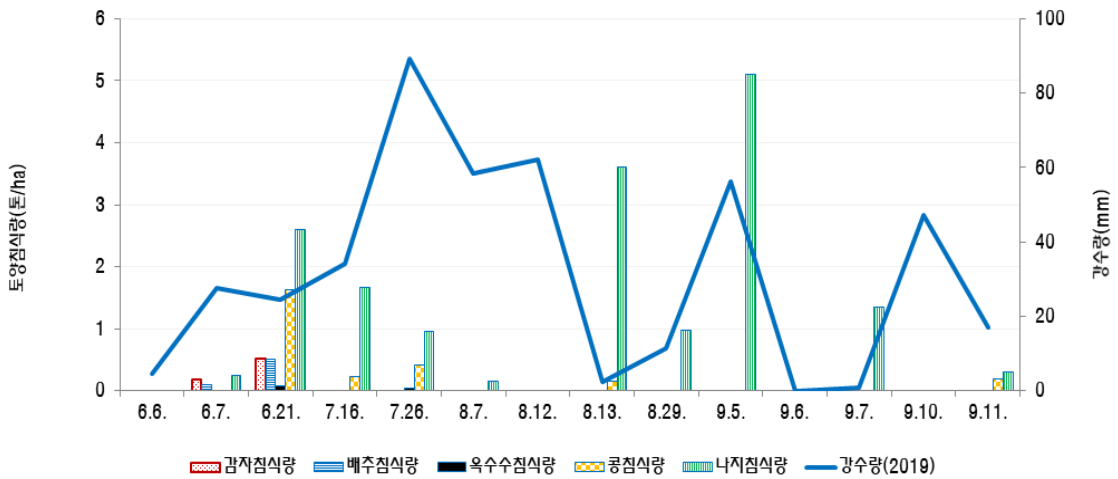


그림 23. 시기별 작목별 토양침식량

표 20. 시기별 강수량, 작물별 유거수량 및 토양침식량(2019)

월별	순별	강수량 (mm)	유거수량(kL/ha)					토양침식량(톤/ha)				
			감자	배추	옥수수	콩	나지	감자	배추	옥수수	콩	나지
4	중순	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	하순	22.7	-	-	-	-	-	-	-	-		
	상순	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5	중순	16.7	7.0	7.3	7.4	6.5	7.3	-	-	-	-	
	하순	13.6	5.9	5.9	6.7	5.6	5.9	-	-	-	-	
6	상순	34.5	170.1	171.2	135.4	135.8	151.7	0.18	0.1	-	-	0.25
	중순	35.8	28.8	21	13.5	37	80.9	-	-	-	-	-
	하순	27.3	75.2	35	18.8	92.1	107.4	0.52	0.5	0.07	1.63	2.6
7	상순	8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	중순	62.1	5.2	5.3	52.4	140	171.3	-	-	-	0.22	1.66
	하순	197.9	-	-	198.3	221.9	574.6	-	-	0.04	0.41	0.95
8	상순	63.9	-	-	-	39	81.1	-	-	-	-	0.15
	중순	106.8	-	-	-	165.1	270.2	-	-	-	0.15	3.61
	하순	11.5	-	-	-	17.5	64.7	-	-	-	-	0.98
9	상순	130.3	-	-	-	186.1	480.5	-	-	-	-	6.46
	중순	17.1	-	-	-	28.2	129.7	-	-	-	0.19	0.3
	하순	8.2	-	-	-	2.3	3.5	-	-	-	-	-
10	상순	33.5	-	-	-	13.5	25.4	-	-	-	-	-
합계		791.6	292.2	245.7	432.5	1090.6	2154.2	0.7	0.6	0.11	2.6	16.96

4. 적 요

(시험 1) 토양침식 우심지역 경종실태 분석

- 가. 강원도 고랭지 농경지의 토양침식을 방지하기 위해서는 다년생작목의 재배가 필요하다. 강릉시 왕산면 지역은 단년생인 고랭지 배추, 고랭지 무, 감자의 재배면적이 농경지의 80% 이상을 차지하고, 홍천군 내면 지역은 감자, 고랭지 무의 재배면적이 농경지의 45%를 차지하여 다년생 작목의 도입이 필요하다. 양구군 해안면에서는 다년생 작물인 인삼류가 농경지의 21%를 차지하여 가장 많이 재배되고 있으며, 서류(20%), 미곡류(11%), 엽경채류(10%) 순으로 재배되고 있다.
- 나. 강릉왕산, 홍천 내면, 양구 해안에서는 흙탕물 저감사업으로 호밀식재 사업과 흙탕물 저감시설 설치 사업을 실시하고 있다. 호밀 재배지의 토양 pH와 유기물 함량이 비재배지 보다 높은 것으로 조사되어 호밀재배에 의해 토양의 유기물의 함량이 증가됨을 알 수 있으며, 이로 인하여 토양의 침식이 줄어들 가능성을 확인할 수 있었다. 침사지, 돌망태(gabion) 등 다양한 침식방지(흙탕물 저감사업)를 실시하여 일부 흙탕물 저감 효과를 거두고 있으나 투자대비 효과에 대해서는 부정적인 의견들이 많은 실정이다. 이는 대분의 투자가 토양침식 발생 후 흙탕물 저감에만 집중된 결과로서, 점차 토양침식의 발생원인인 고랭지 경사 밭에서의 침식방지에 대한 대책에 고심 중이다.

(시험 2) 충북부 지역 주요작목 C factor 산정 및 토양 침식량 평가

- 가. 춘천지역에서 봄 감자와 봄 배추의 지상부 토양피복 시기와 토양피복 기간은 거의 동일 한 것으로 나타났다. 지상부의 토양피복 기간은 5월 초순부터 6월 하순까지 60여일 정도였다. 2019년 5월 초에서 6월 하순까지의 춘천 지역 강수량은 127.9mm였으며, 토양침식량은 감자 재배지는 0.7톤/ha, 배추 재배지는 0.6톤/ha, 나지는 2.85톤/ha 로서 감자와 배추 재배 시 나지 대비 토양침식량의 발생이 각각 75, 79% 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이 시기에는 토양의 수분함량이 낮고 강우강도가 낮아 강우의 대부분이 토양 중에 흡수되기 때문에 강우에 의한 토양 유실이 일어나기 어렵다.
- 나. 옥수수 지상부의 토양피복 기간은 5월 중순부터 수확기인 7월 하순으로 80여일 정도였다. 이 시기는 우리나라의 장마철인 6월 하순에서 7월 하순과 겹치는 시기로서, 옥수수는 우리나라의 장마철 토양침식 방지에 유망한 작물로 판단된다. 또한 옥수수는 수확 후에도 지상부가 고사 되지 않고 푸른 상태를 유지하기 때문에 예취하지 않고 그대로 두면 8, 9월의 태풍이나 호우에도 토양침식을 방지하는 역할을 할 수 있을 것으로 예상되므로 이에 대한 추가 시험이 필요하다.
- 다. 콩 지상부의 토양피복 기간은 6월 초순부터 수확기인 9월 하순으로 120여일 정도로 시험작물 중에서는 가장 토양피복기간이 길었다. 콩은 초기의 지상부 생육이 느리기 때문에 장마가 시작 되는 6월 하순에 토양피복률이 60% 초반으로 토양침식을 방지하기에는 어려움이 있었으나, 7월 중순 이후부터는 토양피복률이 87% 이상으로 8~9월 태풍과 호우에 의한 토양침식 방지에 효과적이었다.
- 라. 옥수수 생육기간 중의 토양침식량은 0.11톤/1ha이고 나지의 토양침식량은 5.46톤/1ha으로 옥수수 재배시 나지 대비 토양침식량의 발생이 98% 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 콩 생육기간 중의 토양침식량은 2.6톤/1ha이고 나지의 토양침식량은 16.96톤/1ha으로 콩 재배시 나지 대비 토양침식량의 발생이 84% 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

5. 인용문헌

- Anache JAA, Bacchi CG, Alves-Sobrinho T. 2014. Modeling of (R) USLE C-factor for pasture as a function of normalized difference vegetation index. *Eur Int J Sci Technol* 3(9): 214-221
- 박찬원, 손연규, 현병근, 송관철, 전현정, 문용희, 윤순강. 2011. 토양유실량 예측을 위한 강우침식 인자 재산정. *한국토양비료학회지* 44(6). 977-982.
- Kuok K.K.K., D.Y.S. Mah, P.C. 2013. Chiu. Evaluation of C and P factors in universal soil loss equation on trapping sediment: Case study of Santubong River. *Journal of Water Resource and Protection*, 5, 1149-1154.
- 조희래, 하상건, 현승훈, 허승오, 한경화, 홍석영, 전상호, 김은진, 이동성. 2010. 경사지에서 고추 정식 시기에 따른 토양유실과 유출수에 대한 식생피복 효과. *한국토양비료학회지* 43(3). 260-267.
- 정강호, 김원태, 허승오, 하상건, 정필균, 정영상. 2004. 수치 정밀토양에 기초한 전국 토양유실량의 평가를 위한 USLE/RUSLE 인자의 산정. *한국토양비료학회지* 37(4). 199-206.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2018(2년)	학술발표	감자, 콩 재배 시 강우량에 따른 토양침식 비교
	영농정보	휴한기 호밀재배에 의한 고랭지배추 재배지 토양이화학성 및 유기수 수질 개선효과
2019(3년)	정책제안	고랭지 경사밭 토양유실 방지를 위한 경사밭 가장자리 재배용 옥수수 종자대 지원
	영농활용	집중호우 시기별토양침식 방지에 효과적인 작물

성과지표명		연도	1년차(2017)		2년차(2018)		3년차(2019)		계	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제	-	-	-	-	-	-	-	-	
	국내	-	-	1	1	-	-	1	1	
영농 활용	기술	-	-	-	-	-	-	-	-	
	정보	-	-	1	1	-	1	1	2	
정책제안		-	-	-	-	1	1	1	1	
계		-	-	2	2	1	2	3	4	

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'17	'18	'19
과제책임자	국립농업과학원	농업연구관	장용선	과제 총괄	○		○
	국립농업과학원	농업연구사	한경화	과제 총괄		○	○
세부책임자	인삼약초연구소	농업연구관	임수정	세부주관 수행	○	○	
	환경농업연구과	농업연구사	최병곤	세부주관 수행			○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	서영호	품질조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	허수정	품질조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	윤병성	품질조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	홍수영	품질조사 지원		○	○
	환경농업연구과	농업연구관	장은하	평가분석 지원			○
	환경농업연구과	농업연구관	홍대기	평가분석 지원	○	○	○