

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
증장기 Code		RIMS Code		2007B00110000047	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
고랭지농업 안정생산 기술개발		토양ES 0101	'05~'09	환경농업연구과	김세원
고랭지 지력증진 및 시비법 개선 연구		"	'05~'09	"	김세원
색인용어	고랭지농업, 작부체계, 녹비작물, 콩재배, 지력증진, 혼파				

## ABSTRACT

The objective of the study was to increase soil productivity by developing agricultural practices in mountainous highland. Rotation cropping of soybean could improve soil physico-chemical properties. Co-incorporation of soybean could reduce the risk of nitrogen starvation phenomena by applying green manure of Gramineae. Mixed cropping of hairy vetch and rye could solve the problem of low emergence of hairy vetch in spring and high C/N ratio and rough incorporation of rye, in addition to increased yield of green manure. The yield of green manure and nutrients increased with earlier planting of hairy vetch and rye. The yield of green manure from line planting was 527 kg per 10a compared with 483 kg/10a for broadcast. Incorporation of two green manure could increase yield of red-bean by 50% as compared with no amendment.

### 1. 연구목표

강원도 고랭지 토양은 입식작목이 한정되어 연작에 의한 생육장해과 병해충발생이 많이 발생하여 지력저하로 인한 안정된 농업생산에 많은 지장을 초래하고 있는 실정으로 윤작, 휴경 등에 의한 지속가능한 농업환경의 보존과 유지가 시급하다. 더욱이 고랭지에서는 유기물 공급원으로 가축분뇨를 소재로 하는 부산물비료가 과다 투입되는 실정으로 토양산성화, 질산염 및 수용성인산의 용탈 등 부작용이 많고, 특히 불량 부산물 퇴비 시용에 따른 문제점도 야기되고 있다. 국제유기농법 기본규약에서는 윤작, 두과·녹비·심근성작물을 이용한 작부체계가 토양비옥도 증진에 대한 필수적인 원칙으로 규정되어 있다(IFOAM, Codex).

동계 녹비작물 재배시 화학비료를 대체한 양분공급, 토사유실 저감효과와 토양물리성 개선 등 많은 장점에도 불구하고 농업인들은 재배를 기피하는 경우가 많다. 헤어리벳치와 호밀 등 내한성이 강한 동계 녹비작물의 이용기술은 많이 개발되어 있으나, 실제 영농현장에서 농업인들의 자발적 재배의지가 미흡한 편이며, 전량 수입에 의존하고 있어 토종 맥류를 활용한 녹비보리에 대한 관심도 많이 증가하고 있다. 고랭지채소 전작으로 콩, 옥수수, 맥류 등 곡류작물을 도입하여 소득 작목을 3~5년 재배 후 반드시 1~2년 재배하는 윤작체계가 바람직하다고 보고된 바 있다.(’01.고시 심포지엄) 헤어리벳치는 내한성이 강하고 월동 후 초기 생육 및 건물중 증가가 빠르며 질소 함량이 높아 가장 우수한 녹비작물 판단되고 있으나(한

초지. '00), 기후 등 여러 가지 여건이 미흡하여 아직까지 강원도내 보급과 재배면적의 확대는 매우 부진한 실정이어서 최근 도내 적응 가능한 우수품종 선발 시험도 추진 중이다(2010. 강원도원). 그러나 헤어리벤티를 배추정식 후 30일 이전 파종할 경우 월동재배가 아니어도 질소공급과 토양유실 경감과 우수하다는 보고도 있다('03. 고시).

두과작물을 입식하면 지력증진이 가능하다는 일반적인 상식을 농가에게 입증할 수 있는 자료는 많지 않다. 물론 콩을 재배하면 최소시비와 최소경운이 가능하기에 비료사용량 저감, 토양병해충이 가능하다고 보지만 콩 재배시 수확전 반전투입, 부산물 재투입과 동계 호맥 연계재배에 관한 토양 물리화학적 개선효과, 후작물 영향은 보고된 바 없다.

따라서 본 연구는 두과, 녹비작물을 강원도 고랭지에 입식할 경우 토양이화학성의 년차별 변화양상을 비교하고 농경지 환경보존 효과를 구명함으로써 지력증진과 유지를 도모하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구는 콩 재배를 기초로 한 작부체계에 따른 토양비옥도 향상 시험과 녹비작물을 이용한 지력증진에 초점을 두고 2005년부터 2009년까지 5개년간 수행하였다.

### <시험 1> 작부체계에 따른 토양비옥도 향상 시험

강원도 평창 봉평의 농가포장에서 2005년에 배추, 무, 감자와 콩 등을 시험작물로 하여 표와 같은 방법으로 재배하였고(그림 1, 표 1, 2), 2006년에는 태광콩을 5월 26일 60×20cm 재식밀도로 파종하여 무시비 재배한 후 2007년 5월 20일 콩과 배추를 식재함으로써 동일포장에서의 연차별 토양화학성 변화와 전후작물의 생육과 수량을 살펴보았다. 당초 1년 2기작을 처리수준으로 계획하였으나, 봉평의 기상조건에서 2기작이 불가하여 후작물은 입식하지 않았다.



그림 1. 입식작목별 작부유형 연차별 비교를 위한 시험포장(평창, '05~'07)

표 1. 2005년 시험작물 재배법 및 시험구 배치

구분	공시품종	파종(정식)기	수확기	재식밀도	시비량	시험구배치
배추	고랭지여름	5. 18	7. 27	60×30		
무	대형봄무	5. 18	7. 20	60×25	공시토양	난괴법3반복
감자	수 미	4. 22	8. 20	60×25	화학성 분석후	(배추,무,감자
콩	태광콩	5. 18	10. 7	60×15	검정시비	비닐피복)
	새울콩	5. 18	9. 18	60×15		

표 2. 검정시비에 의한 화학비료 시비량 (kg/10a)

작목별	요소	용과린	엽화가리	석회량	부산물비료	비고
배추	10.0	3.0	26.9	200	800	요소추비 2회(66%) 가리추비 1회(44%)
무	17.4	3.0	23.0	200	1000	요소추비 2회(65%) 가리추비 1회(50%)
감자	31.3	26.7	12.5	200	800	전량 기비
콩	6.5	15	5.6	200	1000	전량 기비

하지만 고랭지채소 재배시 1~2년간의 콩 재배로 인한 지력변화를 확인하기 곤란하여 평가과정에서 보완책이 필요하다는 의견을 반영하고 동계녹비작물과 콩 재배를 연계하는 방식으로 설계변경을 하였다. 때문에 흥천 내면 자운리에 2007년 여름무를 재배한 시험포장을 다시 선정하여 2008년 태광콩을 재배 후 콩 꼬투리와 줄기 등 탈립 후의 부산물을 재투입하거나 회수할 경우에 토양물리화학성에 미치는 영향을 조사하였다. 특히 고랭지 휴경정책으로 콩 재배시 생산출하를 조절할 여지가 있다는 전제하에 수확전 반전투입하는 방식도 추가하였다. 또한 동일포장에서 동계녹비작물인 호맥을 10월 11일 파종하고 이듬해 5월상순경 토양중 반전투입하는 처리도 병행하였다. 2009년 여름무를 재배한 후 수확기까지의 토양변화를 검토하였다. 단구제인 각 시험구 년차별 세부처리내용은 표 3과 같다.

표 3. 흥천 내면 자운리 시험포장의 작부유형 처리개요(2007~2009)

구분	2007년	2008년 작기 및 월동기	2009년
재배작목 및 처리개요	관동여름무	태광콩 재배 및 수확후 처리 ① 수확후 부산물 회수 ② 수확후 부산물 회수 및 동계 호맥재배 ③ 수확후 부산물 토양환원 및 동계 호맥재배 ④ 콩 수확전 반전투입 및 동계 호맥재배 ⑤ 나지방임구(무처리)	태청여름무
파종기	6월 5일	콩 5월 30일, 호맥 10월 20일	6월 24일
수확기	9월 4일	콩 10월 10일, 호맥 반전투입 09년 5월 20일	9월 11일
재배법	시험작물 모두 표준경종법에 준하여 재배하였고, 2008년 콩은 무시비 재배, 2009년 여름무는 처리간 유기물 공급효과를 비교하고자 퇴비 무시용		

토양이화학성 이화학성을 분석하고자 시험포장에서 년차별로 채취된 토양을 풍건하고 2mm 체를 이용하여 자갈을 분리하였고 2mm이하의 입자에 대해 화학성을 조사하였다. 토양의 화학성은 pH, 전기전도도, 유기물, 유효인산, 치환성양이온, 질산태질소, 양이온치환용량(CEC) 등을 분석하였는데, pH와 전기전도도는 초자전극법(1:5), 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 ICP법, 질산태질소는 Kjeldahl증류 적정법, 양이온치환용량은 1N 초산암모늄법으로 측정하였다.(1988, 농촌진흥청) 콩 재배 후 동계 녹비작물 연계재배 처리구에 대해서는 물리성 변화를 살펴보고자 내수성 입단화율을 조사하였다. 식물체 성분함량은 작물과 녹비작물의 필요부위에 따라 T-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO 함량을 분석하였다.(2002, 농촌진흥청)

## <시험 2> 녹비작물을 이용한 지력증진 연구

### 가. 녹비작물 초종별 특성비교 및 고랭지적응 녹비작물 선발

강원도 평창 봉평의 농가포장에서 2005년 5월 18일에 고랭지 여름배추를 표준경종법에 따라 재배하고 7월 30일 수확한 상태에서 9월 9일 동계녹비작물을 파종하였다. 공시된 녹비초종은 도입종인 헤어리벳치와 호맥, 국내산 맥류인 그루밀과 올보리를 사용하였고 3반복구로 나누어 산파하였다. 이듬해인 2006년 5월하순경 녹비작물의 생육 및 건물수량 등을 조사한 후 토양중 반전투입하고 식물체 성분함량을 분석하여 양분공급량을 환산하였다. 또한 동일포장에서 8월 28일 가을배추를 재배하였는데 시험품종은 CR안심이었고 표준시비량을 처리하여 수확 후까지의 토양이화학성 변화와 녹비초종에 따른 후작물 배추의 생육과 수량을 조사하였다. 또한 이와 별도로 녹비작물 우수초종을 비교 선발하고자 2005년 9월 9일 화본과 4종, 두과녹비 6종 등 10종을 파종하여 월동생육 특성을 검토하였다.

시험전후의 토양화학성 변화를 살펴보고자 녹비파종 및 반전투입 전후에 대한 토양시료를 채취후 시험 1과 동일한 방법으로 분석을 수행하였으며, 야마나카 경도계를 이용하여 토양경도도 조사되었다.

### 나. 녹비작물 초종별 혼파에 의한 양분 균형공급 효과

상기 시험수행 과정을 통해 얻어진 결과를 토대로 두과녹비인 헤어리벳치와 화본과 호맥인 호맥에 대해 혼파에 따른 양분 균형공급 효과를 구명하기 위해 흥천 내면 자운리 시험포장을 선정하고 헤어리벳치와 호맥의 표준 파종량을 기준으로 혼파비율을 달리하여 배합하고 2회에 걸쳐 춘파와 추파 처리하였다. 혼파비율은 호맥 15kg/10a, 헤어리벳치 5kg/10a 기준으로 1:1의 경우 호맥 7.5kg/10a와 벳치 2.5kg/10a의 방식으로 산정하였다.

춘파 처리는 2007년 6월 12일 파종하고 2008년 5월에 녹비 생육과 수량, 양분공급량을 분석한 후 시험구에서 생산된 녹비전량을 토양에 반전투입 후 후작물로서 팔을 무비 재배하여 작물 수량에 미치는 영향을 조사하였다. 추파 처리는 2008년 10월 3일 조파와 산파로 파종방법을 나누어 파종하고 2009년 5월 녹비 생육과 수량, 양분공급량을 분석하였다. 토양이화학성 분석은 시험 1과 동일하게 수행되었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### <시험 1> 작부체계에 따른 토양비옥도 향상 시험

평창 봉평면 소재 농가포장에서 시험을 수행한 결과, 콩 재배기간을 포함시킨 작부유형별 토양이화학성의 연차변화는 표 4와 같다. 작부유형별 일정한 경향치는 보이지 않았으나 고랭지에서 콩을 연속 재배할 경우 토양 EC와 유효인산 함량이 채소재배지보다 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며 시비량이 많은 감자, 무, 배추에 비해 토양 중 잔류되는 질산성 질소와 치환성염류가 낮게 나타나 고랭지에서의 과다시비로 인한 토양 중 양분축적의 문제해결에 콩 재배가 바람직한 대안책이 될 수 있을 것으로 판단된다.

표 4. 콩 재배를 포함한 연차별 작부유형에 따른 토양화학성 변화(2005~2007)

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ca	Mg	K	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
					---(cmol(+)/kg)---			
재배전('05. 4)	5.9	0.08	52.2	650	2.7	0.3	0.6	5.1
1년차('05.10)								
① 콩	5.4	0.07	50.7	535	1.9	0.4	0.6	3.5
② 감자	5.3	0.14	57.4	778	3.0	0.7	0.7	7.2
③ 무	5.1	0.25	50.9	602	2.6	0.5	0.5	11.7
④ 배추	5.1	0.46	56.5	624	3.4	0.6	1.1	12.9
2년차('06.10)								
① 콩 →콩	5.4	0.10	51.7	472	2.5	0.5	0.4	4.3
② 감자→콩	5.5	0.15	59.1	568	2.8	0.7	0.7	6.1
③ 무 →콩	5.5	0.08	49.8	402	2.3	0.5	0.5	4.0
④ 배추→콩	5.6	0.09	57.4	523	3.1	0.6	0.5	7.5
3년차('07.10)								
① 콩 →콩→콩	5.7	0.15	46.2	385	2.2	0.2	0.3	2.8
② 감자→콩→배추	5.6	0.24	42.8	499	3.5	0.9	0.6	24.6
③ 무 →콩→배추	5.6	0.29	41.0	536	3.0	0.8	0.4	15.5
④ 배추→콩→배추	5.6	0.35	53.2	627	4.1	0.8	0.7	32.1

전년도에 재배된 작물에 따른 콩의 생육과 수량성은 표 5와 같다. 시비량이 많은 채소재배구의 경우 토양 중 남아있는 양분성분이 많아 무시비 조건에서 콩을 재배할 경우 수량성이 높아질 것으로 예측하였지만 처리 간 차이가 없었다.

표 5. 전년도에 재배된 작물에 따른 콩의 생육과 수량성(2006)

처리구 (‘05→’06)	경장 (cm)	분지수 (개)	주당협수 (협)	백립중 (g)	수량 (kg/10a)	지수
콩 → 콩	63.8	5.3	53.5	26.4	290	100
울콩→ 콩	70.8	4.0	51.4	26.8	298	103
감자→ 콩	75.2	4.8	53.8	26.6	283	98
무 → 콩	70.0	5.2	43.7	27.5	263	91
배추→ 콩	69.6	4.7	52.3	27.3	294	101

앞선 연구결과를 통해 고랭지에서 단기간의 콩재배만으로 지력의 개량효과를 기대하기 어렵다는 결론을 얻어 시험내용을 보완하여 홍천 내면지역에서 콩 재배 후 부산물의 환원, 녹비작물 연계방식 등을 고려하여 추진하게 되었다.

2007년 여름무를 재배 후 콩을 파종하기 이전 시험포장의 토양화학성은 표 6과 같으며, 년차별 작물재배 양상은 그림 2와 같다.

표 6. 콩 재배전 토양화학성(2008. 4월)

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ca ----( cmol(+)/kg )----	Mg	K	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
5.5	0.13	18.5	409	2.9	0.9	0.8	2.9



2007년 여름무 재배



2008년 콩 재배



콩 반전투입 및 부산물환원



동계 호맥 파종



호맥 반전투입



2009년 여름무 재배

그림 2. 년차별 작물재배 양상(홍천 내면 자운리)

콩을 수확하기 이전 토양에 반전투입하거나 콩 수확후 부산물의 토양환원에 소요된 투입 식물체의 양분 성분함량을 분석한 결과 표 7과 같다. 가식부위인 콩 종실에서 질소함량과 인산함량이 매우 높아 기타부위의 부산물과는 대조적이다.

표 7. 투입 식물체 성분함량 (%)

시료내역		T-N	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
반전투입	잔재부산물	1.20	<b>0.95</b>	0.30	1.50	0.18
	미숙종실(콩)	<b>6.29</b>	0.15	0.23	1.34	<b>0.76</b>
수확구	잔재부산물	0.89	<b>1.07</b>	0.29	1.50	0.13
	완숙종실(콩)	6.24	0.16	0.23	1.41	0.77
녹비(호맥)	건물전량	0.81	0.17	0.11	1.78	0.24

분석된 식물체 유기물의 성분함량을 토대로 투입된 콩 부산물과 녹비 등의 건물수량에 따른 양분성분량을 환산해 본 결과는 표 8과 같다. 콩이 생산한 전체 바이오매스 중 우리가 식용할 수 있는 종실 부위는 상대적으로 매우 적다. 보통 콩을 수확 후 남은 부산물은 축산 조사료로 이용되거나 소각하는 경우도 있는데 만약 고랭지에서 콩의 부산물을 토양 중 전량 환원하고 월동기에 호맥을 파종한다면 10a당 질소 11.8kg, 인산 2.4kg, 가리 22.1kg의 양분 공급 효과가 있을 것이다. 물론 현실적인 면에서 가장 비중이 큰 잡곡인 콩을 수확하기도 전에 반전투입하기는 곤란하겠으나, 고랭지 휴경관리를 위해 콩 재배를 정책적으로 권장할 경우 부득이 가격수급 조절을 목적으로 수확을 포기할 경우가 생길 수 있다고 본다. 때문에 수확전 토양환원 할 경우에는 종실이 그대로 환원되어 10a당 질소 30.8kg까지도 양분으로 이용될 수 있어 정책 기초자료로 유용할 것이다.

표 8. 처리별 투입 유기물의 건물중 및 양분성분량

처리내용	건물중 (kg/10a)				양분 성분량(kg/10a)				
	종실	부산물	호맥	계	T-N	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
반전투입구+녹비	282	727	540	1,549	<b>30.8</b>	8.2	3.4	24.3	<b>4.7</b>
부산물재투입+녹비	수확	833	540	1,373	11.8	9.8	3.0	22.1	2.4
콩부산물회수+녹비	수확	100	540	640	5.3	2.0	0.9	11.1	1.4
콩부산물회수	수확	100	-	100	0.9	1.1	0.3	1.5	0.1
무처리구(대조)	-	-	-	0	-	-	-	-	-

※ 콩부산물 : 콩각지, 대공, 뿌리 등, 부산물회수후에도 뿌리 잔존물은 그대로 투입

2009년 처리구별 여름무의 생육 및 수량성은 표 9와 같다. 무처리구에 대비하여 콩 재배 후 아무런 추가조치를 취하지 않은 경우는 수량이 대등하였으나, 부산물 환원과 반전투입, 그리고 월동 녹비작물을 재배함으로써 약간의 증수 효과를 나타내었는데 이는 앞선 평창에서 시험 추진상의 문제점을 확인시켜준 결과라고 생각된다. 일반적으로 화분과 녹비는 질

소기아현상 유발 위험이 있다고 알려져 있는데, 콩재배와 부산물환원에 의해 보완이 가능하다고 본다.

표 9. 여름무 생육 및 수량(2009)

처리	엽장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g/주)	무름병 (%)	근경 (cm)	근장 (cm)	근중 (g/주)	상품수량 (kg/10a)	수량 지수
반전투입구+녹비	48.0	29.2	374	6.7	9.9	31.6	1920	7706	112
부산물재투입+녹비	41.2	28.2	288	5.0	9.8	28.6	1696	7123	104
콩부산물회수+녹비	44.1	26.3	282	1.7	9.8	30.4	1632	7311	107
콩부산물회수	41.7	26.4	262	1.7	9.8	28.2	1496	6562	96
무처리구(대조)	43.3	29.7	333	3.3	9.4	29.0	1668	6850	100

시험전후의 토양이화학성 경시변화를 통한 개선 효과를 살펴본 결과(표 10), 콩을 재배한 처리구 모두 산도가 증가하였는데 일반적으로 콩이 토양 산성화를 막는 적합한 작물이라는 인식에 부합하였다. 전기전도도, 유기물함량, 유효인산 및 치환성양이온 등 대부분의 화학성 지표가 무 수확후까지 개선되었다.

표 10. 시험전후의 토양화학성 경시변화

처 리	pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	<--(cmol <sup>(+)</sup> /kg)-->				NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
					Ca	K	Mg	CEC	
시험전	5.5	0.13	20.9	439	2.8	0.8	0.9	6.9	2.0
콩재배후('08.11)	5.7	0.12	19.8	421	2.9	0.8	0.9	7.1	1.4
유기물환원후('09. 5)									
콩반전투입구+녹비	6.4	0.15	22.8	537	4.4	0.7	1.6	7.9	3.6
콩부산물환원+녹비	6.0	0.18	17.4	218	3.3	0.4	1.1	7.3	1.7
부산물회수+녹비	6.2	0.13	28.6	454	4.0	0.6	1.7	9.3	3.3
부산물회수	6.2	0.11	19.9	428	3.7	0.4	1.2	7.5	3.0
무처리(대조)	5.5	0.10	30.9	562	2.1	0.4	0.6	7.6	3.2
여름무 수확후('09. 9)									
콩반전투입구+녹비	6.3	0.33	22.9	534	4.8	0.9	1.5	8.2	11.8
콩부산물환원+녹비	6.3	0.17	22.8	363	4.5	0.6	1.4	7.8	4.1
부산물회수+녹비	6.2	0.37	24.7	397	4.8	0.5	1.6	8.5	13.1
부산물회수	6.3	0.19	19.7	387	4.5	0.4	1.3	7.3	4.4
무처리(대조)	5.6	0.11	29.9	496	2.6	0.5	0.7	7.9	3.7

콩 재배와 유기물 환원에 의한 물리성 개선효과를 검토하고자 내수성 입단화도를 측정된 결과(표 11), 콩 부산물이 재투입되고 녹비를 투입하여 유기물을 증대시킴으로써 뚜렷한 개선효과를 확인할 수 있었다. 입단화도는 토양 중 유기물과 칼슘(석회) 함량에 따라 정비례

관계를 나타낸다고 한다. 따라서 뚜렷한 칼슘 함량의 토양 중 증가양상이 직접적으로 입단화 촉진에 반영된 것으로 보인다.

표 11. 내수성 입단화도 향상효과 (단위 : %)

구 분	무처리구 (대조)	콩부산물 회수	부산물회수 +녹비	부산물투입 +녹비	반전투입 +녹비
무 재배전	64.2	61.4	71.6	71.6	71.0
무 수확기	67.3	59.4	65.2	72.7	70.3

### <시험 2> 녹비작물을 이용한 지력증진 연구

고랭지에 적응성이 우수한 녹비작물을 선발하고자 10종의 초종을 수집하여 특성을 비교하였다.(표 12) 종자의 형태와 크기는 그림 3과 같이 다양하다. 호맥, 그루밀, 헤어리벳치를 제외한 나머지 초종들은 월동 후 생육이 매우 불량하여 내한성 측면에서 고랭지에 부적합하였다.

표 12. 녹비초종별 생육특성

No	녹비종자	분류	원산지	과중량 (kg/10a)	천립중 (g)	발아율 (%)	입모율 (%)	월동후 출현율	초장(cm)	
									월동전	'06.5.20
1	헤어리벳치	두 과	수입	4	28.1	74.0	26	35	14.3	50.2
2	호 맥	화본과	수입	15	21.3	82.0	57	80	18.6	121.0
3	그 루 밀	화본과	국내	16	51.9	100	54	80	16.1	47.6
4	올 보 리	화본과	국내	16	26.0	98.3	51	5	17.6	27.3
5	오차드그라스	화본과	수입	14	0.01	7.7	?	5	12.2	20.6
6	알 팔 파	두 과	수입	3	9.23	93.7	58	2	4.5	20.2
7	자 운 영	두 과	국내	3	9.5	31.0	9	0	7.7	-
8	레드클로바	두 과	수입	5	9.7	96.7	63	0	8.6	17.4
9	화이트클로바	두 과	수입	3	0.7	36.7	5	0	4.4	13.9
10	고부도리소	두 과	수입	3	34.1	100	48	0	11.3	-

\* 발아율 : 25°C 항온조건 72hr후 조사, 입모율 : 과중후 30일('05. 10. 11)



그림 3. 다양한 형태와 크기의 녹비종자

최근 수입종자를 대체하기 위한 녹비보리에 대한 연구가 많이 진행되어 농가에 보급중이지만 본 시험에서 올보리는 월동 후 모두 고사하여 고랭지의 경우 내한성 문제로 녹비보리 이용이 어려울 것이다(그림 4).

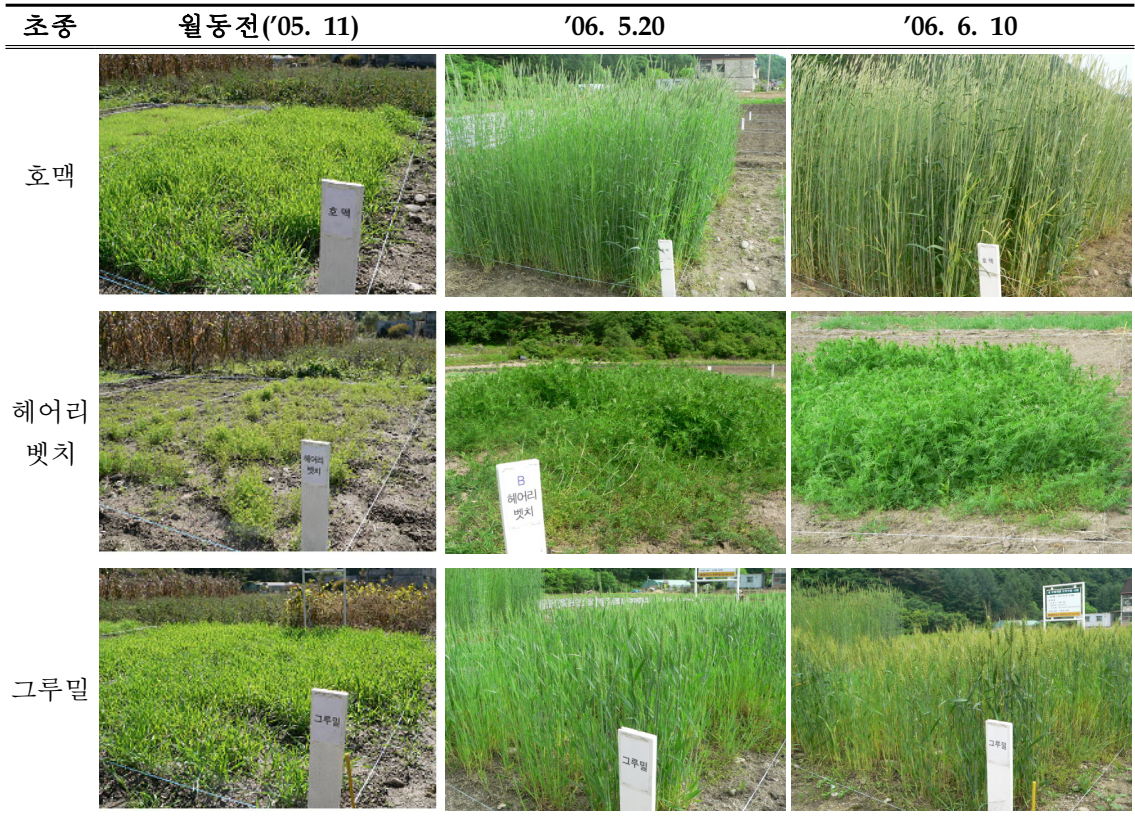


그림 4. 월동생육이 양호한 녹비초종의 월동전후 생육양상

국내에서 재배되는 대부분의 녹비용 종자는 전량 수입에 의존한다. 때문에 국내에서 채종이 가능한 맥류를 수입대체용 녹비로 이용하는 방안이 검토되고 있어 그루밀, 올보리 등 국내산 맥류와 도입 녹비 작물간 비교시험을 수행하였다.

월동 후 녹비작물의 근권 양상은 표 13과 같다. 지표면의 토양경도는 그루밀이 가장 높았고, 호맥의 뿌리가 가장 깊이 토양과 견고하게 발육되어 있었다(그림 5).

표 13. 녹비작물 재배시 월동후 토양상태 (2006)

구 분	무처리	호 맥	그루밀	헤어리벧치	올보리
토양경도(MPa)	0.9	2.7	3.0	1.5	0.9
근권깊이(cm)	-	15	12	8	7

※ 올보리 : 월동생육이 안되어 춘파 (5. 1일)



그림 5. 호맥 근권발육 양상

녹비작물의 생육 및 건물수량은 표 14와 같다. 그루밀은 호맥에 비해 약 1주일 정도 출현이 지연되었으며, 초장과 수량도 호맥의 절반 수준에 그쳤다. 헤어리벤티치는 질소함량도 높고 녹비로서 효과가 좋지만 건물수량은 화분과보다 훨씬 적었다.

표 14. 녹비작물의 생육 및 건물수량

처리구	출현기	출수기	수잉기	초장(cm)		수량(kg/10a)		건물율
				5.18일	5.26일	생물중	건물중	
호 맥	3.30	4.25	4.30	95	132	3180	860	27.0
그 루 밀	4. 5	5. 5	5.10	44	49	1610	453	28.2
헤어리벤티치	4.20	-	-	39	61	1050	350	33.3
올보리(춘파)				22	31	575	120	20.9

※ 수확 5. 26 ⇒ 토양내 반전투입 6. 15 (그림 6)



그림 6. 녹비작물의 수확조사 및 토양내 반전투입

수확된 녹비작물 지상부의 초종별 화학적 성분을 분석한 결과(표 15), 질소함유량은 헤어리벤티치가 2.87%로 0.78%에 불과한 호맥보다 3배이상 높았으며, 그루밀도 호맥보다 약 2배 정도 많았다. 칼슘의 경우 헤어리벤티치와 그루밀 모두 호맥보다 현저히 높은 함량을 나타내었으며, 고토와 가리 함량도 상대적으로 높아 호맥을 대체할 경우 식물영양 측면에서 호맥보다 유리할 것으로 보인다.

표 15. 녹비작물 화학적 성분

(%)

초 종	T-N	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
호 맥	0.78	0.14	0.17	1.54	0.40
그 루 밀	1.31	0.74	0.32	1.98	0.49
헤어리벳치	2.87	0.93	0.34	1.94	0.57

녹비작물별 건물중에 대해 화학적 성분량을 양분으로 환산할 경우 비록 건물량은 적지만 헤어리벳치는 10a당 10kg이상의 질소공급 효과가 있어 화학비료 절감을 위한 고랭지 적합 초종으로 유망하다.(표 16)

표 16. 녹비작물별 양분공급 효과

(kg/10a)

초 종	질 소	인 산	가 리	칼 슈
호 맥	6.7	3.5	13.2	1.2
그 루 밀	6.0	2.2	9.0	3.4
헤어리벳치	10.1	2.0	6.8	3.3

녹비파종 시험전부터 반전투입 과정, 후작물인 가을배추 생육초기에 추비 시용전까지 토양화학성 변화는 표 17과 같다. 유기물 함량을 비롯하여 녹비초종 처리간 뚜렷한 변이는 확인할 수 없었다.

표 17. 시험토양의 시기별 화학성 변화

채취일시 (월.일)	처리	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ca Mg K ( cmol(+)/kg )		
						녹비파종전('05. 9월)	6.2	0.09
반전투입전 ( '06.5.30)	노지방임	5.6	0.13	44.8	473	4.0	1.0	0.7
	헤어리벳치	5.5	0.19	53.1	559	3.6	0.9	0.6
	호맥	5.8	0.09	49.1	625	4.4	1.2	0.5
	그루밀	5.9	0.10	48.1	503	4.0	1.0	0.8
	올보리(춘파)	5.5	0.19	53.9	584	3.9	1.1	0.7
가을배추 추비시용전 ( '06.9.20)	노지방임	5.6	0.76	44.0	624	9.8	2.3	1.1
	헤어리벳치	5.2	0.63	50.2	680	5.1	1.2	0.7
	호맥	5.4	0.81	52.5	762	4.9	1.6	0.7
	그루밀	5.5	0.65	46.0	698	4.4	1.3	0.8
	올보리(춘파)	5.5	0.67	49.2	763	4.4	1.4	0.8

녹비작물을 반전투입하고 약 3개월 이상이 경과한 후 가을배추를 정식한 결과 무처리보다 수량성이 약간 감소하거나 대등하였는데 통계적 유의성은 없었다.(표 18)

표 18. 녹비작물 반전투입후 가을배추 생육 및 수량(2006)

처리	총엽수 (엽)	외엽수 (엽)	주중 (g)	결구중 (g)	수량 (kg/10a)	수량 지수
무 처리	67.1	10.6	1679	1189	3297	100
호 맥	68.4	10.6	1705	1199	3326	101
헤어리벳치	67.9	11.3	1660	1147	3179	96
그 루 밀	64.2	10.7	1560	1051	2915	88
올보리(춘파)	66.6	10.7	1578	1104	3060	93

※ 녹비작물 반전투입(6. 15) 70일후 배추 정식( 8. 28)

앞선 2년간의 녹비이용 시험결과를 기초로 하여 현재 강원도에 가장 많이 보급되고 있는 녹비초종인 호맥의 단점을 보완하기 위해 두과인 헤어리벳치와의 혼파효과를 구명하고자 흥천 내면 자운리 시험포장에서 혼파시험을 춘파와 추파로 과중시기를 달리하여 수행하였다.

보통 사료작물에서는 조사료의 품질과 영양가를 고려하여 혼파 하는 경우가 많다. 하지만 녹비작물에서 토양의 양분공급 측면이라는 연구된 보고는 많지 않은 실정이다.

그림 7은 헤어리벳치와 호맥을 2007년 6월 12일 혼파하고 40일 정도가 경과한 후의 양상이다. 호맥의 경우 초기생육이 매우 왕성하여 잡초발생 억제력이 높지만 헤어리벳치의 경우는 잡초발생이 많았다.



그림 7. 월동전 혼파시험구 생육양상

혼파처리별 월동전후의 건물중 변화는 표 19와 같다. 월동전 건물수량은 호맥단파구 대비 혼파 2:1과 1:1처리구에서 12%, 9%가 높았다. 월동 후에는 혼파구 모두 13~37%까지 증수효과가 나타났는데(표 20) 이는 월동율이 낮은 헤어리벳치가 호맥을 지주로 삼고 성장하여 혼파시 수분공급, 수광을 증대로 보다 양호한 성장특성을 보였기 때문으로 여겨진다. 하지만 헤어리벳치를 단파 할 경우는 월동전에 호맥을 대비하여 53%였던 녹비수량이 상대적으로 월동후 14%에 불과하여 헤어리벳치는 혼파에 의한 월동율 향상과 성장증대 효과가 아주 크게 나타남을 알 수 있다(그림 8)

표 19. 혼파후 월동전까지의 녹비 건물중 변화(2007)

혼파 처리	시기별 변화(g/m <sup>2</sup> )						녹비수량 (kg/10a)	지수
	15일후(6.26)		40일후(8.21)		70일후(10.12)			
	건물중	건물율	건물중	건물율	건물중	건물율		
호맥 단파	176	20.4%	381	22.1	781	39.3	781	100
혼파 2:1	241	21.6	394	24.7	871	38.0	871	112
혼파 1:1	218	21.1	455	23.2	852	34.2	852	109
혼파 1:2	198	21.3	416	23.9	686	31.0	686	88
헤어리벳치 단파	25	20.4	56	25.6	414	27.9	414	53

표 20. 혼파처리시 월동후 수잉기 녹비 건물수량(2008)

혼파 처리	생물중 (kg/20m <sup>2</sup> )	건물중 (kg/20m <sup>2</sup> )	건물율 (%)	녹비수량 (kg/10a)	지수
호맥 단파	24.2	17.6	72.7	880	100
혼파 2:1	34.9	24.1	69.1	1,205	137
혼파 1:1	35.3	21.8	61.8	1,090	124
혼파 1:2	36.7	19.8	54.0	990	113
헤어리벳치 단파	12.2	2.5	20.5	125	14

\* '07. 6.17 파종, '08. 5. 27 수확



그림 8. 월동 후 수잉기 혼파시험구 생육양상

수잉기에 수확후 식물체 성분을 조사하며 양분량으로 환산한 결과(표 21), 혼파구의 경우 호맥단파보다 질소와 가리 공급량이 월동이 높게 나타났다.

표 21. 하계 녹비작물 혼파처리 시 월동 후 식물체 성분함량 및 양분량 환산(%)

혼파처리	T-N	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg/10a)
호맥 단파	1.19	0.21	0.10	1.59	0.47	10.5-4.1-14.0
혼파 2:1	1.75	0.44	0.15	2.01	0.46	21.1-5.5-24.2
혼파 1:1	1.87	0.62	0.17	1.95	0.45	20.4-4.9-21.3
혼파 1:2	2.03	0.47	0.20	2.22	0.55	20.1-5.5-22.0
헤어리벳치 단파	2.87	0.93	0.34	1.94	0.57	3.6-0.7-2.4

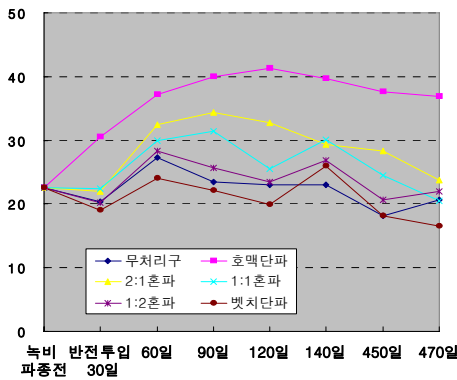
시험구내 생산된 녹비 전량을 조사한 후 반전투입하여(그림 9) 토양화학성 변화를 시기별로 조사하였다(그림 10). 시험전 토양화학성은 표 22와 같다.



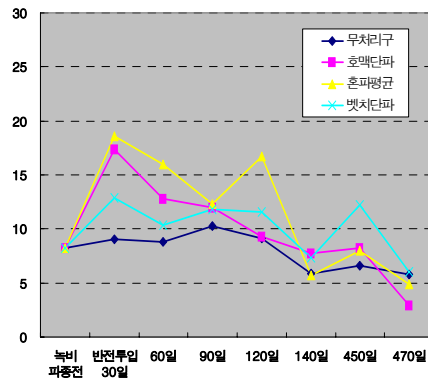
그림 9. 혼파시험구 녹비수량 조사 및 반전투입후 포장양상

표 22. 혼파시험전 토양화학성(2007)

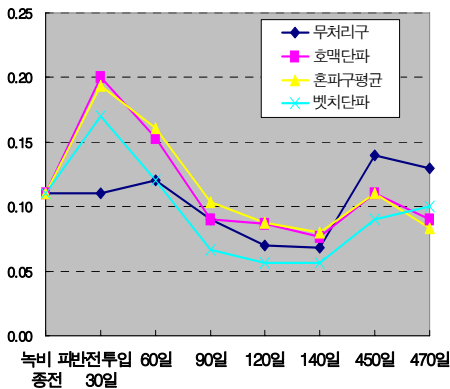
pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	(cmol <sup>(+)</sup> /kg)			NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)
				Ca	K	Mg		
5.5	0.11	22.5	342	3.1	0.7	0.9	5.28	2.95



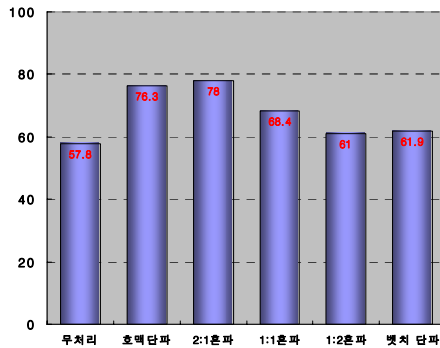
토양유기물(g/kg)



토양중 무기태질소(mg/kg)



토양EC(dS/m)



내수성입단화도(%)

그림 10. 혼파처리구 반전투입후 시기별 토양이화학성 변화

토양유기물 함량은 호맥단파구와 호맥 2:1처리구에서 높게 나타났고 토양EC는 호맥단파구와 혼파구의 평균값이 거의 일치하는 경향으로 혼파된 초종 중 호맥에 의해 보다 많은 영향을 받는 것으로 판단된다. 토양내 무기태질소 함량은 혼파구에서 높은 경향을 보였다. 내수성입단화도 역시 유기물 함량과 정비례하였다.

2008년 추진한 가을파종 시험에서 녹비작물의 수량은 표 23과 같다. 춘파 시험과 달리 혼파 자체로 수량증대 효과가 크게 나타나지는 않았다. 파종방법별로는 혼파 1:2 처리시 조파에서 527kg/10a, 산파할 경우 483kg/10a로 세조파가 훨씬 수량이 많았는데, 헤어리벤티치의 경우 동계 수분조건이 월동율에 미치는 영향이 매우 현저하여 그 차이가 더 많았다(그림 11, 12). 강원지역에서는 대부분 녹비종자가 산파 처리되므로 헤어리벤티치 보급 확대를 위해선 이에 대한 개선책이 필요하다고 본다. 파종시기별로는 춘파구에서 훨씬 건물수량이 많아 조기파종이 유리하다고 한 보고와 일치된 결론을 얻었다.

표 23. 가을파종시 혼파처리구의 녹비수량(2009)

혼파 처리	파종방법	생물중 (kg/3㎡)	건물중 (kg/3㎡)	건물율 (%)	녹비수량 (kg/10a)	지수
호맥 단파	조파	8.3	2.0	24.4	677	127
	산파	7.2	1.6	22.3	532	100
1:2 혼파	조파	8.0	1.6	19.8	527	99
	산파	6.5	1.5	22.5	483	91
벤티치 단파	조파	4.0	0.7	17.3	228	43
	산파	1.5	0.3	17.6	88	17

\* '08. 10. 2 파종, '09. 5. 14 수확



그림 11. 추파시 혼파구 생육양상



그림 12. 헤어리벤티치 조파(좌)와 산파(우)

추파시험구에서 수확된 녹비 식물체의 성분함량과 환산된 양분량은 표 24와 같다. 비록 수량은 호맥보다 낮았지만 헤어리벤티치를 조파할 경우 질소 양분량은 호맥단파구보다 상회하였다.

표 24. 식물체 성분함량(%) 및 양분량 환산

혼파 처리	파종방법	T-N	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg/10a)
호맥 단파	조파	1.10	0.20	0.12	1.88	0.31	7.4-2.1-12.7
	산파	0.90	0.17	0.12	1.86	0.26	4.8-1.4-9.9
1:2 혼파	조파	1.35	0.22	0.12	2.14	0.31	7.1-1.6-11.2
	산파	1.20	0.19	0.11	1.84	0.30	5.8-1.5-8.9
벳치 단파	조파	3.88	1.09	0.40	3.69	0.42	8.8-1.0-8.4
	산파	3.61	1.41	0.43	3.43	0.43	3.2-0.4-3.0

혼파처리에 따른 녹비전량을 토양에 반전투입한 후 시비를 하지 않고 팔을 재배한 결과 수량성은 표 25와 같다. 혼파하거나 헤어리베치를 단파 할 경우 호맥단파구에 비해 완전립 율도 높고 수량도 50~101%까지 높게 나타났는데 이는 호맥만 투입할 경우 질소기아 현상이 발생하여 비절 되었기 때문으로 보이며, 이는 혼파에 의한 질소공급이 매우 효과적인 방법임을 입증한다.

표 25. 녹비 반전투입후 작물재배 수량(2008)

혼파처리	백립중 (g)	완전립율 (%)	수량 (kg/10a)	지수
호맥단파	18.5	86.8	119	100
혼파 2:1	18.1	90.0	176	150
혼파 1:1	19.7	88.8	199	167
혼파 1:2	20.2	89.9	192	161
벳치단파	19.2	92.0	239	201

\* 단구제 각 시험구(2×10m) 전량수확



그림 13. 혼파시험구 반전투입 후 팔 재배 생육양상(좌: 호맥단파, 우 : 혼파구)

## 4. 적 요

- 가. 고랭지 채소 재배농가에서 콩을 윤작할 경우 수확 후 부산물을 전량 포장에 환원하거나 필요에 따라 반전투입하고 동계 녹비작물을 재배함으로써 토양 물리화학적 개선효과가 있었다.
- 나. 생산수급조절 및 휴경지 관리를 위한 반전투입과 녹비재배를 가정할 경우 10a당 양분 공급량은 질소 30.8, 가리 24.3kg이며, 콩 부산물 재투입시 질소 11.8, 가리 22.1kg로써 화학비료 절감에 효과적일 것이다.
- 다. 일반적으로 화분과 녹비는 질소가아현상 유발 위험이 있으나, 콩재배와 부산물환원에 의해 보완될 수 있을 것으로 판단된다.
- 라. 율동 후 입모율이 낮은 헤어리벤티와 농경지 투입작업이 어렵고 탄질율이 높아 부숙이 지연되고 질소가아현상이 우려되는 호맥의 문제점을 혼파함으로써 상호 보완이 가능하였다.
- 마. 호맥과 헤어리벤티 혼파시 상호 생육경합 없이 헤어리벤티의 수광율이 향상되어 건물수량이 증수되거나 대등한 경향이였다.
- 바. 녹비작물을 조기파종 할수록 건물수량 및 양분함량 증가로 혼파효과가 증대되었다.
  - 녹비 건물수량  
(‘07. 6월 파종) 호맥단파 880kg/10a, 혼파(1/2) 990, 베티단파 14  
(‘08.10월 파종) 호맥단파 532kg/10a, 혼파(1/2) 483, 베티단파 17
  - 혼파(1/2)시 양분공급량(kg/10a, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)  
(‘07. 6월 파종) 20.1-5.5-22.0 (‘08.10월 파종) 7.1-1.6-11.2
- 사. 세조파 파종방법이 유리하므로 녹비종자를 대부분 산파하는 강원도에서 개선이 필요하다. 혼파(1:2) 재배시 파종방법별 건물수량은 조파에서 527kg/10a, 산파에서 483kg/10였다.
- 아. 혼파구 반전투입 후 팔을 무비재배한 결과 호맥단파 대비 혼파구에서 50%이상 증수효과가 나타났다.

## 5. 인용문헌

- 농업과학기술원. 2001. 토양 및 식물체 분석법. 농촌진흥청
- 농촌진흥청. 2003. 제4판 농업과학기술 연구조사분석기준
- 작물시험장. 1999. 환경친화형 농경지 고도이용기술 학술심포지엄. 농촌진흥청
- 고령지농업시험장. 2001. 공익기능 향상을 위한 친환경 산지농업 개발 방향 학술심포지엄. 농촌진흥청
- 고령지농업연구소. 2006. 고령지농업분야 영농활용 자료집. 농촌진흥청
- 장경란, 손상목. 2000. 두과, 녹비작물 재배를 통한 유기농법 토양비옥도의 유지와 증진. 유기농업학회지 97~110
- 이효원, 박형수. 2002. 두과작물의 질소고정과 유기조사료 생산을 위한 작부체계. 유기농업

조선일보 2008. 1. 25일자. “콩의 반란”기획보도 기사

양재의 등 4인. 2001. 강원도 고랭지채소 재배지의 토양비옥도관리 현황과 전망. 토비지 34(1) : 1~7

작물시험장. 2002. 경기, 강원지역 맥류, 사료 및 녹비작물 작부체계 연구. 농촌진흥청

하건수 등 3인. 2002. 전작물을 이용한 지대별 친환경 작부체계 개발. 강원도농업기술원

작물과학원. 2005. 친환경 작물생산을 위한 녹비작물 발전방안 워크샵 자료

농업과학기술원. 2006. 겨울철 휴한기 녹비작물 윤작도입에 따른 양분공급 효과. 지도사업 반영자료

서종호 등 6인. 2000. 동계 녹비작물 초종별 화학성분 및 생산성 비교. 한초지 20(3) : 193~198

고령지농업연구소. 2006. 헤어리베치 토양환원에 의한 고랭지 무의 NPK 공급 효과. 지도사업반영자료

국립식량과학원. 2008. 발토양에서 헤어리베치와 호밀의 최대생산을 위한 혼파 비율. 지도사업반영자료

농업과학기술원. 2007. 작물 질소기아현상 억제를 위한 녹비작물 혼파 및 유기자원 혼용 효과. 지도사업반영자료

서종호, 이진모. 2004. 헤어리베치와 트리티케일의 혼파재배를 통한 동시 종자생산 기술체계. 작물시험연구논총 5 : 413~420

서종호 등 4인. 2000. 헤어리베치 녹비의 토양중 질소동태 및 옥수수에 대한 질소공급 효과. 작물시험연구논총 1 : 287~292

김종근 등 7인. 2002. 파종 및 수확시기가 호밀-헤어리베치 혼파의 사초수량과 품질에 미치는 영향. 한초지 22(4) : 241~246

김종근 등 7인. 2002. 파종방법 및 혼파비율이 호밀-헤어리베치 혼파시 사료가치 및 생산성 향상에 미치는 영향. 한초지 22(4) : 233~240

서종호 등 3인. 2000. 헤어리베치의 추파시기에 따른 녹비의 수량 및 질소량 변화. 한초지 45(6) : 400~404

서종호 등 4인. 2002. 논과 밭에서의 헤어리베치 녹비이용 효과. 작물시험연구논총 3 : 257~270

## 6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2009(5년차)	영농활용	○ 고랭지 콩 재배후 동계녹비작물 연계재배시 지력증진 효과 ○ 고랭지 녹비작물 초종간 혼파재배시 양분효율 증진효과

## 7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'07	'08	'09
책 임 자	환경농업연구과	농업연구사	김세원	세부과제 총괄	○	○	○
공동연구자	"	"	안문섭	사업추진 지원	○	○	○
"	"	"	최승출	사업추진 지원	○	○	○
"	"	"	임수정	사업추진 지원			○
"	"	농업연구관	강안석	연구평가 자문	○	○	○