

어젠다코드	2 - 10 - 29		구분	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	E02	작목구분코드	EE-02-EE2Z
과제종류	공동연구		세부사업(약어)	국책기술	
과제명	한반도 통일대비 북방지역 지력증진 및 경사지 포장관리 기술 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	이정태		농업연구사	국립식량과학원	
연구기간	2017 ~ 2020		참여연구기관	경기도원, 서울대학교	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
북방지역 옥수수 재배를 위한 풋거름 활용 기술 개발			환경농업연구과	최병곤	'17~'20
색인용어	북방지역, 지력증진, 풋거름작물				

## ABSTRACT

This study was conducted to select and utilize the northern region-adaptated green manure crops to increase the quantity of corn. Rye and hairy vetch were selected for the low-temperature green manure crops in the northern region of the country. To ensure enough growth of the green manure, seeding should be done as soon as possible to survive the winter. In order to increase the survival rate of green manure crops, seeding should be implemented before mid-september.

As hairy vetch has problems when the lowest temperature decreases, it is recommended to increase the amount of seeding amount when growing in the northern region. Rye shall be kept intact in the northern part of the country with a winter temperature of 2020~-40°C, but is weak for dryness after winter, so water, such as irrigation, must be controlled during the winter. Rye can be survive in the temperature as low as -20 ~ -40°C, so it is not a problem for wintering in the northern region. However, it is weak to dry during wintering. Therefore, water management such as watering should be done during the wintering. In 2018, rye and hairy vetch could supply 59% and 40% of the nitrogen recommended for the grain corn growth. In 2019, rye and hairy vetch could supply 23% and 82% of the nitrogen respectively, so the nitrogen replacement effect of hairy vetch was higher than rye. The growth of green manure crops is highly affected by weather conditions. Rye is strong at low temperatures, but hair berry is relatively high in droughts, so they need to be sowed mixed not to be damaged by drought and cold winters.

In January 2018, the lowest temperature in Cheorwon was -25.2°C, and the growth of hair rye was poor, but the growth of rye was good. As a result, the higher the ratio of rye seedlings, the more green manure was produced. The precipitation in Cheorwon in March and April 2019 was 51.3 mm, only 30% of 173.0 mm during the same period of 2018. As a result, the higher the ratio of hairy vetch, the higher the amount of nitrogen

production and corn grains. Rye should be moisturized during the incubation period from March to April. The green manure output of rye in 2019 did not increase with the amount of seeding due to dryness. But in 2019, green manure out of hairy vetch and gor grains increased with the amount of seeding.

## 1. 연구목표

북한의 식량사정은 여전히 어려운 상태에 있다. 여기에 대하여 여러 가지 원인을 열거할 수 있으나, 이중에 하나로 생산요소의 투입의 여력이 없어 약탈적으로 이루어지는 농업에 의해 낮아진 토양의 생산성 저하를 들 수 있다. 특히, 식량생산에서 밭의 중요성이 논 보다 높은 북한에서 밭의 지력 증진의 필요성은 높은 실정이다. 또한 남북의 통일을 대비하여 북한지역의 밭 토양의 지력을 증진시킬 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다.

현재 북한의 지력증진을 위하여 지원 가능한 유기질 비료로 농산부산물, 가축 분뇨를 들 수 있으나, 이러한 것들이 지원되기까지 여러 가지 걸림돌이 존재한다. 지력을 증진시키고 중요한 식량자원인 옥수수의 생산성을 증대시킬 수 있는 가장 쉽고 합리적인 방법은 북한에서 풋거름작물의 재배를 활성화시키는 것이다. 북방지역에서 풋거름재배가 활성화되기 위해서는 풋거름작물이 추운 북한 겨울을 넘길 수 있는지 실증되어야 한다.

이에 따라 본 연구 개발의 목표는 북방지역과 기후가 유사한 철원지역에서 북방지역의 저온에 적응하는 풋거름작목을 선발하는 것과 선발된 북방지역 저온적응 풋거름을 이용하여 옥수수의 생산성을 증대시킬 수 있음을 실증하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### (시험 1) 옥수수 재배를 위한 북방지역 풋거름 활용 연구

철원 인삼약초연구소의 시험포장을 이용하여 2017~2019년도, 3년에 걸쳐 북방지역의 저온에 적응하는 풋거름작물을 선발하고 이를 활용하는 연구를 실시하였다. 2017~2018년도에는 북방지역 저온에 적응하는 풋거름작물의 선발과 파종시기를 구명하기 위하여 풋거름작물로 호밀, 이탈리아 라이그라스, 녹비보리, 헤어리베치를 시험작물로 하였으며 파종시기는 2017년 9월 16일, 9월 26일로 하였다. 파종량은 10a 당 호밀 20, 이탈리아 라이그라스 5, 녹비보리 20, 헤어리베치 6 kg을 조파하였다. 풋거름작물의 토양환원은 2018년 5월 1일 실시하였고, 알곡옥수수는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 육성한 강일옥을 2018년 5월 15일 파종하였다. 알곡옥수수는 2018년 9월 15일에 수확하였다. 풋거름작물과 옥수수 시험구 배치는 난괴법에 따랐으며, 주요조사내용은 풋거름작물의 입모율, 풋거름작물의 생육 및 수량, 옥수수의 생육 및 수량, 시기별 토양화학적 성분 등이다. 2018~2019년도에는 선발된 호밀과 헤어리베치를 10a 당 각각 20, 6kg씩 파종하였다. 파종시기는 2018년 9월 16일에 조파하였으며, 풋거름작물의 토양환원은 2019년 5월 1일 실시하였고, 알곡옥수수는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 육성한 강일옥을 2019년 5월 15일 파종하였다. 알곡옥수수는 2019년 9월 15일에 수확하였다. 풋거름작물과 옥수수 시험구 배치는 난괴법에 따랐으며, 주요조사내용은 풋거름작물의 입모율, 풋거름작물의 생육 및 수량, 옥수수의 생육 및 수량, 시기별 토양화학적 성분 등이다.

## (시험 2) 풋겨름작물 생체량 증대기술 개발

철원 인삼약초연구소의 시험포장을 이용하여 2017~2019년도, 3년에 걸쳐 호밀과 헤어리베치 혼파에 의한 풋겨름 생체량의 증대에 관한 연구를 실시하였다.

2017~2018년도에는 호밀과 헤어리베치의 혼파량에 따른 풋겨름의 생체량 변화를 구명하였다. 혼파량은 10a 당 호밀 12kg+헤어리베치 2.4kg, 호밀 10kg+헤어리베치 3kg, 호밀 8kg+헤어리베치 3.6kg으로 하였다. 풋겨름작물은 2018년 9월 16일에 조파하였으며, 풋겨름작물의 토양환원은 2019년 5월 1일 실시하였고, 알곡옥수수는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 육성한 강일옥을 2019년 5월 15일 파종하였다. 알곡옥수수는 2019년 9월 15일에 수확하였다. 시험구 배치는 난괴법에 따랐으며, 주요조사내용은 풋겨름작물의 입모율, 풋겨름작물의 생육 및 수량, 옥수수의 생육 및 수량, 시기별 토양화학성 등이다.

2018~2019년도에는 직전년도의 혼파량을 변경하여 혼파량에 따른 풋겨름의 생체량 변화를 구명하였다. 혼파량은 10a 당 호밀 16kg+헤어리베치 1.2kg, 호밀 12kg+헤어리베치 2.4kg, 호밀 8kg+헤어리베치 3.6kg, 호밀 8kg+헤어리베치 3.6kg으로 하였다. 풋겨름작물 파종시기 및 파종방법은 2018년 9월 16일에 조파하였으며, 풋겨름작물의 토양환원은 2019년 5월 1일 실시하였고, 알곡옥수수는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 육성한 강일옥을 2019년 5월 15일 파종하였다. 알곡옥수수는 2019년 9월 15일에 수확하였다. 시험구 배치는 난괴법에 따랐으며, 주요조사내용은 풋겨름작물의 입모율, 풋겨름작물의 생육 및 수량, 옥수수의 생육 및 수량, 시기별 토양화학성 등이다.

풋겨름작물의 파종량에 따른 풋겨름 생체량의 변화는 2018~2019년도에 실시하였다. 풋겨름파종량은 10당 호밀은 10kg, 20kg(권장 파종량), 40kg으로, 헤어리베치는 3kg, 6kg(권장 파종량), 12kg으로 하였다. 풋겨름작물은 2018년 9월 16일에 조파하였으며, 풋겨름작물의 토양환원은 2019년 5월 1일 실시하였고, 알곡옥수수는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 육성한 강일옥을 2019년 5월 15일 파종하였다. 알곡옥수수는 2019년 9월 15일에 수확하였다. 풋겨름작물과 옥수수 시험구 배치는 난괴법에 따랐으며, 주요조사내용은 풋겨름작물의 입모율, 풋겨름작물의 생육 및 수량, 옥수수의 생육 및 수량, 시기별 토양화학성 등이다.

## 3. 결과 및 고찰

### (시험 1) 옥수수 재배를 위한 북방지역 풋겨름작물 활용 연구

#### 가. 북방지역 저온적응 풋겨름작물 선발 및 파종시기 구명('17~'18, 철원)

북방지역의 저온에 적응하는 풋겨름작물을 선발하기 위하여 호밀, 이탈리아 라이그라스, 녹비보리, 헤어리베치를 파종하여 월동 전과 토양환원기의 생초생산량을 조사한 결과, 2017년 9월 16일 파종하는 경우 월동 전에는 호밀이 1,950kg/10a 로 생초생산량이 가장 많았으며, 다음으로 녹비보리(1,475kg/10a), 이탈리아 라이그라스(728kg/10a) 순이었으며, 헤어리베치가 265kg/10로 가장 적었다. 그러나 2018년 5월 1일 토양환원기에 생초생산량을 조사한 결과는 호밀이 3,586kg/10a로 가장 많았고, 다음으로 헤어리베치가 952kg/10a로 많았다. 월동 전에 생초생산량이 많았던 녹비보리와 이탈리아 라이그라스는 각각 397, 251kg/10a로 오히려 생초생산량이 감소하는 것으로 조사되었다. 이는 이탈리아 라이그라스와 녹비보리의 최저생육온도가 높아 1월 평균 최저기온이  $-9^{\circ}\text{C}$  이하가 지속되면

동해가 발생하기 때문이다. 2017년 9월 26일 파종처리에서도 9월 16일 파종처리와 같은 결과를 보였으나 파종이 늦어지면 생초생산량이 낮아졌다. 이를 통하여 북방의 저온에 적응하는 풋거름작물로 호밀과 헤어리베치를 선발하였다(표 1).

표 1. 파종기에 따른 풋거름작물 생산량

파종	풋거름작물	생초생산량(kg/10a)	
		월동 전('17.10.23.)	토양환원기('18.4.30.)
9.16.	호밀	1,950	3,586
	이탈리안	728	251
	녹비보리	1,475	397
	헤어리베치	265	952
9.26.	호밀	617	2,630
	이탈리안	168	71
	녹비보리	233	190
	헤어리베치	63	670

풋거름작물인 호밀, 이탈리안 라이그라스, 녹비보리, 헤어리베치를 2017년 9월 16일, 9월 26일 파종하여 월동 전(2017년 10월 23일)과 옥수수 파종 전 토양환원기(2018년 4월 30일)에 생초수량을 비교하였다. 월동 전과 토양환원기 생초생산량은 파종시기가 빠른 처리(9월 16일)가 늦은 처리(9월 26일) 보다 풋거름작물 모두에서 많았다. 이는 풋거름작물 가을 파종 시에는 파종시기가 빠를수록 월동 전 생육이 충분하게 되고, 이로 인하여 월동을 무사히 넘길 수 있기 때문이다. 그러므로 풋거름작물의 파종은 전작물의 생육이 끝나는 대로 파종하는 것이 좋으나, 생육기간이 긴 알곡옥수수는 북방 지역에서는 재배하는 경우에는 수확시기를 앞당기기에 어려운 점이 있으므로, 되도록 9월 중순이전에 알곡옥수수의 수확을 끝내고, 수확이 끝나는 뒤로 풋거름작물을 파종하는 것이 권장된다(표 1).

아래의 그림은 녹비보리, 이탈리안 라이그라스의 월동 전과 토양환원기의 생육상황을 나타낸 것으로, 월동 전에는 생육이 왕성하였으나, 월동 중에 동사 등으로 인해 토양환원기에 생육이 부진함을 볼 수 있다(그림 1).



그림 1. 풋거름작물의 월동 전과 토양환원기 생육 상황

뜻겨름작물의 토양환원기 양분함량을 비교한 결과, 파종시기에 따른 양분함량은 큰 차이를 보이지 않고, 뜻겨름작물의 종류에 따라 양분함량의 차이가 컸다. 헤어리베치의 양분함량이 그 외의 뜻겨름작물 보다 높은 것으로 분석되었는데, 이는 벼과 작물인 호밀, 이탈리아 라이그라스, 녹비보리와 콩과 작물인 헤어리베치의 차이에 의한 것이다. 주로 콩과 작물은 공중질소를 고정하는 능력이 있어 토양 내 질소 함량을 높여주기 때문에 예전부터 많이 심어왔던 뜻겨름작물로 대표적인 콩과 뜻겨름작물로는 자운영, 헤어리베치, 클로버류 등이 있다. 벼과 뜻겨름작물은 푸른 상태에서 토양에 섞어줌으로써 토양 내 유기물의 함량을 높이고 흡비력이 강하여 염류 집적이 많은 토양에서 염류 제거를 위하여 심는다. 대표적인 벼과 뜻겨름작물은 호밀, 보리, 귀리, 들묵새 등이 있다(표 2).

표 2. 뜻겨름작물 환원기 양분함량 비교('18.4.30.) (단위: %)

구분		T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
9.16. 파종	호밀	1.3	0.5	2.1	0.3	0.1
	이탈리안 라이그라스	2.7	0.8	2.7	0.6	0.2
	녹비보리	2.6	0.7	2.2	0.4	0.2
	헤어리베치	3.9	0.8	2.9	1.4	0.3
9.26 파종	호밀	1.3	0.5	2.0	0.2	0.1
	이탈리안 라이그라스	3.2	0.7	3.4	0.5	0.2
	녹비보리	2.1	0.6	2.5	0.3	0.2
	헤어리베치	4.0	0.8	2.9	1.5	0.3

10a 당 뜻겨름작물별 토양환원기의 양분생산량은 호밀이 가장 많았으며, 이는 생초수량이 많았기 때문이다. 그 다음으로 헤어리베치가 많았다. 파종시기에 따른 양분생산량은 모든 뜻겨름작물에서 9월 중순이 9월 하순 보다 많아 파종시기가 빠를수록 토양환원기의 양분생산량이 많아짐을 알 수 있으며, 이는 파종시기가 빨라질수록 월동 전 생육기간이 충분하여 월동 후 생육이 왕성해지기 때문이다(그림 2).

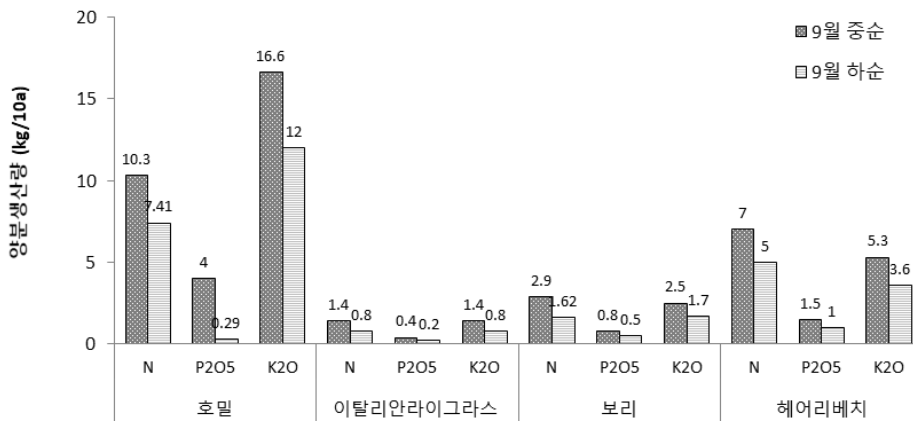


그림 2. 뜻겨름작물별 토양환원기 양분생산량 비교('18.4.30)

뜻겨름작물별 C/N율은 호밀이 34:1, 이탈리아 라이그라스·녹비보리는 13:1, 헤어리베치는 11:1로 분석되었다. 콩과 뜻겨름작물의 C/N율은 20:1 이하로 낮아서 분해가 잘되기 때문에 뒷그루 작물의 초기 생육을 촉진시키는 효과가 있으며, 벼과 뜻겨름작물의 C/N율은 20:1 이상으로 높아서 분해가 느리고 토양 중 유기물을 증대시켜 지력을 증진시킨다. 이에 따라 복합과 같이 토양의 양분과 유기물이 부족한 곳에서는 토양에 직접적으로 양분을 공급할 수 있는 콩과 뜻겨름작물과 토양에 유기물을 공급할 수 있는 벼과 뜻겨름작물을 함께 재배하여 둘을 함께 공급할 수 있는 것이 좋다(그림 3).

뜻겨름작물별 토양환원 후 질산태질소 함량의 변화는 아래의 그림과 같다. 토양환원 후 높아진 질산태질소 함량이 호밀에서는 급속히 감소되지만 헤어리베치에서는 환원 후 120일 까지 서서히 감소하여 옥수수에게 양분을 생육기간 중에 지속적으로 공급할 수 있는 것으로 분석되었다(그림 4).

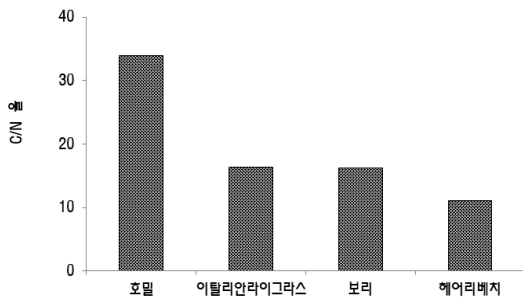


그림 3. 뜻겨름작물 C/N 율('18.)

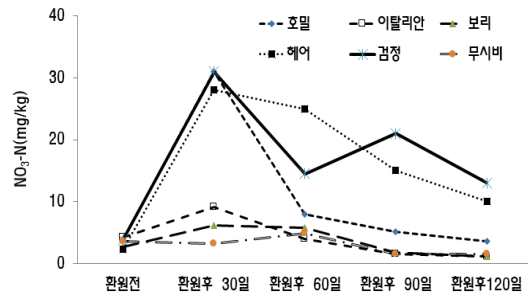


그림 4. 환원 후 질산태질소 함량 변화('18)

시험 실시 전과 후의 토양화학성의 변화를 조사하였다. pH는 시험 전에 비하여 시험 후에 모든 뜻겨름작물에서 높아지고 있으며, 유기물함량은 시험 전에 비하여 호밀 이외의 작물에서 낮아졌으나 호밀에서만 높은 것으로 나타나, 호밀의 높은 C/N율에 기인한 것으로 보인다(표 3).

표 3. 시험 전·후 토양화학성 변화('17.9.16. 파종)

구 분	pH	EC	O.M	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)		(cmol <sup>+</sup> /kg)		(mg/kg)
시험 전	6.2	0.3	22.4	5.2	0.3	1.3	432
호밀	6.4	0.2	27.0	5.0	0.5	1.1	404
이탈리아	6.5	0.2	19.0	5.1	0.4	1.2	453
녹비보리	6.5	0.2	21.8	6.0	0.4	1.2	407
헤어리베치	6.6	0.2	21.0	6.2	0.4	1.2	402
검정시비	6.6	0.2	18.7	6.7	0.3	1.3	376
무시비	6.6	0.2	17.3	6.4	0.3	1.3	367

지금까지의 연구결과로 북방지역에서 저온에 적응할 수 있는 뜻겨름작물로 토양환원기 생체량과 양분생산량이 많은 호밀과 헤어리베치를 선발하였다. 파종은 빠를수록 좋으며, 적어도 9월 상순 이전에 실시하여야 월동 전 생육이 충분히 이루어져 월동에 문제가 없으며 이듬해 토양환원기에 충분한 생육이 이루어질 수 있다.

#### 나. 북방지역 저온적응 풋거름작물의 연차별 생산성 검토

풋거름작물의 생육은 기상에 영향을 많은 영향을 받는 것으로 보고되고 있으며, 북방지역의 추운 겨울에 적응할 수 있는 풋거름작물로 선발된 호밀과 헤어리베치의 연차별 생초수량도 월동 중 최저기온과 재생기의 강우량에 따라 변이가 많은 것으로 조사되었다. 2018년도에는 호밀의 생육이 양호하였으나 헤어리베치의 생육은 부진하였다. 이는 철원지역의 2018년 1월의 최저기온이  $-25.2^{\circ}\text{C}$  로 최저 생육온도가  $-20\sim-40^{\circ}\text{C}$ 인 호밀에 비하여  $-15\sim-26^{\circ}\text{C}$ 인 헤어리베치가 상대적으로 월동 중 추위에 영향을 많이 받아 월동 후 생육이 부진하였다. 2019년도에는 2018년도와는 다르게 헤어리베치의 생육은 양호하였으나 호밀의 생육은 불량하였다(그림 5). 이는 철원지역의 2019년도 3~4월의 강수량이 51.3mm로 적어 가뭄으로 인한 영향으로 여겨진다. 벼과 작물인 호밀은 내습성이 강한 반면에 가뭄에 약하고, 헤어리베치는 내습성이 약한 반면에 가뭄에 강한 특성이 있어 풋거름작물의 재생기인 3~4월의 강수량이 이들의 생육에 큰 영향을 주었을 것으로 여겨진다(표 4).

북방지역에서 풋거름작물을 재배하는 경우에는 최근에 증가하고 있는 봄 가뭄의 발생빈도와 추운 북방지역의 겨울을 감안하여야 한다. 호밀은 월동가능 온도가  $-20\sim-40^{\circ}\text{C}$ 로 북방지역 월동에 문제가 없으나 월동 후 생육 시 건조에 약하므로, 월동 후 생육기에 관수 등 수분관리를 하여야 한다. 헤어리베치는 최저기온이 낮아지면 월동에 문제점이 발생하므로 북방지역 재배 시에는 파종량을 늘리는 것이 좋다.

표 4. 풋거름작물 월동 및 생장기 철원지역의 기상정보

연도	1월 최저기온( $^{\circ}\text{C}$ )	1월 평균 최저기온( $^{\circ}\text{C}$ )	3~4월 평균기온( $^{\circ}\text{C}$ )	3~4월 강수량(mm)
2018	-25.2	-13.3	8.7	173.0
2019	-17.1	-12.5	7.2	51.3

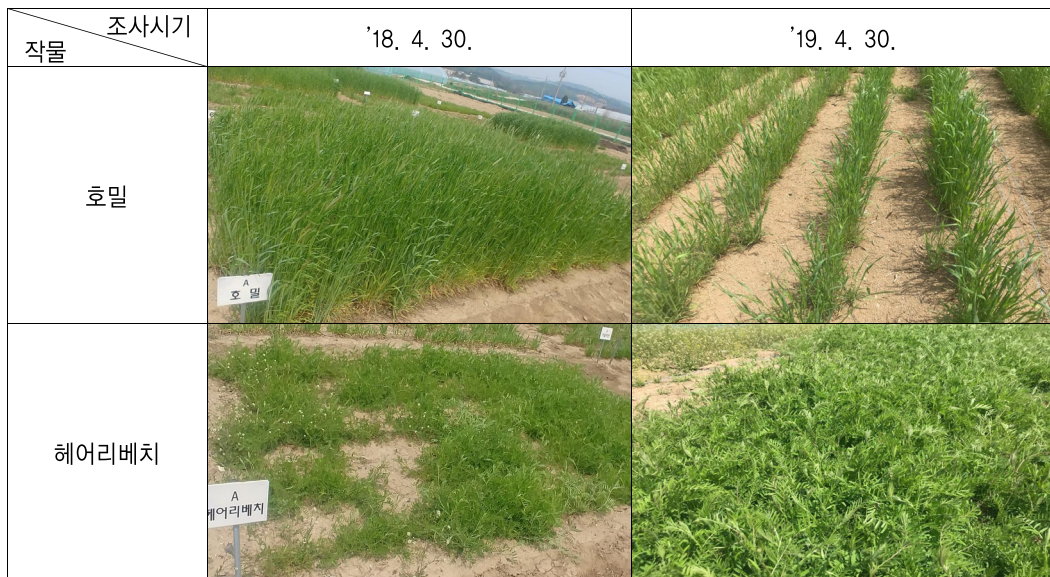


그림 5. 연차별 토양환원기의 풋거름작물 생육양상

철원지역에서의 호밀, 헤어리베치의 토양환원기 호밀과 헤어리베치의 생산량을 아래의 표5와 같다. 헤어리베치는 2018년도 겨울의 낮은 최저기온으로 인해 생육이 부진하였고, 호밀은 2019년도의 봄 가뭄으로 인해 생육이 부진하여, 연차별 생육이 기상여건에 따라 큰 변이를 보이는 것으로 나타났다(표 5).

표 5. 연차별 풋겨름작물 생산량

연도	호밀(kg/10a)		헤어리베치(kg/10a)	
	생초	건물	생초	건물
2018	3,580	790	950	182
2019	1,090	240	1,887	340

연차별 호밀, 헤어리베치의 토양환원기의 양분생산량도 기후에 따라 변이가 큰 것으로 나타나, 2018년도에는 호밀이, 2019년도에는 헤어리베치의 생육이 양호하여 양분생산량이 많았다. 2018년도 호밀의 양분생산량(kg/10a)은 N-P-K = 10.3-4.0-16.6으로 알곡용 옥수수 권장시비량인 N-P-K = 17.4-3.0-6.9의 질소는 57%, 인산은 133%, 칼리는 241% 공급이 가능하고, 2019년도 헤어리베치의 양분생산량(kg/10a)은 N-P-K = 14.3-2.6-9.1로 알곡용 옥수수 권장시비량기준으로 질소는 82%, 인산은 87%, 칼리는 132% 공급이 가능한 것으로 분석되었다(표 6).

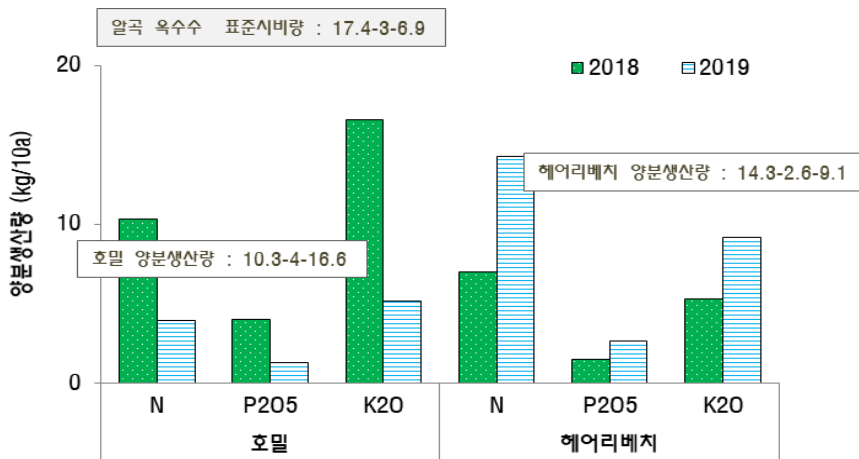


그림 6. 연차별 풋겨름작물 양분생산량

풋겨름작물의 생육에 따라 양분 공급량의 변이가 큰 것으로 조사되어, 호밀의 경우 생육이 왕성하였던 2018년도에는 질소 권장 표준시비량의 59%를 충족시켰으나, 생육이 불량하였던 2019년도에는 23%에 불과하였다. 헤어리베치의 경우에도 생육이 왕성하였던 2019년도에는 질소 권장 표준시비량의 82%를 충족할 수 있었으나, 생육이 불량하였던 2018년도에는 40%에 불과하였다. 전술한 바와 같이 풋겨름작물은 기후의 영향을 많이 받기 때문에, 가뭄에 강한 콩과 풋겨름작물인 헤어리베치와 추위에 강한 벼과 풋겨름작물인 호밀을 혼작하는 것이 기상여건에 의한 양분생산량의 편차를 최소화할 수 있어 옥수수의 생육에 필요한 양분을 안정적으로 공급할 수 있을 것이다(표 6).

표 6. 옥수수알곡 표준시비량(권장) 대비 풋거름작물에 의한 양분공급

연도	작물	질소(%)	인산(%)	칼리(%)	비고
2018	호밀	59	133	241	* 알곡용옥수수 표준시비량(권장) - 17.4-3.0-6.9
	헤어리베치	40	42	77	
2019	호밀	23	43	75	
	헤어리베치	82	87	132	

풋거름을 토양에 환원한 후의 토양 화학성의 변화를 살펴보았다. 토양 환원 전과 토양환원 150일의 유기물함량(g/kg)의 변화는 검정시비 23.9 → 22.3(1.4 감소), 무시비 22.4 → 21.2(1.2 감소), 호밀 24.2 → 23.4(0.8 감소), 헤어리베치 21.1 → 20.6(0.5 감소)로 나타나 검정시비와 무시비에 비하여 헤어리베치와 호밀을 토양환원 하는 것이 유기물 함량의 감소가 적었다. 호밀의 경우 토양 중 유기물 공급과 토양 물리성 개선에 효과적이어서 장기적인 지력증진에 효과적인 것으로 알려져 있으나, 호밀의 유기물함량 감소가 헤어리베치 보다 큰 것으로 나타났다. 이는 2019년도에는 가뭄에 의하여 호밀의 생초생산량이 절대적으로 부족한 것에서 기인한 것으로 판단된다. 환원 15일 경과 후의 질산태질소 함량(mg/kg)은 검정시비에서 16.8, 헤어리베치에서 16.3, 호밀에서 6.1로 분석되었다. 환원 15일 후의 질산태질소 공급량은 헤어리베치와 검정시비에서는 큰 차이를 보이지 않았으나, 호밀에서 낮은 것은 2019년도 호밀의 생초생산량이 적었기 때문으로 판단된다(표 7).

표 7. 시기별 토양화학성 변화('19. 4. 30. 토양환원)

구 분	처리내용	pH	EC	O.M	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol <sup>+</sup> /kg)			(mg/kg)		
호 밀	-	6.6	0.1	24.2	5.2	0.4	1.3	222	1.0	4.4
	환원 후 15일	6.4	0.2	23.0	5.1	0.4	1.3	140	6.1	1.3
	환원 후 40일	6.5	0.2	22.7	5.7	0.5	1.4	239	5.7	3.8
	환원 후 100일	6.5	0.2	20.9	5.1	0.2	1.1	243	2.6	3.2
	환원 후 150일	6.6	0.2	23.4	5.5	0.3	1.3	293	1.2	3.0
헤어리 베 치	-	6.7	0.2	21.1	5.5	0.4	1.4	179	1.0	3.4
	환원 후 15일	6.3	0.3	20.8	5.4	0.4	1.4	195	16.3	2.1
	환원 후 40일	6.4	0.3	20.7	6.4	0.5	1.5	362	11.7	4.2
	환원 후 100일	6.6	0.2	20.1	5.2	0.3	1.1	277	-	-
	환원 후 150일	6.7	0.2	20.6	5.9	0.3	1.3	341	1.4	2.9
검정시비	-	6.5	0.2	23.9	4.6	0.5	1.2	794	9.7	3.9
	환원 후 15일	6.2	0.4	22.5	5.1	0.5	1.2	151	16.8	3.3
	환원 후 40일(추비)	6.3	0.7	23.1	7.6	0.8	1.7	396	42.0	5.5
	환원 후 100일	6.4	0.2	22.0	4.6	0.3	0.9	196	2.3	0.9
	환원 후 150일	6.6	0.2	22.3	5.5	0.4	1.2	299	1.5	2.0
무 시 비	-	6.6	0.2	22.4	4.8	0.1	1.2	678	7.4	3.2
	환원 후 15일	6.4	0.2	19.6	5.1	0.4	1.2	148	10.5	1.3
	환원 후 40일	6.5	0.3	21.8	6.1	0.4	1.5	277	8.6	4.2
	환원 후 100일	6.6	0.2	21.5	5.0	0.2	1.1	196	1.3	1.3
	환원 후 150일	6.6	0.2	21.2	5.1	0.3	1.2	286	0.5	1.9

연차별 풋거름작물 재배에 따른 옥수수 알곡 수량을 표 8에 나타내었다. 2018년도에는 옥수수 생육 기간 중의 이상고온으로 생육이 부진하여 모든 처리에서 옥수수 알곡의 수량이 낮았다. 검정시비의 옥수수 알곡 수량과 비교하여 2018년도에는 헤어리베치 4%, 호밀 8% 감소되었으며, 2019년도에는 헤어리베치 10%, 호밀 27% 감소되어, 헤어리베치가 토양 중 양분공급이 많음을 알 수 있다. 호밀의 경우에는 알곡생산 능력이 헤어리베치에 비하여 낮지만, 토양 중 유기물공급과 토양물리성개선 효과에 의해 장기적인 지력증진에 효과적이다. 화학비료를 투입하는 검정시비에 비하여 유기물 자원을 투입한 호밀, 헤어리베치 후작 옥수수재배의 경우 수량이 감소하는 것은 풋거름작물 재배만으로는 옥수수 생육에 필요한 양분함량의 충분히 공급할 수 없다는 것을 나타내는 것으로, 양분의 부족분은 화학비료의 시비로 채워주어야 한다. 현재 비료공급이 불충분한 북한의 농업사정을 고려할 때, 호밀, 헤어리베치의 재배 활성화는 북한의 비료공급 부족을 완화시켜 주고 식량생산의 증대로 이어질 것이다(표 8, 그림 7).

표 8. 연차별 풋거름작물 재배에 따른 옥수수 알곡 수량 (단위: kg/10a)

년도	무시비	검정시비	호밀	헤어리베치
2018	396	616	565	589
2019	433	787	575	707

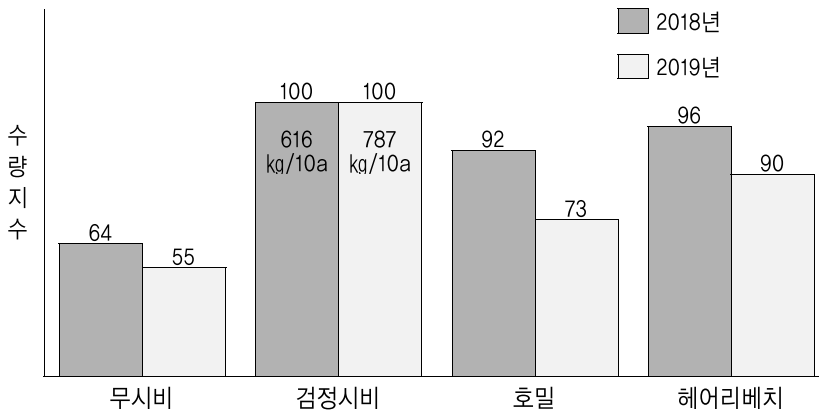


그림 7. 풋거름작물 재배에 따른 연차별 옥수수 알곡 수량성 비교



그림 8. 처리별 옥수수 이삭('19. 9.)

## (시험 2) 풋겨름작물 생체량 증대기술 개발

### 가. 풋겨름 작물의 혼파량에 따른 풋겨름 생초수량 및 옥수수 알곡수량 변화(2017~2018)

풋겨름작물 재배시 생초수량을 늘리기 위해서 콩과 작물과 벼과 작물의 혼파가 권장되고 있다. 이에 따라 북방지역 저온 적응 풋겨름작물로 선발된 벼과 작물인 호밀과 콩과 작물인 헤어리베치를 이용하여 파종 시 혼파량을 설정하고자 하였다. 2017~2018년 연구결과, 호밀의 파종량이 많아질수록 생초생산량이 많아져 호밀 12kg+헤어리베치 2.4kg/10a 파종시 생초생산량이 3,812kg/10a로 조사되었으나, 토양환원기의 풋겨름의 질소함량은 헤어리베치의 파종량이 많아질수록 높아, 호밀 8kg+헤어리베치 3.6kg/10a 파종 시 질소 성분 함량이 1.9% 로 가장 높았다. 이는 콩과 작물인 헤어리베치의 질소성분 함량이 높은 것에서 기인한 것이다. 질소성분 외의 양분함량은 혼파량에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다(표 9, 10).

표 9. 혼파량에 따른 풋겨름작물 토양환원기 생체량 및 건물생산량('18.4.30.)

혼파량 (kg/10a)	생초생산량 (kg/10a)	건물생산량 (kg/10a)
호밀 8: 헤어리베치 3.6	2,471	484
호밀 10: 헤어리베치 3.0	3,533	742
호밀 12: 헤어리베치 2.4	3,812	821

표 10. 풋겨름작물 환원기 양분함량 비교('18.4.30.) (단위: %)

혼파량 (kg/10a)	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
호밀 8: 헤어리베치 3.6	1.9	0.7	2.1	0.3	0.1
호밀 10: 헤어리베치 3.0	1.5	0.7	2.1	0.3	0.1
호밀 12: 헤어리베치 2.4	1.4	0.6	2.2	0.3	0.1

2017~2018년도에는 호밀의 혼파량이 높아질수록 토양환원기 풋겨름의 양분생산량도 높아지는 결과를 얻었다. 이는 헤어리베치의 생육이 부진함에 따라 헤어리베치의 혼파량이 높아지더라도 풋겨름의 양분생산량에 미치는 영향은 적었고, 반면에 호밀의 생육이 왕성함에 따라 호밀의 파종량이 높을수록 생초생산량이 많아지고 이는 양분생산량이 높아지는 결과로 이어지는 것으로 나타났다. 호밀 12: 헤어리베치 2.4 혼파 시의 양분생산량(kg/10a)은 N-P-K = 11.5-4.9-18로 알곡용 옥수수 권장 표준시비량(kg/10a) 대비 질소는 66%, 인산은 163%, 칼리는 261%를, 호밀 10: 헤어리베치 3.0 혼파 시의 양분생산량(kg/10a)은 N-P-K = 11.1-5.2-15.6로 알곡용 옥수수 권장 표준시비량(kg/10a) 대비 질소는 64%, 인산은 173%, 칼리는 266%를 공급할 수 있으며, 호밀 8: 헤어리베치 3.6 혼파 시의 양분생산량(kg/10a)은 N-P-K = 9.2-3.4-10.2로 알곡용 옥수수 권장 표준시비량(kg/10a) 대비 질소는 53%, 인산은 113%, 칼리는 143%를 공급할 수 있었다(그림 9, 표 11).

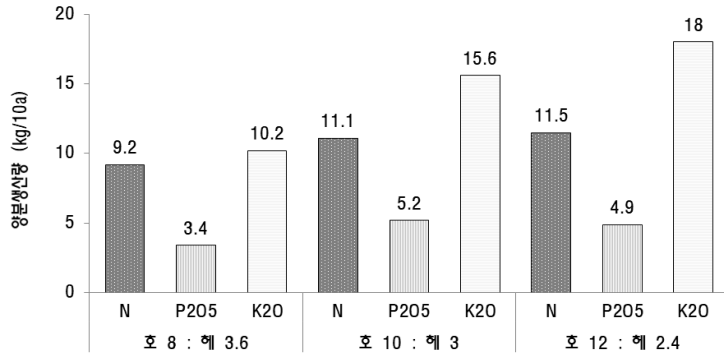


그림 9. 혼파비율별 토양환원기 양분생산량

표 11. 풋거름작물 혼파량에 따른 풋거름작물의 양분공급(2017~2018)

혼파량 (kg/10a)	질소 인산 칼리			비고
	질소	인산 (%)	칼리	
호밀 8:헤어리베치 3.6	53	113	148	* 알곡용옥수수 표준시비량(권장) - 17.4-3.0-6.9
호밀 10:헤어리베치 3.0	64	173	226	
호밀 12:헤어리베치 2.4	66	163	261	

토양환원기의 양분생산량은 호밀의 혼파량이 높을수록 많았으나, 옥수수 알곡수량은 호밀 10:헤어리베치 3.0 혼파에서 612kg/10a로 가장 많은 것으로 조사되었다. 풋거름 토양환원 후 시간경과에 따른 토양 중 질산태 질소의 함량은 호밀 8:헤어리베치 3.6에서 다른 혼파처리보다 전 기간에 걸쳐 높은 경향을 보였다. 이는 호밀 8:헤어리베치 3.6, 호밀 10:헤어리베치 3.0 혼파에서 토양환원기 풋거름의 C/N율이 호밀 1.2:헤어리베치 2.4 혼파보다 낮은 결과로 인한 것으로 판단된다(표 12, 그림 11, 12).

표 12. 풋거름작물 혼파량별 옥수수 생육('18.9.)

혼파 (kg/10a)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	이삭폭 (mm)	알곡수량 (kg/10a)
호밀 8:헤어리베치 3.6	15.6	13.5	41.8	597
호밀 10:헤어리베치 3.0	16.1	14.2	42.0	612
호밀 12:헤어리베치 2.4	15.4	13.4	41.8	590



그림 10. 처리별 옥수수 이삭

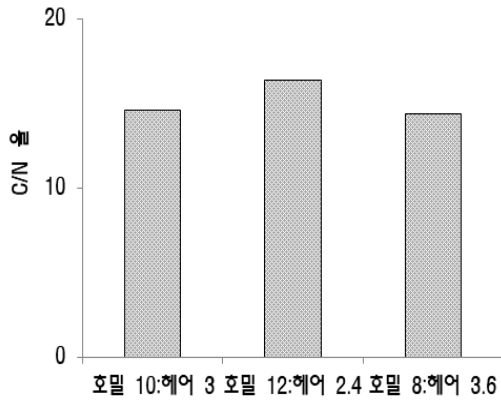


그림 11. 풋거름작물 혼파량별 C/N율

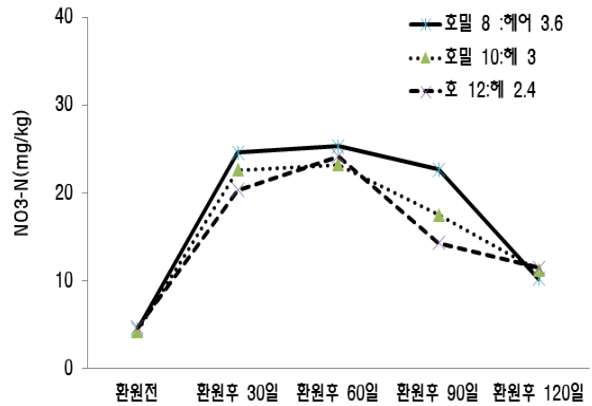


그림 12. 풋거름 환원 후 질산태질소 함량

표 13. 시험 전·후 토양화학성 변화 (풋거름작물 '17.9월 중순 파종)

혼파량 (kg/10a)	pH	EC	O.M	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)		(cmol <sup>+</sup> /kg)		(mg/kg)
시험 전	6.2	0.3	22.4	5.2	0.3	1.3	432
호밀 8: 헤어리베치 3.6	6.6	0.2	23.8	6.0	0.4	1.3	476
호밀 10: 헤어리베치 3.0	6.5	0.2	23.0	5.8	0.4	1.1	452
호밀 12: 헤어리베치 2.4	6.5	0.2	23.3	6.1	0.4	1.3	424

#### 나. 풋거름 작물의 혼파량에 따른 풋거름 생초수량 및 옥수수 알곡수량 변화(2019)

2018~2019년도에 실시된 벼과 작물인 호밀과 콩과 작물인 헤어리베치의 혼파량 설정을 위한 연구에서는 혼파량(kg/10a)을 호밀 4: 헤어리베치 4.8, 호밀 8: 헤어리베치 3.6, 호밀 12: 헤어리베치 2.4, 호밀 16: 헤어리베치 1.2 로 하였다. 호밀의 파종량이 많아짐에 따라 생초생산량이 많았던 2018년도와는 반대로 2019년도에는 헤어리베치의 파종량이 증가함에 따라 생초생산량이 증가하는 경향이 있었다. 생초생산량은 호밀 8: 헤어리베치 3.6 혼파에서 1,647kg/10a로 가장 높았으며, 혼파량별 풋거름작물의 양분함량은 호밀 4: 헤어리베치 4.8 혼파에서 질소 성분함량이 3.3%로 가장 많았다. 또한, 혼파량에 따른 풋거름의 양분성분 함량은 질소, 인산, 칼리 등 모든 분석항목에서 헤어리베치의 파종량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다(표 14, 15).

표 14. 풋거름작물 혼파량별 토양환원기 생초 및 건물생산량('19.4.30.)

혼파량 (kg/10a)	초장(cm)	생초생산량(kg/10a)	건물생산량(kg/10a)
호밀 4: 헤어리베치 4.8	53.5	1,538	289
호밀 8: 헤어리베치 3.6	54.5	1,647	323
호밀 12: 헤어리베치 2.4	53.0	1,517	309
호밀 16: 헤어리베치 1.2	56.7	1,043	221

표 15. 풋겨름작물 혼파량별 양분함량비교('19.4.30.)

(단위: %)

혼파량 (kg/10a)	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
호밀 4: 헤어리베치 4.8	3.3	0.6	2.9	1.6	0.41
호밀 8: 헤어리베치 3.6	2.7	0.7	3.1	1.1	0.35
호밀 12: 헤어리베치 2.4	2.6	0.7	2.8	1.0	0.33
호밀 16: 헤어리베치 1.2	1.7	0.5	2.2	0.5	0.28

이에 따라서 풋겨름작물의 혼파량별 양분생산량은(kg/10a)는 헤어리베치의 파종량이 높아짐에 따라 증가하여 호밀 4: 헤어리베치 4.8 혼파는 N-P-K=11.9-2.2-10.5, 호밀 8: 헤어리베치 3.6 혼파는 N-P-K=11.0-2.7-12.4, 호밀 12: 헤어리베치 2.4 혼파는 N-P-K=10.2-2.6-10.8, 호밀 16: 헤어리베치 1.2 혼파는 N-P-K=4.6-1.5-5.9 로 분석되었다(그림 13).

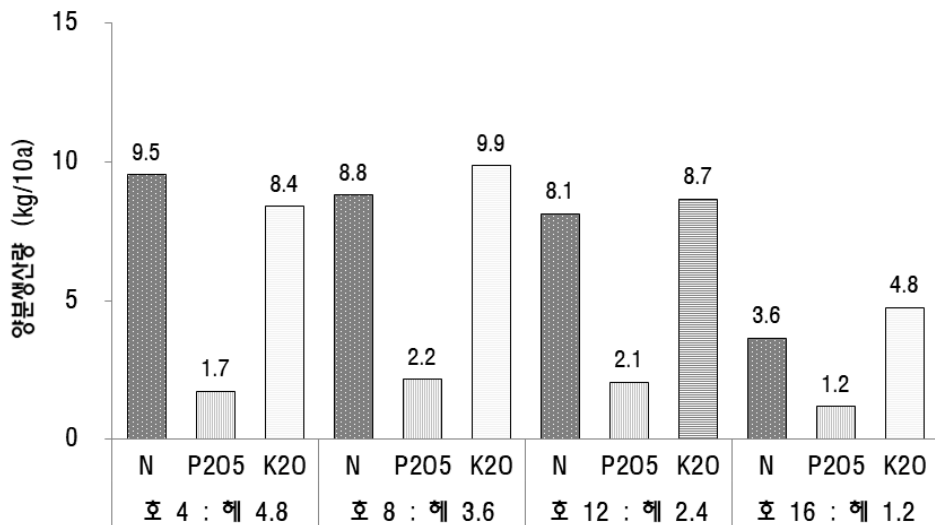


그림 13. 풋겨름작물 혼파량별 양분 생산량

풋겨름작물의 혼파량별 알곡 옥수수 생산량 또한 헤어리베치의 파종량이 증가할수록 많아지는 것으로 나타난다. 호밀 4: 헤어리베치 4.8 혼파는 617kg, 호밀 8: 헤어리베치 3.6 혼파는 609kg, 호밀 12: 헤어리베치 2.4 혼파는 523kg, 호밀 16: 헤어리베치 1.2 혼파는 536kg이었다(표 16, 그림14).

표 16. 풋겨름작물 혼파량별 옥수수 생육 ('19.9.)

혼파량 (kg/10a)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	이삭폭 (mm)	알곡수량 (kg/10a)
호밀 4: 헤어리베치 4.8	16.2	14.3	42.1	617
호밀 8: 헤어리베치 3.6	16.0	14.1	41.5	609
호밀 12: 헤어리베치 2.4	15.3	13.4	40.9	523
호밀 16: 헤어리베치 1.2	15.1	13.2	41.6	536



그림 14. 혼파량 옥수수 이삭 ('19. 9.)

토양 환원 전과 토양환원 150일의 유기물함량(g/kg)의 변화는 호밀 4:헤어리베치 4.8 혼파는 25.7 → 24.1(1.6 감소), 호밀 8:헤어리베치 3.6 혼파는 26.1 → 24.5(1.6 감소), 호밀 12:헤어리베치 2.4 혼파는 32.4 → 23.3(9.1 감소), 호밀 16:헤어리베치 1.2 혼파는 27.8 → 23.5(4.3 감소)로 나타나 헤어리베치의 파종비율이 높은 호밀 4:헤어리베치 4.8, 호밀 8:헤어리베치 3.6 혼파에서는 유기물 함량의 감소가 적었으나, 호밀의 파종비율이 높은 호밀 12:헤어리베치 2.4, 호밀 16:헤어리베치 1.2 혼파에서는 유기물 함량의 감소가 각각 9.1, 4.3으로 분석되었다. 이는 2019년도 가뭄에 의한 호밀 생초생산량이 절대적으로 부족한 것에서 기인한 것으로, 2019년도에는 호밀에 의한 토양 중 유기물 함량 증진 기여효과가 거의 없는 것으로 판단된다. 환원 15, 40일 경과 후의 질산태 질소 함량 (mg/kg)은 호밀 4:헤어리베치 4.8 혼파는 8.5, 8.3, 호밀 8:헤어리베치 3.6 혼파는 8.3, 10.6, 호밀 12:헤어리베치 2.4 혼파는 7.8, 8.7, 호밀 16:헤어리베치 1.2 혼파는 5.3, 6.6으로 분석되어, 질산태 질소의 함량 또한 헤어리베치의 파종량이 많아질수록 증가하는 경향이였다(표 17).

표 17. 시기별 토양화학성 변화('19.4.30. 토양환원)

혼파량 (kg/10a)	조사시기	pH	EC	O.M	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol <sup>+</sup> /kg)			(mg/kg)		
호밀 4: 헤어리베치 4.8	환원 시	6.6	0.1	25.7	5.0	0.4	1.2	145	1.1	2.1
	환원후 15일	6.2	0.2	23.4	4.5	0.4	1.0	98	8.5	1.7
	환원후 40일	6.3	0.2	23.1	5.5	0.4	1.3	193	8.3	4.5
	환원후 100일	6.5	0.1	23.7	4.3	0.3	0.9	132	0.7	2.7
	환원후 150일	6.6	0.1	24.1	4.9	0.4	1.1	247	2.4	2.0
호밀 8: 헤어리베치 3.6	환원 시	6.5	0.1	26.1	4.8	0.5	1.2	113	0.5	1.7
	환원후 15일	6.3	0.2	22.2	4.6	0.4	1.1	120	8.3	1.5
	환원후 40일	6.3	0.3	22.2	5.4	0.5	1.3	205	10.6	4.6
	환원후 100일	6.5	0.2	24.3	4.1	0.3	0.9	142	1.0	0.7
	환원후 150일	6.5	0.2	24.5	5.0	0.3	1.1	252	1.1	1.6
호밀 12: 헤어리베치 2.4	환원 시	6.6	0.1	32.4	5.0	0.4	1.3	187	1.4	3.3
	환원후 15일	6.3	0.2	21.1	4.8	0.4	1.1	127	7.8	2.2
	환원후 40일	6.3	0.2	23.0	5.8	0.5	1.3	1.97	8.7	5.2

훈파량 (kg/10a)	조사시기	pH	EC	O.M	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol <sup>+</sup> /kg)			(mg/kg)		
호밀 12: 헤어리베치 2.4	환원후 100일	6.4	0.2	26.0	4.0	0.3	0.9	132	1.4	1.9
	환원후 150일	6.6	0.3	23.3	5.3	0.4	1.1	273	1.4	3.0
호밀 16: 헤어리베치 1.2	환원 시	6.5	0.1	27.8	4.6	0.4	1.1	201	2.1	3.1
	환원후 15일	6.3	0.2	23.0	4.7	0.4	1.1	120	5.3	1.3
	환원후 40일	6.4	0.2	23.6	5.3	0.4	1.3	210	6.6	4.9
	환원후 100일	6.5	0.2	24.3	4.3	0.3	0.9	168	0.6	1.1
	환원후 150일	6.5	0.2	23.5	5.1	0.4	1.1	270	1.4	4.0

#### 다. 풋거름작물 파종량에 따른 풋거름 생초량 및 옥수수알곡 수량의 변화('19)

북방지역 저온 적응 풋거름작물로 선발된 호밀과 헤어리베치의 권장 파종량은 10a 당 각각 20kg, 6kg 이다. 그러나 이러한 권장 파종량은 남부지역을 기준으로 설정된 것으로, 겨울이 추운 북방 지역에서 재배하면 남부지역 보다 생초생산량이 감소할 가능성이 높아, 북방지역에 맞는 파종량의 설정이 필요하다. 이에 따라 호밀의 파종량(kg/10a)을 10, 20(권장 파종량), 40으로 하고, 헤어리베치의 파종량(kg/10a)을 3, 6(권장 파종량), 12로 하여 시험을 실시하였다. 헤어리베치는 파종량을 10a 당 3, 6, 12kg으로 증가시키면 생초생산량은 654, 1,639, 2,317kg/10a로 증가하여 파종량에 비례하여 증가하였다. 호밀은 파종량을 10a 당 10, 20, 40kg으로 증가시키더라도 생초생산량은 732, 1,191, 1,218kg/10a로 파종량의 증가에 따른 생초생산량의 증가는 미미하였다. 이는 전술한 바와 같이 철원지역의 봄 가뭄으로 인해 가뭄에 약한 벼과 작물인 호밀의 생육이 부진한 결과로 인한 것으로 판단된다(표 18).

표 18. 풋거름작물 파종량별 토양환원기 생체량 및 건물생산량('19.4.30.)

파종량 (kg/10a)	초장(cm)	생초생산량(kg/10a)	건물생산량(kg/10a)
호밀	10	50.7	732
	20	56.3	1,191
	40	60.3	1,218
헤어리베치	3	40.3	654
	6	45.3	1,639
	12	53.0	2,317

호밀과 헤어리베치의 파종량에 따른 풋거름 작물의 양분함량은 두 풋거름작물 모두 파종량에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(표 19).

표 19. 풋거름작물 파종량별 양분함량('19.4.30.) (단위: %)

파종량 (kg)	T-N	P2O5	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
호밀 10	1.5	0.6	2.4	0.4	0.2
호밀 20	1.6	0.5	2.3	0.4	0.2
호밀 40	1.6	0.6	2.1	0.5	0.3

파종량 (kg)	T-N	P2O5	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
헤어리베치 3	3.8	0.8	2.8	1.7	0.5
헤어리베치 6	3.4	0.6	2.9	1.8	0.5
헤어리베치 12	3.6	0.6	3.0	1.7	0.5

뜻겨름작물의 파종량별 양분생산량(kg/10a)은 호밀의 경우에는 파종량의 증가에 따라 양분생산량의 증가가 미미하였으나, 헤어리베치는 파종량의 증가에 따라 양분생산량도 비례하여 증가하였다(그림 15).

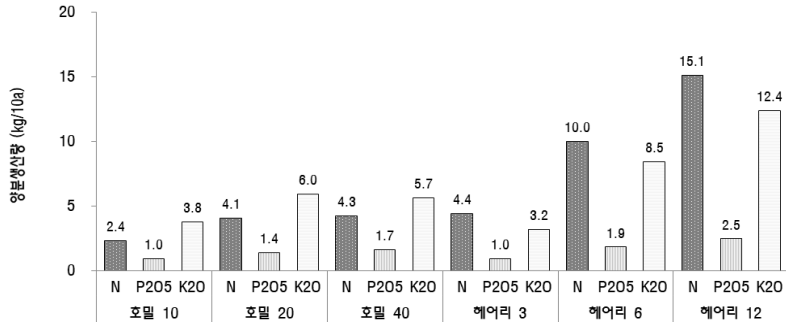


그림 15. 뜻겨름작물 파종량별 양분생산량

호밀의 파종량의 증가에 따라 옥수수 알곡의 수량(kg/10a)은 오히려 감소하였다. 헤어리베치는 파종량의 증가에 따라 옥수수 알곡의 수량(kg/10a)은 증가하였으나, 헤어리베치의 생초생산량이나 양분생산량에 비례하여 증가하지는 않는 것으로 나타났다(표 20).

표 20. 뜻겨름작물 파종량에 따른 옥수수알곡 수량의 변화('18.9.)

파종량 (kg)	이삭장(cm)	착립장(cm)	이삭폭(mm)	알곡수량(kg/10a)
호밀 10	15.5	13.7	42.2	639
호밀 20	15.0	13.4	41.2	532
호밀 40	15.2	13.4	42.1	568
헤어리베치 3	16.6	15.0	43.6	696
헤어리베치 6	16.8	15.2	44.6	726
헤어리베치 12	19.1	18.1	46.2	945



그림 16. 처리별 옥수수 이삭 ('19.9.)

표 21. 시기별 토양화학성 변화('19.4.30. 토양환원)

구 분(kg/10a)	조사시기	pH	EC	O.M	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)		(cmol <sup>+</sup> /kg)			(mg/kg)		
호밀	10	시험 전	6.8	0.1	25.8	5.2	0.4	1.3	207	1.0	3.7
		시험 후	6.7	0.2	25.7	5.3	0.4	1.2	212	1.5	2.4
	20	시험 전	6.7	0.1	24.8	5.3	0.5	1.3	258	1.0	3.4
		시험 후	6.8	0.1	24.6	5.7	0.4	1.3	239	0.3	1.9
	40	환원 시	6.8	0.1	24.6	5.2	0.4	1.3	170	1.0	3.3
		시험 후	6.8	0.2	24.0	5.3	0.3	1.2	217	0.8	3.2
헤어리 베치	3	시험 전	6.6	0.2	25.3	5.0	0.5	1.3	191	3.1	4.0
		시험 후	6.7	0.1	23.4	5.2	0.4	1.2	230	1.1	3.1
	6	시험 전	6.5	1.1	24.1	4.9	0.4	1.2	344	2.1	4.0
		시험 후	6.6	0.1	22.9	5.1	0.3	1.1	207	0.7	2.0
	9	시험 전	6.7	0.1	24.7	5.7	0.4	1.4	167	2.1	2.8
		시험 후	6.8	0.2	23.8	6.0	0.4	1.3	234	0.8	2.4

#### 4. 적 요

##### (시험 1) 옥수수 재배를 위한 북방지역 풋겨름작물 활용 연구

- 가. 북방지역 저온적용 풋겨름작물로 호밀과 헤어리베치를 선발하였다. 북방지역은 풋겨름작물 파종 후 생육기간이 짧기 때문에 가능한 빨리 파종하여 생육이 충분한 상태에서 겨울을 나아한다.
- 나. 풋겨름작물의 생존율을 높이기 위해서는 9월 중순 이전에 파종을 하여야 하며, 파종시기가 이룰수록 월동 후 토양환원기에 건물 생산량이 많아진다.
- 다. 헤어리베치는 최저기온이 낮아지면 월동에 문제점이 발생하므로 북방지역 재배시에는 파종량을 늘리는 것이 좋다. 호밀은 월동가능 온도가 -20~-40℃로 북방지역 월동에 문제가 없으나 월동 후 생육 시 건조에 약하므로, 월동 후 생육기에 관수 등의 수분관리를 하여야 한다.
- 라. 2018년도 호밀, 헤어리베치의 토양환원기 질소공급은 알곡옥수수 질소권장시비량의 59%, 40%를 각각 대체할 수 있었으며, 2019년도에는 23%, 82%를 각각 대체할 수 있어, 호밀 보다 헤어리베치의 질소 대체효과가 높았다.
- 마. 풋겨름작물의 생육은 기상여건에 영향을 많이 받는다. 벼과 풋겨름작물인 호밀은 저온에는 강하지만(호밀 최저 생육온도 -20~-40℃) 가뭄에 약하고, 콩과 풋겨름작물인 헤어리베치는 가뭄에는 강하지만 최저생육온도가(-15~-26℃) 상대적으로 높아 북방지역의 추운 겨울에 피해를 입을 수 있기 때문에 콩과와 벼과의 풋겨름작물을 혼파하여 재배의 안정성을 높여야 한다.

## (시험 2) 풋겨름작물 생체량 증대기술 개발

- 가. 풋겨름작물을 혼파하여 풋겨름 생초생산량을 늘리고자 하였다. 2018년 철원지역의 1월 최저 기온이  $-25.2^{\circ}\text{C}$ 로 헤어리베치 생육이 부진하였으나 호밀의 생육은 양호하였다. 이에 따라 호밀과 헤어리베치 혼파 시에 호밀의 파종비율이 높을수록 풋겨름 건물생산량이 많아지고, 혼파비율이 5:5 일 때 옥수수 알곡수량이 가장 높았다.
- 나. 2019년 철원지역의 3~4월 강수량은 51.3mm로 2018년 동기간 173.0mm의 30%에 불과하였다. 이에 따라 호밀의 생육이 부진하여 헤어리베치의 혼파비율이 높을수록 질소생산량과 옥수수 알곡수량이 증가하였다. 호밀은 3~4월 생육기에 수분관리를 하여야 한다.
- 다. 2019년도 호밀은 건조로 인하여 파종량에 따라 생초수량이 증가하지 않았다. 헤어리베치는 파종량의 증가에 토양환원기에 양분생산량, 생초수량, 옥수수 알곡수량이 증가하였다. 북방 지역의 추운 겨울을 고려하여 풋겨름작물의 혼파 시에는 헤어리베치의 파종량을 증가시켜 최저기온  $-25^{\circ}\text{C}$  이하에서도 질소양분의 생산을 늘리도록 하여야 한다.

## 5. 인용문헌

- 이규희, 유재홍, 박은주, 정영인, S.C. Tipayno, C.C. Shagol, 사동민. 2010. 양돈분뇨 발효액비 사용이 토양 화학성과 벼 (*Oryza sativa* L.) 생육에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 43(6):945-953.
- 황기성, 이인복, 박진면, 유봉식. 2007. 제주 토양에서 시용한 가축분 중 양분의 유효화율 한국환경농학회지 26(1):49-54.
- Banger, K., G. S. Toor, A. Biswas, S. S. Sidhu, and K. Sudhir. 2010. Soil organic carbon fractions after 16-years of applications of fertilizers and organic manure in a Typic Rhodalfs in semi-arid tropics. *Nutr Cycl Agroecosyst* 86:391-399.
- Chan K Y. 2001. Soil particulate organic carbon under different land use and management. *Soil Use and Management* 17:217-21.
- Inagaki, Thiago & S , Jo o Carlos & F vero, Caires & Gon alves, Daniel. 2016. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. *Agriculture Ecosystems & Environment* 231:156-165.
- Manna M. C., Swarup A., Wanjari R. H., Mishra B., Shahi D. K. 2007. Long-term fertilization, manure and liming e cts on soil organic matter and crop yields. *Soil & Tillage Research* 94:397-409.
- Costa Claudio, Crusciol Carlos, Ferrari Neto Jayme, Castro Gustavo. 2016. Residual effects of superficial liming on tropical soil under no-tillage system. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 51:1633.

## 6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목							
2018(2년)	학술발표	북방지역에서의 몇가지 풋거름작물 적응성 검토							
	영농정보	북방지역 풋거름작물(헤어리베치) 활용 옥수수 재배							
2019(3년)	학술발표	북방지역에서의 몇가지 풋거름작물 재배에 의한 옥수수 생산성 향상							
	영농정보	북방지역 저온적응 풋거름작물(호밀, 헤어리베치) 재배시 혼파랑 설정							
	기술보급서	북방지역 적응 풋거름작물 활용 옥수수 재배							

성과지표명		연도		1년차(2013)		2년차(2014)		3년차(2015)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
학술 발표	국제	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	국내	-	-	1	1	1	1	1	1	2	2
영농 활용	기술	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	정보	-	-	1	1	1	1	1	1	2	2
정책제안		-	-	-	-	1	-	1	-	1	-
기술보급서		-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
계		-	-	2	2	4	3	6	3	6	5

## 7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'17	'18	'19
과제책임자	국립식량과학원	농업연구사	박계령	과제 총괄	○	○	
	국립식량과학원	농업연구관	이정태	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	○	○	○