

최 종  
연구보고서

보안과제( ) 일반과제( ○ ) 과제번호 306004-3

수입녹비작물 대체용 보리 품종선발 및 친환경  
효과 연구

(Selection of Barley Varieties for Replacing Imported  
Seeds of Green Manure Crops and Identification of  
Effects on Environment Friendly Agriculture)

주관연구기관 : 국립식량과학원

협동연구기관 : 국립식량과학원 벼맥류부

국립식량과학원 기능성작물부

충북대학교

충남농업기술원

전남농업기술원

경북농업기술원

농 립 수 산 식 품 부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “수입녹비작물 대체용 보리 품종선발 및 친환경효과 연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2009년 4월 24 일

주관연구기관명 : 국립식량과학원

주관연구책임자 : 오 인 석

세부연구책임자 : 오 인 석

연 구 원 : 이 중 기

연 구 원 : 구 자 환

연 구 원 : 김 시 주

연 구 원 : 허 화 영

연 구 원 : 엄 순 표

연 구 원 : 설 잠 순

연 구 원 : 박 민

연 구 원 : 김 보 양

세부연구책임자 : 송 범 현

연 구 원 : 이 경 아

연 구 원 : 윤 명 렬

연 구 원 : 정 성 호

연 구 원 : 전 승 환

연 구 원 : 조 현 근

연 구 원 : 권 의 철

연 구 원 : 장 윤 기

연 구 원 : 이 창 섭

연구원 : 홍기철  
 세부연구책임자 : 전원태  
 연구원 : 조현숙  
 연구원 : 김운정  
 연구원 : 오계정  
 연구원 : 오영미  
 연구원 : 이성주  
 연구원 : 봉희경  
 연구원 : 박민혁  
 세부연구책임자 : 김민태  
 연구원 : 오인석  
 연구원 : 최임수  
 연구원 : 김은주  
 연구원 : 김정우  
 세부연구책임자 : 유진희  
 연구원 : 김택겸  
 연구원 : 양창휴  
 연구원 : 정지호  
 연구원 : 류철현  
 연구원 : 이준희  
 연구원 : 이상복  
 연구원 : 김재덕  
 연구원 : 황희영  
 연구원 : 조미숙  
 연구원 : 김양희  
 연구원 : 이현균  
 연구원 : 차병환  
 연구원 : 황지영  
 연구원 : 김주은  
 세부연구책임자 : 박창영  
 연구원 : 손일수  
 연구원 : 강위금

연	구	원	:	박	기	도
연	구	원	:	박	선	태
연	구	원	:	박	성	태
연	구	원	:	이	창	훈
연	구	원	:	정	순	임
연	구	원	:	황	미	숙
연	구	원	:	배	금	자
연	구	원	:	이	선	우
연	구	원	:	김	령	화
연	구	원	:	김	지	숙
연	구	원	:	최	현	근
연	구	원	:	정	임	선
세부연구책임자	:	성	기	영		
연	구	원	:	노	재	환
연	구	원	:	정	진	교
연	구	원	:	조	성	열
연	구	원	:	김	영	란
연	구	원	:	서	경	임
세부연구책임자	:	주	정	일		
연	구	원	:	이	승	수
연	구	원	:	최	현	구
연	구	원	:	강	영	식
연	구	원	:	이	동	재
연	구	원	:	이	환	구
연	구	원	:	류	범	열
연	구	원	:	장	동	현
연	구	원	:	심	철	우
연	구	원	:	권	경	학
연	구	원	:	이	환	구
연	구	원	:	윤	덕	상
연	구	원	:	이	연	희
연	구	원	:	송	순	단

연구원 : 어 천 우  
 연구원 : 심 민 근  
 연구원 : 이 미 옥  
 세부연구책임자 : 윤 봉 기  
 연구원 : 장 정 모  
 연구원 : 김 현 지  
 연구원 : 김 선 공  
 연구원 : 권 오 도  
 연구원 : 김 용 순  
 연구원 : 권 오 도  
 연구원 : 김 현 지  
 연구원 : 김 명 속  
 연구원 : 안 정 옥  
 연구원 : 강 경 화  
 연구원 : 송 미 영  
 연구원 : 최 미 속  
 연구원 : 현 명 란  
 연구원 : 서 선 지  
 세부연구책임자 : 김 수 용  
 연구원 : 김 재 철  
 연구원 : 손 창 기  
 연구원 : 허 창 석  
 연구원 : 안 덕 종  
 연구원 : 최 충 돈  
 연구원 : 박 소 득  
 연구원 : 김 명 자  
 연구원 : 권 오 자  
 연구원 : 장 미 화  
 연구원 : 김 금 선  
 연구원 : 김 창 열  
 연구원 : 장 영 민

# 요 약 문

## I. 제 목

수입녹비작물 대체용 보리 품종선발 및 친환경효과 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 과제는 전량 수입에 의존하고 있는 녹비작물 호밀을 국산 녹비보리로 대체하고자 농촌진흥청 국립식량과학원 주관으로 2006년 4월부터 2009년 4월까지 3년간 수행하였다. 본 과제의 목적을 달성하기 위하여 연구내용을 크게 4개 카테고리로 나누어 수행하였다. 첫째, 수입호밀 대체에 적합한 지역별 보리 품종을 선발하였으며 둘째, 녹비보리 환원 시 토양 중 부숙화 속도·양분 가용화 변화 및 토양 이·화학적 변화의 구명 등 녹비작물로의 활용을 위한 기초 기술 개발 시험을 수행하였다. 셋째, 보리 환원에 따른 후작물인 벼 재배법 개발로 녹비보리의 환원시기, 환원량 및 시비량 구명 등 이용기술 개발 시험을 수행하였다. 넷째, 녹비보리의 농가현장 적용성을 높이기 위하여 녹비보리 투입 시 후작물인 벼 재배지에서 발생하는 병해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증 시험을 국립식량과학원과 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원 등 4개 지역에서 동시에 수행하여 조기에 녹비보리 활용 기술을 개발하고자 수행하였다.

정부는 농경지의 지력증진, 화학비료절감 및 경관조성 등의 목적으로 1998년부터 겨울철 푸른들가꾸기 사업을 추진 해 오고 있으며 사업에 이용되는 녹비작물 종자는 전량 외국에서 수입하고 있는 실정이다. 농림수산식품부 자료에 따르면 사업초기인 1999년 7,300ha이던 녹비작물 면적이 2007년 112,000ha로 급격히 증가하였다. 녹비작물별 재배면적은 자운영 71,000ha, 호밀 36,500ha, 헤어리베치 4,900ha 였으며 수입액은 자운영 4,129천\$, 호밀 4,433천\$, 헤어리베치 786천\$으로 호밀이 가장 많이 수입되었다. 이러한 이유는 호밀 재배기간이 길어 수확기가 장마기간과 겹치기 때문에 국내 종자 생

산의 경제성이 낮다. 한편 호밀을 녹비작물로 이용할 경우에 토양환원 시 출수가 경과하면 줄기의 리그린(lignin)함량이 높아져 급격히 목질화 된다. 따라서 탄질률이 높아져 벼에 이용 시 초기에는 토양질소 기아현상 및 후기의 질소부동화 현상이 발생하기가 쉽다.

그러나 보리는 이미 국내종자 생산기반이 구축되어 있으며 녹비로 이용할 경우에도 호밀에 비하여 탄질률이 낮아 녹비로 이용 시 여러 가지 장점이 있지만 보리-벼 윤작체계에 적합한 녹비보리 품종선발 및 이용기술이 개발되어 있지 않아서 본과제를 수행하게 되었다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 수입녹비작물 대체용 보리 품종선발 및 친환경효과 연구를 위하여 2006년 4월부터 2009년 4월까지 3년간 국립식량과학원과 충북대학교, 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원과 공동으로 수행하였다.

#### 1. 녹비에 적합한 보리 품종 선발

녹비용 호밀을 대체할 수 있는 녹비 보리 품종을 선발하고자 국립식량과학원(중북부)과 충남농업기술원(중남부), 전남농업기술원(호남권), 경북농업기술원(영남권) 등 4개 시험포장에서 월동율이 높고 5월 상·중순에 C/N율이 35% 이하이며 생초중(Biomass)이 10a당 1.5~2.0톤이 생산되는 보리 품종을 선발하였다.

#### 2. 보리 환원 시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 연구

보리 환원 시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 구명을 위하여 두과작물인 헤어리베치와 화분과작물인 보리를 재배 후 녹비작물로 토양에 처리한 후 논과 밭 토양 조건에서 유기물로서의 부숙화 속도와 양분가용화 량 및 율을 조사 분석하고, 이들 녹비작물들을 후작물인 벼 재배에 연계시켜 벼 재배시의 주요 생육시기별 생장반응, 무기영양성분의 흡수이용 양상 및 수량성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

### 3. 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화 연구

본시험은 녹비보리 환원에 따른 토양 물리성 및 화학성의 변화 양상을 구명하기 위하여 2006년 5월부터 2008년 10월까지 농촌진흥청 국립식량과학원의 인위적으로 조성한 토성별 환경 포장에서 수행하였다. 연구개발 및 범위는 녹비보리와 녹비보리+헤어리베치 혼파재배 시 토성별 생육 반응 양상 및 이용 벼 재배 시 토양이화학성 변화 양상이다. 특히 벼 재배 기간 중 녹비투입에 따른 토양산화환원전위, 암모니아 질소 등의 토양 이화학성과 벼 생육조사 및 수량을 조사하였다. 또한 이들 녹비 이용 벼 수확 후 토양의 공극률, 용적밀도, 입단화도 등의 물리성과 토양 pH, 유기물, 인산, 칼리 등의 화학성도 조사하여 녹비보리의 활용성을 높이고자 하였다.

### 4. 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발

보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법을 개발하기 위하여 중부지역으로 수원 국립식량과학원 답작 포장과 호남지역 익산의 벼맥류부와 영남지역으로 밀양의 기능성작물부 답작 포장에서 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기 구명, 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원량 구명, 녹비보리 이용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험을 수행하였다.

### 5. 녹비보리 투입시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구

전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 대체할 수 있는 보리를 녹비작물로서의 이용성을 검토하기 위해 2006년 9월부터 2008년 11월까지 3년에 걸쳐 국립식량과학원 답작 포장과, 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원 답작포장 등 4개 지역에서 녹비보리 투입시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증 시험을 수행하였다.

## IV. 연구개발 결과

### 1. 녹비에 적합한 보리 품종 선발

전량 수입되고 있는 녹비용 호밀을 대체할 수 있는 보리 품종을 선발하기 위하여 경기 수원(중북부지역), 충남 예산(중남부지역), 대구광역시(영남지역), 전남 나주(호남 지역) 시험포장에서 각 지역별로 장려되고 있는 보리 품종을 대상으로 맥후작 벼 이앙 적기(5월 하순~6월 초순)를 고려하여 겨울철 월동율이 높고 5월 상·중순에 C/N율이 35% 이하여서 논토양에 환원 투입 후 부숙이 신속히 진행되어 후 작물인 벼의 이앙에 지장을 주지 않고 생초중(Biomass)이 10a당 1.5톤 이상 생산되는 품종을 선발한 결과 중북부지역은 영양보리, 상록보리, 팔도보리 등 3 품종, 중남부 지역은 영양보리, 건강보리, 울보리, 광안보리 등 4 품종, 그리고 영남과 호남지역은 광안보리, 영양보리, 큰알보리 등 3 품종이 녹비 보리용으로 적합하였다.

### 2. 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 연구

환경친화형 농업기술 개발의 일환으로 두과작물인 헤어리베치와 화분과작물인 보리를 재배 후 녹비작물로 토양에 처리한 후 온도와 토양조건을 달리하여 유기물로서의 부숙화 속도와 양분가용화 량 및 율을 조사 분석하고, 이들 녹비작물들을 후작물인 벼 재배에 연계시켜 벼 재배시의 주요 생육시기별 성장반응, 무기영양성분의 흡수이용 양상 및 수량성에 미치는 영향에 대하여 연구한 결과는 다음과 같다.

온도 및 토양조건별 녹비작물들의 부숙화 및 양분가용화 양상으로 녹비작물 헤어리베치와 보리의 처리 후 일수에 따른 부숙화률 변화양상은 녹비작물처리 후 초기에 급속한 분해양상을 보였고, 그 이후부터 80일까지 완만한 분해양상을 보였다. 토양 처리별로 논토양이 밭 토양 보다는 분해초기에 빠른 분해양상을 보이지만 처리 후 일수가 지날수록 밭 토양이 더 빠르거나 비슷한 양상을 보였다,

작물별로는 헤어리베치가 보리보다 녹비처리 80일 후 8~11%이상 높은 부숙화률을 보였으며, 보리 품종별로는 울보리가 서둔찰보리와 태강보리보다 부숙화율이 비교적 높은 것으로 나타났다.

녹비작물의 부숙화률이 50%에 도달되는 일수를 비교해 보면 헤어리베치는 논토양이 밭 토양 보다 빠른 분해일수를 보였으며, 보리 3품종 모두는 밭 토양이 논토양보다 빠른 50% 분해일수를 보였다. 녹비작물별로는 헤어리베치가 논토양에서 16일로 가장 빠른 일수를 보였으며, 서둔찰보리가 밭 토양에서 20일로 가장 느린 분해속도를 보였다.

녹비작물의 토양 처리 후 질소의 가용화 양상은 논토양이 밭 토양보다 처리초기에 비교적 높은 가용화 양상을 보이지만, 처리 후 일수가 지날수록 논토양보다는 밭 토양에서 질소의 지속적인 가용화양상을 보였다. 작물별로는 헤어리베치가 보리보다 평균적으로 높은 가용화율을 보였으며, 보리 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았다.

인산의 가용화 양상은 논토양이 밭 토양보다 처리초기에 30%이상 높은 가용화 양상을 보이지만, 처리 후 일수가 지날수록 논토양보다는 밭 토양에서 인산의 지속적인 가용화양상을 보였다. 작물별로는 헤어리베치가 보리보다 평균적으로 높은 가용화율을 보였으며, 보리 품종 간에는 큰 차이를 보이지 않았다.

칼리의 가용화 양상은 논토양이 밭 토양보다 처리초기에 35%이상 높은 가용화 양상을 보이지만, 처리 후 일수가 지날수록 논토양보다는 밭 토양에서 칼리의 지속적인 가용화양상을 보였다. 작물별로는 헤어리베치가 보리보다 비교적 높은 가용화율을 보였다.

헤어리베치와 보리를 녹비작물로 토양 환원 후 벼의 생육특성과 수량은 벼의 주요생육시기별 초장은 녹비처리구중 헤어리베치구가 관행구보다 높은 경향을 보였으며, 보리처리구는 관행구와 헤어리베치구와 큰 차이를 보였다. 분얼수는 출수기 이후 헤어리베치처리구가 관행구보다 약간 많았고, 보리와 처리구는 헤어리베치처리구와 관행구보다 적은 분얼수를 보였다. 엽색도는 관행구가 녹비작물 처리구와는 차이를 보였으며, 녹비처리구간에는 헤어리베치가 가장 높았으며, 보리처리구가 가장 낮은 엽색도를 보였다.

녹비작물 헤어리베치와 보리의 논토양 환원시 벼의 생육시기에 따른 질소의 흡수이용량의 변화는 최고분얼기와 출수기 까지 지속적으로 흡수되는 경향을 보였으며, 인산은 영양생장기보다 생식생장기인 수잉기부터 대부분 흡수 이용되는 양상을 보였으며, 칼리는 생육초기부터 출수기까지 지속적으로 이용되는 양상을 보였다.

벼의 수량 및 수량구성요소는 헤어리베치처리구가 주당수수와 영화수가 높았고, 천립중은 관행구가 높았으며, 단위면적당 정조수량은 헤어리베치 처리구 606kg/10a, 관행구 562kg/10a, 보리 처리구 419kg/10a, 무비구 278kg/10a로 처리간 차이를 보였다. 연차별로 관행구와 헤어리베치구는 수량이 약간 상승하거나 비슷하였지만, 보리처리구는 수량이 적어지는 경향을 보였다.

### 3. 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화 연구

본 시험은 녹비보리 환원에 따른 토양 물리성 및 화학성의 변화 양상을 구명하기 위하여 2006년 5월부터 2008년 10월까지 시험을 수행하였다. 시험포장은 경기도 수원시에 소재한 농촌진흥청 국립식량과학원 환경포장의 인위적으로 조성된 토성별 시험 포장에서 시험을 수행하였다. 토성은 사양토, 양토, 식양토로 조성한 macro plot에서 시험을 수행하였다.

본 과제는 2006년부터 수행되었으며 2005년 가을에 녹비작물 파종을 하지 않았으므로 시험 1년차인 2006년에는 녹비작물의 재배관련 시험성적은 없다. 녹비작물의 재배는 2006년은 가을에 처음 파종하였고 파종 시 강우도 없었고 월동기간 중에도 기후가 온난한 등 기상 조건이 양호하여 2007년 5월의 녹비 생육은 전 토성 혼파구에서 생초로 10a 당 2,000 kg 이상의 생산성을 보였다. 모래의 함량이 많을수록 헤어리베치 생육이 양호한 경향이었고 점토 함량이 다소 높은 곳이 보리의 생육이 좋았다. 즉 점토함량이 높은 곳의 헤어리베치 생육이 저조한 경향이였다. 그러나 녹비보리 단용구는 기상조건이 좋았음에도 불구하고 전 토성 처리에서 10a 당 생초로 860~1,060 kg이며, 질소생산성도 2.22~2.50 kg이었고 이때의 C/N율도 49.1~54.0으로 벼 재배 이용 시 질소량이 부족할 뿐만 아니라 질소기아와 부동화 현상이 일어난 것으로 추정되었다. 시험 3년차는 녹비 파종 전 강우로 파종 당시 토양수분이 높은 등의 영향으로 입모가 좋지 않았고 녹비 생산량도 2년차에 비하여 적었으나 경향은 유사하였다.

또한 녹비보리와 헤어리베치를 혼파 함으로써 녹비생산성 뿐만 아니라 녹비작물 투입 또는 환원 시 초기 벼 생육에 문제가 되는 환원장해를 줄일 수 있는 것으로 추정되었다. 시험 2년차에 산화환원전위를 조사하였는데 사양토와 양토에서 혼파구가 녹비보리 단용구에 비하여 적게 환원되었다. 그리고 벼 재배 시 주로 이용되는 암모니아태질소의 함량도 녹비보

리구보다 혼과구에 많이 생산되어 벼 수량에 기여한 것으로 사료되었다.

벼 수량 및 생육의 경우도 비록 관행시비구 보다는 못하지만 녹비보리구보다는 생육과 수량이 좋았다. 특히 2007년에는 사양토의 혼과구가 관행시비구보다 높은 수량을 보였다. 이는 기상조건이 양호할 때는 척박한 토양일지라도 배수가 양호하면 많은 녹비보리를 헤어리베치와 혼과하면 실용적으로 화학비료를 대체할 수 있을 것으로 추정되었다.

#### 4. 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발

보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법을 개발하기 위하여 중부지역으로 수원 국립식량과학원 답작 포장과 호남지역 익산의 벼맥류부와 영남지역으로 밀양의 기능성작물부 답작 포장에서 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기 및 환원량 구명, 녹비보리 이용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험을 수행한 결과 보리의 생초량은 출수기 2,130 kg/10a, 출수후 10일 2,250 kg/10a, 출수후 20일 2,280 kg/10a 이었고, 보리의 C/N률은 출수기 26.3으로 가장 낮고 이후 시간경과에 따라 증가하여 출수후 10일에 38.0 출수후 20일에 42.5로 높아졌으며, 녹비보리의 질소함량은 0.9~1.5%로 출수기 > 출수후 10일 > 출수후 20일 순으로 높았으며 10a당 생산량은 4.3~6.3ka이었으며, 녹비보리 이용시 쌀 품위 및 미질은 표준시비구에 비해 전반적으로 좋은 경향이였으며, 처리 간에 완전립비율은 보리환원시기가 빠를수록, 환원량이 적을수록 좋았고, 식미치는 환원시기가 늦을수록, 환원량이 적을수록 좋았고, 벼 생육 중 메탄발생량은 보리환원량이 많을수록 높게 나타났으며 이양 후 꾸준히 증가하여 8월27일을 기점으로 낮아졌으며, 녹비보리 환원에 따른 후작물 재배방법은 출수기에서 출수후 10일에 10a당 2톤 환원 후 질소비료를 30% 감비를 할 수 있다.

#### 5. 녹비보리 투입시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구

전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 대체할 수 있는 보리를 녹비작물로서의 이용성을 검토하기 위해 2006년 9월부터 2008년 11월까지 2년에 걸쳐 국립식량과학원 답작 포장과, 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원 답작포장 등 4개 지역에서 시험을 수행하고 그 결과를 간략히 보고한다.

녹비보리를 답리작으로 단독 재배할 경우, 비료를 주지 않으면 생육이 부진하여 수원에서 1,900kg/10a, 전남에서 1,600kg/10a 정도로 적정 녹비량을 확보할 수 없었다. 기비로 50% 시용한 충남은 2.8ton/10a, 추비로 50% 시용한 경북은 2.1ton/10a을 생산하였다. 따라서 녹비보리를 재배할 때에는 2.0ton/10a 이상 확보하기 위해 중부, 충남지역에서는 기비를, 남부지역에서는 기비 혹은 추비를 시용하여야 할 것으로 생각된다.

벼 재배 시 녹비보리를 투입하면 중부지역, 충남지역은 30% 감비에서 적정 쌀 수량을 얻을 수 있었고, 전남지역과 경북지역에서는 50%를 감비하면 관행에 비해 수량이 적었으나 통계적 유의성은 없었다. 따라서 녹비보리를 환원하여 벼를 재배하면 충남지역과 중부지역에서는 30%정도, 경북과 전남지역에서는 50%정도 감비가 가능할 것으로 판단된다.

녹비보리 첫해에는 지역에 따라 분얼수 및 이삭수가 다소 적은 경향이 있었으나, 2년차에는 시험한 전 지역 분얼수 및 이삭수가 차이가 없었고 쌀 수량도 같은 경향이였다. 출수기는 지역에 따라 1일정도 지연되는 곳도 있었다. 영화수와 등숙율은 전 지역에서 녹비보리로 인한 차이가 없었고, 천립중의 경우 수원에서 다소 떨어졌으나 다른 지역은 차이가 없었다.

녹비보리를 재배할 때 헤어리베치(2kg/10a)와 혼파를 하면 화학비료를 주지 않아도 적정 벼 이삭수 확보가 가능하였고 쌀 수량도 적정량을 수확할 수 있었다. 헤어리베치와 혼파를 하면 이듬해 녹비보리 재배 시까지 녹비지속효과가 있기 때문에, 연속하여 녹비를 환원하면 벼 재배 뿐 아니라 녹비보리 재배 시에서도 화학비료를 주지 않아도 될 것으로 생각된다.

동계녹비작물 출수·개화기에 많은 곤충들이 찾아왔다. 꿀벌과 천적으로 판단되는 무당벌레, 노린재류 및 벌류들이 찾아왔다.

녹비보리를 환원하면 일일감수심이 관행재배에 비하여 높으므로 녹비보리 환원 후 벼 재배 시 물 소비가 많아질 것으로 판단된다.

녹비보리를 재배하면 월년생 잡초 독새풀의 발생이 적어지고 여름잡초의 발생량이 많아지는 경향이, 벼 생육에 영향을 줄 정도는 아니었다. 시험을 한 4지역 모두에서 잡초군락이 변화하고 있었기 때문에 장기적 대비가 필요하고, 특히 친환경 쌀을 생산하려고 할 때에는 정밀한 검토가 필요할 것으로 생각된다.

병 발생의 경우는 중부지역, 충남지역, 경북지역에서는 관행과 차이가 없었으나, 전남지역에서 녹비보리 환원 시 비록 수량에는 영향을 주지 않

았지만, 잎집무늬마름병이 관행에 비해 유의적으로 많이 발생하였다. 따라서 잡초와 마찬가지로 장기적인 대비가 필요할 것이다.

해충의 경우에는 흑명나방은 중부지역과 충남지역에서 관행에 비해 다소 많이 발생하였으나, 전남지역과 경북지역에서는 차이가 없었다. 다른 충해는 전 지역에서 차이가 없었다. 흑명나방이 발생이 심하였던 중부지역의 경우 답전윤환이 3년만에 이루어졌기 때문으로 판단되었다. 그래서 녹비보리를 재배할 경우 윤환초기에는 큰 문제가 아니나, 동계녹비를 연속적으로 재배하면 답전윤환이 매해 이루어지므로 흑명나방의 피해에 대한 대비가 필요할 것으로 판단된다.

경영분석에 의하면 중부지역, 충남지역, 경북지역에서 호밀에 비해 녹비보리를 환원하면 소득면에서 유리하였고, 전남지역의 경우는 거의 같은 결과가 나왔다. 따라서 보리는 호밀에 비해 종자 가격이 비싸서 비료비가 높게 되나, 비료효율이 높아 소득면에서 유리하여 호밀을 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

본 연구는 전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 보리로 대체 하고자 녹비에 적합한 보리 품종을 선별하고, 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 구명 및 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화를 구명하고, 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발로 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기와 녹비보리의 환원량 구명 및 녹비보리 이용 시 후작물 벼 의 시비량을 구명 하여 녹비보리 투입 시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증 시험을 수행한 결과를 다음과 같이 활용하고자 한다.

첫째, 각 지역별로 녹비용으로 적합한 영양보리 등 7개 녹비 적합 보리 품종을 정부 정책 자료로 제공하는 동시에 홍보 및 대 농민 교육 등을 활용하여 녹비 보리의 재배 보급을 확대 촉진하여 나갈 계획이며, 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 구명 및 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화를 구명하여 녹비작물의 토양 시용시기, 시용량, 토양관리 기술, 화학비료의 이용방법 등을 개선할 수 있는 기초 및 응용기술을 활용 할 수 있으며, 보리의 녹비 활용 시 토양 물리·화학성 변화양상 뿐만 아니라 보리의 헤어리베치와 혼파 시 효과를 구명하여 보리의 녹비 이용 화학비료 대체뿐만 아니라 생태계의 안전성, 지속성에도 기여할 것으로 생각되며, 보리 환원에 따라 후작물인 벼 재배에서 화학질소비료를 30% 절감할 수 있음과 동시에 농토의 지력을 증진시킬 수 있어 농업 경영비를 줄일 수 있을 것으로 판단되며, 현장실증으로 검증된 시험성적으로 전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 보리로 대체하여 재배면적을 확대하면 외화를 절약 할 수 있고 국내에서 종자를 생산 하므로 농가소득을 올릴 수 있을 것으로 생각된다.

둘째 이 과제를 수행하면서 연구결과를 ‘겨울철 푸른들 가꾸기 대상작물로 녹비보리 지정 및 호밀대체용 보리증식’, ‘수입호밀 대체 녹비작물로 녹비보리 활용 방안’ 등 시책건의 2건과 ‘지역별 보리의 녹비작물로서 적합한 품종 추천’, ‘녹비보리이용 벼 재배 시 적정 환원시기 및 감비량 추천’ 등 영농활용 5건, 한국작물학회 9편의 논문을 발표 하였으며, ‘친환경농업

의 이해와 녹비작물 이용 친환경 쌀 생산’, ‘녹비보리 이용 친환경 벼농사’ 리플릿을 제작하여 홍보 하였으며, 금후에도 국내학회에 발표 및 게재 할 예정이다.

# SUMMARY

## 1. Selection of barley cultivars for green manure

To select green manure barley cultivars for replacing entirely-imported ryes, we screened various barley cultivars with superior green manure traits at the experimental fields in Suwon(the Mid-northern region), Yesan(the Mid-southern region), Taegu(the South-eastern region) and Naju(the South-western region) from 2006 to 2008. The green manure barleys have to properties with high overwintering rates, below 35 C/N ratio at early and mid May because the decomposition of green manure barley was rapidly progressed after their incorporation into the paddy soil, and yield barley biomass more than 1.5ton/10a. The experimental results revealed that Yeongyang, Sangrok and Paldo barley were proper cultivars for green manure for the Mid-northern region, Yeongyang, Keonkang and Kwangan barley for the Mid-southern region, and Kwangan, Yeongyang, and Keunal barley for the Southeastern and Southwestern region.

## 2. Rate and velocity of decomposition and nutritional solubilization in incorporating barley into soil

This study was conducted for the two goals to develop the environmental-friendly agricultural technologies; one was to examine the effects of hairy vetch and barley as the green manure crops and the other was to establish the cropping system that the two green manure crops could be followed by rice cultivation. The amounts and rates of decomposition and nutritional solubilization of hairy vetch and barley as the green manure crops was determined with the certain interval after their incorporation into the paddy and upland soils. The growth responses, uptake of mineral nutrients, yields and components of rice which was cultivated with treating the hairy vetch and barley as green manure were investigated through this experiment.

The obtained results were summarized as follows;

1) The decomposition rates of green manure crops of hairy vetch and barley were much more rapid at the earlier period while it turned slow from 20 days after the treatment to 80 days. It were slightly faster in paddy soil than in upland soil at the beginning time until 15 days after the treatment of green manure crops into the soil. However, the decomposition rates were slightly higher in the upland soil than in the paddy soil after that period.

2) The decomposition rates of hairy vetch were much higher than that of barley by 8–11%. Among barley cultivars, Allbori had a little higher decomposition rates than any other cultivars such as Seodunchalbori and Taekangbori.

3) In case of hairy vetch, the number of days taken to reach to the 50% of decomposition rates was quietly lower in paddy field than in upland field. In barley, this number of days was lower in upland soil compared to that in paddy soil. Hairy vetch, the fastest, took 16 days to reach to the 50 % of decomposition rates, while Seodunchalbori took 20 days.

4) The solubilization rates of N, P, and K from the green manure crops such as vetch and barley incorporated into soils were relatively higher in paddy soil than in upland soil. However, they were slightly higher in upland soil compared to those in paddy soil. Hairy vetch had much higher solubilization rates than that of barley and had little difference among barley cultivars.

5) In Comparing the solubilization rates of mineral nutrients from the green manure crops such as hairy vetch and barley incorporated into soils among three major fertilizers, K was solubilized much more quickly than the others. P was the second and N was the last in the solubilization rates.. The solubilization rate of N was about 70% at 70 days after the treatment, while that of p and k was about 90%.

6) Plant height, tiller number and leaf color were generally improved with treatment of hairy vetch compared with the conventional

cultivation. The dry weight of rice at flowering growth stage was higher with hairy vetch compared with the conventional.

7) The uptake and utilization of three major fertilizers were not clearly different between the hairy vetch treatment and the conventional, showing slightly higher in hairy vetch treatment than in the conventional.

8) In comparing the yields and yield components with the treatments, panicle number per hill and spikelet number were a little higher in the hairy vetch treatment than others. 1,000 grain weight was the highest in the conventional compared with others. The yield in the hairy vetch treatment was about 7% higher than that of the conventional. The yield in the barley treatment was quietly lesser than that of the hairy vetch and conventional treatment.

### 3. Changes of Soil Physical and Chemical Properties in Different Soil Textures by Incorporation of Green Manure Barley

These experiments were conducted to identify the changes of soil physical and chemical properties in different soil textures by incorporation of green manure barley from May 2006 to October 2008. Soil were made up of different types of soil textures, artificial 'macro plot' including sandy loam, loam, and clay loam and located at National Institute of Crop Science, Rural Development Administration in Suwon, Kyenggi-do. The results were as follows:

The growth of hairy vetch was good in sandy soil and green manure barley was good in clay loam soil as the mixture. Oxidation-reductional potential was lower in the mixture than in the green manure barley only treatment. The contents of ammonium nitrogen ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) was higher in the mixture than in the green barley only treatment, which was estimated to make a contribution toward rice yield. So, rice yield was higher at mixture plot than barley only plot. In the first year, there was little difference in soil porosity ratio in the mixture and barley only plot but, in the second and third year,

there was the increase of porosity and the decrease of bulk density in both the mixture and the barley only treatment. It was assumed that mixed seeding of green manure barley and hairy vetch and their incorporation into soil rather than external application of green manure cultivation was efficient in improving the physical and chemical properties in soil. The degree of aggregation, an indicator of improvement in soil physical properties, was high in the mixed plot than in the barley only treatment. Hence, we suggested that green manure barley incorporation could be possible through the mixed seeding of hairy vetch and barley for safe and sustainable crop production.

#### 4. Development of rice cropping method according to application of green manure barley

To develop the rice cropping method according to application of green manure barley, researches on determining the proper barley application time, proper amount of N-fertilizer application and proper amount of barley application were conducted in the several experimental paddy fields under NICS, located in Suwon(Mid region), Iksan(Westsouthern) and Milyang(Eastsouthern). The results showed that barley biomass was 2.13ton/10a at heading stage, 2.25ton/10a at 10 days after heading stage and 2.28ton/10a at 20 days after heading stage. C/N ratio of barley was 26.3%, the lowest, at heading stage and thereafter it was increased to 38.0% at 10 days after heading stage, 42.5% at 20 days after heading stage. The nitrogen contents of green manure barley was 0.9~1.5%, decreased according to growth duration after heading, so the highest at heading stage, the lowest at 20 days after heading. The N contents of applied green manure barley was 4.3~6.3kg/10a. The rice quality and taste was generally enhanced by applying green manure barley compared with the contrast. The perfect kernel ratio increased positively according to early application time and low application amount. The palatability

was increased positively according to late application time and low application amount. The methane emission during rice growth and development was increased positively according to high application amount of green manure barley, showing its consistent increment after transplanting, recording its highest at 27th in August and, since then, showing its decrement. The rice cropping method using green manure barley could reduce amount of nitrogen fertilizer needed for rice cropping about 30% by applying green manure barley 2ton/10a between heading stage and 10 days after heading stage.

5. Field test on outbreaks of pests, insects, diseases and weeds in following rice cultivation according to incorporation of green manure barley into soil

To test the availability of green manure barley for replacing the entirely imported green manure rye, the experimental test was conducted in the 4 pad fields at Rice Research Division under NICS in Suwon, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Jeonnam Agricultural Research and Extension Services and Kyengbuk Agricultural Research and Extension Services. The results were reported briefly as follows:

In case of monoculture of green manure barley for cropping after rice harvest, the growth and development of barley was too poor without fertilizers application to ensure adequate green manure biomass, and, for example, biomass of barley in Suwon was 1.9ton/10a and 1.6ton/10a in Jeonnam. Biomass yields in Chungnam was 2.8ton/10a with applying 50% basal fertilization, and 2.1ton/10a in Kyengbuk with 50% additional fertilization.. So it was assumed that basal fertilization should be applied in the Mid and Chungnam region for producing green manure biomass over 2.0ton/10a and basal or additional fertilization should be applied in the Sothern region. With incorporation of green manure barley into soil in rice cultivation, adequate rice yields were obtained wiht 30% reduction of fertilizers in

the Mid and Chungnam region and the yields were slightly decreased compared the conventional with 50% reduction of fertilizer in Jeonnam and Kyengbuk region, while statistical significance was not founded. So, it was estimated that by green manure barley incorporation in rice cultivation, the amount of applied fertilizer was able to reduced by 30% in the Mid and Chungnam region, and 50% in Kyengbuk and Jeonnam region. In the first trial year for green manure barley, tiller and panicle number tended to be reduced slightly and in the second trial year, tiller and panicle number and rice yields were not lowered throughout all the regions. Spikelet number and ripening rates were not reduced for utilizing green manure barley throughout all the regions and 1,000 grain weight was the same except in Suwon. Mixed seeding of green manure barley and hairy vetch(2kg/10a) without applying chemical fertilizers made it possible to ensure adequate panicle number and rice yields. Because the green manure effect of the mixed seeding with hairy vetch was continued until the following season for barley cultivation, it was estimated that the continued incorporation of green manure could make it possible not to apply chemical fertilizers in cropping rice and green manure barley.

So many insect including honey bees, ladybugs, regarded as a natural enemy, Hemiptera etc. came together in heading and flowering stage of winter green manure crops.

Coefficient of permeability(cm/day) in incorporation of green manure barley was higher compared with the conventional cultivation. So, it was estimated that water consumption was increased in following rice cultivation after green manure barley incorporation into soil.

The outbreaks of biennial weed 'short awn', *Alopecurus aequalis*, and summer weeds were increased in green manure barley cultivation, but its effect was negligible for rice growth and development. Weed communities were being varied throughout all the 4 regions. So, it was estimated that long-term preparation for that was required, and precise investigation was needed especially for

environment-friendly rice production.

Disease outbreaks didn't make any differences in Chungnam and Kyengbuk region compared with the conventional, but sheath blight outbreaked significantly more than the conventional although it took no effect on rice yields. So, long-term preparation for sheath blight as well as weeds was required. In case of insects, *Cnaphalocrocis medinalis* outbreaked slightly more in the Mid and Chungnam region than the conventional, but there was no difference in Jeonnam and Kyengbuk region. Other insects diseases were the same as usual throughout all the 4 regions.

According to business analysis, green manure barley incorporation was more profitable than rye incorporation in Chungnam and Kyengbuk region while the advantage of barley incorporation was negligible in Jeonnam region. So, it was estimated that green manure barley can replace rye for its economical advantage according to its high fertilization efficiency although the seed cost of barley was higher than that of rye.

# CONTENTS

Chapter I . Introduction .....	3
Section 1. Research Background .....	3
Section 2. Research Objectives .....	3
Section 3. Research Range .....	2
Chapter II . Present status of research technique of home and abroad .....	3
Section 1. Present status of research technique in home country .....	4
Section 2. Present status of research technique in abroad .....	4
Chapter III. Research contents and results .....	8
Section 1. Selection of barleys for green manure .....	3
1. Introduction .....	3
2. Materials and methods .....	7
3. Results and discussion .....	3
4. Conclusions .....	4
Section 2. Studies on velocity and rate of decomposition and mineral outflow by soil incorporation of barley as green manure .....	47
1. Introduction .....	4
2. Materials and methods .....	4
3. Results and discussion .....	4
<Exp. 1> Rate and velocity of decomposition and mineral outflow due to inputting hairy vetch and barley into soil .....	4
<Exp. 2> Effects of growth responses and yield for rice by soil incorporation of barley and hairy vetch .....	3
4. Conclusions .....	6

Section 3. Changes of Soil Physical and Chemical Properties	
by Incorporation of Green Manure Barley .....	0
1. Introduction .....	0
2. Materials and methods .....	1
3. Result and discussion .....	745
<Exp. 1> Changes of Soil Physical and Chemical Properties	
in Different Soil Textures by External Application	
of Green Manure Barley .....	74
<Exp. 2> Changes of Soil Physical and Chemical Properties	
in Different Soil Textures by Incorporation of	
Green Manure Barley .....	77
4. Conclusions .....	8
Section 4. Development of cultivation method for rice by soil	
incorporation of berley in Mid region .....	8
1. Introduction .....	8
2. Materials and methods .....	8
3. Result and discussion .....	9
<Exp. 1 > Determination of input time of green manure barley	
for rice cultivation .....	9
<Exp. 2 > Determination of input amounts of green manure	
barley for rice cultivation .....	3
<Exp. 3 > Determination of amount of fertilizers for rice	
cultivation by soil incorporation of berley .....	4
4. Conclusions .....	97
Section 5. Development of cultivation method for rice by soil	
incorporation of berley in Honam region .....	9
1. Introduction .....	9
2. Materials and methods .....	100
3. Result and discussion .....	103

<Exp. 1 > Determination of input time of green manure barley for rice cultivation .....	103
<Exp. 2 > Determination of amount of fertilizers for rice cultivation by soil incorporation of barley .....	106
<Exp. 3 > Determination of input amounts of green manure barley for rice cultivation .....	110
4. Conclusions .....	113
Section 6. Development of cultivation method for rice by soil incorporation of barley in Yeongnam region .....	115
1. Introduction .....	115
2. Materials and methods .....	116
3. Result and discussion .....	117
4. Conclusions .....	126
Section 7. Study on rice cultivation performance and occurrence of the diseases, pests and weeds by soil incorporation of barley in Mid region .....	127
1. Introduction .....	127
2. Materials and methods .....	127
3. Result and discussion .....	128
4. Conclusions .....	138
Section 8. Study on rice cultivation performance and occurrence of the diseases, pests and weeds by soil incorporation of barley in Chungchong region .....	141
1. Introduction .....	141
2. Materials and methods .....	141
3. Result and discussion .....	143
4. Conclusions .....	158

Section 9. Study on rice cultivation performance and occurrence of the diseases, pests and weeds by soil incorporation of barley in Honam region .....	160
1. Introduction .....	160
2. Materials and methods .....	161
3. Result and discussion .....	163
4. Conclusions .....	170
Section 10. Study on rice cultivation performance and occurrence of the diseases, pests and weeds by soil incorporation of barley in Yeongnam region .....	172
1. Introduction .....	172
2. Materials and methods .....	172
3. Result and discussion .....	173
4. Conclusions .....	179
Chapter IV. Achievement of the goal and its contribution .....	181
Chapter V. Plans for application of the results .....	185
Chapter VII. References .....	186

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	30
제1절 연구개발의 목적 .....	30
제2절 연구개발 필요성 .....	30
제3절 연구범위 .....	32
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	34
제1절 국내기술개발 현황 .....	34
제2절 국외기술개발 현황 .....	34
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	36
제1절 녹비에 적합한 보리 품종 선발 .....	36
1. 서설 .....	36
2. 재료 및 방법 .....	37
3. 결과 및 고찰 .....	38
4. 종합결과 .....	45
제2절 보리 환원시 토양중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 연구 .....	47
1. 서설 .....	47
2. 재료 및 방법 .....	47
3. 결과 및 고찰 .....	49
<시험1> 녹비작물 헤어리베치와 보리의 부숙화 및 양분가용화 양상 49	
<시험2> 녹비작물 헤어리베치와 보리의 토양 환원 후 벼의 생육특성과 수량에 대한 효과55	
4. 종합결과 .....	67
제3절 보리 환원에 따른 토양 아화학적 변화 연구 .....	70
1. 서설 .....	70
2. 재료 및 방법 .....	71
3. 결과 및 고찰 .....	74
<시험 1> 녹비보리 투입에 의한 토성별 생육양상 및 벼 재배 시 토양이화학성변화..... 74	
<시험 2> 녹비보리 환원에 의한 토성별 생육양상 및 벼 재배 시 토양이화학성변화..... 77	

4. 종합결과 .....	86
제4절 보리 환원에 따른 중부지역 후작물 벼 재배법 개발 .....	88
1. 서설 .....	88
2. 재료 및 방법 .....	88
3. 결과 및 고찰 .....	90
< 시험 1 > 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기 구명 .....	91
< 시험 2 > 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원량 구명 .....	93
< 시험 3 > 녹비보리 이용시 후작물 벼의 시비량 구명 .....	94
4. 종합결과 .....	97
제5절 보리 환원에 따른 호남지역 후작물 벼 재배법 개발 .....	99
1. 서설 .....	99
2. 재료 및 방법 .....	100
3. 결과 및 고찰 .....	103
시험 1. 녹비 보리의 환원시기 시험 .....	103
시험 2. 녹비 보리 사용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험 .....	106
시험 3. 후작물 벼 재배시 녹비 보리의 환원량 구명 시험 .....	110
4. 종합결과 .....	113
제6절 보리 환원에 따른 영남지역 후작물 벼 재배법 개발 .....	115
1. 서설 .....	115
2. 재료 및 방법 .....	116
3. 결과 및 고찰 .....	117
4. 종합결과 .....	126
제7절 녹비보리 투입시 중부지역 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구 .....	127
1. 서설 .....	127
2. 재료 및 방법 .....	127
3. 결과 및 고찰 .....	128
4. 종합결과 .....	138

제8절 녹비보리 투입시 충청지역 후작물의 병·해충 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구 .....	141
1. 서설 .....	141
2. 재료 및 방법 .....	141
3. 결과 및 고찰 .....	143
4. 종합결과 .....	158
제9절 녹비보리 투입시 호남지역 후작물의 병·해충 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구.....	160
1. 서설 .....	160
2. 재료 및 방법 .....	161
3. 결과 및 고찰 .....	163
4. 종합결과 .....	170
제10절 녹비보리 투입시 영남지역 후작물의 병·해충 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구.....	172
1. 서설 .....	172
2. 재료 및 방법 .....	172
3. 결과 및 고찰 .....	173
4. 종합결과 .....	179
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	181
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 .....	185
제 6 장 참고문헌 .....	186

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구개발의 목적

본 과제는 전량 수입에 의존하고 있는 녹비작물 호밀을 국산 녹비보리로 대체하고자 농촌진흥청 국립식량과학원 주관으로 2006년 4월부터 2009년 4월까지 3년간 수행하였다. 본 과제의 목적을 달성하기 위하여 연구내용을 크게 4개 카테고리로 나누어 수행하였다. 첫째, 수입호밀 대체에 적합한 지역별 보리 품종을 선발하였으며 둘째, 녹비보리 환원 시 토양 중 부숙화 속도·양분 가용화 변화 및 토양 이·화학적 변화의 구명 등 녹비작물로의 활용을 위한 기초 기술 개발 시험을 수행하였다. 셋째, 보리 환원에 따른 후작물인 벼 재배법 개발로 녹비보리의 환원시기, 환원량 및 시비량 구명 등 이용기술 개발 시험을 수행하였다. 넷째, 녹비보리의 농가현장 적용성을 높이기 위하여 녹비보리 투입 시 후작물인 벼 재배지에서 발생하는 병해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증 시험을 국립식량과학원과 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원 등 4개 지역에서 동시에 수행하여 조기에 녹비보리 활용 기술을 개발하고자 수행하였다.

## 제2절 연구개발 필요성

### 1. 기술적 측면

- 우리나라에서 월동 가능한 녹비작물의 품종개발이 전무하여 국내품종 및 적작목 개발이 시급한 실정임
  - 월동 가능한 녹비작물은 호밀, 헤어리베치, 자운영뿐이며 전체 논면적의 10%('05년 101천ha) 재배에 불과
- 국내 종자생산 및 겨울철 재배가 가능한 보리는 곡실 및 사료용으로 개발되어 보급되고 있으며, 곡실용으로 수확후 보릿짚을 유기물로 토

양에 환원하는 기술은 확립되어 있으나, 녹비보리로 이용 할 수 있는 기술개발은 전무한 실전이다

- 녹비보리로 이용 할 수 있는 종합기술개발 필요
  - Biomass 및 비료성분이 많고, C/N율이 낮으며, 월동율이 높은 녹비용 보리 선발 및 화학비료 대체효과 구명 필요
  - 녹비보리의 토양환원에 따른 분해양상, 토양특성변화 분석 필요
  - 녹비보리의 환원에 따른 후작물 벼의 재배법 확립 필요
  - 녹비보리 환원시 후작물 벼 생육에 영향을 미치는 특이 병해충 및 잡초의 발생양상 분석

## 2 경제·산업적인 측면

- 친환경 농업의 확대로 녹비작물 재배면적은 급속히 증가하고 있으나, 현재의 재배면적은 녹비작물 재배가능 농경지의 7%('05년 101.5천ha)에 불과하므로 녹비보리가 녹비용으로 확대 재배될 경우 농산업 발전 및 경제적인 과급효과는 매우 큼
  - 녹비작물 재배면적 : ('02)45천ha ⇒('07)134('02대비 3배 증가)
  - 호밀 재배면적 : ('02)22천ha ⇒ ('07)43('02대비 1.9배 증가)
- 동계 월동 가능한 녹비작물인 호밀, 자운영, 헤어리베치를 중심으로 한 「겨울철 푸른들 가꾸기」 사업이 정책적으로 추진되고 있으나, 이에 소요되는 종자는 전량 미국, 중국 등 외국에서 고가에 수입하여 활용하고 있어 국내채종이 가능한 보리의 녹비이용기술개발이 시급함
  - 녹비종자 수입 : ('03) 5,732톤 → ('07) 9,016톤(7,835천\$)
  - 녹비작물 종자중 57%(6,870톤)가 호밀 종자 임.
- 녹체 총체보리를 녹비로 농경지에 투입할 수 있는 종합기술을 개발 보급 하므로써, 친환경 농업 정책사업으로 추진 중인 「농약·비료 40% 절감」 목표달성에 기여
  - 화학비료 절감을 위해서는 녹비작물 등의 유기물 투입이 필수적이며, 녹비보리의 활용으로 화학비료 30절감할 수 있음
- 녹비보리 투입후 후작물 벼의 비료 절감재배기술이 개발되므로 친환경 웰빙식품 소재 생산이 가능하여 농가소득 증대에 기여
- 국내외 농업생산여건에 부응하여 유사시 가축 조사료 및 식량용 곡

실 생산으로 전환이 가능하여 안정적인 수급조절이 가능하도록 보리 용도의 다양화 필요

### 3. 사회·문화적인 측면

- 농경지 활용도 제고로 국토를 친환경적으로 건전하게 유지 발전
  - 토양유실 방지(41.4톤/ha)로 국토보존
  - 토양 유기물 함량 증대 : 물리화학성 및 미생물 활성화
- 겨울철 녹색공간 확대 제공으로 국민정서 함양에 기여
- 녹비보리 재배확대에 따른 공익적 기능이 증대되어 국제 기후변화 대응 및 국민의 삶의 질 향상에 기여
  - 유해가스 흡수 : CO<sub>2</sub> 6.13톤/ha, SO<sub>2</sub> 1.96톤/ha
  - 산소방출(O<sub>2</sub>) : 4.46톤/ha

### 제3절 연구범위

본 연구는 수입녹비작물 대체용 보리 품종선발 및 친환경효과 연구를 위하여 2006년 4월부터 2009년 4월까지 3년간 국립식량과학원과 충북대학교, 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원과 공동으로 다음과 같이 수행하였다

#### 1. 녹비에 적합한 보리 품종 선발

녹비에 적합한 보리 품종을 선발하기 위하여 국립식량과학원과 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원 등 4개 지역에서 겨울철 월동률이 높고 녹색경관이 우수한 하며, 생초중(Biomass)이 10a당 1.5~2.0톤 이상인 품종을 선발하였다.

#### 2. 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 연구

보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 구명을 위하여 두 과작물인 헤어리베치와 화분과작물인 보리를 재배 후 녹비작물로 토양에 처리한 후 논과 밭토양 조건에서 유기물로서의 부숙화 속도와 양분가용화 량 및 율을 조사 분석하고, 이들 녹비작물들을 후작물인 벼 재배에 연계시켜 벼 재배시의 주요 생육시기별 성장반응, 무기영양성분의 흡수이용 양상 및 수량

성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

### 3. 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화 연구

본시험은 녹비보리 환원에 따른 토양 물리성 및 화학성의 변화 양상을 구명하기 위하여 2006년 5월부터 2008년 10월까지 농촌진흥청 국립식량과학원의 인위적으로 조성한 토성별 환경 포장에서 수행하였다. 연구범위는 녹비보리와 녹비보리+헤어리베치 혼과재배 시 토성별 생육 반응 양상 및 이용 벼재배 시 토양이화성 변화 양상이다. 즉 녹비보리의 활용성을 높이기 위하여 혼과 처리를 하여 녹비재배 및 녹비 이용 벼 재배 시 비옥도 변화 연구이다. 녹비작물 이용 시 작물학과 토양학 관련 기초 기술의 개발하고자 하였다.

### 4. 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발

보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법을 개발하기 위하여 중부지역으로 수원 국립식량과학원 답작 포장과 호남지역 익산의 벼맥류부와 영남지역으로 밀양의 기능성작물부 답작 포장에서 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기 구명, 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원량 구명, 녹비보리 이용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험을 수행하였다.

### 5. 녹비보리 투입 시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구

전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 대체할 수 있는 보리를 녹비작물로서의 이용성을 검토하기 위해 2006년 9월부터 2008년 11월까지 3년에 걸쳐 국립식량과학원 답작 포장과, 충남농업기술원, 전남농업기술원, 경북농업기술원 답작포장 등 4개 지역에서 녹비보리 투입 시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증 시험을 수행하였다.

## 제 2장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국내기술개발 현황

- 보리 품종 개발은 세계 최고 수준으로 농촌진흥청 국립식량과학원에서 맥종별로 각 지역에 적합한 품종을 개발 보급하고 있음(국립식량과학원)
- 보리 품종등록 현황
  - 걸보리 : 대평보리, 상록보리, 대연보리, 팔도보리 등 20품종
  - 쌀보리 : 동호쌀보리, 재강쌀보리, 대호쌀보리 등 19품종
  - 맥주모리 : 대영보리, 신호보리, 단원보리, 남향보리 등 12품종
  - 사료맥류 : 영양보리, 선우보리, 상원보리, 곡우호밀 등 7품종 등
- 보리를 이용한 가축조사료 이용기술개발 (국립식량과학원, 축산과학원)
  - 총체 사료맥류 품종개발 : 선우보리, 영양보리, 곡우호밀 등 7품종
  - 답리작 조사료 생산가능 면적 구명 : 885천 ha
  - 총체보리의 생육단계별 사료가치 구명
    - 답리작 사료맥류의 생육, 수량 및 사료가치 구명 : 호밀, 보리, 밀
- 녹비작물 이용기술개발(국립식량과학원)
  - 녹비작물의 비료성분량
    - 헤어리베치(건물중 N-P-K) : 3.7 - 0.9 - 2.8%
    - 자운영(건물중 N-P-K) : 3.0 - 0.9 - 1.6%
  - 헤어리베치 이용으로 질소비료 완전대체 가능 : 벼, 옥수수, 배추
  - 녹비작물에 의한 경지보존, 지력증진 등 이용효과 구명
  - 녹비작물의 품종개발 및 종자생산에 관한 기술개발한 전무한 상태
  - 국내에서 재배하는 녹비작물을 대상으로 친환경적인 이용기술 개발

### 제2절 국외기술개발 현황

- 맥류의 녹비이용기술개발 수준 : 선진국에서는 기술정착 단계
  - 미국, 캐나다는 호밀, 귀리 및 보리를 녹비작물로 활용하고 있으며, 호밀의 경우는 품종을 개발하여 종자생산을 하고 있음
    - 녹비보리 생산량 704kg/10a(건물), 생체 질소함량 1.43% 등 밭작물에 활용법 확립
  - 일본, 중국은 보리를 녹비로 이용하는 연구는 추진하지 않음

- 호주 및 뉴질랜드는 녹비작물의 품종을 개발하여 농가에 보급중이며, 대규모 종자생산체계를 연구하고 있음
- 일반 녹비작물에 대한 연구동향
  - 미국은 헤어리베치 등 두과작물에 대해 자생종 종자를 활용하는 연구를 하고 있으며, 잉여 생산물은 수출하고 있음
    - 녹비작물별 파종량, 시기 등 재배기술 확립
  - 유럽은 친환경 농산물 생산에 필요한 녹비작물 개발 연구 추진
  - 일본은 민간업체에서 수수류, 두과류 등을 중심으로 녹비효과가 높은 녹비작물 품종을 개발하여 종자를 수출하고 있는 수준임
  - 호주 및 뉴질랜드는 녹비작물의 품종을 개발하여 농가에 보급중이며, 대규모 종자생산체계를 연구하고 있음
  - 중국은 자운영에 대해서는 연구가 활발하게 이루어져 있으나, 다른 녹비작물은 연구가 미비하며, 헤어리베치 자생종을 수집하여 수출함

## 제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1절 녹비에 적합한 보리 품종 선발

#### 1. 서 언

녹비작물이란 푸를 때 베어서 거름으로 토양에 넣어 주는 작물을 말한다. 녹비작물 재배 효과로는 토양수분 조절, 토양개량 및 비옥도 증진, 공중질소의 생물학적 고정, 화학비료 절감, 잡초발생 억제, 그리고 경관조성 등이 있다(2002, 농촌진흥청). 녹비작물은 헤어리베치, 자운영 같은 콩과작물을 많이 사용하나 (Clark, 2007; 박 등, 2008) 호밀 같은 벼과작물도 녹비로 많이 이용하고 있다. 특히 벼과 녹비작물은 심토의 토양양분 가용화, 토양과 양분 유실의 방지, 토양 유기물 함량 증대에 의한 물리성 개량, 타감물질 분비에 의한 잡초 발생 억제 등의 효과가 있다. 특히 벼과 녹비는 토양 생태계 내에 질소를 공급하는 효과는 미미하나 녹비작물에 의한 질소 흡수와 같은 부동화 과정을 통하여 질소를 보전하는 능력이 현저한 것으로 알려져 있다(Meisinger et al., 1991 : Shipley et al., 1992). 우리나라에서는 화학비료가 본격적으로 보급되기 시작한 1960년대 이전에는 약 15만ha까지 녹비작물이 재배되었으나 비료 자급률이 100%를 달성하는 1970년대 초반에 거의 재배가 보고되지 않았다(이호진, 1983). 친환경 농산물에 대한 소비자 선호로 정부에서는 친환경농업육성법을 제정하고, 2013년까지 화학비료·농약을 40% 절감하는 정책을 추구하고 있으며, 이 정책의 하나인 “겨울철 푸른들 가꾸기”사업으로 녹비작물 재배면적이 증가하여 1998년 4천ha에서 2007년에 137,000 ha에 이르게 되었다. 국내에서는 자운영, 헤어리베치, 클로버 등의 콩과 월년생 작물과 월동력이 높고 재배가 쉬운 벼과 녹비작물인 호밀이 대부분 이용되고 있으나 종자를 전량 수입에 의존하고 있어 안정적인 종자 공급에 많은 문제점에 노출되어 왔다. 이 문제점을 극복하기 위한 대안으로 국내에서 다양한 품종이 개발되어 있고 종자 생산 및 공급 체계가 갖추어져 있는 보리를 녹비작물로 활용하는 방안이 시급한 실정이다. 이에 따라 본 연구는 수입에 의존하고 있는 호밀을 대체할 수 있는 각 지역에 적합한 녹비용 보리를 선발하고자 2006년부터 2008년까지 3년에 걸쳐 시험을 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 시험은 시험 재료 작물이 가을에 파종하여 월동 후 이듬해 봄에 생육하는 월년생 생태적 특징이 있는 관계로 2006년의 경우 작황을 알아보기 위하여 2005년 가을에 파종한 보리와 호밀을 대상으로 수행하였다. 시험 품종은 2006년은 영양보리, 선우보리, 상원보리, 울보리, 새쌀보리 등 6품종, 2007년과 2008년은 각 지역의 추천 보리장려품종을 대상으로 하였고 (시험결과 표 참조) 호밀은 곡우호밀을 대비로 하였다. 재배법은 농촌진흥청의 작물별 표준재배법을 준용하였으며 파종은 각 시험지역별 맥류 파종 적기에 하였고, 파종 양식은 25cm 세조파, 파종량은 18kg/10a로 하였으며, 2006년의 경우 맥류 추천 시비량을 기비50%, 추비 50%로 나누어 주었으며, 2007년과 2008년은 녹비 보리의 재배 목적을 고려하여 벼 재배후 비료 잔효를 활용하기 위하여 기비는 주지 않았으며, 추비는 월동 후 생육 상황에 따라 3월에 보리 시비량의 50%를 시용하였다. 시험장소는 경기도 수원에 위치한 국립식량과학원 답작 시험포장, 충남 예산에 위치한 충남농업기술원 시험 포장, 전남 나주에 위치한 전남농업기술원 시험포장, 대구광역시에 위치한 경북농업기술원 시험포장에서 수행되었으며. 시험 품종의 선택은 각 지역 장려품종선발시험 품종과 동일한 것으로 수행하였다. 생육 조사는 농진청의 농작물 표준시험법에 준하여 조사하였다(농촌진흥청, 2003). 식물체 시료는 70℃에서 72시간 동안 열풍 건조 후 분쇄하여 양분함량을 조사하였다. 전질소 함량은 시험 재료를 황산으로 열 분해 후 분해 후 Kjeldahl법으로, 무기성분(K, Ca, Mg) 함량은 Ternary 용액( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HClO}_4$ , 10 : 1 : 4 volume / volume)으로 완전 분해 후 ICP 기자재로 측정하였고, 인산 함량은 ammonium metamolypdate법으로 정량하였다. 그 외 조사 및 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 기준에 따라 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

2006년에 수원, 예산, 대구에서 시험한 보리와 호밀의 생체량과 건물중과의 상관 관계는 그림 1과 같다. 보리의 경우 생체중과 건물중과의 관계는 양의 정상관 관계를 뚜렷하게 보여 생체량에 대한 건물 중 결정계수는 약 74%로 나타났다. 호밀의 경우에도 생체중과 건물중 사이에는 정상관 관계를 보였으나 보리보다는 상관 정도가 떨어지는 것으로 나타나 생체중에 대한 건물중 결정계수가 54%를 보였다. 보리의 경우 생체중 1,000kg에서 2,000kg 사이, 호밀의 경우 생체중 2000kg에서 4000kg 사이에서 생체중과 건물중과의 관계는 거의 일직선적인 관계를 보임을 알 수 있었다. 이러한 생체중과 건물중과의 정의 상관 관계를 바탕으로 하여 실험의 편의상 생물량 측정을 생체중으로 하였다. 다만 양분의 성분 함량은 샘플을 열풍 건조한 후 분석 측정하여 수분 함량 변이에 의한 성분 함량 오차를 줄이도록 하였다.

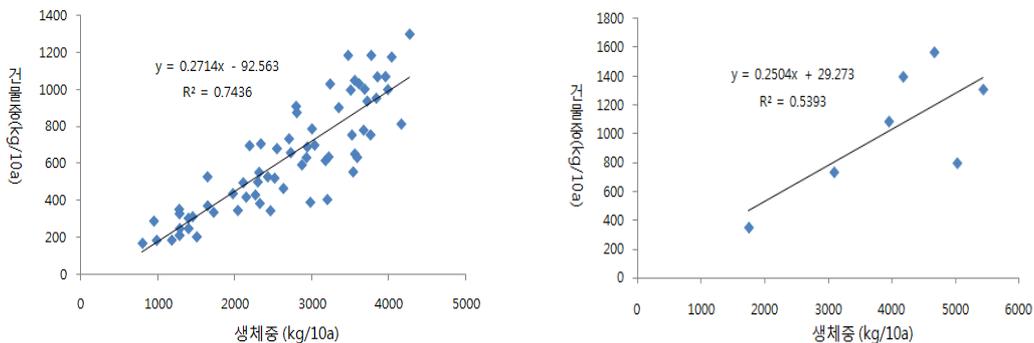


그림 1. 생육 중기에서 후기까지 측정된 생체중과 건물중 (왼편:보리. 오른편 호밀)

수원 지역에서 출수기와 유숙기의 보리 녹비 생산량, 탄질비(C/N율), 그리고 질소총함량을 조사한 결과는 표 1과 같다. 보리의 출수기인 5월 3일 경 녹비생산성은 조사료용으로 육성된 영양보리가 특히 우수하였다. 보리의 유숙기 무렵인 5월 13일 경의 탄질비는 상원보리를 제외한 품종에서 30~31의 수치를 보여 호밀의 35보다 낮아 눈에 투입시 호밀보다 보리가 더 잘 부숙될 수 있음을 보여주었다. 유숙기 질소 총함량은 영양보리, 상원보리의 질소 총함량이 호밀보다 높게 나타나 보리가 호밀을 대체할 수 있음을 나타내었다.

예산에서의 보리 녹비 생산량 및 성분함량은 표 2와 같다. 후작물 벼 이앙 적기인 5월 25일~6월 10일을 고려하여 유숙기(5월 18일)의 녹비 생산력이 높은 보리품종은 영양보리, 선우보리, 상원보리, 울보리 순으로 나타났다. 질소 생산량은 4.3~7.7kg/10a으로, 영양보리, 상원보리는 호밀보다 우수하여 중부지역에서 호밀을 대체 활용할수 있을 것으로 판단되었다.

대구에서의 보리 녹비 생산량 및 성분함량은 표 3과 같다. 출수 후 10일의 유숙기(5월 11일) 녹비수량은 광안보리, 건강보리, 태강보리, 큰알보리1호가 순으로 많았고, 출수후 10일의 탄질비는 전 품종 모두 25 이하로 양호하였으며, 질소 총합량은 건강보리, 태강보리, 큰알보리1호가 호밀보다 높게 나타나 다른 지역과 마찬가지로 호밀을 대체할 수 있음을 보여 주었다.

표 1. 수원에서의 출수기 및 유숙기 녹비 생산량 및 질소 총 함량(2006년).

품 종	생체중 (kg/10a)		C/N율		질소 총합량 (kg/10a)	
	출수기 (5월 3일)	유숙기 (5월 13일)	출수기 (5월 3일)	유숙기 (5월 13일)	출수기 (5월 3일)	유숙기 (5월 13일)
영양보리	2,320	2,512	25.5	30.7	6.5	7.7
선우보리	1,280	1,276	25.6	31.3	4.2	5.6
상원보리	1,720	1,640	27.1	41.1	5.7	6.9
울보리	980	1,272	20.3	29.3	4.1	5.3
새쌀보리	796	944	26.4	30.3	2.9	4.3
곡우호밀	1,752	3,096	24.3	35.1	6.3	6.6

표 2. 예산에서의 출수기 및 유숙기 녹비 생산량 및 질소 총 함량(2006년).

품 종	생체중 (kg/10a)		C/N율		질소 총합량 (kg/10a)	
	출수기 (5월 8일)	유숙기 (5월 18일)	출수기 (5월 3일)	유숙기 (5월 18일)	출수기 (5월 3일)	유숙기 (5월 18일)
울보리	3,172	3,681	17.2	21.8	17.8	23.0
선우보리	3,554	3,714	16.4	23.0	19.5	20.6
영양보리	3,585	3,983	18.2	24.0	17.7	21.0
상원보리	2,142	2,104	19.4	20.0	10.4	12.4
곡우호밀	5,444	4,183	21.5	25.5	31.4	27.9

표 3. 대구에서의 출수기 및 유숙기 녹비 생산량 및 질소 총 함량(2006년).

품 종	생체중 (kg/10a)		C/N율		질소 총함량 (kg/10a)	
	출수기 (5월 2일)	유숙기 (5월 11일)	출수기 (5월 2일)	유숙기 (5월 11일)	출수기 (5월 2일)	유숙기 (5월 11일)
올보리	1,393	2,310	13.7	22.6	9.4	14.3
대연보리	1,447	1,970	14.4	18.3	9.3	10.4
태평보리	1,642	2,721	14.3	22.2	11.1	13.8
큰알보리1	2,294	2,925	14.5	18.7	15.0	15.5
건강보리	2,866	3,031	14.8	18.4	16.8	17.1
태강보리	2,936	2,997	16.3	20.8	18.6	16.5
광안보리	3,214	3,668	16.1	23.1	17.1	14.8

2007년과 2008년의 수원지역 보리 녹비 생산량은 표 4와 같이 나타났다. 출수 후 10일경의 유숙기(5월 8일)에서 녹비 생산량이 대체적으로 가장 높게 생성되고 있음을 나타내었다. 2007년의 경우 5월 8일 경의 보리 짚 탄질비는 선우보리와 새강보리를 제외한 전 품종에서 35 이하로 나타났고(표 5), 2008년의 경우 월동기의 혹한과 봄철의 고온 현상으로 인하여 맥류의 생장이 저조하였으며, 특히 탄질비가 예년에 비해 상당히 높게 형성되었다(표 5). 상대적으로 낮은 탄질비와 높은 질소함량을 보인 품종은 영양보리, 팔도보리, 상록보리, 큰알보리였다(표 5와 6).

수원 지역에서 2007년과 2008년 2개년에 걸쳐 녹비 특성인 생체량, 탄질비, 질소총함량 항목을 대상으로 주성분 분석을 한 결과는 표 7 및 그림 2와 같다. 주성분계수1은 생체중과 질소총함량 항목 계수 값이 큰 관계로 비료량 성분이라 정의하였으며 주성분 계수 2는 탄질비 항목 계수 값이 크기에 탄질비 성분이라 정의하였다. 비료량 성분인 주성분1의 값이 크고 탄질비 성분인 주성분2의 값이 작은 좌측 상단에 위치하는 품종은 비료공급 능력이 크고 토양 환원시에 분해가 용이한 녹비의 바람직한 특성을 나타낸다 할 수 있다. 이러한 바람직한 녹비 특성을 가진 보리품종은 영양보리, 상록보리, 팔도보리인 것으로 나타났다(그림 2).

표 4. 수원지역 보리 생육기별 녹비 생산량.

품 종	2007년 (kg/10a)			2008년 (kg/10a)		
	출수기 (4월 23일)	유숙기 (5월 3일)	황숙기 (5월 13일)	출수기 (4월 30일)	유숙기 (5월 8일)	황숙기 (5월 15일)
영양보리	2,025	2,202	2,154	938	1,719	1,476
선우보리	1,777	1,986	2,340	847	1,992	1,209
큰알보리1	1,613	1,818	2,460	973	1,289	1,381
올 보 리	1,459	2,424	2,460	839	1,319	1,421
새강보리	1,757	1,848	2,292	-	-	-
팔도보리	1,779	1,530	2,142	868	1,790	1,216
상록보리	1,923	1,884	1,962	924	1,579	1,263
태강보리	1,673	1,764	1,902	933	1,399	1,274
곡우호밀	2,745	3,084	2,760	1,491	2,386	1,839

표 5. 수원지역 보리 생육기별 탄질비.

품 종	2007년			2008년		
	출수기 (4월 23일)	유숙기 (5월 3일)	황숙기 (5월 13일)	출수기 (4월 30일)	유숙기 (5월 8일)	황숙기 (5월 15일)
영양보리	29.5	31.0	32.5	37.4	39.2	58.3
선우보리	35.7	36.9	40.9	35.8	46.0	62.6
큰알보리1	35.3	34.5	34.8	33.2	38.6	46.5
올 보 리	30.4	34.3	35.3	30.4	48.3	59.5
새강보리	34.0	37.2	37.6	-	-	-
팔도보리	30.5	28.3	34.2	34.0	48.3	55.9
상록보리	29.4	33.6	36.1	34.2	49.0	58.8
태강보리	32.0	32.6	34.8	30.1	45.8	57.5
곡우호밀	36.2	40.9	51.2	52.3	61.1	87.8

표 6. 수원지역 보리 생육기별 총 질소 함량 (kg/10a).

품 종	2007년			2008년		
	출수기 (4월 23일)	유숙기 (5월 3일)	황숙기 (5월 13일)	출수기 (4월 30일)	유숙기 (5월 8일)	황숙기 (5월 15일)
영양보리	6.9	6.5	6.6	3.2	3.7	3.0
선우보리	5.3	6.5	6.1	3.1	4.1	2.4
큰알보리1	4.3	5.1	4.5	4.0	3.8	3.6
올 보 리	4.0	7.6	6.2	3.4	3.4	3.5
새강보리	5.3	4.8	5.8	-	-	-
팔도보리	5.9	5.1	6.1	3.5	3.9	3.0
상록보리	6.5	5.5	5.4	3.5	3.6	2.8
태강보리	5.1	5.3	4.9	4.2	3.3	3.2
곡우호밀	6.1	8.4	8.4	3.7	4.1	3.2

표 7. 수원에서의 보리 녹비 특성에 의한 주성분 계수.

항목	주성분계수1	주성분계수2	주성분계수3
생체중	0.72	0.30	-0.63
탄질비	0.05	0.88	0.47
질소총함량	0.70	-0.37	0.62

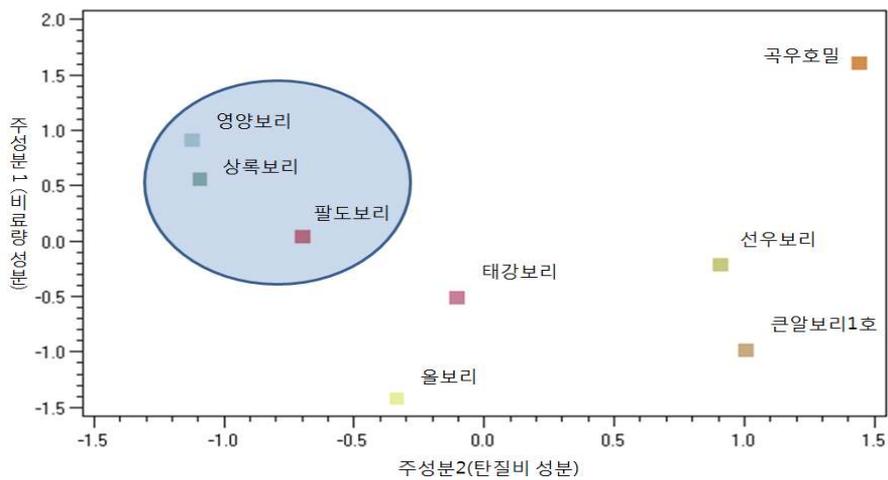


그림 2. 수원에서의 보리 녹비 특성에 의한 주성분 도표.

예산지역에서 2007년과 2008년의 2년간의 평균 보리 녹비 생산량은 표 8과 같이 나타났다. 출수 후 10일경의 유숙기(5월 8일)에서 녹비 생산량이 증대되었다. 상대적으로 낮은 탄질비와 높은 질소총합량을 보인 품종은 울보리, 영양보리, 건강보리 등이었다.

예산 지역에서 2007년과 2008년 2개년에 걸쳐 녹비 특성인 생체중, 탄질비, 질소총합량 항목을 대상으로 주성분 분석을 한 결과는 표 9 및 그림 3과 같다. 비료량 성분인 주성분1의 값이 크고 탄질비 성분인 주성분2의 값이 작은 좌측 상단에 위치하는 녹비의 바람직한 특성을 나타낸 품종은 울보리, 영양보리, 건강보리인 것으로 나타났다(그림 3).

표 8. 예산에서의 녹비 생산량 및 질소 총 합량(2007~2008년 평균).

품 종	생체중 (kg/10a)		C/N율	질소 총합량 (kg/10a)
	출수기 (4월 28일)	유숙기 (5월 8일)	유숙기 (5월 8일)	유숙기 (5월 8일)
울보리	2,066	2,389	41.6	7.0
선우보리	1,963	2,394	54.0	5.3
영양보리	2,370	2,905	46.3	6.7
큰알보리1호	1,722	2,086	48.6	4.8
건강보리	2,158	2,577	50.9	6.1
태강보리	1,769	2,080	48.4	5.3
광안보리	2,045	2,363	51.3	5.4
새찰쌀보리	1,843	2,366	49.4	5.4
재안찰쌀보리	2,138	2,359	53.4	5.4
곡우호밀	2,455	2,611	54.5	6.3

표 9. 예산에서의 보리 녹비 특성에 의한 주성분 계수

항목	주성분계수1	주성분계수2	주성분계수3
생체중	0.65	0.44	-0.63
탄질비	-0.24	0.90	0.37
질소총합량	0.72	-0.09	0.68

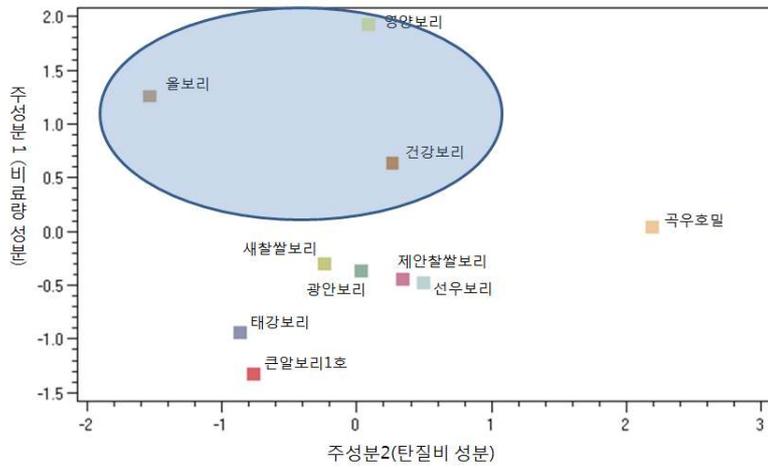


그림 3. 예산에서의 보리 녹비 특성에 의한 주성분 도표.

표 10. 나주에서의 유숙기 녹비 생산량 및 질소 총 함량(2007~2008년 평균).

품 종	유숙기 (5월 2일)		
	생체중 (kg/10a)	질소함량비율 (%)	질소 총함량 (kg/10a)
수영보리	1,249	1.89	8.3
새쌀보리	1,501	1.88	9.0
새찰쌀보리	1,341	1.94	9.0
건강보리	1,236	1.69	7.9
울 보 리	873	1.98	6.8
영양보리	1,667	1.69	9.7
상록보리	1,147	1.73	7.0
광안보리	1,550	1.78	8.2
태강보리	1,139	1.88	7.2
큰알보리	1,395	1.95	9.8
곡우호밀	1,622	1.00	6.8

표 11. 대구에서의 보리 유숙기 녹비 생산량 (2007~2008년).

품 종	유숙기 생체중 (kg/10a)	
	2007년 (5월 8일)	2008년 (5월 6일)
올 보 리	1,249	2,856
광안보리	873	4,165
대연보리	1,667	2,533
태광보리	1,147	3,100
건강보리	1,550	3,511
큰알보리	1,139	3,767
영양보리	1,395	3,914
곡우호밀	1,622	3,656

나주 지역에서 2007년과 2008년의 2년간의 평균 보리 녹비 생산량은 표 10과 같이 나타났다. 출수 후 10일경의 유숙기(5월 2일)에 상대적으로 낮은 탄질비와 높은 질소 함량을 보인 품종은 영양보리, 큰알보리, 광안보리 등이었다.

대구 지역에서의 보리 녹비 생산량은 표 11과 같이 나타났다. 출수 후 10일경의 유숙기(5월 상순)에 상대적으로 낮은 탄질비와 높은 질소 함량을 보인 품종은 영양보리, 큰알보리, 광안보리 등이었다.

#### 4. 종합결과

수입에 의존하고 있는 호밀을 대체할 수 있는 각 지역에 적합한 녹비용 보리를 선발하고자 2006년부터 2008년까지 3년에 걸쳐 경기도 수원에 위치한 국립식량과학원, 충남 예산에 위치한 충남농업기술원, 전남 나주에 위치한 전남농업기술원, 그리고 대구광역시에 위치한 경북농업기술원 시험포장에서 녹비용 적합 보리 품종 선발 시험을 한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

중북부 지역은 영양보리, 팔도보리, 상록보리, 중남부 지역은 올보리, 영양보리, 건강보리, 광안보리, 영남지역은 영양보리, 큰알보리, 광안보리, 호남지역은 영양보리, 큰알보리, 광안보리가 녹비용 보리로 적합한 것으로 나타났다. 이 중 영양보리는 우리나라 전국 각 지역에서 녹비용으로 재배할 수 있는 광

지역 적응 품종인 것으로 나타났으며, 광안보리의 경우는 충청 이남 지역에서 활용이 가능하고 큰알보리는 동계기간에 비교적 온난한 남부 지역에서 재배 적성이 높은 것으로 나타났다.

## 제 2절 보리 환원 시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화연구

### 1. 서 설

인류가 가장 오래 재배된 작물의 하나로 알려져 오고 있는 보리는 중국 양쯔강 상류와 카스피해 남쪽의 터키지역이 원산지로 1년생 또는 다년생 화본과 작물로 식량, 사료 및 공업원료로 많이 재배되어 왔다. 보리는 추파성의 유무에 따라서 추파형(가을보리)과 춘파형(봄보리)로 구분하는데 우리나라에서 주로 재배되는 보리는 추파형 이었다. 보리는 추위에 약하여 고위도지역에 대한 적응성이 약하지만 월동관계보다는 보리수확 후의 벼 이앙을 안전하게 하기위한 것으로 보리를 겨울철 유휴지에 재배하여 가축사료로 이용하거나 5월 중순경에 토양에 환원하여 녹비작물로 이용하면 이모작과 연계되는 벼의 이앙기에 관계없이 더 넓은 지역에서 재배가 가능하다. 이는 농경지 이용을 제고와 작물의 생산성 향상은 물론 월동 후 황량한 농경지를 푸르게 조성하여 좋은 자연환경 조성에도 기여할 수 있다. 녹비작물로 활용되는 보리의 논토양 환원은 지력을 증진하는 동시에 토양의 이화학성을 개선하는 효과가 있다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 이러한 화본과 작물인 보리를 두과작물로서 녹비, 피복 및 사료작물로 활용되고 있는 헤어리베치와 함께 논 토양에 환원했을 때 이들이 녹비작물로서 토양 내에서 부숙화 속도 및 율을 조사하고 가용화되어 토양으로 나오는 무기영양성분들을 토양 투입 후 시기별로 조사 분석하여 환경친화형 농업실현을 위한 기초자료 및 응용자료를 얻고자 수행 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### <시험 1> 녹비작물 헤어리베치와 보리의 부숙화 및 양분가용화 양상

가. 토양 처리에 따른 녹비작물의 헤어리베치와 보리의 부숙도 및 부숙화율

본 시험은 토양조건에 따른 화본과와 두과 녹비작물들을 토양처리 후 부숙도 및 부숙화 율을 조사 분석하기 위하여 충북대학교 농업생명환경대학 부속농장 포장 및 온실에서 수행하였다. 화본과작물인 보리와 두과작물인 헤어리베치를 5월 중순에 채취하였다. 채취된 녹비작물은 78℃로 건조 후 10g씩 Pack(350目/mesh)에 담아 온실에서 수분함량 100%인 논토양과 수분함량이 60%인 밭토양에 10cm깊이로 각각 처리하였다. 처리 후 5일 간격으로 8회, 10일 간격으로 3회 총 70일동안 시기별로 채취한 녹비의 중량변화를 조사하여 부숙화율을 산출하였다.

나. 헤어리베치와 보리의 토양처리 후 무기영양성분들의 가용화 속도 및 가용화율  
 토양처리 후 각 시기별로 채취된 시료는 이물질이 혼입되지 않게 조심스럽게 분리 후 78℃로 유지되는 열풍건조기에서 48시간 건조시킨 후 시료 분쇄기를 이용하여 조제하였다. 무기영양성분 분석을 위하여 조제된 시료 0.5g을 평량하여 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>법을 이용하여 습식분해 하였다. 습식분해 후 Whatman No. 2 여과지를 이용하여 증류수와 함께 100ml volumetric flask 내로 여과시키며 100ml로 채운 후, 이를 분석용액으로 이용하였다. 전 질소함량은 Indophenol blue법(665nm), 인산함량은 Vanadate법(420nm)을 이용하여 Spectro-photometer (HP 8453)로 측정하였다. K, Ca, Mg, Fe, Mn 등의 양이온함량은 syringe에 filter(MFS-13, 0.5μm, ADVANTEC MFS, Inc, USA)를 부착시켜 분석용액을 여과시킨 후 유도결합플라즈마 발광광도분석기(ICP-OES, GBC Integra XMP)로 측정하였다. 분석된 무기영양성분의 양으로 녹비작물들로부터 무기영양성분들의 유출량을 산출하였다. 그 산출공식은 다음과 같다.

$$* \text{부속화율}(\%) = \frac{(\text{최초 건물중} - \text{처리후 시기별 건물중})}{\text{최초 건물중}} \times 100$$

$$* \text{가용화율}(\%) = [1 - \frac{(\text{최초 건물내 } N\% - \text{처리후 시기별 } N\%)}{\text{최초 건물내 } N\%}] \times 100$$

### <시험2> 녹비작물 헤어리베치와 보리의 토양 환원 후 벼의 생육특성과 수량에 대한 효과

본 시험은 작부체계 및 녹비작물을 활용하는 친환경농업기술 개발의 일환으로 화본과와 두과 녹비작물들을 토양처리 후 벼의 성장반응, 무기영양성분들의 흡수이용 및 생산성 등을 조사 분석하기 위하여 충북대학교 농업생명환경대학 부속농장 답작 포장에서 수행하였다. 벼의 공시 품종으로는 품미벼를 사용 하였으며, 녹비작물로는 두과작물은 헤어리베치를 화본과 작물은 보리를 사용하였다. 녹비작물의 토양투입은 이앙 2주전에 로타리 처리하였으며, 녹비처리량은 생체중으로 2000kg/10a 였다. 벼의 이앙은 5월 30일에 실시하였다. 처리내용은 무비구, 농가관행구, 헤어리베치구, 보리구, 헤어리베치 50% + 보리 50%구로 하였으며, 농가관행구에서는 화학비료를 10a당 N-P-K를 11-4.5-5.7kg을 시용하였다. 질소는 기비 40%, 분얼비 30%, 수비 30%로 분시 하였으며, 인산은 이앙전 전층시비 하였고, 칼리는 기비 70%, 수비 30% 분시 하였다. 조사내용은 농촌진흥청 농사시험조사기준에 의거 벼의 주요 생

육시기별 생육조사와 수량구성요소 및 수량을 조사하였으며, 벼의 양분흡수 이용양상은 주요 생육시기에 부위별로 각 처리구에서 채취하여 무기영양성분의 흡수이용양상을 조사 분석 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 녹비작물 헤어리베치와 보리의 부숙화 및 양분가용화 양상

1) 토양조건에 따른 녹비작물 헤어리베치와 보리의 부숙도 및 부숙화율 토양조건별 녹비작물 헤어리베치와 보리를 토양 처리 후 일수에 따른 부숙화율을 조사한 결과는 그림 1, 2와 같다.

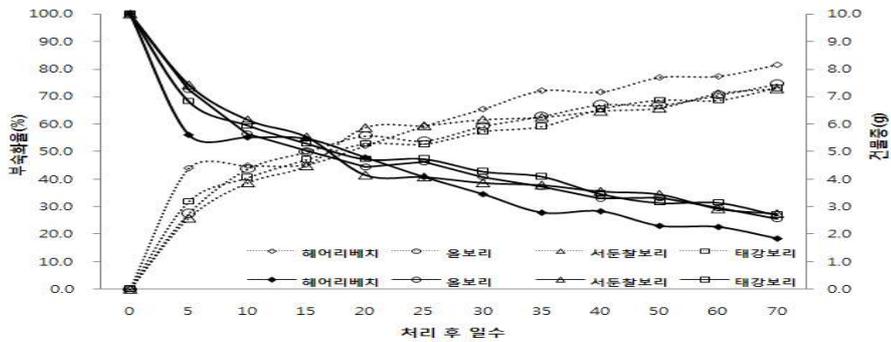


그림 1. 논토양조건에서 헤어리베치와 보리의 부숙화 양상

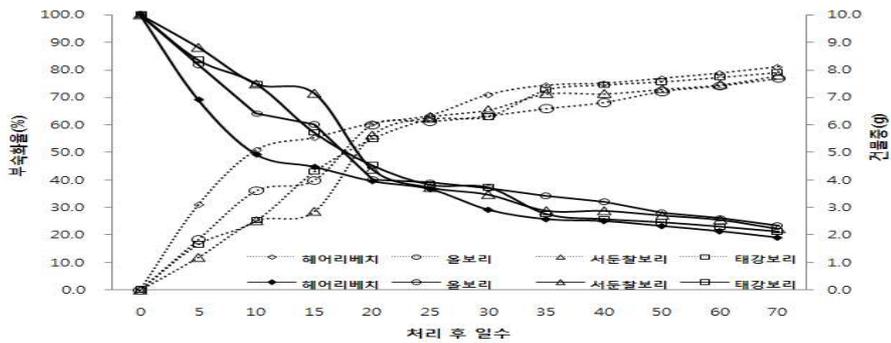


그림 2. 밭 토양조건에서 헤어리베치와 보리의 부숙화 양상

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일, 30일 및 70일에 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 부숙화율을 각각 비교해 보면, 처리 후 10일의 헤어리베치는 논토양에서 44.4%를 보였으나, 밭 토양에서 50.8%를 보였으며, 토양처리에 따라 밭 토양이 논토양보다 약 6% 더 높은 부숙화율을 보였

다. 올보리는 논토양에서 43.7%를 보였으나, 밭 토양에서 36.0% 를 보였으며, 서둔찰보리는 논토양에서 38.6%를 보였으나, 밭 토양에서 25.2%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 40.5%를 보였으나, 밭 토양에서 25.2%를 보였으며, 토양처리별로는 논토양이 밭 토양 보다 약 6.0-15% 더 높은 부숙화율을 보였으며, 품종별로는 올보리가 가장 높은 부숙화율을 보였다. 처리 후 30일의 헤어리베치는 논토양에서 65.4%를 보였으나, 밭 토양에서 70.9%를 보였으며, 올보리는 논토양에서 59.2%를 보였으나, 밭 토양에서 63.1% 를 보였으며, 서둔찰보리는 논토양에서 61.5%를 보였으나, 밭 토양에서 65.4%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 57.2%를 보였으나, 밭 토양에서 61.9%를 보였으며, 토양처리별로는 처리 후 10일과는 반대로 밭 토양이 논토양 보다 약 4.0% 더 높은 부숙화율을 보였다. 처리 후 70일의 헤어리베치는 논토양에서 81.5%를 보였으나, 밭 토양에서 81.0%를 보였으며, 올보리는 논토양에서 74.5%를 보였으나, 밭 토양에서 76.7% 를 보였으며, 서둔찰보리는 논토양에서 71.7%를 보였으나, 밭 토양에서 77.9%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 73.1%를 보였으나, 밭 토양에서 78.9%를 보였다. 녹비작물의 토양처리 후 부숙화 속도 및 율을 살펴보면, 두과작물인 헤어리베치가 화본과작물인 호밀보다 훨씬 높은 부숙화율을 보였으며, 토양조건별로 헤어리베치는 토양처리 초기에는 밭 토양에서 논토양보다 더 높은 부숙화율을 보였지만, 중후기에는 점점 작아지는 경향을 보였으며, 보리품종은 처리 초기에는 논토양에서 밭 토양보다 더 높은 경향을 보였지만, 중후기에는 밭토양에서 논토양보다 더 높은 경향을 보였다.

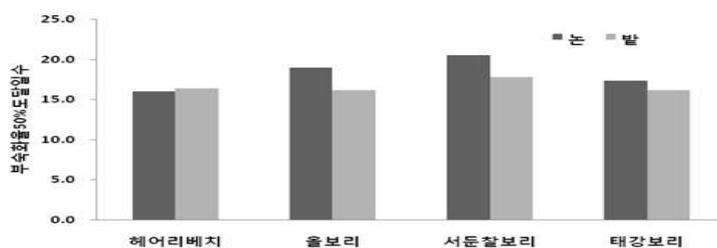


그림 3. 토양조건에 따른 녹비작물의 부숙화율 50% 도달일수.

토양조건에 따른 녹비작물들의 토양 처리 후 부숙화율이 50%에 도달하는 일수를 조사한 결과는 그림 3과 같다.

온도 및 토양조건별 녹비작물의 토양투입 후 부숙화율 50% 도달일수를 토양 조건별로 보면 밭 토양에서보다 논토양의 부숙화율 50%도달일 수가 비교

적 높게 나타났다. 녹비작물간의 부숙화율 50% 도달일 수를 비교해 보면 헤어리베치는 논토양에서 16.0일, 밭 토양에서 16.4일을 소요하였으며, 올보리는 논토양에서 19.0일, 밭 토양에서 16.2일을 소요하였으며, 서둔찰보리는 논토양에서 20.5일, 밭 토양에서 17.8일을 소요하였고, 태강보리는 논토양에서 17.4일, 밭 토양에서는 16.2일 정도의 기간을 소요해 보리품종이 헤어리베치보다는 약 2-4일 정도 더 부숙화율이 늦어지는 것으로 나타났다.

## 2) 주요 무기영양성분들의 가용화 양상

### (1) 질소

토양조건별 녹비작물 헤어리베치와 보리의 처리 후 일수에 따른 질소의 가용화율을 조사 분석한 결과는 그림 4와 같다.

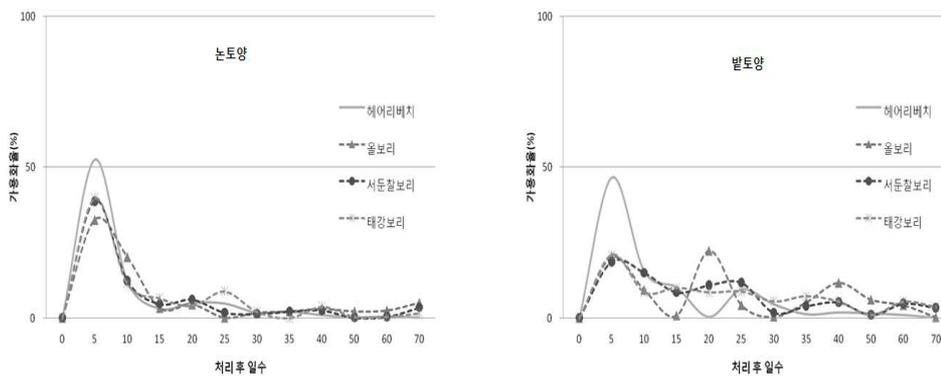


그림 4. 토양처리별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 질소의 가용화율 변화.

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일의 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 가용화율을 각각 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 64.9%를 보였으며, 밭 토양에서 62.2%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 52.8%를 보였으며, 밭 토양에서 29.7%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 51.4%를 보였으며, 밭 토양에서 33.7%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 51.2%를 보였으며, 밭 토양에서 29.5%를 보였다. 처리 후 10일부터 70일까지 가용화율을 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 19.8%를 보였으며, 밭 토양에서 19.8%를 보였고, 올보리는 논토양에서 24.4%를 보였으며, 밭 토양에서 55.3%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 23.2%를 보였고,

며, 밭 토양에서 51.4%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 28.5%를 보였으며, 밭 토양에서 56.3%를 보였다.

이러한 결과는 녹비작물로부터 가용화되는 질소량을 토양 투입 후 기간별로 살펴보면, 논토양에서는 처리후 10-15일 기간 내에 많은 질소가 가용화되는 것으로 나타났고 소량의 질소가 15일 이후에 가용화되는 것으로 나타났으며, 밭 토양에서는 처리후 10-15일 기간 내에 약 50%정도의 가용화되고 이후 70일까지 10일평균 4%정도의 완만한 가용화 경향을 보였다.

논과 밭 토양 간의 질소 가용화 속도를 비교해 보면 논토양에서는 투입 초기에 많은 량의 질소가 가용화 되는 반면에 밭 토양에서는 논토양에서보다는 훨씬 많은 량의 질소가 녹비작물 토양 투입 후 오랜 기간동안 질소를 서서히 가용화하는 것으로 나타났다.

## (2) 인산

토양조건별 녹비작물 헤어리베치와 보리의 처리 후 일수에 따른 인산의 가용화율을 조사 분석한 결과는 그림 5과 같다.

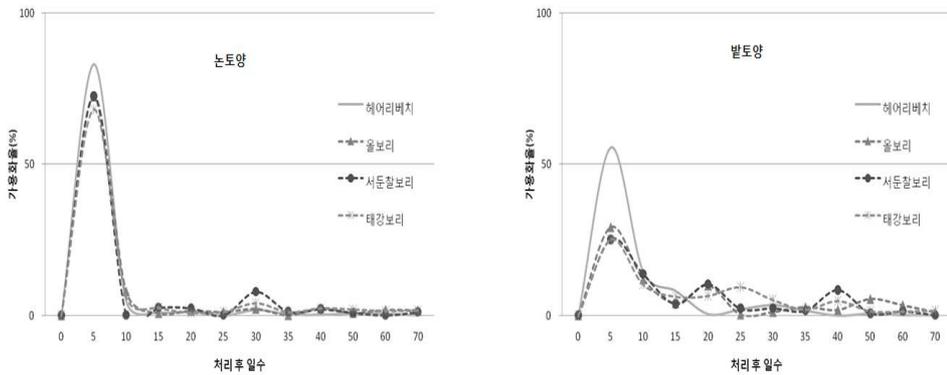


그림 5. 토양처리별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 인산의 가용화율 변화

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일의 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 가용화율을 각각 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 87.9%를 보였으며, 밭 토양에서 70.1%를 보였다. 보리품종에서 울보리는 논토양에서 80.4%를 보였으며, 밭 토양에서 41.3%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 72.8%를 보였으며, 밭 토양에서 38.9%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 74.4%를 보였으며, 밭 토양에서 35.4%를 보였다. 처리 후 10일부터 70일까지

가용화율을 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 7.5%를 보였으며, 밭 토양에서 17.2%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 14.4%를 보였으며, 밭 토양에서 29.8%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 18.7%를 보였으며, 밭 토양에서 31.3%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 17.3%를 보였으며, 밭 토양에서 39.1%를 보였다.

논과 밭 토양간의 인산 가용화 속도를 비교해 보면 논토양에서는 투입 초기에 다량의 인산이 가용화 되는 반면에 밭 토양에서는 논토양에서보다는 훨씬 많은 량의 인산이 오랜 기간 통해 인산을 서서히 가용화하는 것으로 나타났다. 특히, 질소성분과 비교해 인산도 질소와 마찬가지로 토양 투입 초기에 많은 량을 가용화하는 것으로 나타났으며, 초기에 가용화되는 량은 질소보다 더 빠르고 많았다.

### (3) 칼리

토양조건별 녹비작물 헤어리베치와 보리의 토양처리 후 일수에 따른 칼리의 가용화율을 조사한 결과는 그림 6과 같다.

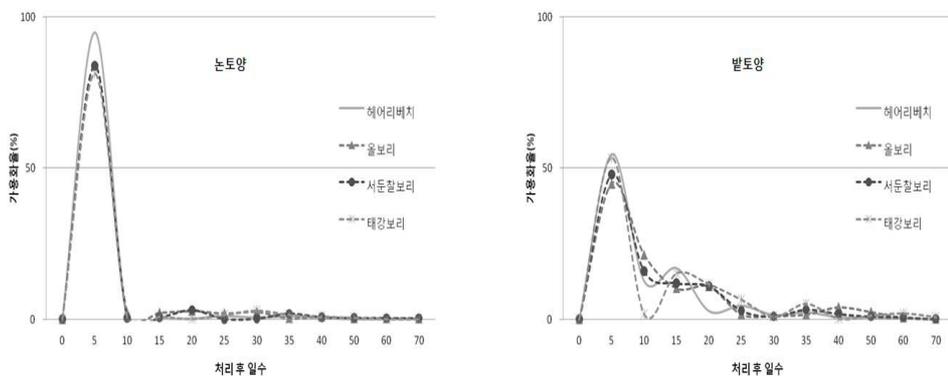


그림 6. 토양처리별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 칼리의 가용화율 변화

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일의 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 가용화율을 각각 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 95.2%를 보였으며, 밭토양에서 67.3%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 86.3%를 보였으며, 밭 토양에서 66.3%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 84.4%를 보였으며, 밭 토양에서 63.9%를 보였고, 태강보리는 논토양에서

82.0%를 보였으며, 밭 토양에서 55.2%를 보였다. 처리 후 10일부터 70일까지 가용화율을 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 4.2%를 보였으며, 밭 토양에서 30.7%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 11.8%를 보였으며, 밭 토양에서 33.3%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 7.67%를 보였으며, 밭 토양에서 33.9%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 9.2%를 보였으며, 밭 토양에서 43.5%를 보였다.

논과 밭 토양 간의 칼리 가용화 속도를 비교해 보면 논토양에서는 투입 초기에 많은 량의 인산이 가용화 되는 반면에 밭 토양에서는 논토양에서보다는 훨씬 많은 량의 칼리가 오랜 기간 통해 인산을 서서히 가용화하는 것으로 나타났다. 특히, 칼리의 가용화 양상은 질소와 인산과 비교해 토양 투입 초기에 더 많은 량을 가용화하는 것으로 나타났다.

#### (4) 칼슘

온도 및 토양조건별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 칼슘의 가용화율을 조사한 결과는 그림 7과 같다.

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일의 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 가용화율을 각각 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 59.8%를 보였으며, 밭 토양에서 62.4%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 51.3%를 보였으며, 밭 토양에서 15.3%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 49.6%를 보였으며, 밭 토양에서 16.2%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 53.1%를 보였으며, 밭 토양에서 15.3%를 보였다. 처리 후 10일부터 70일까지 가용화율을 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 11.8%를 보였으며, 밭 토양에서 18.2%를 보였다.

보리품종에서 올보리는 논토양에서 22.2%를 보였으며, 밭 토양에서 58.5%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 22.9%를 보였으며, 밭 토양에서 61.8%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 20.9%를 보였으며, 밭 토양에서 56.3%를 보였다.

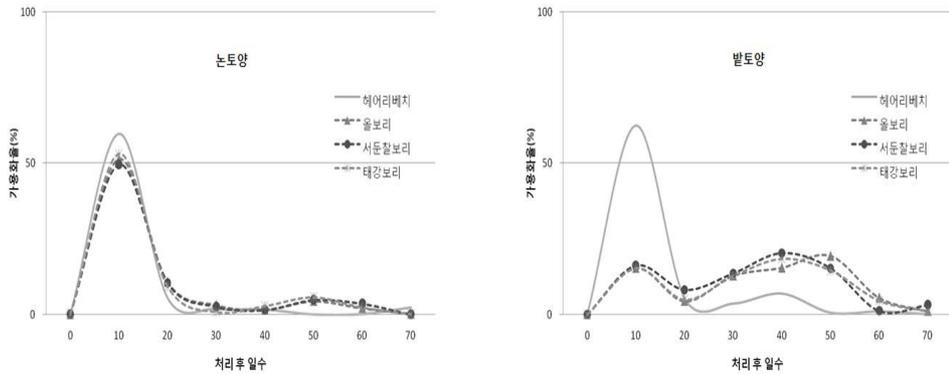


그림 7. 토양처리별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 칼슘의 가용화율 변화

논과 밭 토양 간의 칼슘 가용화 속도를 비교해 보면 헤어리베치는 논과 밭 토양 모두에서는 투입 초기에 다량의 칼슘이 가용화 되는 양상을 보였고, 보리품종은 분해 초기에는 논토양에서 빠르게 가용화 되지만 밭 토양에서는 느린 가용화양상을 보였으며, 중후기 이후에는 밭 토양에서 논토양보다 칼슘이 오랜 기간 서서히 가용화하는 것으로 나타났다.

#### (5) 마그네슘

온도 및 토양조건별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 마그네슘의 가용화율을 조사한 결과는 그림 8과 같다.

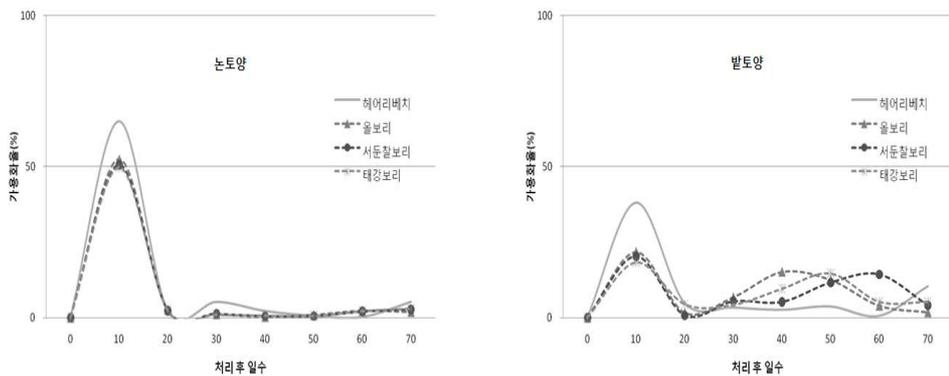


그림 8. 토양처리별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 마그네슘의 가용화율 변화

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일의 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 가용화율을 각각 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 65.0%

를 보였으며, 밭 토양에서 38.0%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 52.4%를 보였으며, 밭 토양에서 21.8%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 50.7%를 보였으며, 밭 토양에서 20.3%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 49.8%를 보였으며, 밭 토양에서 18.4%를 보였다. 처리 후 10일부터 70일까지 가용화율을 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 16.4%를 보였으며, 밭 토양에서 25.6%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 9.3%를 보였으며, 밭 토양에서 42.1%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 9.8%를 보였으며, 밭 토양에서 41.4%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 10.6%를 보였으며, 밭 토양에서 43.7%를 보였다.

논과 밭 토양 간의 마그네슘 가용화 속도를 비교해 보면 헤어리베치와 보리는 논토양에서 투입 초기에 다량의 마그네슘이 가용화 되는 양상을 보였지만, 중후기 이후 밭 토양에서 논토양보다 서서히 가용화하는 것으로 나타났다.

#### (6) 철분

온도 및 토양조건별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 철분의 가용화율을 조사한 결과는 그림 9와 같다.

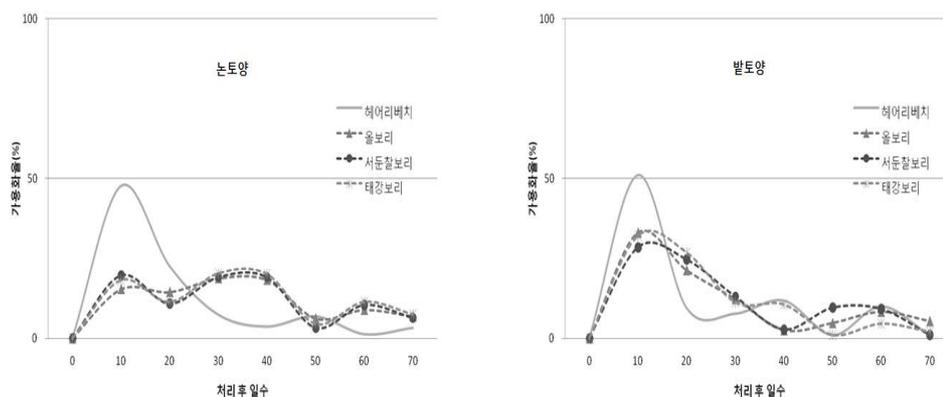


그림 9. 토양처리별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 철분의 가용화율 변화

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일의 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 가용화율을 각각 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 47.7%를 보였으며, 밭 토양에서 51.0%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 15.4%를 보였으며, 밭 토양에서 33.0%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에

서 19.8%를 보였으며, 밭 토양에서 28.5%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 18.2%를 보였으며, 밭 토양에서 32.1%를 보였다. 처리 후 10일부터 70일까지 가용화율을 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 45.2%를 보였으며, 밭 토양에서 40.9%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 73.6%를 보였으며, 밭 토양에서 54.7%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 69.5%를 보였으며, 밭 토양에서 60.5%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 75.2%를 보였으며, 밭 토양에서 56.6%를 보였다.

논과 밭 토양 간의 철분 가용화 속도를 비교해 보면 헤어리베치는 논과 밭 토양 모두에서 투입 초기에 다량의 철분이 가용화 되는 양상을 보였으며, 중 후기 이후에도 토양처리별 큰 차이 없이 비슷한 가용화 양상을 보였다.

보리품종은 밭 토양에서 논토양보다 분해초기 빠른 가용화 속도를 보였으며, 처리 중기 이후에 도달했을 때 논과 밭 토양에서 비슷한 가용화양상을 보였다.

#### (7) 아연

온도 및 토양조건별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 아연의 가용화율을 조사한 결과는 그림 10과 같다.

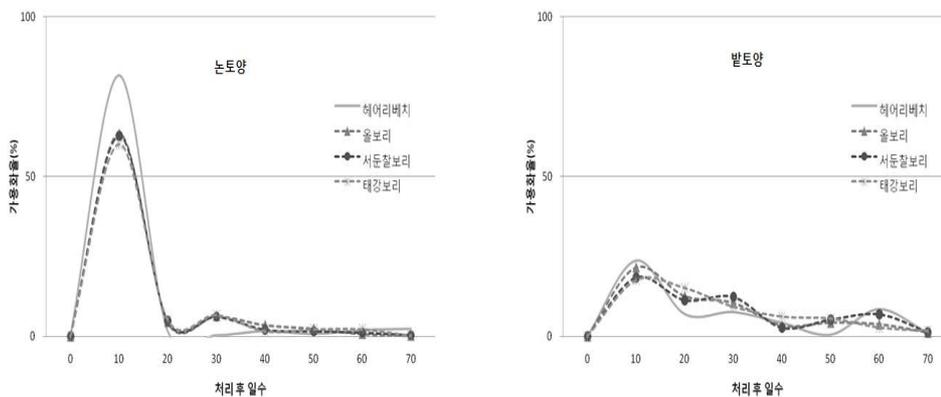


그림 10. 토양처리별 녹비작물들의 처리 후 일수에 따른 아연의 가용화율 변화

토양처리별 녹비작물들의 처리 후 10일의 논토양과 밭 토양에서 헤어리베치와 보리의 가용화율을 각각 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 81.6%를 보였으며, 밭 토양에서 23.8%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 63.4%를 보였으며, 밭 토양에서 21.6%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서

62.8%를 보였으며, 밭 토양에서 18.4%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 60.1%를 보였으며, 밭 토양에서 17.6%를 보였다. 처리 후 10일부터 70일까지 가용화율을 비교해 보면, 헤어리베치는 논토양에서 9.1%를 보였으며, 밭토양에서 29.4%를 보였다. 보리품종에서 올보리는 논토양에서 18.1%를 보였으며, 밭 토양에서 35.8%를 보였고, 서둔찰보리는 논토양에서 16.3%를 보였으며, 밭 토양에서 39.7%를 보였고, 태강보리는 논토양에서 18.7%를 보였으며, 밭 토양에서 40.8%를 보였다.

논과 밭 토양 간의 아연 가용화 속도를 비교해 보면 헤어리베치와 보리품종 모두에서 논토양에서 밭 토양보다 투입 초기에 다량의 아연이 가용화 되는 양상을 보였으며, 중후기 이후 밭 토양에서 논토양보다 서서히 가용화하는 것으로 나타났다.

#### 나. 녹비작물 헤어리베치와 보리의 토양 환원 후 벼의 생육특성과 수량에 대한 효과

##### 1) 생육특성

녹비작물 헤어리베치와 보리의 토양환원 후 벼의 주요 생육시기별 생장특성의 변화는 표 1과 같다.

##### 가) 초장

녹비작물 처리 후 초장의 변화는 무비구에 비하여 현저한 초장 증가가 있는 것으로 보이며 2007년에는 최고분얼기의 무비구가 56.1cm인데 비하여 헤어리베치구는 75.7cm, 보리구는 69.0cm, 헤어리베치+보리구는 70.6cm이었다. 즉 무비구에 비하여 각각 19.6cm, 12.9cm, 14.5cm 큰 것으로 나타났다. 이러한 경향은 수잉기 후에도 동일한 것으로 나타났다. 특히 질소함량이 높고 분해속도가 빠른 헤어리베치구는 관행구보다 출수기에 17.3cm 큰 것으로 나타났다. 이는 헤어리베치의 부속시 가용화되는 질소의 영향으로 판단되는데, 맥류와 달리 부속속도가 신속하게 분해되는 특성이 있기 때문에 토양 중에 부속된 유기물에서 발생하는 질소는 토양에 곧 흡착되고 서서히 벼 생육에 이용된다. 이러한 점에서 헤어리베치의 논 재배는 질소공급 측면에서 질소 수탈 작물인 화분과 맥류보다 유리한 것으로 판단되었다.

표 1. 헤어리베치와 보리의 토양 환원 시 벼의 주요생육시기별 생장특성

생육시기	처리구	초장 (cm)		분얼수 (no/hill)		엽색도 (SPAD)	
		'07	'08	'07	'08	'07	'08
최고 분얼기	관행	60.4	83.7	18.2	16.9	36.9	40.1
	무비	56.1	71.8	13.1	10.7	29.1	28.9
	헤어리베치	75.7	91.4	21.1	17.9	40.7	36.6
	보리	69.0	81.3	18.8	14.7	34.7	32.0
	헤어리베치 +보리	70.6	85.9	19.6	16.5	36.7	35.3
수잉기	관행	102.9	89.6	18.3	15.1	33.5	35.8
	무비	77.1	80.8	13.0	10.5	28.1	27.4
	헤어리베치	94.6	99.5	19.8	19.3	34.2	36.2
	보리	84.1	87.6	17.8	15.0	29.7	30.4
	헤어리베치 +보리	87.1	91.9	19.8	17.5	34.2	35.3
출수기	관행	109.0	99.2	18.1	11.2	39.8	40.1
	무비	83.5	89.5	10.7	11.6	27.3	31.0
	헤어리베치	100.8	105.5	18.3	18.5	36.1	38.7
	보리	93.9	95.0	13.1	13.8	27.3	34.2
	헤어리베치 +보리	95.9	96.3	14.9	15.8	34.0	37.6

나) 분얼

출수기의 무비구에 대한 헤어리베치구의 분얼수는 2007년 시험에 무비구가 포기당 10.7개에 불과하였으나, 헤어리베치구는 포기당 18.3개, 보리구는 13.1개, 헤어리베치+보리구는 14.9개로 무비구에 비하여 각각 9.6개, 2.4개, 4.2개 많은 것으로 나타났으며, 헤어리베치구는 관행구에 비하여 0.2개 더 많은 것으로 조사되었다. 이러한 경향은 최고분얼기에서 출수기까지 동일한 경향으로 관찰되었다. 따라서 헤어리베치 처리구는 전기와 같이 초장의 증가뿐만

아니라 분얼수의 증가에도 유리한 것으로 판단되었다. 벼는 분얼기인 영양생장기에 다량의 질소 및 인산 등이 필수적으로 요구되어 헤어리베치의 재배는 왕성한 생육을 도모하여 신속하고 강건한 분얼을 유지시키기 유리할 것으로 판단되었다.

#### 다) 엽색도

최고분얼기의 벼 엽색도는 2007년 시험에서 무비구가 29.1인데 비하여 헤어리베치구는 40.7를 보였고, 보리구는 34.7, 헤어리베치+보리구는 36.7로서 무비구에 비하여 각각 11.6, 5.1, 7.6 정도 더 높았고, 특히 관행구에 비하여 헤어리베치구가 큰 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다. 엽색도는 엽록소 함량을 간접적으로 측정하는 방법중에 하나로서 엽록소 함량이 높아지면 광합성량 및 효율도 증가되는 것으로 알려져 있다. 헤어리베치의 시용은 관행재배법 이상의 질소시용효과로 인해 엽색도가 증가됨으로서 광합성량이 높아지고, 벼의 생장도 향상될 것으로 판단되었다.

#### 2) 건물중 및 T/R율

녹비작물들 헤어리베치와 보리의 토양환원 후 벼의 주요 생육시기별 지상부와 지하부의 건물중 및 T/R율 조사는 표 2와 같다.

#### 가) 건물중.

최고분얼기의 포기당 건물중은 2008년 시험에서 무비구의 지상부가 5.9g인데 비하여 헤어리베치구는 12.9g를 보였고, 보리구는 12.0g, 헤어리베치+보리구는 11.5g, 으로 무비구에 비하여 각각 7.0g, 6.1g, 5.6g 정도 더 많았고, 관행구와도 헤어리베치구는 큰 차이를 보이지 않았다 이러한 경향은 수잉기 후에도 동일한 것으로 나타났다. 이는 비교적 부속화속도가 빠르고 질소함량이 높은 헤어리베치가 벼의 최고분얼기부터 출수기까지 지속적으로 질소의 공급이 이루어져 헤어리베치구의 지상부 건물중이 많은 것으로 사료 된다. 지하부 또한 최고분얼기에 무비구가 3.9g 비하여 헤어리베치구는 9.0g을 보였고, 보리구는 13.6g, 헤어리베치+보리구는 8.2g 으로 무비구에 비하여 각각 5.1g, 9.7g, 4.3g 정도 더 많았다.

나) T/R율

2008년 시험에서 출수기의 T/R율은 관행구가 1.4 인데 비하여 헤어리베치구 1.3, 보리구와, 헤어리베치 + 보리구는 3.2를 보였는데, 지상부의 건물중 감소보다는 지하부의 건물중이 다른 처리구에 비해 상대적으로 적어 T/R율이 헤어리베치구와 관행구보다 높은 것으로 관찰 되었다.

표 2. 헤어리베치와 보리의 토양 환원 시 벼의 주요 생육시기별 지상부와 지하부의 건물중 및 T/R율

생육시기	처리구	건물중(g)						T/R율	
		지상부		지하부		Total		07'	08'
		07'	08'	07'	08'	07'	08'		
최고분얼기	관행	12.1	13.9	7.9	9.7	20.0	23.6	1.5	1.4
	무비	4.9	5.9	2.4	3.9	7.3	9.8	2.0	1.5
	헤어리베치	17.5	12.9	9.0	9.0	26.5	21.9	1.9	1.4
	보리구	12.9	12.0	4.8	13.6	17.7	17.6	2.7	2.1
	헤어리베치 +보리구	13.9	11.5	4.5	8.2	18.4	19.7	3.1	1.4
수잉기	관행	37.3	44.7	10.8	32.0	48.1	76.7	3.5	1.4
	무비	20.2	24.0	8.6	13.8	28.8	37.8	2.3	1.7
	헤어리베치	53.9	56.0	12.2	33.9	66.1	89.9	4.4	1.7
	보리구	43.8	36.7	13.9	13.1	57.7	49.8	3.2	2.8
	헤어리베치 +보리구	46.7	41.7	12.1	16.5	58.8	58.2	3.9	2.5
출수기	관행	32.8	54.6	15.3	37.9	48.1	92.5	2.1	1.4
	무비	17.9	27.4	7.5	19.1	25.4	46.5	2.4	1.4
	헤어리베치	47.5	61.3	15.3	47.1	62.8	108.4	3.1	1.3
	보리구	36.8	45.0	11.2	14.0	48.0	59.0	3.3	3.2
	헤어리베치 +보리구	39.4	49.2	14.4	15.2	53.8	64.4	2.7	3.2

### 3) 수량 및 수량구성요소

녹비작물들 헤어리베치와 보리의 토양환원 후 벼의 수량구성요소의 조사 결과는 표 3과 같다.

#### 가) 주당 수수

2008년 시험에서 주당 수수는 무비구가 11.0개 것에 비하여 헤어리베치구는 21.0개, 보리구는 12.0개 였으며, 헤어리베치+보리구는 14.0개인 것으로 나타났다. 관행구의 주당 수수는 15.0개 이었으나 헤어리베치구는 21개로 6.0개 많음으로서 헤어리베치 시용은 주당 수수를 높이는데 기여하는 것으로 나타났다.

표 3. 헤어리베치와 보리의 논토양 환원시 벼의 수량구성요소

처 리 구	수 량 구 성 요 소							
	주당 수수 (no/hill)		수당 영화수 (no/panicle)		천립중 (g)		등숙률 (%)	
	'07	'08	'07	'08	'07	'08	'07	'08
관 행	15.0	15.0	76.0	99.0	24.2	26.7	95.0	93.0
무 비	10.0	11.0	71.0	83.0	23.6	25.2	93.0	91.0
헤어리베치	20.0	21.0	98.0	87.0	22.2	23.7	92.0	90.0
보 리	18.0	12.0	72.0	84.0	22.8	26.8	92.0	92.6
헤어리베치+보리	19.0	17.0	70.0	74.0	22.8	25.2	95.0	91.0

#### 나) 수당 영화수

2007년 시험에서보다 2008년 시험에서는 헤어리베치구를 제외하고, 수당 영화수는 전체적으로 모두 증가하는 경향이였으며, 2008년 시험에서 관행구가 99.0개 것에 비하여, 헤어리베치구는 87.0개, 보리구는 84.0개, 헤어리베치+보리구는 74.0개 보다 각각 12.0개, 15.0개, 25.0개 작은 것으로 조사되었다.

다) 등숙률과 천립중

등숙률은 헤어리베치 시용 및 무처리구간에 차이가 없는 것으로 나타났으며, 천립중도 동일한 경향이였다.

(4) 수량

녹비작물들 헤어리베치와 보리의 토양환원 후 벼의 수량구성요소의 조사 결과는 표 4와 같다.

표 4. 헤어리베치와 보리의 논토양 환원시 벼의 정조수량 및 수량지수

처 리 구	정조 수량 (kg/10a)		수량 지수 (%)	
	'07	'08	'07	'08
관 행	542.3	561.9	100.0	100.0
무 비	306.3	278.4	56.5	49.5
헤어리베치	571.3	606.2	105.4	107.9
보 리	492.3	419.4	90.8	74.6
헤어리베치 +보리	527.1	518.8	97.2	92.3

2008년 시험에서 헤어리베치구가 무처리구에 비하여 58.4%증수 효과가 있는 것으로 나타났으며, 관행구와도 비교하여 7.9% 증수되는 것으로 나타났다. 이양 2주전에 헤어리베치를 전층 시비하는 것이 주당수수를 증가하게 하여 수량 증수에 효과적인 것으로 판단되었다. 2년의 시험결과를 종합하면 2007년 시험에 비해 2008년 시험에서 수량은 헤어리베치구와 관행구를 제외하고 무비구, 보리구 및 헤어리베치 + 보리구는 정조수량이 감소하는 경향을 보였는데 특히 2년 연속한 보리구의 정조수량 감소가 뚜렷했다. 이 연구 결과로 미루어 볼 때 친환경농업으로 헤어리베치를 활용하면 생산성을 안정적으로 유지하며 화학비료 사용도 크게 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 보리의 경우는 총체보리를 재배할 경우 사료작물과 녹비작물 용도로 활용할 수 있으며, 보리와 벼로 이어지는 작부체계는 벼의 생장 및 생산성을 떨어뜨리므로 부족분의 화학비료 사용이 요구됨을 알 수 있었다.

#### 4) 벼의 주요 생육시기별 무기영양성분 흡수이용

##### 가) 질소

녹비작물 헤어리베치와 보리의 토양환원 후 벼 재배 시 주요 생육시기별 질소의 흡수이용 양상 조사 분석한 결과는 그림 11과 같다.

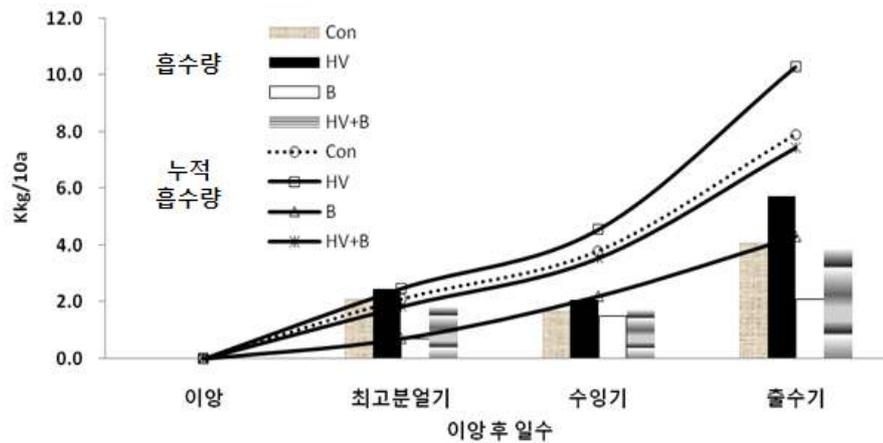


그림 11. 헤어리베치와 보리의 토양투입 후 벼 재배 주요생육시기별 질소의 흡수이용 양상

\* Con : 관행, HV : 헤어리베치, B : 보리, HV + B : 헤어리베치+보리

헤어리베치와 보리를 재배한 후 녹비작물로 토양에 환원한 후 벼를 재배하면서 주요 생육시기에 시료를 채취하여 전 질소함량을 분석한 후 질소흡수이용량을 시기 및 처리별로 비교한 결과, 질소흡수량은 최고분얼기에서 관행구는 2.1kg/10a, 헤어리베치구는 2.5kg/10a, 보리구는 0.7kg/10a, 헤어리베치+보리구는 1.8kg/10a였으며, 수잉기에서 관행구는 1.7kg/10a, 헤어리베치구는 2.1kg/10a, 보리구는 1.5kg/10a, 헤어리베치+보리구는 1.7kg/10a였고, 출수기에서 관행구는 4.1kg/10a, 헤어리베치구는 5.7kg/10a, 보리구는 2.1kg/10a, 헤어리베치+보리구는 3.9kg/10a를 흡수 이용하였다. 벼의 질소 흡수이용양상은 출수기 이전 영양생장기에 질소의 흡수량이 증가하여 이앙 후 부터 출수기까지 점차적으로 증가하는 경향을 보였으며, 이앙 후 출수기까지 질소의 총 흡수이용량은 관행구 7.9kg/10a인데 비하여 헤어리베치구는 10.3kg/10a로 관행구보다 헤어리베치구가 2.4kg/10a 많은 흡수량을 보였다. 특히 출수기에 많은 양의 질소가 흡수되어 이용되는 것으로 나타나 수비의 중요성을 알 수 있었으며, 헤어리베치구에서 관행구에서 보다 더 많은 질소를 흡수하여 녹비작물

중 공중질소를 고정하며 식물체내 많은 질소를 함유하는 헤어리베치를 친환경 농업의 일환으로 활용하면 효과를 볼 수 있다는 결과라고 판단된다.

나) 인산

헤어리베치와 보리를 재배 후 녹비작물로 토양환원 후 벼의 주요 생육시기 별 인산의 흡수이용을 조사 분석한 결과는 그림 12와 같다.

인산의 흡수이용량은 최고분얼기에서 관행구는 0.2kg/10a, 헤어리베치구는 0.2kg/10a, 보리구는 0.2kg/10a, 헤어리베치+보리구는 0.2kg/10a였으며, 수잉기에서 관행구는 0.7kg/10a, 헤어리베치구는 0.5kg/10a, 보리구는 0.4kg/10a, 헤어리베치+보리구는 0.6kg/10a 이었으며, 출수기에서 관행구는 1.5kg/10a, 헤어리베치구는 1.1kg/10a, 보리구는 1.1kg/10a, 헤어리베치+보리구는 1.2kg/10a를 흡수 이용하였다.

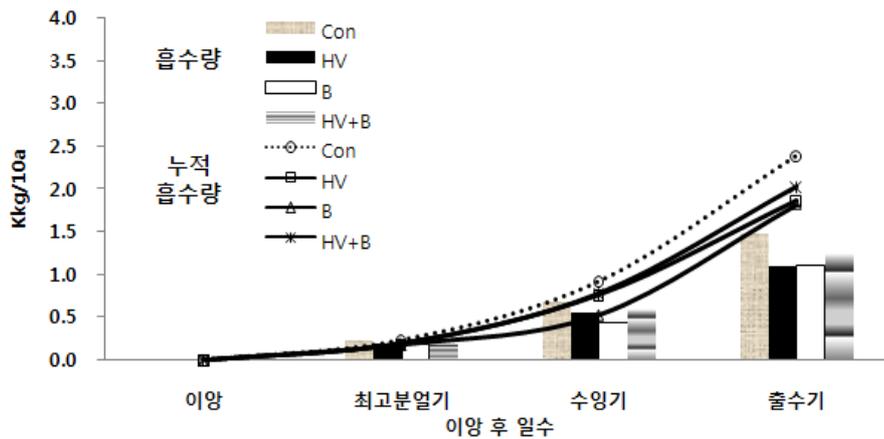


그림 12. 헤어리베치와 보리의 토양투입 후 벼 재배 주요생육시기별 인산의 흡수이용 양상

벼의 인산 흡수이용양상은 이삭이 결실을 맺는 출수기에 가장 많은 양의 인산 흡수량 경향을 보였으며, 이양 후 출수기까지 인산의 총 흡수이용량은 관행구 2.4kg/10a인데 비하여 헤어리베치구는 1.8kg/10a로 이는 헤어리베치의 평균 인산함량이 0.4~0.8%로 낮고, 녹비처리 후 10일에 가용화율 85%로 빠른 가용화 양상을 보여 벼의 출수기 인산 흡수량이 적은 것으로 사료된다.

다) 칼리

헤어리베치와 보리의 재배 후 녹비작물로 토양환원 후 벼의 주요 생육시기

별 인산의 흡수이용률 조사 분석한 결과는 그림 13과 같다.

칼리의 흡수이용량은 최고분얼기에서 관행구는 2.8kg/10a, 헤어리베치구는 2.5kg/10a, 보리구는 1.2kg/10a, 헤어리베치+호밀구는 2.1kg/10a였으며, 수잉기에서 관행구는 0.5kg/10a, 헤어리베치구는 0.9kg/10a, 보리구는 1.1kg/10a, 헤어리베치+보리구는 0.5kg/10a 이었으며, 출수기에서 관행구는 2.7kg/10a, 헤어리베치구는 2.5kg/10a, 보리구는 1.9kg/10a, 헤어리베치+보리구는 2.1kg/10a를 흡수 이용하였다. 벼의 인산 흡수이용양상은 분얼이 왕성하게 일어나는 최고분얼기와 이삭이 결실을 맺는 출수기에 가장 많은 양의 인산 흡수량 경향을 보였으며, 이앙 후 출수기까지 칼리의 총 흡수이용량은 관행구가 6.0kg/10a, 헤어리베치구는 5.9kg/10a로 거의 비슷한데 이는 헤어리베치의 평균 칼리함량이 3.6~3.8%비교적 높아 벼가 흡수 이용하는 양이 많은 것으로 판단된다.

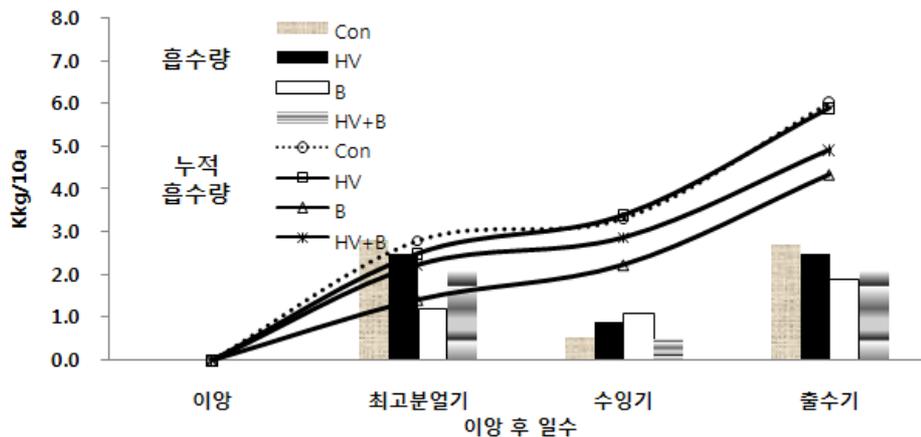


그림 13. 헤어리베치와 보리의 토양투입 후 벼 재배 주요생육시기별 칼리의 흡수이용 양상

#### 라) 기타 무기영양성분

헤어리베치와 보리를 재배 후 녹비작물로 토양 환원하여 벼 재배 시 주요 생육시기별 칼슘, 마그네슘, 철분, 망간의 흡수 이용량을 조사한 결과는 표 5와 같다. 칼슘의 흡수이용량은 최고분얼기와 출수기에서 비교적 많았으며, 이앙 후 부터 출수기까지 관행구는 1.2kg/10a, 헤어리베치구는 1.4kg/10a, 보리는 0.9kg/10a, 헤어리베치+보리는 0.7kg/10a를 흡수 이용하였다.

표 5. 헤어리베치와 보리의 토양투입 후 벼의 주요생육시기별 칼슘, 마그네슘, 철 및 망간의 흡수이용량

성분	처리	흡수이용량(kg/10a)			합계
		최고분얼기	수잉기	출수기	
Ca	관행	0.6	0.0	0.6	1.2
	무비	0.1	0.0	0.1	0.2
	헤어리베치	0.8	0.2	0.4	1.4
	보리	0.4	0.1	0.3	0.8
	헤어리베치+보리	0.2	0.1	0.4	0.7
Mg	관행	0.0	2.8	0.0	2.8
	무비	0.1	0.5	0.2	0.8
	헤어리베치	0.1	2.2	0.5	2.8
	보리	0.2	0.3	0.3	0.8
	헤어리베치+보리	0.3	2.1	0.1	2.5
Fe	관행	0.3	0.0	0.0	0.3
	무비	0.4	0.0	0.0	0.4
	헤어리베치	0.3	0.0	0.0	0.3
	보리	0.4	0.1	0.0	0.5
	헤어리베치+보리	0.6	0.1	0.0	0.7
Mn	관행	0.2	0.0	0.0	0.2
	무비	0.1	0.0	0.0	0.1
	헤어리베치	0.3	0.0	0.0	0.3
	보리	0.1	0.0	0.0	0.1
	헤어리베치+보리	0.1	0.0	0.0	0.1

마그네슘의 흡수이용량은 수잉기에서 비교적 많았으며, 이앙 후 부터 출수기까지 관행구는 2.8kg/10a, 헤어리베치구는 2.8kg/10a, 보리는 0.8kg/10a, 헤어리베치+보리는 2.5kg/10a를 흡수 이용하였다. 철분의 흡수이용량은 최고분얼기에서 대부분 흡수되었으며, 이앙 후 부터 출수기까지 관행구는 0.3kg/10a, 헤어리베치구는 0.3kg/10a, 보리는 0.5kg/10a, 헤어리베치+보리는 0.7kg/10a를 흡수 이용하였다. 망간의 흡수이용량은 최고분얼기에서 대부분 흡수되었으며, 이앙 후 부터 출수기까지 관행구는 0.2kg/10a, 헤어리베치구는 0.3kg/10a, 보리와 헤어리베치+보리는 각각 0.1kg/10a를 흡수 이용하였다.

#### 4. 종합결과

환경친화형 농업기술 개발의 일환으로 두과작물인 헤어리베치와 화본과작물인 보리를 재배 후 녹비작물로 토양에 처리한 후 온도와 토양조건을 달리 하여 유기물로서의 부숙화 속도와 양분가용화 량 및 율을 조사 분석하고, 이

들 녹비작물들을 후작물인 벼 재배에 연계시켜 벼 재배시의 주요 생육시기별 생장반응, 무기영양성분의 흡수이용 양상 및 수량성에 미치는 영향에 대하여 조사한 결과는 다음과 같다.

#### 1. 온도 및 토양조건별 녹비작물들의 부숙화 및 양분가용화 양상

가. 녹비작물 헤어리베치와 보리의 처리 후 일수에 따른 부숙화율 변화양상은 녹비작물처리 후 초기에 급속한 분해양상을 보였고, 그 이후부터 80일까지 완만한 분해양상을 보였다. 토양 처리별로 논토양이 밭 토양보다는 분해초기에 빠른 분해양상을 보이지만 처리 후 일수가 지날수록 밭 토양이 더 빠르거나 비슷한 양상을 보였다,

나. 작물별로는 헤어리베치가 보리보다 녹비처리 80일 후 8~11%이상 높은 부숙화율을 보였으며, 보리 품종별로는 올보리가 서둔찰보리와 태강보리 보다 부숙화율이 비교적 높은 것으로 나타났다.

다. 녹비작물의 부숙화율이 50%에 도달되는 일수를 비교해 보면 헤어리베치는 논토양이 밭토양 보다 빠른 분해일수를 보였으며, 보리 3품종 모두는 밭 토양이 논토양보다 빠른 50% 분해일수를 보였다. 녹비작물별로는 헤어리베치가 논토양에서 16일로 가장 빠른 일수를 보였으며, 서둔찰보리가 밭 토양에서 20일로 가장 느린 분해속도를 보였다.

라. 녹비작물의 토양 처리 후 질소의 가용화 양상은 논토양이 밭 토양보다 처리초기에 비교적 높은 가용화 양상을 보이지만, 처리 후 일수가 지날수록 논토양보다는 밭 토양에서 질소의 지속적인 가용화양상을 보였다. 작물별로는 헤어리베치가 보리보다 평균적으로 높은 가용화율 보였으며, 보리 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았다.

마. 인산의 가용화 양상은 논토양이 밭 토양보다 처리초기에 30%이상 높은 가용화 양상을 보이지만, 처리 후 일수가 지날수록 논토양보다는 밭 토양에서 인산의 지속적인 가용화양상을 보였다. 작물별로는 헤어리베치가 보리보다 평균적으로 높은 가용화율 보였으며, 보리 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았다.

바. 칼리의 가용화 양상은 논토양이 밭 토양보다 처리초기에 35%이상 높은 가용화 양상을 보이지만, 처리 후 일수가 지날수록 논토양보다는 밭 토양에서 칼리의 지속적인 가용화양상을 보였다. 작물별로는 헤어리베치가 보

리보다 비교적으로 높은 가용화율 보였다.

2. 헤어리베치와 보리를 녹비작물로 토양 환원 후 벼의 생육특성과 수량

가. 벼의 주요생육시기별 초장은 녹비처리구중 헤어리베치구가 관행구보다 높은 경향을 보였으며, 보리처리구는 관행구와 헤어리베치구와 큰 차이를 보였다. 분얼수는 출수기 이후 헤어리베치처리구가 관행구보다 약간 많았고, 보리와 처리구는 헤어리베치처리구와 관행구보다 적은 분얼수를 보였다. 엽색도는 관행구가 녹비작물 처리구와는 차이를 보였으며, 녹비처리구간에는 헤어리베치가 가장 높았으며, 보리처리구가 가장 낮은 엽색도를 보였다.

나. 녹비작물 헤어리베치와 보리의 논토양 환원시 벼의 생육시기에 따른 질소의 흡수이용량의 변화는 최고분얼기와 출수기 까지 지속적으로 흡수되는 경향을 보였으며, 인산은 영양생장기보다 생식생장기인 수잉기부터 대부분 흡수 이용되는 양상을 보였으며, 칼리는 생육초기부터 출수기까지 지속적으로 이용되는 양상을 보였다.

다. 벼의수량 및 수량구성요소는 헤어리베치처리구가 주당수수와 영화수가 높았고, 천립중은 관행구가 높았으며, 단위면적당 정조수량은 헤어리베치 처리구 606kg/10a, 관행구 562kg/10a, 보리 처리구 419kg/10a, 무비구 278kg/10a로 처리간 차이를 보였다. 연차별로 관행구와 헤어리베치구는 수량이 약간 상승하거나 비슷하였지만, 보리처리구는 수량이 적어지는 경향을 보였다.

### 제3절 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화 연구

#### 1. 서 설

녹비작물이란 화학비료를 대체 또는 절감하기 위하여 푸를 때 베어서 토양에 넣어 주는 작물을 말한다. 녹비작물의 재배는 인류의 농업역사와 같이 해왔을 것으로 추정된다. 왜냐하면 토양비옥도의 증진 없이는 농경이 힘들기 때문이다. 화전농법도 그 이면에는 불태움으로써 자생하고 있던 식물의 양분을 이용했던 것이다. 식물체를 이용하는 비료 사용법은 1828년 Wöhler가 시안산암모늄을 이용하여 요소비료를 합성한 이후 Du Pont사가 공업적으로 1916년 석회질소에서 요소를 합성(조성진 등, 2003)한 이후에 급격히 감소하게 되었다. 우리나라도 일제강점기인 1930년대에 약 150,000 ha 이상의 녹비작물이 재배 되었으나 국가의 비료 자급률이 100%를 달성하는 1970년대 초반에 거의 재배가 보고되지 않았었다(이호진, 1983). 최근 농식품부의 푸른들가꾸기 사업과 국민들의 친환경 농산물 생산에 대한 열망으로 재배면적이 급격히 증가하여 2007년에 137,000 ha에 이르게 되었다.

녹비작물은 공중질소를 고정하는 자운영, 헤어리베치 뿐만 아니라 호밀, 보리 등 화본과 작물도 녹비작물에 포함이 된다. 그러나 좁은 의미의 녹비작물은 헤어리베치, 자운영 같은 두과녹비작물을 말한다(Clark, 2007; 박 등, 2008). 농부의 푸른들가꾸기 사업에서 보듯이 보리나 호밀 같은 화본과 작물도 녹비로 많이 이용하고 있다. 특히 화본과 녹비작물은 심토의 토양양분 가용화, 질시대 질소 같은 양분유실의 방지, 두과의 혼파 등 여러 가지 목적으로 사용 가능하다. 두과 녹비작물인 자운영은 내한성이 다소 약하여 주로 남부 지방에서 재배와 보급이 이루어지고 있으며 중부지방에서는 내한성이 강한 헤어리베치의 이용이 가능하다. 헤어리베치 이용기술은 답리작(김 등, 2002)과 밭토양(서 등, 2001; Seo et al., 1997; Seo et al., 2000)으로 구분할 수 있다. 주로 밭토양에서 많이 연구되었고 ha 당 질소를 19~351 kg까지 생산 할 수 있다(Power et al., 1991; Holderbarum et al., 1990). 화본과는 호밀의 질소 동태(서 등, 2008) 및 피복 효과(서 등, 2008) 즉, 잡초관리 연구를 수행한 바 있지만 화본과 녹비작물은 공중질소 고정을 통해 농경지에 질소를 더 할 수는 없지만 흡수와 무기화를 통하여 질소의 보존은 가능하다(Meisinger et al., 1991; Shipley et al., 1992). 호밀과 헤어리베치의 다양한 혼파로 녹비생산 후 옥수수 이용에 대한 시도(Clark & Meisinger, 1994)가

미국에서 있었으나 국내의 연구는 미미한 편이다. 녹비의 혼파재배법이란 녹비작물 파종 시 녹비작물 두 종 이상을 혼합하여 파종하는 것을 말하며 혼파를 하면 겨울철 작물의 경우 키 큰 화분과 작물에 의해 월동력이 증진되고 단파에 비하여 빨리 지표면을 피복하여 잡초발생을 억제시키기도 한다. 또한 두 작물의 상호작용으로 높은 biomass 생산과 질소 생산성을 가질 수 있다. 혼파의 가장 큰 이점은 태양 에너지의 이용 효율 증진을 들 수 있다. 최근에 경관농업이 농촌관광과 연계 등이 회자되고 있는데 혼파는 경관을 더욱더 보기 좋게 한다. 그리고 유용 곤충의 유인 범위가 확대되어 친환경농사 등에 유리하다. 그러나 종자대의 경제성, 과도한 잔존물, 복잡한 영농관리, 파종이 복잡한 것 등 다소 불리한 면도 있다(Clark, 2007). 혼파가 장·단점을 가지고 있지만 국내에서 특히 보리를 녹비로 이용 시에 두과인 헤어리베치와 혼파한 연구는 거의 없다. 본 시험은 전량 수입되고 있는 호밀 녹비 종자를 녹비보리로 대체하고자 시험을 수행하였다. 특히 토성별 녹비보리 단용 및 헤어리베치와 혼파 시 생산성(biomass)과 벼 재배에 이용 시 토양 이화학성 변화를 구명하여 정부의 'Green Korea' 정책의 기초자료 활용하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### <시험 1> 녹비보리 투입에 의한 토성별 생육양상 및 벼 재배 시 토양 이화학성 변화

본 과제는 2006년부터 시작하였기 때문에 2005년 가을에 녹비작물 파종이 불가능하였다. 그래서 본 시험의 1년차는 외부에서 재배 한 녹비작물을 투입하여 시험을 수행하였다. 녹비보리 단용구는 생초로 10a 당 1.5 ton, 혼파구는 녹비보리 0.75 ton + 헤어리베치 0.75 ton을 투입하였다. 투입은 벼 이앙 14일전에 하였다. 벼 품종은 일품벼 중묘를 손이양하였다. 녹비 투입 후 벼 재배 시 관행 시비구의 시비량은 10a 당 N 9kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4.5kg, K<sub>2</sub>O 5.7kg을 사용하였고 그 외 재배법은 국립식량과학원 벼 표준 재배법에 준하였다. 시험 포장은 경기도 수원시에 소재한 농촌진흥청 국립식량과학원 환경포장의 인위적으로 조성된 토성별 시험 포장에서 시험을 수행하였다. 토성은 사양토, 식양토, 양토로 조성한 macro plot에서 시험을 수행하였다. 각 plot의 면적은 180m<sup>2</sup>이다. 생육조사는 농진청의 농작물 표준시험법에 준하여 조사하였다(농

촌진홍청, 2003). 엽색도는 엽색도계(SPAD 502, Minolta, Japan)을 이용하여 완전히 전개된 잎의 상단부에서 측정하였다. 수확기 벼 식물체 시료는 70°C에서 72시간 동안 열풍 건조 후 분쇄하여 양분함량을 조사하였다. 식물체중의 질소와 탄소는 CNS2000(Leco, USA)를 이용하여 분석하였다. 토양의 화학적 특성은 수확기 표층토(0-15 cm)를 채취 풍건 후 사분(2 mm 이하)하여 분석에 이용하였다. 토양 pH는 1:5법 (토양:물), 유기물 함량도 CNS2000을 이용하여 탄소함량에 계수 1.724를 곱하여 산출하였다. 그 외 조사 및 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 기준에 따라 조사하였다.

### **<시험 2> 녹비보리 환원에 의한 토성별 생육양상 및 벼 재배 시 토양 이화학성 변화**

본 시험은 시험 1과 동일한 장소인 국립식량과학원 환경포장에서 2006년 10월 상순부터 벼 입모중과중부터 2008년 10월 중순까지 수행하였다. 시험과 달리 2006년부터 녹비보리 단용구 및 혼파(녹비보리+헤어리베치)구 처리하였다. 시험에 사용된 헤어리베치는 중국에서 수입한 H-1, 벼는 중생종인 품미 벼를 재배하였다. 녹비작물은 화본과인 보리(영양보리)와 두과인 헤어리베치(H-1)를 2006년과 2007년에 모두 10월 9일에 25cm 간격으로 줄뿌림 하였다. 처리내용은 토성별 녹비보리 단용과 보리+헤어리베치 혼파구를 처리하였다. 파종량은 헤어리베치는 10a 당 9 kg, 녹비보리는 14 kg을 하였다. 혼파구는 보리와 헤어리베치는 2 : 1로 하였다. 혼파구의 보리의 10a 당 파종량은 9.3 kg, 헤어리베치 3 kg으로 하였다. 녹비작물의 환원은 2006년은 5월 14일, 2007년은 5월 15일에 하였다. 벼 이앙도 2개년 모두 6월 3일 손 이앙 하였다. 녹비작물의 재배는 무비재배를 하였고 녹비작물 환원 후 벼 재배는 녹비작물 환원구는 화학비료를 사용하지 않았고 화학비료구와 무비구를 두고 시험을 수행하였다. 녹비보리의 초장과 경수의 조사는 보리조사기준에 준하였고 혼파구의 헤어리베치는 보리와 분리하여 조사하였다. 녹비작물의 생초중은 시험구의 특성을 감안하여 최소 1 m× 1 m 면적의 지상부를 예취하여 현장에서 평량 후 환산하였다. 건물중은 충분히 비닐하우스에서 풍건 후 건조기 60°C에서 24시간 건조 후 평량하여 환산하였다. 식물체중의 질소와 탄소는 CNS2000(Leco, USA)를 이용하여 분석하였고 토양 암모니아태 질소의 분석은 습토를 채취하여 2M KCL 용액에 침출하여 Inject flower meter(FIAstar5000, FOSS Sweden)로 측정하였다. 토양의 유기물 함량도 CNS2000을 이용하여 탄소함량에 계수 1.724를 곱

하여 산출하였다. 토양의 내수성 입단율은 wet sieving 기(Eijkelkamp 08. 13, Netherlands)를 이용하여 분석하였고 4 g의 토양을 0.25 mm 입단체에 놓은 후 3분간 상하작동 시켰다. 체에서 더 이상 물이 흘러나오지 않으면 캔을 꺼내어 무게를 측정한 캔에 옮긴 후 수분을 건조시킨 후 무게를 측정하였다. 또 다른 캔에 분산제(2 g NaOH/L) 100 ml를 채웠다. 5-8분간 상하작동 후 분산용액이 흘러나오지 않을시 무게를 측정한 캔에 옮긴 후 수분이 날아갈 때 까지 건조시킨 후 무게를 측정하였다. 토양 중의 Eh는 포장에서 직접 근권 부위 토심 10 cm에서 백금전극 (Pt/Ag/AgCL 전극, Orion 678BN)을 토양에 삽입 2시간 후에 측정하였다. 모든 측정치에 +199 mV을 보정하였다. Eh 측정 시 토양의 교란을 막기 위하여 1/5,000 와그너 포트를 토양속에 설치 후 발자국이 없는 부근에서 Eh 값을 측정하였다. 자세한 과정은 그림 1과 같다. 그 외 조사 및 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 기준에 따라 조사하였다.

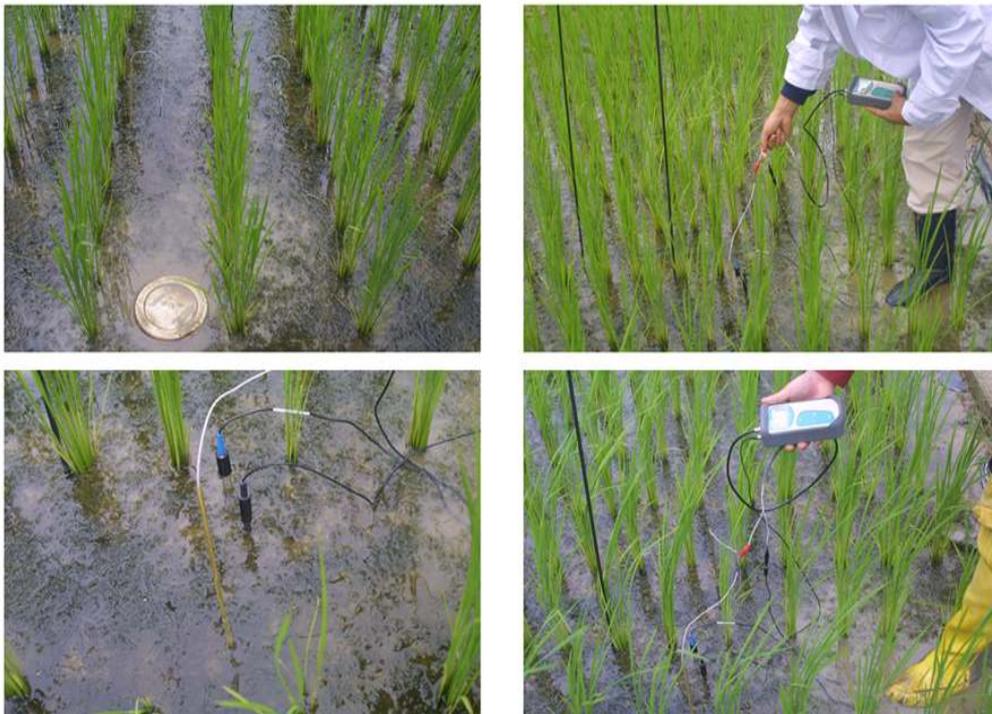


그림 1. 토양 산화환원 전위 측정 방법

### 3. 결과 및 고찰

<시험 1> 녹비보리 투입에 의한 토성별 생육양상 및 벼 재배 시 토양 이화학성 변화

녹비보리의 환원에 따른 토성별 벼 생육양상은 양토, 사양토, 식양토의 순으로 좋았다(표 1). 각각의 토양에서 환원 45일 후에는 녹비환원 처리가 관행보다 생육이 좋았다. 이는 녹비작물이 서서히 환원되어 벼의 생육에 영향을 미친 것으로 생각된다. 특히 보리의 환원 처리에서 벼의 생육이 세 토성 모두 가장 좋았다. 녹비보리와 벼치의 혼파도 관행보다 높은 생육양상을 보여주었다(표 1).

표 1. 토성별 녹비보리의 환원 후 벼 이앙 후 45일경 생육 특성

구 분		초장(cm)	경수(개/주)	엽색도(SPAD)
사양토	녹비보리	59.9	21.6	37.6
	보리+헤어리베치	53.9	19.2	35.3
	관행	56.4	17.5	34.4
양 토	녹비보리	59.6	22.7	37.5
	보리+헤어리베치	57.8	21.6	36.1
	관행	56.9	17.9	33.4
식양토	녹비보리	53.8	18.1	34.3
	보리+헤어리베치	52.9	16.47	34.7
	관행	51.9	14.1	32.3

출수기 벼 생육은 모든 토양에서 관행에 비하여 보리환원구가 간장이 길었으며, 수장은 보리투입구가 다른 처리 보다 짧았다(표 2). 표 2의 결과에서 출수기는 보리환원구가 다른 처리구보다 1일 늦었다. 출수기에서는 사양토에서 생육이 좋았으며 양토, 식양토의 순으로 생육이 좋았다. 하지만 양토와 사양토의 생육 차이는 크지 않았다.

표 2. 녹비 투입에 따른 토성별 벼 출수기의 생육특성

처 리 내 용		출수기 (월. 일)	간장 (cm)	수장 (cm)	엽색도 (SPAD)
사양토	녹비보리	8. 23	75.8	20.1	31.0
	보리+헤어리베치	8. 22	69.9	20.5	30.6
	관 행	8. 22	69.1	20.5	29.7
양 토	녹비보리	8. 23	70.8	19.9	29.1
	보리+헤어리베치	8. 22	71.8	20.1	28.9
	관 행	8. 22	67.8	19.9	29.7
식양토	녹비보리	8. 23	67.3	19.9	30.5
	보리+헤어리베치	8. 22	66.6	20.3	31.4
	관 행	8. 22	63.7	20.7	27.5

표 3의 결과에서 각 토양처리별 수량구성요소와 수량을 조사하였다. 사양토에서 수량이 가장 많았으며 양토, 식양토의 순이었다. 시험한 토양 모두에서 녹비환원처리가 관행보다 많게는 약 9%까지 수량 지수가 높아졌다(표 3). 이는 윤작체계에서 녹비를 재배하여 투입한 것이 아니기 때문에 일반화하기 힘들 것으로 판단되었다.

표 3. 벼 수량구성요소 및 수량

처 리 내 용		수 수 (개/m <sup>2</sup> )	수당 립수 (개)	등숙 비율 (%)	현 미 천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량 지수 (%)
사양토	녹비보리	321	106	72.5	22.1	466	107
	보리+헤어리베치	290	106	79.1	21.9	459	105
	관 행	246	114	76.8	21.9	437	100
양 토	녹비보리	312	117	80.0	21.9	456	109
	보리+헤어리베치	291	97	69.5	22.1	422	100
	관 행	223	100	73.5	21.9	420	100
식양토	녹비보리	233	110	84.1	21.7	420	102
	보리+헤어리베치	271	101	68.1	22.0	437	106
	관 행	212	106	78.7	22.0	412	100

표 4의 결과에서 생육 시기별 C/N율의 변화를 보면 출현 후 시일이 지날수록 C/N율은 증가 하였고 대체로 일과 줄기보다 뿌리에서의 C/N율이 높았다. 호밀과 보리의 C/N율이 자운영과 헤어리베치 보다 높았으며 헤어리베치가 가

장 낮은 C/N율을 보였다. 출현 후 70일에서 80일 사이에 보리와 호밀의 C/N율은 급격히 증가하였고 자운영은 35일과 50일 사이에 크게 증가하였다(표 4).

표 4. 녹비 생육 시기별 C/N율 변화

구 분	출현 후 20일		출현 후 35일		출현 후 50일		출현 후 70일		출현 후 80일	
	엽+경	근								
보 리	8.4	15.7	9.0	17.7	13.7	29.1	20.4	23.1	39.2	45.6
헤어리베치	6.5	13.6	9.7	11.0	9.4	11.0	10.7	13.9	10.8	14.4
호 밀	9.4	17.6	11.1	17.2	16.8	32.3	20.8	17.6	39.9	39.4
자운영	10.2	13.1	11.9	15.3	15.6	19.7	15.4	20.8	17.7	21.5

표 5는 시험 후 토양의 이화학성을 조사한 결과이다. 모든 토양에서 pH는 관행보다 낮아지는 경향을 보였지만 그 차이는 미미하였고 OM은 보리와 헤어리베치의 혼파처리에서 높아지는 경향이였다. 유효 인산은 관행이 대체적으로 높았다. 토성별 K, Ca, Mg의 양은 식양토, 양토, 사양토의 순으로 많았고 공극율은 사양토, 양토, 식양토의 순으로 높았으나 녹비처리에 의한 공극률의 증가는 양토에서 나타났다(표 5).

표 5. 토성별 시험후 토양 이화학성

처 리 내 용		pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cations(cmol <sup>+</sup> /kg)			공극률 (%)
					K	Ca	Mg	
사양토	녹비보리	5.84	3.21	27	0.29	2.72	0.40	66.4
	보리+ 헤어리베치	5.86	3.89	23	0.27	2.92	0.63	63.3
	관 행	6.08	3.66	34	0.24	3.01	0.50	64.9
양 토	녹비보리	6.25	3.57	21	0.31	3.69	0.62	58.6
	보리+ 헤어리베치	6.24	4.02	32	0.27	4.49	0.76	59.7
	관 행	6.29	3.61	28	0.25	4.33	0.52	59.6
식양토	녹비보리	5.67	7.89	21	0.30	5.80	1.14	50.5
	보리+ 헤어리베치	5.78	8.96	21	0.28	5.75	1.38	50.6
	관 행	5.89	6.78	25	0.24	5.87	1.39	54.9

**<시험 2> 녹비보리 환원에 의한 토성별 생육양상 및 벼 재배 시 토양 이화학성 변화**

가. 월동전 녹비 생육특성

녹비작물 월동은 녹비작물의 biomass에 중요한 역할을 한다. 녹비작물 월동은 월동전후 한파나 여러 가지 원인에 의해서 영향을 받는다. 2006년 및 2007년 2개년 모두 월동전 녹비작물의 생육특성을 조사하였다(표 1). 초장은 2007년의 식양토가 2006년 보다 다소 양호한 경향을 제외하고 2년간 차이가 없었다. 그러나 입모수는 2007년이 2006년보다 모든 토성에서 적었다. 이는 2007년은 파종 시 잦은 강우로 인하여 녹비작물의 입모가 잘 되지 않은 것에 기인된 것으로 생각되었다. 기상이 양호하였던 2006년의 생육을 보면 보녹비는 양토에서 입모수가 많았고 다음은 사양토와 식양토였으나 사양토와 식양토는 큰 차이가 없었다. 혼파구는 식양토에서 녹비보리의 입모수가 많았고 헤어리베치의 입모수는 사양토에서 많았다. 헤어리베치는 배수가 양호한 사양질의 토양에서 생육을 잘하는 것으로 알려져 있으며(Clark, 2007) 이는 헤어리베치와 보리 등의 재배에 배수가 중요한 요인임을 알 수가 있다. 엽수는 큰 차이가 없었으나 엽색도는 혼파구의 녹비보리의 엽색이 진한 경향이였다. 이는 혼파로 인한 파종량이 적은 것에 기인된 것으로 생각되었다.

표 1. 연도 및 토성별 월동 전 녹비작물 주요 생육 특성

토성	처리내용	2006				2007			
		초장 (cm)	입모수 (개/m <sup>2</sup> )	엽수 (매)	엽색도 (SPAD)	초장 (cm)	입모수 (개/m <sup>2</sup> )	엽수 (매)	건물중 (kg/10a)
사양토	녹비보리	11.3	547	4.5	24.0	11.4	422	1.0	9.7
	혼파(보리)	11.5	287	3.9	32.3	10.4	367	1.4	10.8
	(베치)	8.1	107	-	-	6.3	33	-	1.1
양 토	녹비보리	10.0	807	3.7	24.0	10.7	422	1.8	11.0
	혼파(보리)	9.8	387	4.3	28.4	11.1	300	1.8	8.3
	(베치)	8.3	87	-	-	8.7	89	-	3.1
식양토	녹비보리	8.5	500	2.7	18.3	11.5	411	2.1	12.0
	혼파(보리)	8.2	427	3.1	19.9	9.5	400	2.0	11.9
	(베치)	9.8	100	-	-	7.7	89	-	2.5

\* 조사 시기 : 2006년 11월 13일, 2007년 11월 16일

표 2는 연도 및 토성별 녹비작물의 월동 후 생육 특성 변화를 나타낸 것이다. 연차간 생육 특성 변화는 월동전의 생육과 동일한 경향이였다. 2007년 춘계의 생육조사가 2008년 보다 20일 정도 빨랐음에도 불구하고 양토의 혼파구가 약간 생육이 저하된 것을 제외하고는 전체 토성 및 처리에서 biomass가 높은 경향이였다. 이는 월동전의 입모가 동작물의 생육 및 biomass에 중요한 영향을 미침을 알 수 있었다. 토성별 녹비작물의 월동 후 생산성은 사양토에서 높았고 특히 혼파구에서 가장 높았다. 2007년 엽색도는 사양토와 양토에서는 녹비보리의 엽색이 약간 진하였으나 식양토에서는 반대의 경향이 나타났었다. 뿌리혹의 수는 양토에서 가장 많은 경향으로 양토 정도의 토성이 헤어리베치의 생육에 적당 할 것으로 생각되었다.

표 2. 연도 및 토성별 녹비작물의 월동 후 생육 특성 변화

토성	처리내용	2007					2008			
		초장 (cm)	엽색도 (SPAD)	뿌리혹 (개/주)	생초중 (kg/10a)	건물중 (kg/10a)	초장 (cm)	엽수 (매)	생초중 (kg/10a)	건물중 (kg/10a)
사 양 토	녹비보리	11.1	39.3	-	230.0	42.5	11.0	5.1	217.3	29.3
	혼파(보리)	11.6	42.8	-	253.6	42.9	15.4	3.2	238.7	36.0
	(베치)	8.3	-	7.6	64.9	10.1	11.2	9.8	73.3	13.1
양 토	녹비보리	11.2	41.7	-	219.2	36.3	12.6	3.3	214.7	26.7
	혼파(보리)	10.0	42.7	-	199.5	31.9	13.7	3.1	270.0	37.3
	(베치)	9.4	-	13.9	53.0	8.8	13.3	9.1	103.0	16.0
식 양 토	녹비보리	10.0	43.3	-	160.5	27.0	11.1	3.0	82.7	6.7
	혼파(보리)	11.2	39.6	-	129.9	20.7	15.7	2.3	65.3	8.3
	(베치)	7.6	-	7.8	37.7	6.8	13.5	7.9	34.7	5.3

\* 생육조사 : 2007년 3월 8일 조사, 2008년 3월 27일

녹비작물 환원 전 연도 및 토성별 녹비작물의 생육특성 및 생산성 변화는 표 3과 같다. 월동전후의 생육 특성과 같이 2007년의 생초, 건물중은 2008년 보다 높았다. 2007년의 경우 녹비보리 단용구의 생초중은 10a 당 860~1,060 kg으로 아주 낮았다. 그러나 모든 토성의 혼파구에서 10a 당 생초중으로 2,500 kg을 상회하여 양토에서는 질소로 11.7 kg/10a 를 생산하였다. 2008년은 생육이 저조하여 biomass 및 질소 생산성이 떨어졌으나 양토의 혼파구에서 8.9 kg/10a 의 질소를 생산하였다. 기상적으로 문제만 없다면 녹비보리를 헤어리베치와 혼파하여 재배하면 벼 재배 시 화학비료 대체가 가능할 것으로 사료 되었다. 특히 혼파 시 탄질률이 30 내외로 질소기아와 부동화 현상의 회피가 가능할 것으로 생각되었다. 녹비작물 환원 직전의 2007년 생육상황은 그림 2, 2008년 생육상황은 그림 3이다. 두 그림 모두 녹비보리 단파보다 혼파구에서 2개 년간 생육이 우수함을 알 수 있다.

표 3. 연도 및 토성별 녹비작물의 환원 전 녹비작물 생육특성 및 생산성 변화

토성	처리내용	2007					2008				
		초고 (cm)	생초중 (kg/10a)	건물중 (kg/10a)	C/N	N (kg/10a)	초고 (cm)	생초중 (kg/10a)	건물중 (kg/10a)	C/N	N (kg/10a)
사 양 토	녹비보리	57.6	860	260.2	52.6	2.22	49	724	206	50.33	1.92
			2,520	476.7	28.9	11.3		1,520	398		6.85
	혼파(보리)	68.8	720	171.9	43.5	1.75	64	480	148	39.88	1.73
	(베치)	97.8	1,800	304.7	14.3	9.55	98	1,040	250	20.25	5.65
양 토	녹비보리	55.3	1,060	270.6	49.1	2.50	54	900	250	46.12	2.50
			2,580	481.5	34.9	11.7		1,913	454		8.85
	혼파(보리)	75.1	560	115.2	54.3	0.96	72	853	225	44.89	2.34
	(베치)	104.4	2,020	366.3	15.4	10.7	106	1060	229	15.76	6.55
식 양 토	녹비보리	57.5	880	226.8	54.0	1.88	57	744	193	33.90	2.64
			2,020	486.5	33.4	9.10		1,176	304		5.29
	혼파(보리)	68.9	980	246.4	50.8	2.21	59	824	229	34.47	3.11
	(베치)	71.1	1,040	240.1	16.0	6.89	82	352	74.6	21.31	1.58

\* 조사 시기 : 2007년 5월 14일, 2008년 5월 15일

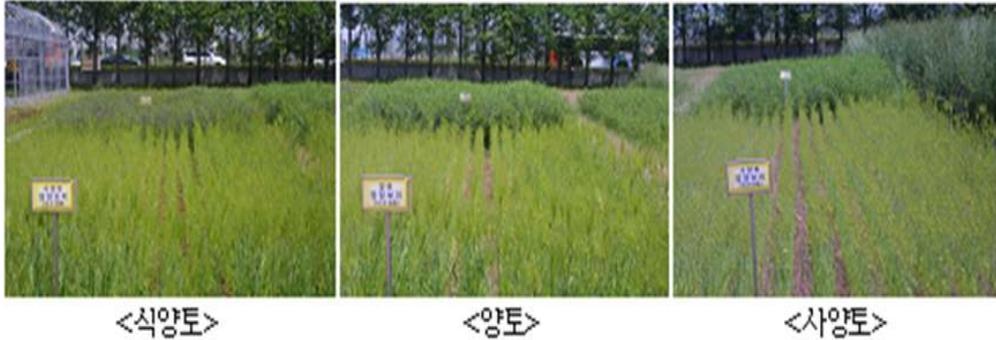


그림 2. 2007년 녹비 환원직전 토성 및 녹비 처리별 생육 전경

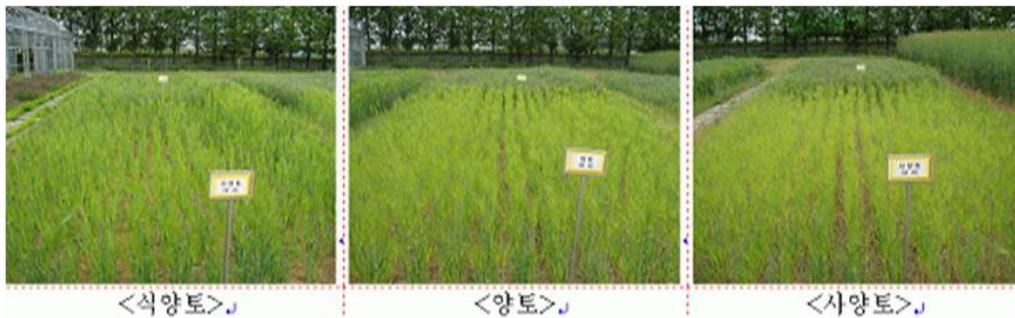


그림 3. 2008년 녹비 환원직전 토성 및 녹비 처리별 생육 전경

녹비작물의 환원 후 초기 벼 생육이 중요하다. 녹비작물의 환원 후 토성별 벼의 초기 생육 특성은 표 4와 같다. 전반적으로 관행 시비구에서 가장 생육이 양호한 경향이였다. 2007년 사양토의 혼파구에서는 관행과 비슷한 생육을 보이고 있었지만 특히 식양토를 제외하고 2개년 모두 녹비보리구에서 무비보다 더 경수와 초장이 적어지는 경향을 보였다. 이는 C/N율이 높은 녹비보리가 토양에 환원됨에 따라서 질소 기아현상에 의해서 벼의 생육이 저해된 것으로 판단되었다. 혼파구에서 생육이 양호한 것은 탄질률이 낮은 헤어리베치가 투입됨에 따라서 투입된 녹비보리의 분해의 조장으로 벼의 생육이 좋아진 것으로 생각되었다.

표 4. 연도 및 토성별 녹비작물 환원 후 초기 벼 생육 반응

토성	처리내용	2007			2008	
		초장 (cm)	경수 (개/주)	엽색도 (SPAD)	초장 (cm)	경수 (개/주)
사양토	관행시비	24.6	6.4	32.4	33.3	9.7
	녹비보리	15.2	5.2	16.5	21.0	6.0
	혼과	23.2	5.8	27.9	23.3	7.7
	무비	16.0	5.9	15.5	22.5	7.7
양토	관행시비	29.7	9.9	31.8	28.3	10.7
	녹비보리	14.1	4.7	11.5	14.3	6.0
	혼과	24.4	5.6	29.8	22.0	7.7
	무비	16.5	4.8	17.0	24.0	7.7
식양토	관행시비	29.0	6.4	33.6	29.7	7.0
	녹비보리	14.4	8.4	14.4	26.0	6.0
	혼과	18.6	7.8	23.1	24.0	7.0
	무비	20.0	6.6	22.0	24.2	6.3

\* 조사 시기 : 2007, 2008 모두 6월 19일

초기 녹비투입이 적절하지 못하면 벼의 환원장해 현상 등이 유발된다. 따라서 본 시험에서는 2007년에 토성별 벼 이앙후 21일까지 토양의 산화환원전위 (Eh)를 조사하였다(표 5). 초기의 식양토는 녹비보리 환원구를 제외하고 환원이 잘 되지 않는 특성을 보였다. 그러나 시기 경과함으로써 모든 토성에서 환원이 급격히 진행되었다. 사양토에서는 녹비보리구에서 가장 Eh 값이 낮았다. 양토에서는 이앙 후 21일경에 혼과구에서 오히려 Eh가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 양토의 헤어리베치의 생산량이 많아 먼저 분해되면서 동시에 보리의 분해를 가속화 시킨 결과로 추정되었다. 가장 특이한 양상을 보인 토성은 식양토인데 초기의 관행시비구가 환원이 되지 않고 있었다. 시기가 경과함으로써 사양토와 유사한 경향을 보였다. 초기의 현상은 인위적으로 토양을 조성한 것에 원인이 있는 것으로 생각되었다.

표 5. 녹비 투입 후 벼 재배 시 토성 및 이앙 후 일수에 따른 토양 산화환원전위 변화 (2007)

토 성	처리내용	DAT 7	DAT 14	DAT 21
		------(mV)-----		
사양토	관행시비	-55	-197	-223
	녹비보리	-160	-228	-237
	혼 과	-45	-153	-173
	무 비	4	-125	-174
양 토	관행시비	2	-90	-129
	녹비보리	-104	-206	-125
	혼 과	4	-178	-229
	무 비	-20	-131	-144
식양토	관행시비	162	-27	-38
	녹비보리	-68	-148	-154
	혼 과	-52	-151	-179
	무 비	41	-134	44
일반논 (대조시험구)	관행시비	-54	-150	-196
	녹비보리	-122	-219	-233
	혼 과	-113	-170	-178

\* DAT : Days After Transplanting

벼 재배 시 이용되는 무기태 질소의 형태는 암모니아태 질소이다. 표 6은 2007년 벼 주요시기별 토양 암모니아태 질소의 함량 변화를 나타낸 것이다. 헤어리베치의 환원량이 많았던 양토의 혼과구에서 환원 후 7일경에 암모니아태 질소의 생산량이 높았고 벼 이앙 10일인 환원 후 30일에도 비슷한 양상을 보였다. 유수형성기경인 7월 25일에도 계속하여 녹비 환원구에서 암모니아태 질소가 생성되었다.

표 6. 녹비 투입 후 일수에 따른 토성별 토양 NH<sub>4</sub>-N 함량 변화 (2007)

토 성	처리내용	05월 21일	05월 29일	06월 13일	07월 25일
		(환원 후 7일)	(환원 후 15일)	(환원 후 30일)	(환원 후 62일)
		(mg/kg)			
사양토	관행시비	2.89	2.07	7.47	5.04
	녹비보리	4.80	1.69	2.82	6.18
	혼 파	6.23	2.33	5.84	5.90
	무 비	-	-	3.89	5.41
양 토	관행시비	1.95	1.69	13.8	4.10
	녹비보리	2.19	1.75	2.70	6.40
	혼 파	13.10	2.77	4.55	5.55
	무 비	-	-	2.22	5.28
식양토	관행시비	2.19	2.12	13.1	4.59
	녹비보리	1.03	1.87	4.85	5.52
	혼 파	3.37	1.87	5.73	5.44
	무 비	-	-	3.68	4.69

표 7은 녹비작물 이용 벼 재배 시 토성별 벼 수량 및 수량구성요소 변화를 나타낸 것이다. 토성별로는 양토의 혼파구에서 높은 경향으로 관행과 차이가 없었다. 특히 2007년의 사양토에서는 혼파구가 관행시비구보다 높았다. 2008년에 비하여 2007년의 수량이 전체적으로 적었다. 이는 2007년의 일조부족 등의 기상적 요인인 것으로 추정되었다.

표 7. 녹비작물 이용 벼 재배 시 토성별 벼 수량 및 수량구성요소 변화

토 성	처리내용	2007				2008			
		수수 (개/m <sup>2</sup> )	등숙률 (%)	천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수수 (개/m <sup>2</sup> )	등숙률 (%)	천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)
사양토	관행시비	204	87.8	21.8	344 b	300	89.5	23.1	451 a
	녹비보리	172	93.5	20.7	244 c	222	86.0	22.6	325 b
	혼 파	213	88.9	20.2	390 a	282	91.5	23.5	446 a
	무 비	151	90.7	20.3	219 c	222	88.9	22.3	277 c
양 토	관행시비	258	89.5	21.2	414 a	304	90.3	23.0	418 a
	녹비보리	130	90.1	20.9	209 b	207	89.9	22.7	286 b
	혼 파	224	88.0	20.1	400 a	276	84.5	22.3	413 a
	무 비	125	90.9	20.1	178 b	207	87.4	22.1	249 b
식양토	관행시비	216	90.6	21.2	349 a	304	89.4	22.6	437 a
	녹비보리	192	92.0	20.6	281 ab	216	90.2	22.4	278 b
	혼 파	193	88.0	20.1	311 a	238	87.6	22.6	300 b
	무 비	183	89.1	20.0	224 c	207	76.9	22.7	211 c

‡ a ~ c : 5% levels of Duncan's multiple range test.

녹비작물 이용 벼 재배 후 2개 연간 토성별 토양의 pH, 유기물, 유효인산 및 치환성 칼리의 함량변화를 나타낸 것이 표 8이다. pH는 사양토에 낮은 경향이었고 녹비이용과 관행시비간의 뚜렷한 경향은 없었다. 시험 년 수가 토양의 pH 변화를 수반할 만큼 길지 못한 것으로 생각되었다. 그러나 토양유기물의 함량은 증가 폭은 적지만 2007년에 비하여 2008년이 모든 처리구에서 조금 증가하는 경향을 보였다. 관행시비구도 증가되어 녹비처리에 의해서 토양유기물이 증가된다는 뚜렷한 이유를 찾지 못하였다. 유효인산과 치환성 칼리는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 따라서 녹비작물-벼 윤작체계에서 토양 유기물의 유의적 증가는 단기간에 이루어지기 힘들 것으로 판단되었다.

표 8. 녹비작물 이용 벼 재배 후 토성별 주요 토양 화학성 변화

토 성	처리내용	2007				2008			
		pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. K (cmol <sup>+</sup> /kg)	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. K (cmol <sup>+</sup> /kg)
사양토	관행시비	5.15	15.4	136	0.05	4.82	17.1	79	0.22
	녹비보리	4.83	14.7	126	0.05	5.06	15.7	121	0.20
	혼 과	4.82	14.1	130	0.02	4.75	17.5	134	0.17
	무 비	5.25	16.4	155	0.18	4.99	17.0	91	0.20
양 토	관행시비	5.44	16.1	106	0.19	5.30	18.0	65	0.35
	녹비보리	5.18	12.9	75	0.13	5.04	17.4	50	0.30
	혼 과	5.05	15.9	104	0.06	5.15	17.2	69	0.30
	무 비	5.39	15.5	90	0.15	5.19	16.1	81	0.30
식양토	관행시비	5.68	19.9	95	0.34	5.68	22.3	75	0.47
	녹비보리	5.53	21.6	99	0.34	5.77	22.3	64	0.44
	혼 과	5.55	20.4	131	0.34	5.59	23.9	62	0.45
	무 비	5.75	20.9	119	0.33	5.67	21.4	139	0.45

토양의 화학성에서 녹비시용에 대한 경향을 찾지 못하였으나 토양 물리성인 용적밀도와 공극률에서는 2개년 모두 모든 토성에서 녹비시용 즉 녹비보리와 혼과구에서 용적밀도는 감소하고 공극률이 증가하는 경향을 보였다. 이는 녹비작물을 1~2년만 재배해도 균근균 유래 glomalin이라는 물질 등에 의해서 증가된 것으로 생각되었다(전 등, 2009; Wright et al., 2007). 토성별로는 사양토와 양토에서 물리성 개선 효과가 높았다. 식양토에서 약간 효과가 떨어지는 것은 본 시험 포장 조성을 위해 충진한 식양토의 유래가 밭토양인데 원인인 것으로 추정되었다. 녹비처리 별로는 두과인 헤어리베치가 투입된 혼과구에서 개선효

과가 높았다. 녹비보리 단용구는 다소 물리성개선 효과는 떨어졌으나 관행시비 구에 비하여 개선되는 경향이였다. 이는 환원된 녹비보리의 분해속도가 늦은 이유와 녹비보리의 뿌리 등의 영향인 것으로 사료되었다.

표 9. 녹비작물 이용 벼 재배 후 토성별 용적밀도 및 공극률의 변화

토 성	처리내용	토 심 (cm)	2007		2008	
			용적밀도 (Mg/m <sup>3</sup> )	공극률 (%)	용적밀도 (Mg/m <sup>3</sup> )	공극률 (%)
사양토	관행시비	0-10	1.32	50.1	1.46	44.9
		10-20	1.37	48.2	1.52	42.6
	녹비보리	0-10	1.31	50.7	1.28	51.8
		10-20	1.36	48.6	1.29	51.4
	혼 파	0-10	1.23	53.6	1.22	54.1
		10-20	1.36	48.6	1.32	50.0
	무 비	0-10	1.37	48.5	1.36	48.5
10-20		1.34	49.4	1.37	48.4	
양 토	관행시비	0-10	1.30	51.0	1.59	40.0
		10-20	1.27	52.2	1.51	42.9
	녹비보리	0-10	1.24	53.1	1.20	54.6
		10-20	1.40	47.3	1.36	48.8
	혼 파	0-10	1.19	55.2	1.29	51.4
		10-20	1.22	54.0	1.26	52.5
	무 비	0-10	1.35	49.1	1.33	49.8
10-20		1.35	49.2	1.48	44.2	
식양토	관행시비	0-10	1.31	50.6	1.32	50.0
		10-20	1.30	50.9	1.43	46.0
	녹비보리	0-10	1.23	53.8	1.29	51.2
		10-20	1.27	51.9	1.24	53.1
	혼 파	0-10	1.29	51.5	1.30	50.8
		10-20	1.30	51.0	1.37	48.3
	무 비	0-10	1.27	52.2	1.33	49.2
10-20		1.36	48.7	1.35	49.2	

물속에서도 토양입자들이 서로 잘 뭉쳐 있어 개개의 입자로 분산되지 않는 흩덩어리를 내수성입단(water-stable aggregate)이라고 한다. 그림 5는 시험의 최종연도인 2008년 벼 재배 후 토성 및 녹비작물 처리별 입단화도를 조사하였다(그림 5). 양토와 식양토의 혼파구에서 입단화가 가장 높았다. 사양토에서는 내수성입단화도는 낮았다. 이는 내수성입단의 안정화도에 토성이 영향이 미치는 것으로 생각되었다. 즉 점토의 함량이 다소 높은 양토이상의 토성에서 녹비 투입 시 입단화도가 높아지는 것으로 추정되었다.

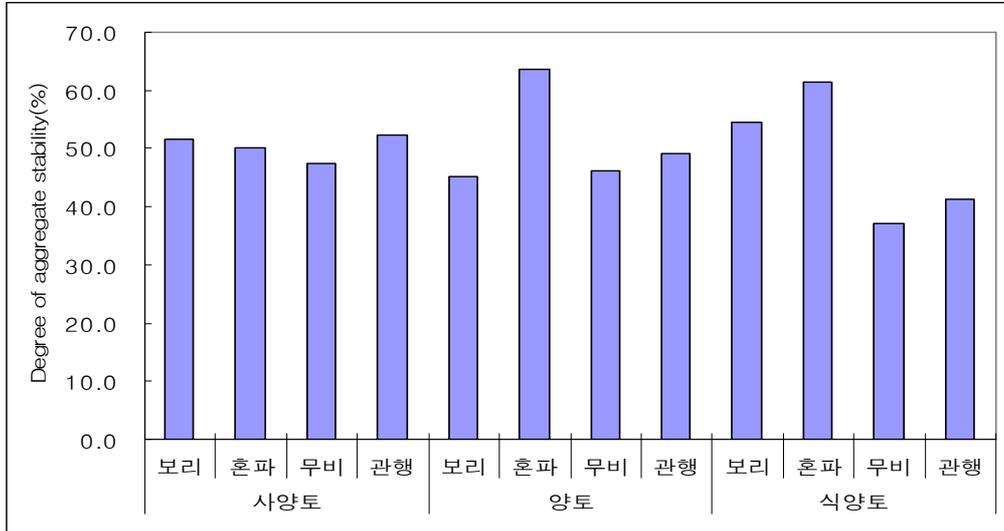


그림 5. 2008년 벼 재배 후 토성 및 녹비 처리별 입단화도

#### 4. 종합결과

본 시험은 녹비보리 환원에 따른 토양 물리성 및 화학성의 변화 양상을 구명하기 위하여 2006년 5월부터 2008년 10월까지 시험을 수행하였다. 시험포장은 경기도 수원시에 소재한 농촌진흥청 국립식량과학원 환경포장의 인위적으로 조성된 토성별 시험 포장에서 시험을 수행하였다. 토성은 사양토, 양토, 식양토로 조성한 macro plot에서 시험을 수행하였다.

본 과제는 2006년부터 수행되었으며 2005년 가을에 녹비작물 파종을 하지 않았으므로 시험 1년차인 2006년에는 녹비작물의 재배관련 시험성적은 없다. 녹비작물의 재배는 2006년은 가을에 처음 파종하였고 파종 시 강우도 없었고 월동기간 중에도 기후가 온난한 등 기상 조건이 양호하여 2007년 5월의 녹비 생육은 전 토성 혼파구에서 생초로 10a 당 2,000 kg 이상의 생산성을 보였다. 모래의 함량이 많을수록 헤어리베치 생육이 양호한 경향이었고 점토 함량이 다소 높은 곳이 보리의 생육이 좋았다. 즉 점토함량이 높은 곳의 헤어리베치 생육이 저조한 경향이였다. 그러나 녹비보리 단용구는 기상조건이 좋았음에도 불구하고 전 토성 처리에서 10a 당 생초로 860~1,060 kg이며, 질소생산성도 2.22~2.50 kg이었고 이때의 C/N율도 49.1~54.0으로 벼 재배 이

용 시 질소량이 부족할 뿐만 아니라 질소기아와 부동화 현상이 일어난 것으로 추정되었다. 시험 3년차는 녹비 파종 전 강우로 파종 당시 토양수분이 높은 등의 영향으로 입모가 좋지 않았고 녹비 생산량도 2년차에 비하여 적었으나 경향은 유사하였다.

또한 녹비보리와 헤어리베치를 혼파 함으로써 녹비생산성 뿐만 아니라 녹비작물 투입 또는 환원 시 초기 벼 생육에 문제가 되는 환원장해를 줄일 수 있는 것으로 추정되었다. 시험 2년차에 산화환원전위를 조사하였는데 사양토와 양토에서 혼파구가 녹비보리 단용구에 비하여 적게 환원되었다. 그리고 벼 재배 시 주로 이용되는 암모니아태질소의 함량도 녹비보리구보다 혼파구에 많이 생산되어 벼 수량에 기여한 것으로 사료되었다.

벼 수량 및 생육의 경우도 비록 관행시비구 보다는 못하지만 녹비보리구 보다는 생육과 수량이 좋았다. 특히 2007년에는 사양토의 혼파구가 관행시비구보다 높은 수량을 보였다. 이는 기상조건이 양호할 때는 척박한 토양일지라도 배수가 양호하면 많은 녹비보리를 헤어리베치와 혼파하면 실용적으로 화학비료를 대체할 수 있을 것으로 추정되었다.

보리짚이 아닌 녹비보리와 헤어리베치를 혼파한 경우 토양 물리성과 화학성 변화를 살펴보면 가장 중요한 것은 외부에서 투입하는 것보다 윤작체계에서 재배하는 것이 토양의 물리성과 화학성 개선에 효과적일 것으로 판단되었다. 1년차는 녹비보리와의 혼파구에서 토양 공극률의 뚜렷한 경향이 없었지만 2~3년차에서는 혼파구와 녹비보리구 모두에서 공극률이 증가되는 경향이었고 용적밀도도 감소하였다. 특히 토양물리성 개선의 중요한 지표인 내수성 입단화도도 녹비보리구보다 혼파구에서 매우 높았다.

따라서 공중질소를 고정하지 않는 녹비보리의 이용은 공중질고를 고정하는 헤어리베치와 혼파를 하면 녹비생산성, 후작 벼 생육 및 수량 뿐만 아니라 토양의 물리성, 화학성의 개선 효과도 뚜렷하여 지속적이며 안전한 작물 생산이 가능할 것으로 생각되었다.

## 제4절 보리 환원에 따른 중부지역 후작물 벼 재배법 개발

### 1. 서설

최근 국민들의 건강에 대한 관심과 사회 환경 변화에 따라 외국산과 차별화된 친환경 농산물의 요구가 증대되고 있다. 정부에서는 친환경농업육성법을 제정하고, 2013년까지 화학비료·농약을 40% 절감하는 정책을 추구하고 있으며, 이 정책의 하나인 “겨울철 푸른들 가꾸기”사업으로 이루어지고 있는데, 녹비작물 재배면적이 1998년 4천ha에서 2006년 137천ha로 급속히 늘어나고 있다.

겨울철 푸른들 가꾸기 사업으로 재배하는 녹비작물로 자운영, 헤어리베치, 클로버 등의 두과녹비작물과 화본과 녹비작물인 호밀이 주로 재배 이용되고 있다.

중부지역에 주로 이용되고 있는 두과녹비작물은 헤어리베치로서 내한성이 강하여 농가보급이 확대 될 것으로 보고 있고 자운영은 남부지역을 중심으로 재배가 되고 있다. 화본과 녹비작물은 월동력이 높고 재배가 쉬운 호밀이 대부분 이용되고 있으나 종자를 전량 수입에 의존하고 있으며, 국내로 수입되어 들어오면서 종자발아등 문제가 많아서 국내에서 종자확보가 용이하고 재배도 쉬운 보리를 녹비작물로 활용하는 방안이 시급한 실정이다.

본 연구는 호밀을 대체할 수 있는 보리를 녹비작물로서 이용 후 벼 재배법을 구명하기 위하여 녹비보리 환원시기 및 적정 환원량, 화학비료 절감효과를 2006년부터 2008년까지 3년에 걸쳐 시험한 결과이다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 시험 토양

본 시험은 보리 환원에 따른 중부지역 후작물 벼 재배법을 개발하기 위해 국립식량과학원 답작포장 신흥통에서 시험을 수행하였다.

시험전토양의 화학적 특성은 표 1과 같다. 토양 산도는 6.5 으로 중성을 띠고 있었으며, 유기물함량과 유효인산 함량은 각각 13.5 g/kg과 120 mg/kg이었다. 그리고 치환성 양이온의 함량은 우리나라 평균 논토양과 비슷한 특성을 나타내고 있었다.

표 1. 시험 전 토양의 화학성

pH	EC	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex. Cation(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
				K	Ca	Mg
1:5	dSm <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>			
6.5	0.90	0.90	120	0.34	5.51	1.87

#### 나. 처리내용 및 재배법

보리환원시기와 환원량에 따른 벼 수량 및 토양특성에 미치는 영향을 조사하고자 공시 벼 품종으로는 품미벼, 보리는 영양보리를 선정하였다. 환원시기에 따른 처리구는 보리 출수기, 출수후 10일, 20일 설치하였고, 환원량 처리구는 보리 출수 10일의 생체량을 기준으로 하여 0, 1.0, 2.0, 3.0ton/10a을 각각 처리하였다. 보리환원에 따른 질소시비량 저감을 위한 시험으로 수행하기 위해 질소 시비수준을 질소 9 kg/10a를 기준으로 0, 30, 50, 70, 100 %로 처리하였다. 대조구는 화학비료 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=9-4.5-5.7 kg/10a을 사용하였다. 이때, 벼 재배기간 중 화학비료 시비관리는 질소 50%, 인산 100%, 칼륨 70% 기비로, 분얼기에는 질소 20%, 유수형성기에 질소 30%와 칼륨 30%를 2차 추비하였다. 또한 헤어리베치를 각 2톤/10a씩 처리한 처리구를 두어 보리의 환원시기와 환원량의 처리구와 비교하였다.

#### 다. 식물체 및 토양 분석

수확 후 벼 수량 특성은 농진청의 농작물 표준시험법에 준하여 조사하였다 (농촌진흥청2003). 수확기 벼 식물체 시료는 70°C에서 72시간 동안 열풍 건조 후 분쇄하여 양분함량을 조사하였다. 이때 T-N은 황산으로 분해 후 Kjeldahl법으로, 무기성분(K, Ca, Mg) 함량은 Ternary solution(HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HClO<sub>4</sub>, 10 : 1 : 4 volume / volume)으로 완전 분해 후 함량은 ICP로, P 함량은 ammonium metatungstate법으로 정량하였다. 조규산 함량은 550°C에서 회화후 1% HCl 용액으로 110°C에 2시간 가열한 다음 여과지를 이용하여 분석하였다. 백미의 도정특성은 쌀 외관 품위측정기(KETT RN-500)를 이용하여 정현비, 완전립비, 분상질비, 싸라기비, 피해립비 및 이종공립비를 조사하였다. 아밀로스 함량은 Juliano의 요오드 비색 정량법으로 조사하였으며(Juliano et al., 1981; Perez and Juliano, 1978), 단백질 함량은

쌀 중 총 질소함량(%)에 단백질 환산계수 6.2를 곱하여 환산하였다. 식미 평가는 식미계(Toyo MA-90)를 이용하여 분석하였다. 토양의 화학적 특성은 수확기 표층토(0-15 cm)를 채취 풍건 후 사분(2 mm 이하)하여 분석에 이용하였다. 이때 pH와 EC는 1:5법 (토양:물), 유기물은 Tuyenin 법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1 M NH<sub>4</sub>-acetate buffer(pH 7.0), 유효규산은 1N sodium acetate 법을 이용하여 추출 정량하였다(RDA 1988).

### 3. 결과 및 고찰

#### ○ 생육기간 기상현황

기상상황은 표 2와 같이 최저온도는 4월에 -0.1℃, 11월-0.4℃를 제외하면 평년에 비해 0.3~1.0℃ 높은 온도로 경과되었으며, 일조시간은 2월에는 4.3시간 많았으나 다른 시기는 평년에 비하여 0.6~16.5시간 적었고, 강수량은 3월에는 평년에 비해 18.4mm 많았으나 다른 시기는 평년에 비하여 3.0~ 47.4mm 적었다.

표 2. 시험기간 기상현황

		1.	2.	3.	4	5	6	7	8	9	10.	11.	12
최저 온도 (°C)	2006	-4.3	-4.5	0.1	6.5	13.3	17.7	21	23.7	16.6	12.8	3.9	-3
	2007	-4.4	-1.6	1.2	6.1	12.8	18.2	20.9	23.3	18	10.2	1.3	-2.4
	2008	-5.8	-6.9	2.1	7.2	12.3	17.4	22.7	21.8	17.9	11.1	2.4	-3.5
	평균(A)	-4.8	-4.3	1.1	6.6	12.8	17.8	21.5	22.9	17.5	11.4	2.5	-3.0
	평년(B)↓	-5.5	-4.4	0.6	6.7	12.5	18.0	21.8	22.8	17.6	10.5	2.9	-4.0
	A-B	0.7	0.1	0.6	-0.1	0.3	-0.2	-0.3	0.2	-0.1	0.8	-0.4	1.0
일조 시수 (hour)	2006	144	174	205	137	197	162	46	201	190	169	141	152
	2007	178	179	155	211	213	185	107	126	91	194	200	145
	2008	165	231	194	211	215	172	98	209	186	191	161	154
	평균(A)	162	195	185	186	208	173	83	179	156	185	167	150
	평년(B)	170	190	200	198	214	164	89	166	155	201	168	167
	A-B	-7.5	4.3	-15.3	-12.3	-5.2	8.9	-6.0	12.3	1.0	-16.3	-0.6	-16.5
강수량 (mm)	2006	38.6	19.5	6.9	59.9	133	156	754	66.4	21.9	18	61.6	25.3
	2007	9.3	15.1	135	24.2	146	74	269	295	268	18.3	57.1	11.3
	2008	13.6	8.7	56	42.2	93	198	540	217	101	35.6	18.5	16.9
	평균(A)	20.5	14.4	66.0	42.1	124	143	521	192	130	24.0	45.7	17.8
	평년(B)	17.0	20.2	47.6	55.1	118	145	439	218	178	28.8	48.7	18.1
	A-B	3.5	-5.7	18.4	-13.0	6.7	-2.1	82.0	-25.8	-47.4	-4.9	-3.0	-0.3

↓ 평년(B) : 2004~2008

**<시험 1 > 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기 구명**

녹비보리의 토양 환원시 생초량 및 C/N률은 표 3과 같다. 보리의 생초량은 수기 2,130 kg/10a, 출수후 10일 2,250 kg/10a, 출수후 20일 2,280 kg/10a 이었고, 보리의 C/N률은 출수기 26.3으로 가장 낮고 이후 시간경과에 따라 증가하여 출수후 10일에 38.0 출수후 20일에 42.5로 높았다.

녹비보리의 질소함량은 0.9~1.5%로 출수기 > 출수후 10일 > 출수후 20일 순으로

높았으며 10a당 생산량은 4.3~6.3ka이었다.

표 3. 환원시기별 녹비보리 생산량 및 C/N률 변화

녹비보리 환원시기	생체중 (kg/10a)	건물량 (kg/10a)	N 함량 (%)	N 생산량 (kg/10a)	C/N률
출 수 기	2,130	421	1.5	6.3	26.3
출수후 10일	2,250	449	1.1	4.9	38.0
출수후 20일	2,280	473	0.9	4.3	42.5

※ 영양보리 출수기 : 4. 27.

녹비작물의 생육시기별 C/N률은 표 4와 같이 모든 녹비작물이 생육초기에는 11.7~14.4로 낮았으나 화분과인 녹비보리는 출수기에 26.3, 출수후 20일경에 41.2로 높아졌고, 호밀은 출수기에 31.9, 출수후 10일 44.9로 급격히 높아졌으나 두과녹비작물인 헤어리베치는 생육후기에도 11.7정도로 낮았으며, 특히 녹비보리에 두과녹비작물인 헤어리베치를 혼파 할 경우 생육후기에도 23.2로 낮출 수 있었다.

표 4. 녹비 생육시기별 C/N률 변화

구 분	4월 3일	4월 17일	4월 22일	4월 27일	5월 2일	5월 7일
녹비보리	14.4	16.9	27.3	26.3	37.5	41.2
헤어리베치	11.7	9.8	9.6	10.6	11.7	11.7
녹비보리+ 헤어리베치	14.0	18.4	18.2	21.0	19.6	23.2
호 밀	14.4	28.9	31.9	43.3	44.9	50.7

녹비작물 환원시기에 따른 벼 초장과 경수를 조사한 결과는 표 5와 같이 분얼기에는 출수기에 환원구가 초장과 분얼수가 증가하는 경향이었으며, 최고분얼기에는 출수후 20일 환원구가 초장과 분얼수가 증가하는 경향이였다.

표 5. 녹비보리의 환원시기별 벼 생육

환원시기	분얼기(6/16)			최고분얼기(7/15)		
	초장 (cm)	분얼수 (주)	엽색도†	초장 (cm)	분얼수 (주)	엽색도†
출 수 기	28.2	7.6	37.6	56.7	16.5	37.7
출수후 10일	27.4	7.3	36.0	60.3	18.1	37.9
출수후 20일	22.9	5.7	37.4	63.0	22.1	38.6
관 행	21.4	8.9	34.3	64.9	22.9	34.6

※ 녹비(영양보리) C/N률 : 출수기 26.4 , 출수후 10일 38.0, 출수후 20일 42.5

녹비보리의 환원시기별 벼 출수기의 생육상황은 표 6과 같이 출수기는 8.12~8.13이었고, 간장은 관행에 비하여 녹비보리 환원구가 7.2~7.7cm 길었으며, 수장은 출수기와 출수후 10일 구가 관행과 비슷한 경향이였다.

표6. 녹비보리의 환원시기별 벼 출수기의 생육상황

처 리 내 용	출수기 (월일)	간장 (cm)	수장 (cm)	엽색도† (SPAD)
출 수 기	8. 12.	80.9	18.3	38.1
출수후 10일	8. 13.	81.7	18.0	39.0
출수후 20일	8. 13.	81.2	17.9	36.4
관 행	8. 12.	74.0	18.0	348

\* 벼 이앙기(5월 28일 ), 녹비 토양 투입시기(4월 26일, 5월 6일, 5월 16일)

\*\* 엽색도 조사시기(출수기), † (엽색도측정기, SPAD-502)

녹비보리의 환원시기별 쌀 수량을 조사 한 결과는 표 7과 같이 출수기에 환원한 처리구의 쌀 수량은 457kg/10a이었고, 출수후 10, 20일 처리구의 쌀 수량은 465과 438kg/10a로 표준시비구 515kg/10a에 비하여 10~15% 낮았다.

표7. 녹비보리의 환원시기별 벼 수량구성요소 및 수량

처 리 내 용	이삭수 (개/주)	수당립수 (개)	등숙율 (%)	천립중 (g)	백미수량 (kg/10a)	수량지수 (%)
출 수 기	16.5	55.5	86.8	21.4	457 a *	89
출수후 10일	16.8	56.5	88.6	21.4	465 a	90
출수후 20일	16.4	52.8	87.1	21.2	438 b	85
관 행	16.7	60.7	94.9	22.0	515 c	100

\* 0.10 유의수준의 던칸다중검정

< 시험 2 > 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원량 구명

녹비보리의 환원량별 질소함량은 1톤(N 3kg), 2톤(N 5.9kg), 3톤(N 8.9kg)으로 벼 생육은 표 8과 표 9에서와 같이 녹비보리량이 많을수록 초장과 분얼수가 많았고, 녹비보리량이 3톤 시용구 에서 이양직후 생육장해를 입었으나 생육 중기에는 회복이 되는 것을 알 수 있었다.

표8. 녹비보리의 환원량별 벼 생육

구 분		분얼기(6/16)			최고분얼기(7/15)		
		초장 (cm)	분얼수 (주)	엽색도†	초장 (cm)	분얼수 (주)	엽색도†
녹비보리 환원량 (ton/10a)	1.0	22.2	7.1	27.2	67.4	23.1	38.3
	2.0	20.3	6.3	22.1	67.5	22.1	37.6
	3.0	22.4	6.8	28.2	71.3	24.1	37.1
관 행		21.4	8.9	34.3	64.9	22.9	34.6

※ 녹비(영양보리) C/N률 : 33.4, 1톤(N 3kg), 2톤(N 5.9kg), 3톤(N 8.9kg)

† (엽색도측정기, SPAD-502)

표9. 녹비보리의 환원량별 벼 출수기의 생육상황

구 분		출수기 (월일)	간장 (cm)	수장 (cm)	엽색도† (SPAD)
녹비보리 환원량 (ton/10a)	1.0	8. 13.	74.5	17.6	35.4
	2.0	8. 13.	72.8	17.7	35.5
	3.0	8. 13.	76.2	17.5	36.1
관 행		8. 12.	74.0	18.0	34.8

\* 벼 이앙기(↓: 5월 28일), 녹비보리 토양 투입시기(4월 26일, 5월 6일, 5월 16일)

\*\* 엽색도 조사시기(출수기), †(엽색도측정기, SPAD-502)

쌀 수량은 1톤 시용구 448kg/10a, 2,3톤 시용구 462, 500kg/10a로 관행보다 3~13% 적게 나타나 녹비 보리만으로는 벼의 생육에 필요한 양분을 모두 대체할 수 없는 것으로 나타났으며, 일반적으로 보리를 무비재배로 생초량을 확보 할 수 있는 양은 1~2톤 정도이다.

표10. 녹비보리의 환원량별 벼 수량구성요소 및 수량

구 분		이삭수 (개/주)	수당립수 (개)	등숙율 (%)	천립중 (g)	백미수량 (kg/10a)	수량지수 (%)
녹비보리 환원량 (ton/10a)	1.0	17.6	53.3	79.5	21.8	448 a*	87
	2.0	17.1	55.9	81.7	22.2	462 a	90
	3.0	17.4	59.6	83.6	22.1	500 b	97
관 행		16.7	60.7	94.9	22.0	515 b	100

\* 0.10 유의수준의 던칸다중검정

### < 시험 3 > 녹비보리 이용시 후작물 벼 의 시비량 구명

녹비보리 환원후 질소비료 30%, 50% 감비 처리 결과 벼 생육은 표 11과 표 12에서와 같이 질소비료 30% 감비구가 관행과 비슷한 경향을 나타내었으며, 녹비호밀을 질소비료 50% 감비구가 관행과 비슷한 경향을 나타내었다.

표 11. 녹비보리의 환원후 시비량별 벼 생육

구 분		분얼기(6/16)			최고분얼기(7/15)		
		초장 (cm)	분얼수 (주)	엽색도†	초장 (cm)	분얼수 (주)	엽색도†
녹비보리 (2.0ton/10a)	50% 감비	21.5	7.7	26.7	69.1	25.5	36.2
	30% 감비	21.9	8.3	31.3	73.4	25.3	37.6
녹비호밀 (2.0ton/10a)	50% 감비	20.0	7.3	30.5	65.7	22.6	35.5
	30% 감비	21.3	6.8	31.0	66.2	21.2	34.2
무 비		17.7	7.2	24.9	55.6	16.6	31.1
관 행		21.1	8.9	34.3	64.9	22.9	34.6

† (엽색도측정기, SPAD-502)

표 12. 녹비보리의 환원후 시비량별 벼 성숙기의 생육상황

처 리 내 용		출수기 (월일)	간장 (cm)	수장 (cm)	엽색도† (SPAD)
녹비보리 (2.0ton/10a)	50% 감비	8. 13.	76.0	16.6	37.1
	30% 감비	8. 13.	79.9	17.7	38.6
녹비호밀 (2.0ton/10a)	50% 감비	8. 13.	76.1	17.5	35.5
	30% 감비	8. 11.	74.4	17.8	30.1
무 비		8. 12.	67.5	17.8	35.2
관 행		8. 12.	74.0	18.0	34.8

\* 벼 이앙기( 5월 28일 ), 녹비보리 토양 투입시기(5월 8일)

\*\* 엽색도 조사시기(출수기), † (엽색도측정기, SPAD-502)

녹비보리를 토양환원 후 질소시비량에 따른 쌀 수량은 표 13과 같이 질소 비료 50% 감비구 475kg/10a로 관행대비 92%이었으나 질소비료 30% 감비구 504kg/10a로 관행대비 98%를 나타내었다.

녹비호밀을 토양환원 후 질소시비량에 따른 쌀 수량은 표 13과 같이 질소 비료 50% 감비구 463kg/10a로 관행대비 90%, 질소비료 30% 감비구 473kg/10a로 관행대비 93%를 나타내었다.

따라서 녹비보리를 이용하여 후작물 벼를 재배할 때는 30% 정도의 질소비료를 감비 할 수 있는 것으로 판단되며, 특히 두과녹비작물 헤어리베치를 혼과 하여 이용할 경우 관행대비 95%의 수량을 나타내어 앞으로 이용할 수 있도록 검토해야 할 것으로 판단된다.

표13. 녹비보리의 환원량별 벼 수량구성요소 및 수량

처 리 내 용		이삭수 (개/주)	수당립 수 (개)	등숙율 (%)	천립중 (g)	백미수량 (kg/10a)	수량지수 (%)
녹비보리 (2.0ton/10a)	50% 감비	17.2	61.6	93.6	21.9	475 a*	92
	30% 감비	18.9	70.2	93.6	21.3	504 ab	98
녹비호밀 (2.0ton/10a)	50% 감비	15.9	61.5	94.5	22.8	463 ab	90
	30% 감비	16.4	73.6	94.6	22.9	473 ab	93
헤어리베치(2.0ton/10a)		18.4	63.4	90.1	21.5	511 b	99
녹비보리+헤어리베치		16.6	65.7	89.0	22.4	490 ab	95
무 비		12.3	61.7	94.9	23.0	328 c	63
관 행		16.7	60.7	94.9	22.0	515 b	100

\* 0.10 유의수준의 던칸다중검정

녹비보리를 이용한 후작물 벼 재배시 질소비료 절감에 따른 경제성을 표 14에 나타내었다. 녹비 보리 이용 벼 재배시 보리 재배에 소요되는 종자, 비료비 등을 고려하면 전체적인 수익은 36,949원/10a와 경관 조성 등 비계량적인 공익적 이익과 호밀 수입에 따른 외화절약 등 기능이 크다는 점을 고려할 때 녹비 보리를 이용한 후작물 벼 재배 방법은 경제적인 가치를 충분히 지닌다고 판단된다.

표 14. 녹비 보리 이용 벼 재배시 질소비료 절감에 따른 경제성 분석  
(단위 : 원/10a)

손 실 적 요 소(B)	이 익 적 요 소(A)
○ 증가되는 비용 : 21,460원 <녹비작물에 대한> - 종자구입비 16(kg)×1,102원 =17,632원 - 파종 노력비 : 7,674원×0.5시간=3,837원	○ 증가되는 수입 : 55,304 원 - 쌀 증수 31kg × 1,784원 = 55,304원 ○ 감소되는 비용 : 3,093 원 <화학비료에 대한> - 비료비 : 요소 3kg = 3,105원 ○ 비계량적 이익요소 - 수입 호밀종자('07 : 6,977톤)의 국산 보리 대체로 외화절감
계 21,460원	계 58,409원
● 추정 수익액(A-B) = 36,949원	

\* 경영분석 참고자료

- 농축산물 소득자료 2007년 : 쌀, 겉보리 소득자료
- 농림수산물식품부 자료 : 2007년 녹비종자 가격
- 녹비종자 ('08) : 보리 1,102원/kg, 호밀 823원/kg
- 노력비 : '08년 농업노동(남자) 기준(7,674원/1시간)
- 요소 : 1,035원/kg

4. 종합결과

시험 1. 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기 구명

중부지역 논토양에서 녹비 보리를 이용한 후작물 벼(풍미벼) 재배시 녹비 보리의 적정 토양 환원시기를 구명하기 위하여 수원소재 국립식량과학원 신흥동 토양에서 녹비 보리를 재배하여 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 녹비 보리의 토양환원 시기별 생초량은 출수기 2130, 출수후 10일 2,250, 출수후 20일 2,280kg/10a 이었다. 보리의 C/N률은 출수기 이후 증가하여 출수후 20일 > 출수후 10일 > 출수기 순 이었다.
- 나. 녹비보리의 질소함량은 0.9~1.5%로 출수기 > 출수후 10일 > 출수후 20일 순으로 높았으며 10a당 생산량은 4.3~6.3ka이었다.
- 다. 녹비보리의 환원시기별 쌀 수량은 출수기에 환원한 처리구의 쌀 수량

은 457kg/10a이었고, 출수후 10, 20일 처리구의 쌀 수량은 465과 438kg/10a로 표준시비구 515kg/10a에 비하여 10~15% 낮았다.

### <시험 2. 녹비 보리 시용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험>

중부지역 논토양에서 녹비 보리를 이용한 후작물 벼(풍미벼) 재배시 녹비 보리의 적정 토양 환원량을 구명하기 위하여 수원소재 국립식량과학원 신흥통 토양에서 녹비 보리를 재배하여 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 녹비보리의 환원량별 질소함량은 1톤(N 3kg), 2톤(N 5.9kg), 3톤(N 8.9kg)이며, 벼 생육은 녹비보리량이 많을수록 초장과 분얼수가 많았고, 녹비보리량이 3톤 시용구 에서 이양직후 생육장해를 입었으나 생육 중기에는 회복이 되는 것을 알 수 있었다.
- 나. 쌀 수량은 1톤 시용구 448kg/10a, 2,3톤 시용구 462, 500kg/10a로 관행보다 3~13% 적게 나타나 녹비 보리만으로는 벼의 생육에 필요한 양분을 모두 대체할 수 없는 것으로 나타났다.

### <시험 3. 녹비보리 이용시 후작물 벼 의 시비량 구명>

중부지역 논토양에서 녹비보리를 이용한 후작물 벼(풍미벼) 재배시 녹비 보리의 벼에 대한 질소비료 감비 효과를 구명하기 위하여 수원소재 국립식량과학원 신흥통 토양에서 녹비 보리를 재배하여 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 녹비보리 환원후 질소비료 30%, 50% 감비 처리 결과 벼 생육은 질소비료 30% 감비구가 관행과 비슷한 경향을 나타내었으며, 녹비호밀을 질소비료 50% 감비구가 관행과 비슷한 경향을 나타내었다.
- 나. 녹비보리를 토양환원 후 질소시비량에 따른 쌀 수량은 질소비료 50% 감비구 475kg/10a로 관행대비 92%이었으나 질소비료 30% 감비구 504kg/10a로 관행대비 98%를 나타내었다.
- 다. 녹비보리를 이용한 후작물 벼 재배시 질소비료 절감에 따른 경제성은 녹비보리 이용 벼 재배시 보리 재배에 소요되는 종자, 비료비 등을 고려하면 전체적인 수익은 36,949원/10a와 경관 조성 등 비계량적인 공익적 이익과 호밀 수입에 따른 외화절약 등 기능이 크다는 점을 고려할 때 녹비 보리를 이용한 후작물 벼 재배 방법은 경제적인 가치를 충분히 지닌다고 판단된다.

## 제 5 절 보리환원에 따른 호남지역 후작물 벼 재배법 개발

### 1. 서 설

최근 친환경농업에 대한 관심이 고조되면서 녹비작물의 재배면적이 증가하고 있다. 녹비작물은 녹색식물의 줄기와 잎을 비료로 사용하는 것으로 작물 재배시 화학비료의 대체와 함께 토양의 지력 증진, 토양유실 방지, 경관조성 등의 효과를 기대할 수 있다고 알려져 있다.

녹비작물은 대개 호밀과 이탈리아라이그라스 등 화본과 녹비작물과 헤어리베치, 자운영, 클로버류 등 두과 녹비작물로 크게 나눌 수 있다.

두과 녹비의 최대 장점은 생물학적 과정을 통해 고정된 다량의 질소가 다음에 연이어 재배되는 작물의 양분으로 활용될 수 있다는 점이고, 화본과 녹비는 토양 생태계 내에 질소를 공급하는 효과는 미미하나 녹비작물에 의한 질소 흡수와 같은 부동화 과정을 통하여 질소를 보전하는 능력이 현저한 것으로 알려져 있다(Meisinger et al., 1991 : Shipley et al., 1992). Clark 등(1997)은 옥수수 생산에 활용하기위한 동계 녹비작물로서 호밀과 헤어리베치가 유망하다고 주장 하였는데, 이는 호밀은 가을에서 봄에 이르기까지 토양 내 잔류질소를 근권 안에 머물게 함으로써 질소 용탈을 억제시키고, 헤어리베치는 옥수수 재배에 요구되는 상당량의 질소를 공급해 줄 수 있기 때문이다.

우리나라는 그동안 산업화와 도시화로 인해 급증하는 토지수요를 충족시키기 위해 서해안을 중심으로 간척사업을 추진하여 왔는데, 간척지 초기의 토양은 일반적으로 염농도가 높고 유기물과 질소함량이 낮으며 물리·화학적 불량이 작물재배에 불리하다. 이 때문에 개발된 간척지는 토양의 염농도를 낮추기 용이한 벼를 중심으로 한 주곡생산의 목적을 위해 논토양으로 조성되어왔다(Lee et al, 2000). 벼는 다른 작물에 비해 지력에 대한 의존도가 높아서 생산량의 70% 이상이 지력에 의해 이뤄진다(Hwang et al, 1978). 벼의 질소흡수량은 시비질소량의 흡수율과 토양 질소에서 공급되는 양으로 계산할 수 있는데, Yoshino(1976)는 벼의 시비질소 흡수율은 기비에서 30~40%, 수비에서 40~70%, 실비에서 30~40% 범위라고 보고하였고 이러한 질소흡수율 중 지력 질소로부터 유래되는 질소의 비율은 최소 41%에서 최대 75%로서 평균 63% 수준이라고 하였다. 한편 시비질소의 기여율은 평균 37% 정도

에 지나지 않기 때문에 생육기간중 벼가 흡수하는 질소는 지력질소에 의존하는 경향이 크다고 하였다(Sohn et al, 2004). 이와같은 이유로 간척지 논토양은 적절한 유기물 투입으로 지력을 증진하는 것이 중요하다. 유기물 시용은 양분공급, 토양 이화학성 개선 등을 위한 이점이 있는 반면 분해와 동반되는 유해물질 및 환원물질의 생성, 양분흡수 저해 등의 해로운 작용도 알려져 있으나, 토양 유기물 함량이 3% 미만인 논토양에서는 유기물 함량을 증가시킬수록 벼 수량이 증가한다(Yoo et al., 1971). 따라서 녹비작물을 이용한 벼 재배는 비료 절감과 함께 토양의 지력 개선을 꾀할 수 있는 점에서 유용하고 근래 여러 연구가 진행되었다(Jeong et al., 1995 ; Yang et al., 2002 ; Kim et al., 2002 ; Seo et al. 2002).

본 연구에서는 사질 간척 논에서 보리의 녹비로서의 이용 가능성을 구명하고 녹비 보리를 이용한 벼 재배시 보리의 적정 토양 환원시기, 벼의 적정 질소소비량 등을 구명하여 녹비 보리를 이용한 벼 재배법을 개발하고자 1968년에 방조제가 완공되어 지난 30여 년간 벼를 재배해온 계화도 시험포장에서 녹비 보리를 재배하여 시험사업을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### <시험 1. 녹비 보리의 환원시기 시험>

본 연구는 전북 부안군 계화도간척지 논토양에서 2006년부터 2008년까지 3년간 수행하였으며 시험토양은 문포통 세사양토로 토양의 이화학성은 표 1과 같다.

표 1. 시험 전 토양의 화학성

pH	EC(1:5)	T-N	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex. Cation(cmole <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CEC (cmole <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
					K	Ca	Mg	Na	
1:5	dSm <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>					
6.7	0.90	0.49	12	132	0.19	1.8	1.5	0.52	6.7

시험의 처리는 녹비용 보리(영양보리)를 10월 중순경에 파종하여 재배한 후 다음해 보리의 출수기와 출수후 10일, 출수후 20일(2006년 : 출수기, 출수

후 7일, 출수후 14일 환원)에 로타리 작업으로 토양에 환원하고 후작물로 벼를 재배하였다.

벼 이앙은 6월 5~7일 청호벼를 중묘 기계이앙하였고, 벼의 시비는 질소 11kg/10a('07 : 9kg/10a)를 기준으로 토양검정하여 시비량을 정하였다. 이 때 후작물 벼에 대한 시비량은 2006~2007년도에는 N 시비량의 50%를 시용하였고, 2008년도에는 녹비 보리의 성분을 분석하여 처리별로 N 검정시비량에 맞게 N 시비량을 조정하여 시용하였다. 질소는 요소로 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로 3회 분시하였고, 인산은 용성인비를 전량 기비로, 칼리는 염화칼리로 기비 70%, 분얼비 30%로 2회 분시하였다.

토양화학성은 농촌진흥청 농업과학기술원 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하여 pH와 EC는 Mettler Toledo(DSC-F717)를 사용하여 분석하였고, 유기물은 Turin법, 유효인산은 Lancaster법, 유효규산은 1N-NaOAc(pH4.0) 침출법, CEC는 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0) 침출법, 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0)로 침출시켜 ICP-OES(VISTA-MPX)를 이용하여 분석하였다. 식물체는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 습식분해하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Vanadate법, 양이온은 ICP-OES(VISTA-MPX)를 이용하여 분석하였다.

벼의 생육 및 수량은 농업과학기술연구조사분석기준(RDA, 2003)에 의하여 조사하였고 백미의 외관 품위는 FOSS Cervitec 1625 Grain Inspector를 이용하여 완전립, 찌라기, 분상질립, 피해립, 열손립을 조사하였으며, 백미의 성분은 FOSS 1241 Grain Analyzer를 이용하여 단백질과 아밀로오스를 분석하였다.

### <시험 2. 녹비 보리 시용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험>

본 시험은 전북 부안군 계화도간척지 논토양에서 2007년부터 2008년까지 2년간 수행하였으며 시험토양은 문포통 세사양토로 토양의 이화학성은 시험 1과 같다.

시험의 처리는 녹비용 보리(영양보리)를 10월 중순경에 파종하여 재배한 후 다음해 보리가 출수한 후 10일경에 로타리 작업으로 토양에 환원하고 후작물로 벼를 재배하였다. 이 때 후작물 벼에 대한 N 시비처리는 질소 11kg/10a('07 : 9kg/10a)를 기준으로 토양검정하여 검정시비량을 기준으로 N 0%(N 무시비), N 30%(N 70% 감비), N 50%(N 50% 감비), N 70%(N 30% 감비)로 처리하였다.

벼 이앙은 6월 5일 청호벼를 중묘 기계이앙하였고, 벼의 시비는 질소는 요소로 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로 3회 분시하였고, 인산은 용성인비를 전량 기비로, 칼리는 염화칼리로 기비 70%, 분얼비 30%로 2회 분시하였다.

토양화학성은 농촌진흥청 농업과학기술원 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하여 pH와 EC는 Mettler Toledo(DSC-F717)를 사용하여 분석하였고, 유기물은 Turin법, 유효인산은 Lancaster법, 유효규산은 1N-NaOAc(pH4.0) 침출법, CEC는 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0) 침출법, 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0)로 침출시켜 ICP-OES(VISTA-MPX)를 이용하여 분석하였다. 식물체는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 습식분해하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Vanadate법, 양이온은 ICP-OES(VISTA-MPX)를 이용하여 분석하였다.

벼의 생육 및 수량은 농업과학기술연구소 분석기준(RDA, 2003)에 의하여 조사하였고 백미의 외관 품위는 FOSS Cervitec 1625 Grain Inspector를 이용하여 완전립, 싸라기, 분상질립, 피해립, 열손립을 조사하였으며, 백미의 성분은 FOSS 1241 Grain Analyzer를 이용하여 단백질과 아밀로오스를 분석하였다.

### <시험 3. 후작물 벼 재배시 녹비 보리의 환원량 구명 시험>

본 시험은 전북 부안군 계화도 간척지 논토양에서 2007년부터 2008년까지 2년간 수행하였으며 시험토양은 문포통 세사양토로 토양의 이화학성은 시험 1과 같다.

시험의 처리는 녹비용 보리(영양보리)를 10월 중순경에 파종하여 재배한 후 다음해 보리가 출수한 후 10일경에 로타리 작업으로 토양에 환원하였다. 이 때 녹비 보리의 생초 환원량을 300평당 각각 1.5톤, 2.0톤, 2.5톤으로 나누어 처리하였고 후작물 벼는 N 50% 시비('07)와 무비('08)로 재배하였다.

벼 이앙은 6월 5일 청호벼를 중묘 기계이앙하였고, 벼의 시비는 질소 11kg/10a('07 : 9kg/10a)를 기준으로 토양검정하여 '07년도에는 N 시비량의 50%를 사용하였고, '08년도에는 무비로 재배하였다. 질소는 요소로 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로 3회 분시하였고, 인산은 용성인비를 전량 기비로, 칼리는 염화칼리로 기비 70%, 분얼비 30%로 2회 분시하였다.

토양화학성은 농촌진흥청 농업과학기술원 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하여 pH와 EC는 Mettler Toledo(DSC-F717)를 사용하여 분석하였고, 유

기물은 Turin법, 유효인산은 Lancaster법, 유효규산은 1N-NaOAc(pH4.0) 침출법, CEC는 1N-NH4OAc(pH 7.0) 침출법, 양이온은 1N-NH4OAc(pH 7.0)로 침출시켜 ICP-OES(VISTA-MPX)를 이용하여 분석하였다. 식물체는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 습식분해하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Vanadate법, 양이온은 ICP-OES(VISTA-MPX)를 이용하여 분석하였다.

벼의 생육 및 수량은 농업과학기술연구조사분석기준(RDA, 2003)에 의하여 조사하였고 백미의 외관 품위는 FOSS Cervitec 1625 Grain Inspector를 이용하여 완전립, 찌라기, 분상질립, 피해립, 열손립을 조사하였으며, 백미의 성분은 FOSS 1241 Grain Analyzer를 이용하여 단백질과 아밀로오스를 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### <시험 1. 녹비 보리의 환원시기 시험>

가. 녹비 토양 환원시 생초량 및 C/N률

보리의 토양 환원시 생초량 및 C/N률은 표 2와 같다. 보리의 평균 생초량('07~'08)은 출수기 2,044 kg/10a, 출수후 10일 2,108 kg/10a, 출수후 20일 2,118 kg/10a 이었고, 보리의 C/N률은 출수기에 가장 낮고 이후 시간경과에 따라 증가하여 출수후 20일 > 출수후 10일 > 출수기 순으로 높았다.

표 2. 녹비 보리 환원시기별 생초량 및 C/N율

구 분		출수기	출수후 10일	출수후 20일
생초량(kg/10a)	2006	2,014	2,179	2,361
	2007	1,517	1,541	1,554
	2008	2,570	2,674	2,681
C/N율	2006	19.5	24.7	37.4
	2007	37.5	37.9	65.2
	2008	46.2	52.9	71.9

※ 녹비보리 출수기 : 4.29('06), 4. 24('07), 4. 22('08)

나. 보리 녹비 토양 환원시 양분함량

녹비보리의 환원시기별 무기성분 함량은 표 3과 같다. 녹비보리의 질소 성분은 출수기에 가장 높아 출수기 > 출수후 10일 > 출수후 20일 순을 나타내었고, 탄소함량은 출수후 20일에 가장 높아 출수후 20일 > 출수후 10일 > 출수기 순을 나타내었다.

표 3. 녹비 보리 환원시기별 무기성분 함량

(’07~’08)

구 분	T-C	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O
	%						
출 수 기	39.74	0.97	0.39	0.17	2.24	0.13	0.75
출수후 10일	40.86	0.92	0.45	0.17	1.96	0.15	0.67
출수후 20일	42.17	0.62	0.37	0.19	1.62	0.14	0.81

녹비 보리 지상부의 비료 성분량을 환산하여 표 4에 나타내었다. 출수후 비료성분은 질소, 인산, 칼리 모두 출수후 10일에 가장 높게 나타났다.

표 4. 녹비 보리 환원시기별 비료성분량

(’07~’08)

구 분	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	kg/10a		
출 수 기	3.8	1.5	8.8
출수후 10일	5.0	2.4	10.6
출수후 20일	3.8	2.3	9.9

다. 녹비 보리 처리에 따른 벼의 수확기 질소흡수량

벼의 수확기 질소흡수량을 표 5에 나타내었다. 정조의 질소흡수량은 대체로 출수기 > 출수후 10일 > 출수후 20일 순으로 많았고, 벼질도 같은 경향을 나타내었다.

표 5. 녹비 및 질소시비 처리별 벼의 수확기 질소흡수량

(’08)

처 리	흡 수 량 (kg 10a <sup>-1</sup> )		
	벼 질	정 조	계
관 행	2.92	10.80	13.72
출 수 기	2.58	11.31	13.89
출수후 10일	2.53	10.47	13.00
출수후 20일	2.28	9.91	12.19

라. 녹비 보리 처리에 따른 벼 생육 및 쌀수량

녹비 보리 시용 시기에 따른 연차별 쌀 수량을 표 6에 나타내었고, 평균 쌀 수량('07~'08) 및 수량구성요소를 표 7에 나타내었다. 벼의 간장은 출수기 처리에서 가장 컸고, 수장은 처리시기에 따라 차이가 없었다. m<sup>2</sup>당립수는 출수후 10일 > 관행구 > 출수기 > 출수후 20일 순을 나타내었고, 등숙비율은 관행 > 출수후 20일 > 출수기 > 출수후 10일 순을 나타내었다. 쌀수량은 출수후 20일 처리에서 가장 적었고 출수기와 출수후 10일 토양처리에서 관행구와 대등한 수량을 나타내었다.

표 6. 녹비 처리에 따른 연차별 쌀수량 (단위 : kg/10a)

처 리	2006†	2007	2008
관 행	554	451	553
출 수 기	561	449	571
출수후 10일 (7 일)	574	473	549
출수후 20일 (14일)	580	431	526
평 균	572 LSD(5%):26.4	451 LSD(5%):31.2	549 LSD(5%):32.5

†2006년 녹비 보리 처리시기 : 출수기, 출수후 7일, 출수후 14일

표 7. 녹비 처리 시기에 따른 벼 생육 및 쌀 수량 ('07~'08)

구 분	간장 (cm)	수장 (cm)	m <sup>2</sup> 당립수 (천개)	등숙비율 (%)	현미천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량지수
관 행	69.1	20.5	31.0	85.4	21.4	502	100
출 수 기	66.9	20.2	30.9	82.6	20.9	510	101
출수후 10일	64.5	20.3	31.4	80.7	21.1	511	102
출수후 20일	64.3	20.3	29.1	82.9	21.1	479	95

마. 녹비 처리시기에 따른 백미의 쌀품위

녹비 보리의 토양환원시기에 따른 백미의 쌀품위를 표 8에 나타내었다. 녹

비 보리의 환원 시기에 따른 백미의 쌀품위는 처리별 차이는 크지 않았으나 완전립 비율로 볼 때 출수후 20일에 가장 좋았고 관행 > 출수후 10일 > 출수기 순이었다.

표 8. 녹비 보리 처리 시기에 따른 백미의 쌀품위 ('08)

구 분	완전립	싸라기	분상질립	피해립	열손립	단백질	아밀로오스
	%						
관 행	92.1	3.0	3.2	1.6	0.1	6.1	16.2
출 수 기	91.1	4.4	4.2	0.3	0.1	6.0	17.2
출수후 10일	91.2	5.6	2.8	0.4	0.0	5.7	17.4
출수후 20일	93.7	2.3	3.4	0.6	0.0	6.1	17.3

바. 보리 녹비 시용에 따른 토양 화학성

녹비 처리 시험 후 후 농토양의 화학성을 표 9에 나타내었다. 녹비 시용 시기에 따른 토양화학성은 처리별로 특이한 경향을 보이지는 않았다.

표 9. 시험후 토양의 화학성 ('08)

구 분	pH	EC(1:5)	T-N	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex.Cation(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CEC cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
	1:5	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Na	
관 행	7.6	0.61	0.49	12.4	99	0.35	4.1	3.3	1.85	6.7
출 수 기	7.2	0.52	0.51	13.2	105	0.35	3.9	3.1	1.72	6.8
출수후 10일	7.1	0.54	0.52	13.5	98	0.44	4.3	3.3	1.96	6.9
출수후 20일	6.9	0.58	0.30	10.5	91	0.40	3.8	3.2	1.79	6.5

<시험 2. 녹비 보리 시용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험>

가. 벼의 수확기 질소흡수량

녹비 및 후작물 벼의 질소 시비량 처리에 따른 벼의 수확기 질소흡수량을 표 10에 나타내었다. 질소흡수량은 관행구가 녹비 보리 처리구 보다 많았는데

데, 녹비 보리 처리구에서는 질소 시비량의 증가에 따라 질소흡수량이 증가하였다. 녹비 보리 처리후 N 70% 시비 (N 30%감비) 처리에서도 질소흡수량은 관행구보다 다소 적었다.

표 10. 녹비 및 질소시비 처리별 벼의 수확기 질소흡수량 ('08)

처 리	흡 수 량 (kg 10a <sup>-1</sup> )		
	벧 짚	정 조	계
관 행	2.92	10.80	13.72
N 0 %	1.83	9.33	11.16
N 30 %	1.87	9.77	11.64
N 50 %	2.15	9.76	11.91
N 70 %	2.43	10.17	12.60

나. 녹비 보리 처리후 시비량에 따른 벼 생육 및 쌀수량

녹비 보리의 토양환원 후 질소시비량에 따른 연차별 쌀 수량을 표 11에 나타내었고, 평균 쌀 수량('07~'08) 및 수량구성요소를 표 12에 나타내었다. 대체로 간장과 수장 및 m<sup>2</sup>당 립수는 질소시비량의 증가에 따라 높게 나타났고, 등숙비율은 반대로 질소시비량의 증가에 따라 낮게 나타났다. 처리별 평균 쌀수량은 N 70% 시용구(N 30% 감비)가 관행구의 쌀수량과 대등하였다. 따라서 보리를 녹비로 이용하여 후작물 벼를 재배할 때는 30% 정도의 질소비료를 감비할 수 있는 것으로 판단된다.

표 11. 녹비 처리에 따른 연차별 쌀 수량 (단위 : kg/10a)

처 리	2007	2008
관 행	451	553
N 0 %	421	509
N 30 %	437	518
N 50 %	438	520
N 70 %	464	546
평 균	440 LSD(5%):25.3	523 LSD(5%):25.1

표 12. 녹비 사용후 벼의 질소시비량에 따른 벼 생육 및 쌀수량

(’07~’08)

처 리	간장 (cm)	수장 (cm)	m <sup>2</sup> 당 립수 (천개)	등숙 비율 (%)	현 미 천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량 지수
관 행	69.1	20.5	31.0	85.4	21.4	502	100
N 0 %	61.7	19.4	29.6	87.3	21.0	465	93
N 30 %	62.1	19.9	30.9	83.0	21.2	478	95
N 50 %	64.6	20.5	32.5	79.6	21.1	479	95
N 70 %	66.6	20.8	32.3	82.5	21.2	505	101

다. 녹비 보리 처리후 질소시비량에 따른 백미의 쌀 품위

녹비 보리 처리 후 벼의 질소시비량에 따른 백미의 쌀 품위는 표 13과 같다. 질소시비량의 증가에 따라 완전립 비율은 약간 감소되는 경향이 나타나 N 50%, N70% 처리는 관행보다 완전립 비율이 적었으나 그 차이는 거의 없었다.

표 13. 녹비보리 환원후 벼의 질소시비량에 따른 백미의 쌀 품위

(’08)

처 리	완전립	싸라기	분상질립	피해립	열손립	단백질	아밀로오스
	----- %						
관 행	92.1	3.0	3.2	1.6	0.1	6.1	16.2
N 0 %	94.6	2.8	2.4	0.2	0.0	5.9	17.1
N 30 %	93.7	4.0	1.7	0.5	0.1	5.8	17.4
N 50 %	92.0	4.9	2.7	0.4	0.1	6.0	17.2
N 70 %	91.9	4.0	3.7	0.4	0.0	6.0	17.4

라. 보리 녹비 시용에 따른 토양 화학성

녹비 보리 및 후작물 벼의 질소시비 처리 시험 후 논토양의 화학성을 표 9에 나타내었다.

시험 후 토양화학성은 처리별로 특이한 경향을 보이지 않았다.

표 14. 시험후 토양의 화학성

(’08)

처 리	pH	EC	T-N	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex.Cation(cmole <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CEC cmole <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
	1:5	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Na	
관 행	7.6	0.61	0.49	12.4	99	0.35	4.1	3.3	1.85	6.7
N 0 %	7.4	0.66	0.33	13.3	105	0.39	4.1	3.4	1.97	6.8
N 30 %	6.7	0.35	0.39	12.0	87	0.35	4.0	3.1	1.10	7.0
N 50 %	6.5	0.59	0.45	11.6	83	0.36	3.9	3.1	1.25	6.4
N 70 %	6.7	0.36	0.56	11.4	90	0.35	3.8	3.0	1.11	6.7

마. 녹비 보리 환원후 후작 벼의 질소시비 절감에 따른 경제성 분석

녹비 보리를 이용한 후작물 벼 재배시 질소비료 절감에 따른 경제성을 표 15에 나타내었다. 녹비 보리 이용 벼 재배시 보리 재배에 소요되는 종자, 비료비 등을 고려하면 전체적인 수익은 손실적 요소가 더 크나 녹비 보리 이용 시 벼 재배에 소요되는 질소비료를 약 30% 절감할 수 있다는 점과 간척지 토양의 지력증진, 친환경농산물 생산기반 조성, 경관 조성 등 비계량적인 공익적 기능이 크다는 점을 고려할 때 녹비 보리를 이용한 후작물 벼 재배 방법은 경제적인 가치를 충분히 지닌다고 판단된다.

표 15. 녹비 보리 이용 벼 재배시 질소비료 절감에 따른 경제성 분석 (단위 : 원/10a)

손실적 요소(B)	이익적 요소(A)
○ 증가되는 비용 : 97,633원 <녹비작물에 대한> - 종자구입비 22(kg)×1,102원 =24,244원 - 노력비 · 시비 : 7,674원×1시간 = 7,674원 · 파종 : 7,674원×0.5시간=3,837원 · 포장정비 : 7,674원×2시간=15,348원 - 비료비 : · 요소 19.1kg = 19,800원 · 용성인비 36.0kg = 20,790원 · 염화칼리 6.0kg = 5,940원	○ 증가되는 수입 : 6,060 원 - 쌀 증수 3kg × 2,020원 = 6,060원 ○ 감소되는 비용 : 11,262 원 <화학비료에 대한> - 비료비 : 요소 7.2kg = 7,425원 - 시용노력비 : 7,674원×0.5시간 = 3,837원 ○ 비계량적 이익요소 - 수입 호밀종자('07 : 6,977톤)의 국산 보리 대체로 외화절감 - 간척지 토양의 지력증진, 경관조성, 친환경 농산물 생산기반조성 등 공익적 요소
계 97,633원	계 17,322원
● 추정 수익액(A-B) = - 80,311원	

\* 노력비 : '08년 농업노동(남자) 기준(7,674원/1시간)

\* 쌀가격 : '08년 11월 평균 쌀가격 40,400원/20kg(농수산물유통공사, 도매가격)

### <시험 3. 후작물 벼 재배시 녹비 보리의 환원량 구명 시험>

#### 가. 벼의 수확기 질소흡수량

녹비 보리의 토양 환원량에 따른 후작물 벼의 수확기 질소흡수량을 표 16에 나타내었다. 질소흡수량은 관행구가 녹비 보리 처리구보다 많았고, 녹비 보리 처리구에서는 녹비 보리의 투입량 증가에 따라 질소흡수량이 증가 하였다. 녹비 보리 시용후 무비로 벼를 재배하였을 때 녹비 보리 2.5t/10a 처리의 경우도 관행구보다 벼의 질소흡수량이 적었다.

표 16. 녹비 및 질소시비 처리별 벼의 수확기 질소흡수량

(’08)

처 리	흡 수 량 (kg 10a <sup>-1</sup> )		
	벚 질	정 조	계
관 행			
1.5 ton	2.92	10.80	13.72
2.0 ton	1.25	8.72	9.97
2.5 ton	1.57	8.89	10.46
	2.13	9.39	11.52

나. 녹비 보리 처리후 시비량에 따른 벼 생육 및 쌀수량

녹비 보리의 환원량에 따른 벼 생육 및 수량을 표 17과 표 18에 나타내었다. 녹비 보리 시용후 후작물 벼를 무비로 재배하였을 때 모든 처리에서 간장과 수장은 관행보다 작았고 쌀수량 또한 관행보다 적게 나타나 녹비 보리 만으로는 벼의 생육에 필요한 양분을 모두 대체할 수 없는 것으로 나타났다.

표 17. 녹비 보리 환원량에 따른 연차별 쌀수량

(단위 : kg/10a)

처 리	2007	2008
관 행	451	553
1.5 ton	441	496
2.0 ton	459	505
2.5 ton	487	518
평 균	462 LSD(5%):29.8	506 LSD(5%):30.9

표 18. 녹비 보리의 환원량에 따른 벼 생육 및 쌀 수량

(’08)

처 리	간장 (cm)	수장 (cm)	m <sup>2</sup> 당 립수 (천개)	등숙 비율 (%)	현 미 천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량 지수
관 행	74.4	21.4	31.5	88.3	23.0	553	100
1.5 ton	63.0	19.9	27.4	91.6	22.3	496	90
2.0 ton	64.4	20.6	29.1	86.8	22.4	505	91
2.5 ton	65.8	20.5	31.3	85.0	22.2	518	94

다. 녹비 보리 환원량에 따른 백미의 쌀 품위

녹비 보리의 환원량에 따른 백미의 쌀 품위를 표 19에 나타내었다. 녹비 보리 시용후 벼를 무비 재배할 때 녹비 환원량(1.5t ~ 2.5t) 처리 모두에서 완전립 비율은 관행보다 높게 나타났고 단백질 함량은 관행보다 낮게 나타났다.

표 19. 녹비 보리의 환원량에 따른 백미의 쌀 품위 ('08)

처 리		완전립	싸라기	분상질립	피해립	열손립	단백질	아밀로오스
		%						
관행		92.1	3.0	3.2	1.6	0.1	6.1	16.2
보리 환원량 (ton)	1.5	94.8	3.0	1.7	0.5	0.0	5.7	17.2
	2.0	95.3	2.5	1.7	0.4	0.0	5.8	17.3
	2.5	95.1	2.5	1.7	0.6	0.0	5.9	17.1

라. 녹비 보리시용량에 따른 토양물리·화학성

녹비 보리의 토양 환원량에 따른 시험 후 토양 물리성 및 화학성을 표 20과 표 21에 나타내었다. 녹비 보리 시용구는 관행구에 비하여 토양의 경도와 용적밀도는 약간 낮아진 수치를 나타내었고, 토양의 공극률은 약간 증가한 수치를 나타내었으나 그 차이는 미미하였다.

표 20. 녹비 보리의 환원량에 따른 시험후 토양물리성

구 분	경도(mm)		용적밀도(Mg m <sup>-3</sup> )		공극률(%)	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
관행	12.7	10.2	1.19	1.18	55.0	55.3
보리 1.5톤 시용	11.8	9.7	1.20	1.18	54.5	55.6
보리 2.0톤 시용	9.9	9.1	1.17	1.14	55.9	56.8
보리 2.5톤 시용	9.7	8.6	1.17	1.13	55.8	57.2

표 21. 시험후 토양의 화학성

(’08)

구 분	pH	EC	T-N	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex.Cation(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CEC cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
	1:5	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Na	
관 행	7.6	0.61	0.49	12.4	99	0.35	4.1	3.3	1.85	6.7
보리 1.5톤 사용	6.8	0.42	0.25	12.0	96	0.38	3.7	3.0	1.14	7.0
보리 2.0톤 사용	6.3	0.49	0.53	12.4	85	0.41	3.6	2.9	1.27	6.6
보리 2.5톤 사용	6.6	0.51	0.40	12.2	99	0.41	3.5	2.6	1.10	6.5

4. 종합결과

시험 1. 녹비 보리의 환원시기 시험

간척지 논토양에서 녹비 보리를 이용한 후작물 벼(청호벼) 재배시 녹비 보리의 적정 토양 환원시기를 구명하기 위하여 전북 계화도 간척지 문포동 토양에서 녹비 보리를 재배하여 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 녹비 보리의 토양환원 시기별 평균 생초량(’07~’08)은출수기 2,044, 출수후 10일 2,108, 출수후 20일 2,118kg/10a 이었다. 보리의 C/N률은 출수기 이후 증가하여 출수후 20일 > 출수후 10일 > 출수기 순 이었다.
- 나. 녹비 보리의 평균 질소함량(’07~’08)은 0.62~0.97%로 출수기 > 출수후 10일 > 출수후20일 순 이었고 평균 탄소함량은 출수후 20일 > 출수후 10일 > 출수기 순이었다.
- 다. 벼의 수확기 질소흡수량(’08)은 12.19~13.89 kg/10a로 벧짚과 정조 모두 출수기 > 출수후 10일 > 출수후 20일 처리 순 으로 높았다.
- 라. 녹비 보리의 환원시기별 평균 쌀수량은 출수기와 출수후 10일 토양처리에서 관행구와 대등한 수량을 나타내어 출수후 10일 ≒ 출수기 > 출수후 20일 순 이었다.
- 마. 녹비 처리에 따른 백미의 쌀품위는 완전립 비율로 볼 때 출수후 20일 > 관행 > 출수후 10일 > 출수기 순이었으나 처리별 차이는 매우 적었다.

### 시험 2. 녹비 보리 시용시 후작물 벼의 시비량 구명 시험

간척지 논토양에서 녹비 보리를 이용한 후작물 벼(청호벼) 재배시 녹비 보리의 벼에 대한 질소 비료 감비 효과를 구명하기 위하여 전북 계화도 간척지 문포동 토양에서 녹비 보리를 재배하여 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 녹비 보리의 토양환원시(출수후 10일) 평균 생초량('07~'08)은 2,108kg/10a 이고 보리의 C/N률은 44.41이었다.
- 나. 벼의 수확기 질소흡수량('08)은 11.16~12.60 kg/10a로 벼짚과 정조 모두 녹비 처리 후 질소 시비 수준이 증가할 수록 높았다.
- 다. 녹비 보리 시용 후 후작물 벼에 대한 질소 시비수준별 쌀수량은 질소 시비 수준이 증가 할 수록 쌀수량이 증가하여 N70% 처리에서 관행구와 대등한 수량을 나타내었다.
- 라. 녹비 처리후 질소 시비 수준별 백미의 쌀 품위는 질소 시비 수준의 증가에 따라 완전립 비율은 약간 감소되는 경향이 나타나 N 50%와 N 70% 처리는 관행보다 완전립 비율이 적었으나 그 차이는 매우 적었다.

### 시험 3. 후작물 벼 재배시 녹비 보리의 환원량 구명 시험

간척지 논토양에서 녹비 보리를 이용한 후작물 벼(청호벼) 재배시 녹비 보리의 적정 환원량을 구명하기 위하여 전북 계화도 간척지 문포동 토양에서 녹비 보리를 재배하여 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 벼의 수확기 질소흡수량('08)은 9.97~11.52 kg/10a로 벼짚과 정조 모두 녹비 투입량이 증가할 수록 높았으나 녹비 보리 투입후 무비로 벼를 재배한 경우('08)의 질소 흡수량은 녹비 보리 2.5 t 처리에서도 관행의 질소흡수량보다 적었다.
- 나. 녹비 보리의 환원량에 따른 쌀 수량은 벼를 무비로 재배시 모든 처리에서 관행보다 적게 나타나 녹비 보리만으로는 벼의 생육에 필요한 양분을 모두 대체할 수 없는 것으로 나타났다.
- 다. 녹비 보리의 환원량에 따른 백미의 쌀 품위는 녹비 보리 시용 후 벼를 무비 재배할 때 녹비 환원량 처리 모두에서 완전립 비율이 관행보다 높게 나타났다.
- 라. 벼 수확후 녹비 보리 환원량에 따른 논토양의 물리성은 관행구에 비하여 토양의 경도와 용적밀도는 약간 낮아진 수치를 나타내었고, 토양의 공극률은 약간 증가한 수치를 나타내었으나 차이는 미미하였다.

## 제 6절 보리 환원에 따른 영남지역 후작물 벼 재배법 개발

### 1. 서설

1970년대 이후 우리농업은 산업화와 더불어 집약농업이 발전함에 따라 화학비료의 사용량이 증가하였으며, 논 토양에 유기물 사용량의 절감으로 유기물 함량이 전국 평균 2.5% 수준이며 지력과 안정된 생산성 유지를 위해서는 우려되는 점이라 할 수 있다(Shine and Shin, 1975). 또한, 화학비료 위주의 벼 재배는 사용된 비료의 50% 이상이 농경지 밖으로 유실되어 지하수 오염 및 관개수 부영양화가 문제점으로 지적된다(RDA, 1999). 따라서 최근에는 토양생산력의 유지 또는 증진 가능한 환경보전형 농업을 위한 자운영, 아줄라 등의 유기자원의 활용에 대한 관심이 높아지고 있는 상황이다. 특히, 정부의 푸른들가꾸기 사업의 일환으로 2003년 경남지역 농경지 118,548 ha 중 약 6%에 해당하는 7,114 ha에 녹비작물 종자가 무상 공급되어 활용된바 있다. 이 중 약 62%인 4,449 ha의 논에 자운영이 공급되어 활용되었으며, 친환경농산물 생산단지를 중심으로 재배면적이 크게 확대되고 있다. 그러나 자운영, 헤어리베치 등 녹비작물 재배면적이 매년 증가함에 따라 녹비작물 재배를 위한 종자수입량도 증가하고 있다.

우리나라의 벼-보리 이모작 재배면적은 약 73천ha로(농림통계연보 2003) 점차 감소되고 있으나 농촌 노동력이 급감하였던 오래 전부터 이모작 논에서의 생산되는 보릿짚의 처리는 대부분 보릿짚을 소각하여 처리해 왔다. 영남지역 11개시군 203농가에 대한 보릿짚 처리 실태를 조사한 결과(고 등, 2003)를 보면 보릿짚을 소각하는 농가비율이 43.9%, 제거 12.3%, 일부 소각후 토양환원 18.2%, 토양환원 25.6%으로 차지하고 있었다. 이 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 소각방법은 유용한 유기자원의 손실뿐만 아니라 대기환경오염을 야기할 수 있다.

논토양에 보릿짚의 환원은 농기계 작업의 불편, 이앙시 뜬묘의 발생, 병해충의 다량 발생뿐만 아니라, 온실가스 배출량 증가, 질소기아 현상 등에 의한 벼 활착지연 등 초기 생육저해를 초래하는 문제점을 안고 있다. 그러나, 보릿짚은 지력유지를 위한 유기자원으로서 오(1971)는 배수가 양호한 토양에서는 퇴비의 효과가 인정되었고 습답이나 배수불량한 논토양에서는 효과가 거의 없었다고 하였다. 또한 벼-보리 이모작 지역에서의 소각과 같은 보릿짚 처리는 연소시 발생하는 가스에 의해 대기환경에 부하량을 가중 시킬 수 있기 때

문에 논토양의 지력 증진을 위한 보리짚 처리 기술이 필요한 실정이다.

본 연구는 녹비보리로서 보리짚 환원에 따른 논 지력과 안정적인 쌀 생산에 미치는 영향을 구명하기 위하여 녹비보리 환원 시기 및 적정 투입량, 화학비료 절감효과를 구명하고자 미사식양질 논토양에서 시험한 결과이다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시험품종 및 토양

본 시험은 2006년부터 2008년까지 3년동안 국립식량과학원 기능성 작물부내 시험포장에서 수행하였다. 시험전 토양의 화학적 특성은 표 1과 같다. 토양 산도는 5.20으로 약산성을 띠고 있었으며, 유기물함량과 유효인산 함량은 각각 31.1 g/kg과 121 mg/kg이었다. 그리고 치환성 양이온의 함량은 우리나라 평균 논토양에 비해 다소 낮은 논토양의 특성을 나타내고 있었다.

표 1. 시험전 토양 화학성

pH	EC (ds/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	T-N (g/kg)	Ex.cation (cmol <sup>+</sup> /kg)		
					K	Ca	Mg
5.20	0.56	31.1	121	2.0	0.33	3.89	0.84

### 나. 처리내용 및 재배법

보리환원시기와 환원량에 따른 벼수량 및 토양특성에 미치는 영향을 조사하고자 공시 벼 품종으로는 화영벼, 보리는 영양보리를 선정하였다. 환원시기에 따른 처리구는 보리 출수기, 출수후 10일, 20일 설치하였고, 환원량 처리구는 보리 출수 10일의 생체량을 기준으로 하여 0, 1.5, 2.0, 2.5ton/10a을 각각 처리하였다. 보리환원에 따른 질소시비량 저감을 위한 시험으로 수행하기 위해 질소 시비수준을 질소 9 kg/10a를 기준으로 0, 25, 50, 75, 100 %로 처리하였다. 대조구는 화학비료 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=9-4.5-5.7 kg/10a을 사용하였다. 이때, 벼 재배기간 중 화학비료 시비관리는 질소 50%, 인산 100%, 칼륨 70% 기비로, 분얼기에는 질소 20%, 유수형성기에 질소 30%와 칼륨 30%를 2차 추비하였다. 또한 자운영, 헤어리베치를 각 2톤/10a씩 처리한 처리구를 두어 보리의 환원시기와 환원량의 처리구와 비교하였다.

#### 다. 식물체 및 토양 분석

수확 후 벼 수량 특성은 농진청의 농작물 표준시험법에 준하여 조사하였다 (농촌진흥청2003). 수확기 벼 식물체 시료는 70℃에서 72시간 동안 열풍 건조 후 분쇄하여 양분함량을 조사하였다. 이때 T-N은 황산으로 분해 후 Kjeldahl법으로, 무기성분(K, Ca, Mg) 함량은 Ternary solution(HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HClO<sub>4</sub>, 10 : 1 : 4 volume / volume)으로 완전 분해 후 함량은 ICP로, P 함량은 ammonium metarmolybdate법으로 정량하였다. 조규산 함량은 550℃에서 회화후 1% HCl 용액으로 110℃에 2시간 가열한 다음 여과지를 이용하여 분석하였다. 백미의 도정특성은 쌀 외관 품위측정기(KETT RN-500)를 이용하여 정현비, 완전립비, 분상질비, 싸라기비, 피해립비 및 이종공립비를 조사하였다. 아밀로스 함량은 Juliano의 요오드 비색 정량법으로 조사하였으며(Juliano et al., 1981; Perez and Juliano, 1978), 단백질 함량은 쌀 중 총 질소함량(%)에 단백질 환산계수 6.2를 곱하여 환산하였다. 식미 평가는 식미계(Toyo MA-90)를 이용하여 분석하였다. 토양의 화학적 특성은 수확기 표층토(0-15 cm)를 채취 풍건 후 사분(2 mm 이하)하여 분석에 이용하였다. 이때 pH와 EC는 1:5법 (토양:물), 유기물은 Tuirin 법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1 M NH<sub>4</sub>-acetate buffer(pH 7.0), 유효규산은 1N sodium acetate 법을 이용하여 추출 정량하였다(RDA 1988).

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 녹비작물 식물체 양분함량

동계 파종후 춘계 녹비작물의 양분함량은 표 2에서 보는 바와 같다. T-N는 헤어리베치>자운영>호밀>보리 순으로 높았고, P2O5는 헤어리베치 > 자운영 > 보리출수기 >호밀출수기> 보리유숙기 순으로 높았다. CaO, MgO는 두과작물인 자운영과 헤어리베치에서 높았고 화분과인 보리와 호밀에서 낮았다. 보리환원시기별 식물체양분함량은 유숙기보다 출수기에서 T-C, C/N률, P2O5, K2O 등이 높았고, T-N, CaO, MgO는 비슷하였다.

표 2. 녹비작물 식물체 양분함량

처리내용		T-C	T-N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
		- g/kg -						
보리	유숙기	404.0	18.9	21.4	4.2	28.9	4.7	1.7
	출수기	464.7	19.0	24.5	5.7	37.3	4.6	1.8
호밀	출수기	471.0	20.9	22.5	4.9	31.6	4.0	1.5
자운영(개화기)		422.5	33.7	12.6	6.7	31.3	12.6	3.6
헤어리베치(개화기)		418.0	38.9	12.0	9.9	31.1	15.8	4.2

토양내 녹비작물의 환원에 따른 양분 유효도는 탄질율과 매우 관련이 높은 것으로 알려져 있다. 전질소의 함량이 높은 자운영과 헤어리베치의 탄질율은 12.6으로 보리와 호밀에 비해 약 2배 낮았다. 탄질율이 낮은 자운영 헤어리베치의 토양내 환원은 미생물 활성에 의해 가용성 질소 함량이 증가함에 따라 후작물의 생육 및 수량에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

#### 나. 녹비보리의 환원방법별 벼의 생육상황

녹비작물 환원에 따른 벼 초장과 경수를 조사한 결과는 표 4와 같다. 보리 환원에 따른 초장과 경수는 질소 시비수준이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 보리환원시기에 따른 초장과 경수는 보리 출수기에 토양내 보리 환원 처리가 가장 우수하였다. 보리환원량이 증가할수록 초장과 경수는 증가하는 경향을 나타내었다.

그러나 자운영과 헤어리베치 처리구의 출수기 초장은 각각 98.6, 91.3으로 경수는 16.3, 14.1 조사되어 벼 생육에는 자운영 환원이 가장 우수하였다. 녹비로서 보리 환원시에는 보리 출수기와 환원량이 높을 수록 벼 초장과 경수가 더 향상되는 것으로 조사되었다. 토양에 유기물 시용은 미생물 활성화와 수분에 의한 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 담수상태인 논토양은 밭토양에 비해 산소결핍으로 인해 유기물의 미생물 분해가 낮다. 또한, 보리는 탄질율은 70-80으로 상대적으로 미생물 개체수 증식을 위해 탄소의 함량이 높아 질소의 미생물 부동화를 촉진하는 것으로 알려져 있다. 본 시험결과에서도 보리 환원량이 높을수록 초장과 경수가 높아졌으며, 보리환원 처리구에 질소 시비수준이 증가할수록 초장과 경수가 향상되는 결과를 보였다. 따라서, 보리 환원에 따른 벼 생육은 환원되는 보리의 탄질율에 영향을 받는 것으로 해석된다.

표 4. 녹비보리의 환원방법별 벼의 생육상황 ('08)

처리내용	초장(cm)			경수(개/주)			
	최고분얼	유수형성	출수기	최고분얼	유수형성	출수기	
관행(표준시비)	52.1	74.4	92.5	19.5	16.7	16.0	
보리투입 + 화학비료	0	44.1	69.8	90.0	15.5	12.6	11.6
	30	48.7	70.8	94.8	18.7	15.1	13.6
	50	49.1	69.9	91.8	17.0	15.4	14.5
	70	50.5	70.2	91.3	19.1	14.4	15.2
보리 환원시기	출수기	43.7	71.3	90.9	15.5	13.4	14.4
	출수 10일	41.9	70.7	93.2	16.3	15.4	14.1
	출수 20일	42.5	71.5	92.3	14.7	13.4	13.0
보리 환원량	0톤	41.0	68.6	86.6	14.8	15.4	12.9
	1.5톤	43.2	71.8	93.2	15.0	15.2	13.6
	2.0톤	42.6	71.2	91.5	15.7	16.4	13.5
	2.5톤	42.7	71.2	91.6	15.3	15.0	14.4
녹비작물	호밀	44.3	68.4	89.9	16.6	13.1	13.8
	자운영	52.0	75.9	98.6	20.9	18.9	16.3
	헤어리메치	48.8	74.1	91.6	17.5	14.7	14.1
무 비	39.7	64.3	83.4	13.5	12.0	10.8	

다. 벼 수량구성요소 및 쌀수량

보리환원시기 및 환원량, 그리고 질소 시비수준에 따른 쌀수량을 조사한 결과는 표 5, 6와 같다. 표준시비구의 쌀수량은 593kg/10a이었다. 보리 출수기에 보리를 환원한 처리구의 쌀수량은 565 kg/10a이었고, 출수 10일과 출수 20일 처리구의 쌀수량은 각각 553 과 572 kg/10a로 출수기 처리구의 쌀수량과 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나, 표준시비구에 비해 쌀수량은 약 5% 낮았다.

표5. 벼 수량구성요소 및 쌀 수량('07~'08)

연차	처리내용	처리구	수당입수 (개/주)	수수 (개/m <sup>2</sup> )	천립중 (g)	등숙율 (%)	수량(kg/10a)	
							쌀 수량	지수
2년차 (‘07)	대조구	NPK	73.1	416	24.2	83.4	498 b	100
	시기 (출수)	0	71.9	406	25.1	92.0	510 b	102
		10일	76.4	416	24.8	91.9	513 b	103
		20일	78.6	340	25.1	88.7	493 b	99
	환원량 (Mg/10a)	1.5	76.2	372	25.6	93.0	470a	94
		2.0	71.5	372	25.1	92.3	460a	92
		2.5	77.7	389	24.8	89.5	500 b	100
	LSD <sub>0.05</sub>	ns	ns	ns	3.97	22.4	4.52	
3년차 (‘08)	대조구	NPK	76.2	374	27.7	86.7	593	100
	시기 (출수)	0	75.3	342	26.2	90.3	565	95
		10일	82.5	337	26.4	90.5	553	93
		20일	86.3	308	26.5	91.4	572	97
	환원량 (Mg/10a)	1.5	80.8	345	26.2	91.1	581	98
		2.0	85.0	318	26.3	90.6	563	95
		2.5	76.6	330	26.4	92.1	579	98
	LSD <sub>0.05</sub>	6.19	56.5	0.58	2.69	ns	ns	

표6. 보리환원논에 질소 시비량에 따른 벼 수량 변화('07~'08)

연차	처리구	수당입수 (개/주)	수수 (개/m <sup>2</sup> )	천립중 (g)	등숙율 (%)	수량(kg/10a)	
						쌀수량	지수
2년차 (‘07)	NPK	73.1	415	24.2	83.4	498 b	100
	N 0%	74.3	286	25.0	93.5	373a	75
	N 30	72.8	396	24.4	88.5	472 b	95
	N 50%	69.1	381	25.0	90.8	487 b	98
	N 70%	73.1	400	24.2	87.8	493 b	99
		LSD <sub>0.05</sub>	ns	82.6	ns	6.35	34.0
3년차 (‘08)	NPK	76.2	374	27.7	86.7	593 c	100
	N 0%	84.3	325	24.8	93.1	500a	84
	N 30	73.4	342	27.8	87.9	579 c	98
	N 50%	70.6	342	28.1	89.1	540 b	98
	N 70%	69.9	347	27.6	90.2	561 bc	99
		LSD <sub>0.05</sub>	ns	ns	2.14	2.26	38.8

보리환원량에 쌀수량 변화는 보리 0톤 처리구가 483kg/10a를 나타내었고, 보리 1.5톤, 2.0톤, 2.5톤의 쌀 수량은 각각 581, 563, 579 kg/10a으로 조사되었고, NPK 처리구의 쌀수량 지수에 비해 약 2-6% 낮았으나, 통계적인 유의차는 없었다. 질소시비수준이 0, 30, 50, 70% 처리구의 쌀 수량은 각각 500, 579, 540, 561 kg/10a로서 질소 시비수준이 높아짐에 따라 쌀 수량이 증가하였으나 30%, 50%, 70%의 처리구의 쌀수량은 통계적이 유의차가 없었다. 수도에 있어서 다수확의 요인은 수수의 확보, 규산의 공급, 생육후기의 질소공급이 중요하다고 하였다(김 등, 1975). 홍 등(1999)은 질소시비량 감비에 대해 벼 생육 보고에서 질소시비량 감비에 따른 수량의 감소한다고 하였고, 수량 증가의 가장 큰 요인은 단위 면적당 수수였다(김 등, 2002). 질소시비량이 적을 때 수당입수의 증가 및 등숙기에도 활발한 광합성이 이루어져 낱알 크기에 영향을 미친다고 하였다(Yoshida, 1981). 본 연구결과에서는 벼의 쌀수량은 대체로 수당입수 및 수수, 등숙율에 영향을 받는 것으로 조사되었다. 즉 보리환원량이 증가할수록 수수는 증가하였으나 등숙율이 크게 감소되었고, 보리환원 시기는 보리출수이후 환원한 처리구의 수수가 낮아지는 경향을 보였다. 질소시비준이 높아짐에 따라 수수와 등숙율은 큰 차이가 없었다. 따라서, 보리환원 시기가 늦을수록 그리고 환원량이 높을수록 쌀수량은 수수와 등숙율 감소에 의해 낮아지는 것으로 평가되었다.

#### 라. 벼수확기 식물체 양분함량

보리 처리 방법에 따른 수확기 벼 양분함량은 표 7과 같다. 관행구의 질소 함량은 7.03 g/kg 으로 자운영 처리구를 제외한 전처리구 중에서 가장 높은 함량을 보였다.

보리 환원시기의 출수기 처리구의 질소 함량은 6.22 g/kg이었으나 보리환원시기가 늦을수록 벼 식물체내 질소함량은 감소되는 경향을 나타내었다.

표 7. 벼수확기 식물체 양분함량

처리내용		T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
		- g/kg -				
관행(표준시비)		7.03	4.66	29.2	9.73	3.30
보리투입+ 화학비료	0	5.31	3.49	27.9	9.59	2.91
	30	6.51	4.13	30.6	10.42	2.96
	50	5.92	4.17	29.7	10.14	2.96
	70	6.79	4.09	31.1	11.43	3.22
보리 환원시기	출수기	6.22	3.81	32.0	7.15	3.03
	출수 10일	5.78	3.49	31.6	8.27	2.63
	출수 20일	5.70	3.73	32.2	6.73	2.89
보리 투입량	0톤	4.78	3.89	26.5	10.6	2.46
	1.5톤	5.66	3.24	29.5	7.05	2.77
	2.0톤	5.63	3.65	31.7	9.18	2.56
	2.5톤	5.48	3.45	29.9	10.86	2.74
녹비작물	호밀	5.80	4.29	27.9	9.50	2.83
	자운영	7.19	4.42	34.0	10.23	3.38
	헤어리베치	6.07	3.93	28.4	11.30	2.70
무비		5.57	3.39	27.0	12.61	2.64

보리환원 처리구에서 보리무환원구의 식물체 질소 함량은 4.78g/kg이었고, 보리환원량이 증가할수록 식물체 질소 함량도 높아지는 경향을 보였다. 질소 시비수준이 높을수록 식물체 질소함량은 높았으며, 이때 70% 질소를 시비한 처리구의 식물체 질소 함량은 6.79 g/kg으로 조사되었다. 식물체 인산함량은 환원시기와 환원량에 영향을 받지 않았고, 식물체加里함량은 환원량이 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다.

#### 마. 쌀 품위 및 미질특성 변화

쌀의 품질은 크게 나누어 청미가 적고 쌀알이 윤기가 나는 등의 외관적 특성과 밥을 지어 먹을 때의 맛의 양호를 기준으로 하는 식미 품지로 구분하고 있다. 이에 보리 처리 방법이 미질 특성에 미치는 영향을 평가하고자 외관적 측면인 도정 상태 및 백미 품위 특성과 화학적 측면인 아밀로스 함량과 단백질 함량 그리고 식미치를 조사한 결과는 표 8과 같다.

표 8. 쌀품위 및 미질특성 변화(%)

처리내용		완전립	분상질	싸라기	피해립	단백질	아밀로스	식미치
관행(표준시비)		86.0	0.23	13.0	0.6	6.2	19.6	74.2
보리투입+ 화학비료	0	90.7	0.2	8.8	0.3	5.8	19.5	81.7
	30	88.8	0.2	10.6	0.2	5.8	19.2	77.9
	50	88.7	0.2	10.4	0.7	5.8	19.2	79.0
	70	86.6	0.4	12.7	0.4	5.8	19.2	76.8
보리 환원시기	출수기	92.7	0.2	6.8	0.3	5.7	19.3	76.9
	출수 10일	91.9	0.2	7.6	0.3	5.6	18.6	79.1
	출수 20일	91.3	0.3	7.9	0.4	5.5	18.8	80.1
보리 환원량	0톤	92.2	0.2	7.5	0.2	5.5	18.5	82.6
	1.5톤	91.2	0.3	8.4	0.2	5.6	19.1	79.7
	2.0톤	89.6	0.5	9.8	0.2	5.5	18.9	78.5
	2.5톤	87.3	0.3	11.9	0.5	5.5	18.9	75.3
녹비작물	호밀	90.0	0.1	9.2	0.6	5.7	18.7	76.3
	자운영	88.1	0.8	10.5	0.5	6.1	19.6	73.9
	헤어리베치	89.8	0.3	9.5	0.4	5.6	18.3	74.1
무 비		91.9	0.1	7.3	0.7	5.7	17.9	82.9

보리환원 시기는 완전미 비율에는 영향을 미치지 않았으나 환원시기가 늦을수록 식미치가 향상되었고, 보리환원량이 높을수록 완전미 비율과 식미치는 감소되었다. 그리고 질소시비수준 처리구는 보리환원량 처리구와 비슷한 결과를 나타내었다. 일반적으로 양질미를 결정하는 인자들은 쌀의 도정 및 외관적 특성이외에 이화학적 특성과 식미특성 등의 다양한 요소에 의해 결정된다. 밥의 찰기를 결정하는 주요성분은 아밀로스 함량으로 일반 양질미 중 17~20%가 함유되어 있다. 단백질 함량은 7~9%, Mg/K의 비율이 높을수록 우수 양질미로 평가하고 있다. 식미의 정확한 평가를 위해서는 쌀 중 수분함량이 15% 수준을 유지하는 것이 중요하며 식미치가 75 이상은 되어야 양질미로 평가되고 있다. 또한 식미와 유의 상관관계를 나타내는 형질로 볼 때, Mg/K는 쌀의 식미와 정의 상관관계를 보이지만, 단백질 함량 및 amylose 함량은 부의 상관관계를 보인다 (김 등, 1990). 본 시험에서 보리의 환원시기가 늦을수록 환원량이 낮을수록 미질은 향상되는 결과를 보였다.

바. 보리짚 환원량에 따른 생육시기별 메탄발생량

논토양에 메탄가스 발생은 시비관리, 벼 품종, 물 관리에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 특히, 메탄 발생량은 유기물 투입시기가 빠를수록, 생뚱질보다는 퇴비를 사용하는 것이 효과적인 것으로 알려져 있다. 보리짚 환원량에 따른 메탄 발생량을 조사한 결과는 그림 1과 같다. 담수 이후 메탄 발생량은 꾸준히 증가하여 출수기에 최고 농도를 나타내었고, 출수이후에는 메탄발생량은 감소하는 경향을 나타내었다. 벼 생육기간 중 메탄 발생량은 보리환원량이 높을수록 더 높을 발생을 보였다.

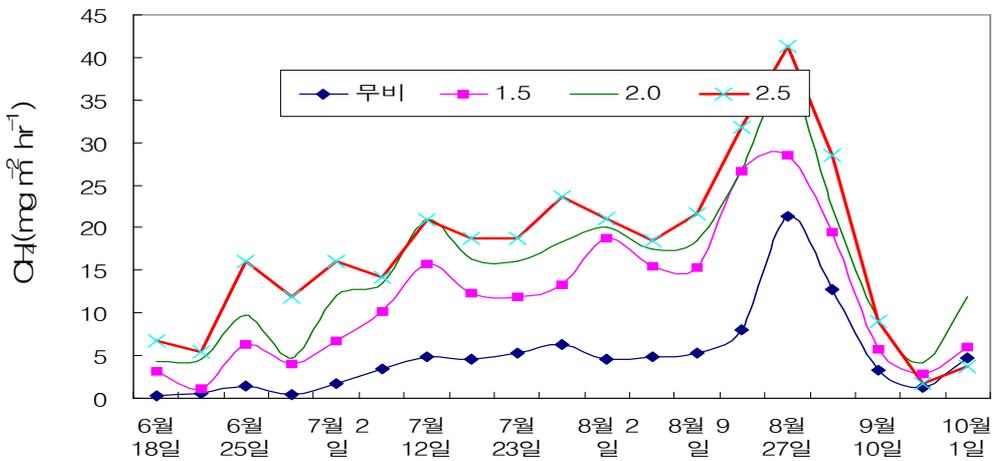


그림1. 보리짚 환원량에 따른 생육시기별 메탄발생량

논과 같이 담수상태에서는 혐기적 조건의 유기물 분해에 의해서 중간대사 산물인 유기산과 CO<sub>2</sub>를 기질이 발생되게 되며, 이러한 것은 메탄균 대사를 위한 기질로 이용되어 메탄을 전환하게 된다. 또한 보리짚과 같은 유기물 투입은 분해과정 중 생성되는 전자에 의해 산소, Fe<sup>3+</sup>와 같은 전자수용체의 고갈이 심화되어 토양내 환원상태를 촉진시킴으로써 메탄균은 활성을 증진시킨다. 논토양에 용해된 메탄은 벼 체내를 통해서 대부분 대기중으로 휘산되는데, 초장과 경수가 높을수록 벼 체내를 통한 CH<sub>4</sub>과 O<sub>2</sub>의 가스 교환이 높게 된다고 알려져 있다. 본 시험에서 보리 환원량이 증가될수록 메탄 발생량이 높아졌는데, 이는 투입된 유기물 함량과 벼 초장과 경수가 증가에 의해 메탄 발생량이 높아진 것으로 해석된다.

사. 처리별 시험후 토양화학성 변화

토양 유기물은 입단 형성 및 안정성등의 토양 구조 개선에 관련이 있으며, 이때 토양내 탄소함량은 작물 생육에 필요한 양분공급에 관련한 양분 순환에 영향을 미친다. 벼 수확후 토양 화학적 특성은 표 9과 같다. 보리환원후 질소질 비료의 시용량 증가에 의해 토양 pH는 약간 감소되는 경향을 보였다. 그리고 환원시기는 처리간 토양 pH 차이를 나타내지 않았으나, 환원량이 높아짐에 따라 토양 pH는 감소하는 경향을 나타내었다. 토양 전탄소 함량은 보리투입에 의해 크게 영향을 받았다. 보리환원 처리구에 질소 시비 높아짐에 따라 전탄소함량이 증가되었다. 환원시기 처리구의 전탄소 함량은 처리간 뚜렷한 차이가 없었으나, 환원량이 증가함에 따라 전탄소 함량은 높아졌다. 인산의 함량은 보리투입량에 의존하였으며, 치환성 양이온은 처리간 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

표 9. 처리별 시험후 토양화학성 변화

처리내용		pH	T-C (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ca	Mg	K
					Ex.cation (cmol <sup>+</sup> /kg)		
관행(표준시비)		5.64	17.43	38	8.06	1.94	0.44
보리투입+ 화학비료	0	5.54	18.40	47	8.82	2.12	0.54
	30	5.35	19.67	85	7.79	1.72	0.58
	50	5.27	20.53	87	8.26	1.81	0.55
	70	5.29	20.30	82	7.85	1.86	0.52
보리 환원시기	출수기	5.47	19.93	88	7.94	1.79	0.68
	출수 10일	5.44	20.27	99	8.14	1.82	0.67
	출수 20일	5.37	19.90	107	8.21	1.76	0.65
보리 환원량	0톤	5.54	18.20	40	8.14	2.04	0.55
	1.5톤	5.47	19.37	95	8.45	1.90	0.64
	2.0톤	5.41	20.63	97	8.06	1.92	0.68
	2.5톤	5.26	22.67	101	7.29	1.62	0.77
녹비작물	호밀	5.25	21.33	91	7.01	1.58	0.63
	자운영	5.51	19.57	24	8.20	2.00	0.47
	헤어리베치	5.33	19.30	104	7.73	1.77	0.44
무 비		5.43	18.67	112	8.81	1.83	0.53

#### 4. 종합결과

- 녹비작물 식물체중 양분함량은 T-N는 헤어리베치 38.9, 자운영 33.7, 호밀 20.9, 보리 19.0g/kg이었고, C/N율은 헤어리베치 12.0, 자운영 12.6, 호밀 22.5, 보리 24.5이었음.
- 시험 후 토양화학성은 토양 pH는 5.2~5.6범위로 처리 간 뚜렷한 변화는 없었고, T-C함량은 녹비보리투입량이 증가할수록 약간 증가하는 경향이었음.
- 벼 생육상황은 보리환원 후 시비수준이 높을수록 생육은 좋았고, 보리 환원시기 간에는 생육초기는 출수기환원구에서 좋았으나 후기로 갈수록 차이는 없었다. 보리투입량 간에는 1.5톤구에서 좋았고 그 이상 투입량은 차이가 없었음.
- 쌀 수량은 표준시비구 대비하여 전 처리구에서 2~6% 낮은 경향을 보였으며, 보리환원시기, 환원량 간에는 뚜렷한 경향이 없었다. 따라서 보리환원시기는 출수기부터 출수후 20일까지 가능하고, 환원량은 1.5~2.5톤/10a 간에 큰 차이는 없었음.
- 쌀품위 및 미질은 표준시비구에 비해 전반적으로 좋은 경향이었으며, 처리 간에 완전립비율은 보리환원시기가 빠를수록, 환원량이 적을수록 좋았고, 식미치는 환원시기가 늦을수록, 환원량이 적을수록 좋았음.
- 벼 생육 중 메탄발생량은 보리환원량이 많을수록 높게 나타났으며 이앙 후 꾸준히 증가하여 8월27일을 기점으로 낮아졌음.

## 제 7절 녹비보리 투입 시 중부지역 후작물의 병·해충 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구

### 1. 서설

2000년대 이후 다수성 위주에서 친환경 고품질 안전 재배로 패러다임이 변화하는 과정에 있다. 여기에다가 안전한 웰빙 농산물 생산이 중요한 화두로 떠올랐다. 이러한 사회현상으로 인해 동계 녹비작물을 이용한 친환경 벼 재배 및 쌀 품질 고급화와 동시에 안전 농산물 생산에 대한 관심이 고조되어 논에서 녹비재배가 시도되고 있다.

녹비작물은 크게 질소질 비료를 주로 공급하는 두과 녹비작물과 토양물리성을 개선하는데 더 크게 효과가 있는 화본과 녹비작물이 있다. 두과녹비작물의 경우는 남부에서 자운영 중심으로 연구와 동시에 급격히 재배가 늘어나고 있다. 그런데 자운영은 재배한계가 대전 이남이어서 남부지역에 국한되고 있다. 중북부지방에 적합한 두과녹비작물로 헤어리베치가 있는데, 현재 연구가 활발히 진행되고 있고 점차 농가 보급이 확대되고 있다.

화본과 녹비의 경우는 사료 겸용으로 이용되는 호밀 중심으로 전국적으로 재배되고 있다. 호밀은 녹비로도 이용되고 사료용으로도 이용되면서 월동력이 높아 중북부지방까지 많이 재배되고 있다.

그런데 호밀의 경우 종자의 전량을 외국에서 수입해야 하는 실정에 있고, 국내로 수입되어 들어오면서 종자발아등 문제가 많이 도출되어 다른 대체 작목이 필요한 상황에 있다. 따라서 호밀과 녹비효과가 비슷하고 국내종자 수급이 용이한 보리에 눈을 돌리게 된 것이다.

이에 본 연구는 호밀을 대체할 수 있는 보리를 녹비작물로서의 이용성을 검토하기 위해 2007년부터 2008년까지 2년에 걸쳐 시험을 수행하고 그 결과를 여기에 보고한다.

### 2. 재료 및 방법

본 시험은 보리의 호밀 대체 및 녹비효과를 실증하기 위해 작물과학원 답작 포장에서 시험을 수행하였다. 시험포장은 신흥통, 식양질로서 2004~2006년 3년간 밭상태에서 녹비선발시험을 수행했었다.

1년차 시험에서 녹비용 보리는 영양보리 18kg/10a를 파종하였으며, 비교로 호밀 18kg/10a과 헤어리베치 9kg/10a를 파종하였고, 대조로 벼 관행재배구를 두었다. 동계녹비 파종은 2006년 9월 26일 세조파하였고 무비 재배하였다. 녹비 투입은 호밀의 경우 4월 17일 하였고 보리와 헤어리베치는 보리 출수후 7일경인 5월 1일 하였고, 벼 이앙은 25일 중묘로 6월 7일 하였고, 벼 재배 시 시비량은 관행시비 N-P2O5-K2O=9-4.5-5.7 와 보리 호밀의 경우는 N-P2O5-K2O=1.8-0.9-0 로 하였다.

2년차 시험은 각 녹비작물 파종량은 1년차와 같이 하였고, 파종은 부분경운직파기로 2007년 10월 9일 하였다. 1년차와 달리 2년차에는 보리18kg/10a에 헤어리베치 2kg/10a 혼파하는 처리를 두어 혼파효과를 보았다. 녹비 투입 시기는 호밀 5월 7일에 보리와 헤어리베치는 5월 14일에 하였다. 벼 이앙은 6월 2일 25일 묘를 이용하였고, 벼 재배 시 시비량은 관행시비 N-P2O5-K2O=9-4.5-5.7 와 보리 호밀의 경우는 N-P2O5-K2O=6.3-3.2-0 로 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 녹비보리 생산량

시험에 사용한 논포장의 시험전 토양비옥도 정도를 표 1을 통해서 보면 유기물함량이 3.7%~4.3%이다. 논토양의 비옥도 현황에서 '07년 현재 유기물함량이 2.4%인 것에 비하면 아주 높은 편이다. 시험포장은 본래 논 포장으로 신흥통, 식양질로서 2004~2006년 3년간 밭 상태에서 녹비선발시험을 수행한 이력이 있어서 유기물함량이 많이 축적된 것으로 판단된다.

표 1. 시험전 논토양의 화학성

년.월.일	녹비량	pH (1:5)	OM g/kg	Av. P2O5 mg/kg	K	Ca	Mg	Na
					cmol+ /kg			
2007.5.1	보리	5.6	43.1	73.4	0.28	5.54	1.59	0.18
	호밀	5.5	40.6	72.4	0.26	5.29	1.77	0.18
	헤어리베치	5.4	37.2	89.2	0.32	5.43	1.80	0.17
	관행시비	5.3	42.4	70.9	0.45	4.95	1.73	0.18
2008.5.7	보리	5.2	41.6	73.3	0.41	4.84	0.65	0.24
	호밀	5.1	38.4	71.3	0.25	4.69	0.63	0.28
	헤어리베치	5.3	39.9	70.4	0.54	5.01	0.60	0.23
	관행시비	5.4	41.3	101.5	0.37	5.27	1.05	0.39

따라서 첫해는 많은 녹비 생체량을 확보 할 수 있었다. 표 2에서 보면 2007년의 경우 보리와 호밀은 3.0ton/10a 정도 녹비량이 확보되었다. 그러나 2008년에는 답리작으로 녹비가 심겨지면서 녹비량 확보가 1.6~1.9ton/10a 에 그쳤다. 2007년에서 벼 재배 시 보리와 호밀의 경우 질소비료 기준으로 20%를 사용하였고, 2008년에는 70%를 사용하였다. 답리작으로 녹비보리가 재배 될 경우 충분한 녹비량을 확보하기 위해서는 적절한 비료가 사용되어야 할 것으로 판단되었다.

표 2. 동계 녹비작물 토양투입 시 생육량 및 화학비료 시비량

년도	녹비종류	출수기	간장 및 초고	생체중	조사일	시비량%
2007	보리	4.24	78	3010	4.27	20%
	호밀	4.18	111	2900	4.17	20%
	헤어리베치		40	2250	4.27	무비
2008	보리	4.30	71	1900	5.13	70%
	보리+	4.30	-	1210	5.13	무비
	헤어리베치	-	-	700	5.13	
	호밀	4.23	135	1600	5.7	70%
	헤어리베치	-	69	2100	5.13	무비

표 3에서 보리의 질소함량이 2007년에는 7.2kg/10a가 확보되었고 C/N율이 30%정도로 낮아서 20%만 사용하였으나, 2008년에는 녹비보리 환원시 C/N율이 48.8% 너무 높고, 농가가 쓰기 편하게 하기 위해 1.5~2.0ton/10a의 녹비가 확보될 경우 30%정도 감비가 가능할 것으로 판단하여 벼 재배 시 질소 기준으로 70%를 살포하였다.

헤어리베치의 경우는 비료를 시비하지 않아도 충분한 비료량이 확보되었고 C/N율도 아주 낮아 무비 재배 하였다. 2008년 보리와 헤어리베치를 혼파한 구에서도 총질소함량은 다소 낮으나 헤어리베치의 효과와 시험 논토양의 유기물함량을 고려하여 무비 재배하였다.

표 3. 녹비 투입량, C/N율 및 질소함량

년 도	녹비종류	생체중 (kg)	건물중 (kg)	C/N율	질소함량 (%)	질소함량 (kg)
2007	보리	3010	451	30.5	1.6	7.2
	호밀	2900	410	40.9	1.5	6.2
	헤어리베치	2250	269	13.8	3.4	9.1
2008	보리	1900	488	48.8	1.3	6.3
	보리+	1210	311	-	1.3	4.0
	헤어리베치	700	128	-	2.8	3.6
	호밀	1600	461	61.1	0.9	4.1
	헤어리베치	2100	384	14.3	2.8	10.8

나. 녹비보리 환원전후 상황 및 잡초발생

동계녹비를 재배하면 5월경에 생장이 급격히 이루어지고 개화도 되어 많은 곤충들이 유입되는 것을 볼 수 있다. 2007년 녹비보리를 시험한 인근포장에는 보리, 호밀, 베치, 유채 등의 녹비가 함께 있었는데, 총 7종의 곤충들이 유입되었다. 꽃을 따라 꿀벌이 날라들었고, 개미뿔다리리허리노린재를 제외한 5종은 무당벌레 2종, 벌류 2종, 노린재 1종인데 천적의 역할을 하는 종들로 판단되었다.

표 4. 동계 녹비작물 출수·개화기에 유입되는 곤충들

(2007.4.25~5.20)

녹비종류	꿀벌	무당벌레2종	노린재류2종	벌류2종	총7종
보리, 호밀, 헤어리베치, 유채, 클로버					녹비작물에 가해 흔적을 찾지 못하 였음
					

녹비를 토양에 환원하고 이앙하기전 약 3주간은 잡초가 많이 발생한다. 이들 잡초발생양상을 보면 표 5와 같다. 녹비재배를 하면 관행재배에서 많이 보이는 월년생 잡초인 독새풀의 발생이 거의 없다. 베치의 경우는 여뀌바늘

과 자귀풀이 발생하였다. 보리와 호밀에서는 관행재배에 비해 강피의 발생이 적은 경향이였다. 이양전 잡초발생은 이양이라는 잡초방제 방법이 있기 때문에 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

표 5. 녹비작물 토양투입 및 경운정지후 잡초 발생

( 분 / m<sup>2</sup> ,

2007)

녹비종류	물피	강피	황새냉이	여뀌	독새풀	여뀌바늘	자귀풀	올챙이 고랭이
보 리	100	6	145	334	-	-	-	132
호 밀	13	-	232	19	-	-	-	585
헤어리베치	38	485	89	51	-	258	6	779
관 행	132	89	283	383	353	-	-	175

\* 5월 7일 물대고 경운정지, 5월 29일 22일후 잡초조사

이양후 잡초발생을 표 6에서 보면 관행시비에서 제일 발생이 적은 것으로 나타났다. 녹비를 재배 하면 초종이 다양화될 가능성이 있음을 생각할 수 있다.

표 6. 녹비 투입별 벼 이양후 잡초발생

( 분/m<sup>2</sup>,

2007)

녹비종류	물피	강피	물달 개비	여뀌	여뀌바늘	자귀풀	일년생 총발생수	올챙이 고랭이
보 리	25	32	107	25	-	6	195	435
호 밀	13	6	107	-	-	-	126	416
헤어리베치	-	158	95	-	38	6	297	1084
관행시비	-	38	25	-	-	6	69	113

\*이양기 6월 7일, 11DAT 잡초발생 조사, 15DAT 제초제 처리

제초제를 처리한 후 잡초발생을 보면 보리에서 완전 방제가 되지 않는 잡초가 가장 많았다. 물론 제초제에 따라 다를 수 있지만, 녹비보리를 연용할 경우에 잡초발생의 패턴이 달라질 수 있음을 대비하고 있어야 할 것이다.

표 7. 동계 녹비 투입별 제초제 처리후 잡초발생 (본/10m<sup>2</sup>, 2008)

녹비종류	피	여뀌	여뀌 바늘	한련 초	가막 살이	물달 개비	자귀풀	올챙이 고랭이	올방개
보 리	0.7	3.0	0.7	3.3	2.7	7.3	4	23.3	-
호 밀	-	-	-	-	2.7	0.7	0.7	3.3	-
헤어리베치	-	-	-	-	0.7	0.7	1.3	0.7	0.7
관행시비	-	-	-	-	-	2.7	1.3	4.7	1.3

\*이앙기 6월 2일, 15DAT 제초제 처리, 39DAT 잡초발생 조사

다. 벼 생육 상황

녹비를 환원한 포장에서 이앙시간은 관행재배에 비해 시간이 단축된다. 시험포장이 식양질인 것을 감안하면 식물 생체가 투입되면서 물리성이 좋아져서 이앙이 쉽게 된 것으로 생각할 수 있다. 이앙후 초기에 일일 감수심이 관행에 비해 많았는데, 이 또한 식물생체가 투입되면서 물 투수력이 높아진 것으로 판단된다.

표 8. 녹비처리포장에서의 이앙시간 및 이앙후 감수심 (2007)

녹비종류	이앙시간 (50m, 분:초)	1일 감수심		
		6월8일,1DAT	6월19일,12DAT	6월23일,16DAT
보 리	2:01	2.4cm	1.3cm	1.5cm
호 밀	2:00	2.4cm	1.3cm	1.3cm
헤어리베치	-	2.6cm	2.6cm*	1.4cm
관행 시비	2:23	1.7cm	1.0cm	1.0cm

\*이앙기 6월 7일, 베치구는 11DAT 제초제 처리전 잡초발생이 많았음

녹비를 환원한 논포장에서 벼 초기 생육은 관행에 비해 전반적으로 불량하였다. 그림 1은 녹비종류별 초장 변화양상을 표현한 것인데, 관행이 전반적으로 양호하였고, 호밀에서 초장이 가장 작았다.

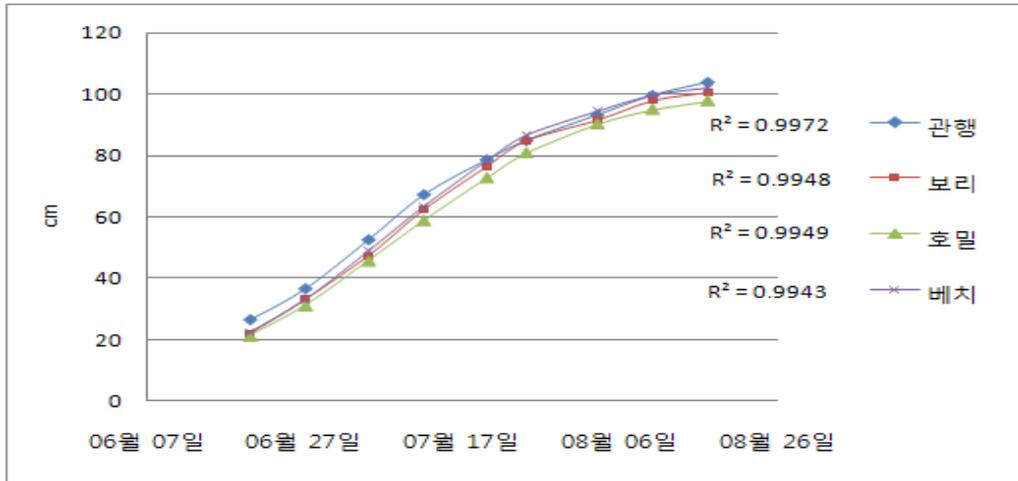


그림 1. 녹비종류별 벼 초장 변화 양상(2007)

그림 2는 분얼수인데 이 또한 초장과 비슷한 변화를 보이고 있다. 생육 전 시기에서 관행이 가장 많았고 호밀구에서 가장 적었다. 보리와 헤어리베치구는 거의 비슷한 양상을 보이고 있었다.

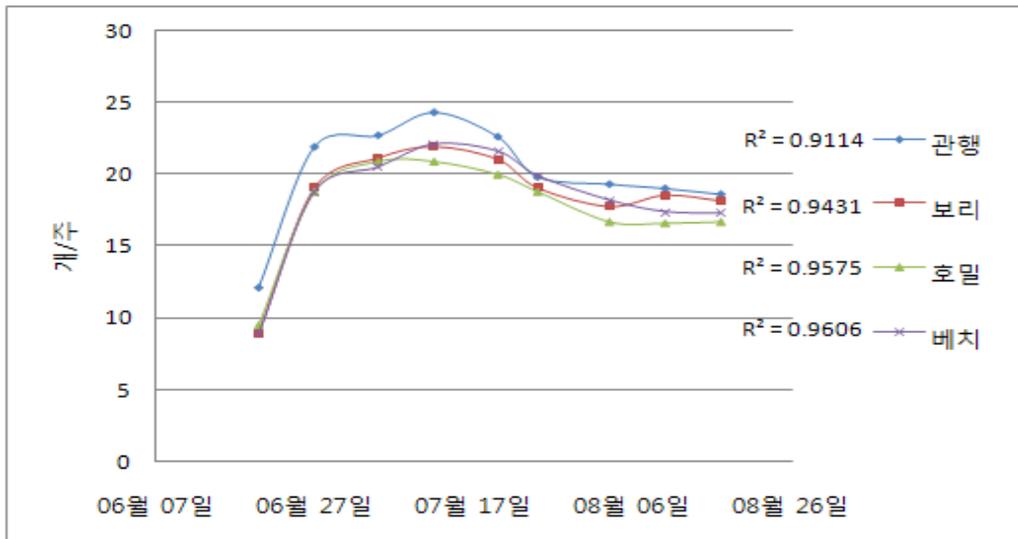


그림 2. 녹비종류별 벼 분얼수 변화 양상(2007)

2008년에는 보리나 호밀의 경우에는 2007년과 비슷한 경향을 보이나 헤

어리베치구에서는 6월 24일 조사시에는 비슷하였고 7월 17일 조사에서는 초장이 관행에 비해 더 컸으며 경수는 더 많은 경향이였다. 국립식량과학원에서 보고한 바에 의하면 헤어리베치 중심의 녹비를 3년 연용한 포장에서는 초장도 커지고 분얼수 확보도 유리하여 쌀 수량이 높아졌다는 보고와 일치하는 경향이였다.

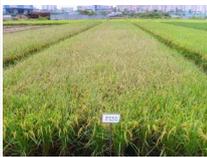
표 9. 녹비종류별 초장 및 경수변화 (2008)

녹비종류	6월 24일		7월 17일	
	초장(cm)	경수(개/m <sup>2</sup> )	초장(cm)	경수(개/m <sup>2</sup> )
보 리	33.3	16.3	74.7	22.5
보리+헤어리베치	29.5	14.0	73.5	24.9
호 밀	32.3	14.0	68.7	19.1
헤어리베치	33.0	16.3	77.6	26.8
관행시비	33.5	16.5	73.5	23.2

라. 병해충 발생 상황

병해충 발생은 시험을 수행한 2년 동안 흑명나방 발생이외는 큰 피해를 주지 않았다. 2007년도 흑명나방의 경우는 대발생되어 전포장이 흑명나방 피해를 심각하게 입어 수량에 크게 영향을 주는 상황에 이르렀다. 전해에 밭으로 운환되었던 포장이었으며 유기물함량도 아주 높아 전포장 큰 피해를 입은 것으로 생각되었다. 녹비보리와 헤어리베치를 환원한 포장은 관행시비구에 비해 피해율이 높았으나 호밀구는 피해정도가 아주 적었다.

표 10. 흑명나방 피해엽율 및 피해정도 (2007)

구분	녹비보리	호밀녹비	헤어리베치녹비	관행시비
피해엽율	86%	23%	93%	82%
사진				

\* 피해엽율 조사는 8월 30일, 사진은 9월 15일 촬영하였음

2008년도에는 피해가 심하지 않아 피해엽율을 조사하지 않았으나, 경향은 2007년과 비슷하여 호밀구에서 피해는 거의 없으며, 관행시비구보다는 보리

나 헤어리베치구에서 피해가 조금 더한 경향을 보였다.

표 11. 흑명나방 피해정도 (2008)

구분	녹비보리	호밀녹비	헤어리베치녹비	관행시비
사진				

\* 사진은 9월 26일 촬영하였음

마. 벼 수량 및 수량구성요소

표 12. 수량 및 수량구성요소 (2007)

녹비종류	출수기 (월.일)	이삭수 (개/주)	영화수 (개/수)	등숙율 (%)	천립중 (g)	쌀 수량 (kg/10a)
보리	8.18	18.2	60	52.1	17.6	313
호밀	8.17	16.7	60	77.5	18.6	400
헤어리베치	8.18	17.3	65	54.6	17.5	303
관행시비	8.18	18.6	61	59.3	17.4	318

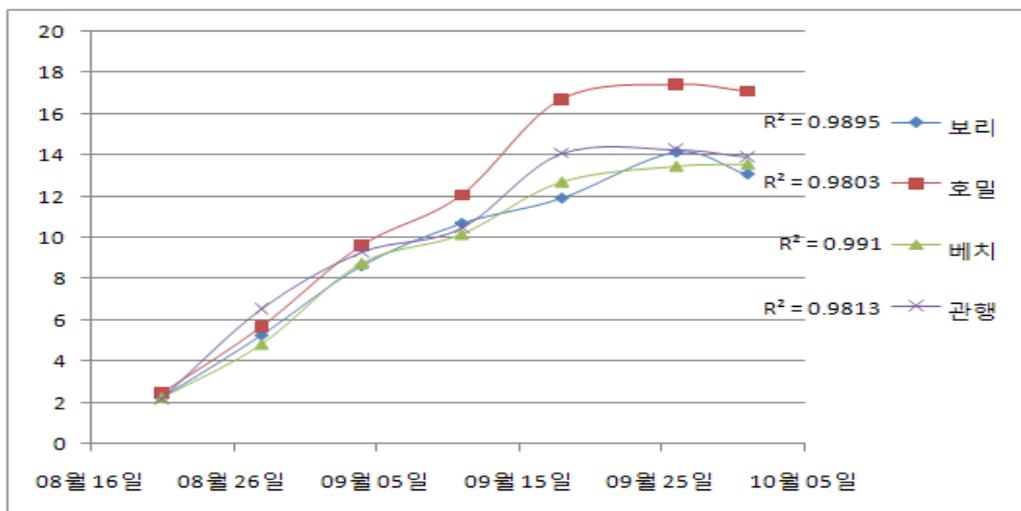


그림 3. 녹비종류별 벼 등숙 양상(2007)

표 13. 녹비 시용별 벼 출수기, 수량 및 수량구성요소 (2008)

녹비작물	출수기 (월.일)	간장 (cm)	이삭수 (개/주)	영화수 (개/수)	등숙율 (%)	천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	도복 정도 (0-9)
보리	8.15	78.5	18.3	76	88.0	21.3	518a	0
보리+헤어 리베치	8.15	78.0	17.7	76	88.8	21.3	508ab	0
호밀	8.15	75.4	15.1	77	83.4	22.2	498b	0
헤어리베치	8.15	78.4	19.7	84	88.5	21.3	493b	5
관행시비	8.15	76.3	17.3	87	83.4	22.1	522a	0

\* a, b는 DMRT0.05

도복은 9월 26일 이후 수확직전에 되어 큰 피해를 주지 않았음



그림 4. 헤어리베치 연속 환원 논 토층 10~15cm 깊이에서 형성되는 모래층

표 14. 헤어리베치 연용포장에서 벼 재배시 보리 혼파로 도복경감 효과

도복정도 (0-9)	0 <sup>ㄱ</sup>	0 <sup>ㄴ</sup>	0	6	5 <sup>ㄴ</sup>	3	5	7
베치생체량 ㄱ	-	700	1589	2310	2100	1500	2000	2500
보리생체량	1900	1210	745	380	-	-	-	-
총생체량	1900	1910	2334	2690	2100	1500	2000	2500
총N함량	6.4	7.6	10.6	13.1	10.8	9.7	11.3	-
베치N함량	-	3.6	8.1	11.9	10.8	9.7	11.3	-
시험년도	2008	2008	2008	2007	2008	2001	2001	2001
시험품종	풍미	풍미	풍미	풍미	풍미	화성	화성	화성

ㄱ 녹비생체량 및 N 함량은 kg/10a 임

ㄴ 농림과제(녹비보리 투입 시 후작물 병해충잡초 발생양상 및 현장 실증 연구) 2008년 결과 자료임

바. 경영분석

표 15. 벼 재배 시 비료비 및 녹비투입별 녹비생산비

관행시비		녹비보리			녹비보리+헤어리베치	
구분	비용(원)	구분	20%시비	70%시비	구분	비용(원)
비료비	35,023	종묘비	22,262	22,262	종묘비	22,262
-	-	농구비	28,190	28,190	농구비	28,190
-	-	비료비(벼)	7,005	24,516	-	-
계	35,023	-	57,457	74,968	-	50,452

\* 경영분석은 통계청 벼 및 겉보리 생산비(2007) 기준임

표 16. 벼 재배시 녹비투입별 답리작 보리 생육 (2008.11.19)

구 분	보리 (1.9ton/10a)	보리+헤어리베치 (1.2+0.7ton/10a)
초장(cm)	9.2	10.2
엽수(개)	1.6	2.1
엽색도(SPAD)	20.1	27.2
사진		

\* 보리 파종기 : 2008년 10월 15일

#### 4. 종합결과

- 2007년 호밀의 출수기는 4월 18일로 이 때의 생체량은 4,641kg/10a로 너무 과변무하여 2,900kg/10a로 조절하여 투입하였다. 보리는 출수기가 4월 24일로 출수후 3일 생체량 조사에 의하면 3,010kg/10a으로 호밀 투입량과 비슷하여 그대로 전량 투입하였으며, 베치의 경우 4월 27일 생육량이 2,250kg/10a으로 그대로 전량 투입하였다.
- 2008년 곡우호밀의 출수기는 4월 23일이었으며 5월 7일 투입전 생체량은 1,600kg/10a이었고, 영양보리는 출수기가 4월 30일로 5월 13일 투입전 생체량은 1,910/10a로 곡우호밀보다 다소 높았으며, 헤어리베치는 5월 13일 투입전 생체량이 2,100kg/10a이었다.
- 보리와 호밀의 경우 2007년은 생체량이 많았던 이유는 2004~2006년 밭으로 전환한 곳에서 파종하였고, 2008년에는 답리작으로 보리나 호밀을 파종하였기 때문에 생체량이 충분치 못한 것으로 판단되었다. 그래서 답리작에서 보리나 호밀을 파종할 경우에는 기비를 시용하여야 할 것으로 생각되었고, 녹비보리의 경우 벼 재배 시 30%정도 감비효과가 있을 것으로 판단하였다.
- 2007년의 경우 무당벌레 및 알락수염노린재 등 7종의 곤충이 녹비작물

- 출수개화기에 모여들었으며, 작물에 가해흔적을 찾지 못하였다.
- 2007년 녹비투입후 관행시비의 경우 6종의 잡초가 발생하였고, 호밀 및 보리를 투입한 구에서 각각 4~5종, 벼치를 투입한 구에서 7종이 발생하였다. 녹비를 투입하면 관행에서 발생한 독새풀 발생이 없었고, 벼치를 투입하면 여뀌바늘, 자귀풀등이 발생하고 특히 강피의 발생이 많아 총잡초발생에서 가장 많았다. 이양후에는 벼치구와 관행시비구에서 올챙이고랭이-강피-물달개비 군락으로 비슷하였으며, 발생량은 벼치구에서 많았다. 보리와 호밀녹비구에서는 올챙이고랭이-물달개비-물피 군락으로 벼치와 관행시비구와는 다소 다른 양상을 보였으며, 발생량은 헤어리베치구보다 적었으나 관행시비구보다 많았다.
  - 2008년 녹비투입 후 제초제 처리후 잡초발생수를 조사한 결과, 곡우호밀 투입구에서는 4종, 영양보리 투입구에서는 8종의 잡초가 발생하였다. 특히 영양 보리 투입구에서 잡초발생이 다양해지는 경향이었고 헤어리베치 투입구에서는 잡초발생이 약간 적어지는 경향이였다.
  - 녹비를 투입하게 되면 관행시비에서와는 달리 잡초발생양상이 아주 미미하지만 달라지고 특히 이양후 다소 많아지는 경향을 보였다. 아직은 잡초방제가에 영향을 미칠 정도는 아니지만 계속 녹비가 연용이 될 경우 잡초발생양상이 달라질 수 있음을 염두에 두어야 할 것으로 생각되었다.
  - 본시험을 실시한 식양질 토양의 경우 화분과 녹비를 투입한 구에서 이양시간이 단축되고, 일일감수심이 관행시비에 비해 높은 경향으로 관개수 투입량이 많아질 것으로 판단되었다.
  - 2007년 녹비를 투입하면 관행 화학비료 시비에 비해 초장이나 분얼수에서 생육이 저조한 경향이였다.
  - 2008년에는 초장 및 분얼수에서 녹비처리간에 차이가 있었다. 녹비보리구는 관행시비의 경우와 큰 차이를 보이지 않았으나 호밀투입구에서는 경수가 적었고, 헤어리베치구에서는 오히려 분얼수가 증가하는 경향이였다. 보리 단독 녹비보다는 헤어리베치와 혼파를 하는 것이 이삭수확보에 유리할 것으로 생각되었다.
  - 2007년에 보리나 헤어리베치 녹비 및 관행 화학비료 시비에서 흑명나방 발생이 심하였으나, 호밀녹비의 경우 오히려 흑명나방 피해가 현저히 경감되는 경향이였다. 이는 호밀의 높은 질소부동화 특성 때문인 것으로 판단되었다.

- 2007년 출수기는 호밀녹비에서 1일정도 늦게 출수하였고 이삭수에서도 가장 낮은 경향이었다. 그러나 쌀수량에서 호밀이 400kg/10a으로 가장 높게 나왔다. 이는 흑명나방 발생으로 인해 등숙기 천립증증가 및 등숙율에 큰 영향을 미쳤기 때문이었다.
- 녹비지속재배시 흑명나방 피해가 우려된다. 흑명나방 피해를 줄일 수 있는 방법을 구명할 필요성을 느꼈다.
- 출수후 일수별 등숙양상을 보면 출수후 40일경에 최대 건물량이 되었다.
- 2008년 수량에서 녹비보리구는 관행시비의 경우와 큰 차이를 보이지 않았으나, 경수 확보가 불리하였던 호밀투입구와 경수확보가 유리하나 수확기 도복이 되었던 헤어리베치구에서 떨어지는 경향이었다. 천립중의 경우 관행이나 호밀투입구에 비해 보리나 헤어리베치 투입구에서 떨어지는 경향이었다.
- 2008년 보리+헤어리베치 혼파한 구에서는 비료를 추가하여 시비하지 않았음에도 보리단독 투입구와 비교하여 수량에서 차이가 없었으며, 벼 수확 후 답리작으로 보리재배 시 생육이 양호한 경향이었다.

## 제 8절 녹비보리 투입시 충청지역 후작물의 병·해충, 잡초발생 및 현장 실 증 연구

### 1. 서설

우리나라의 동계작물 재배면적은 경지면적 대비 25% 수준으로 겨울철 농지 이용률이 낮고, 농경지내 유기물 함량도 평균 2.2%로서 권장 유기물 함량인 3.0%에 비하여 낮은 편이다. 이에 정부에서는 겨울철 유휴 농경지에 녹비작물을 재배하여 토양유기물 함량 증대를 통한 지력 증진, 유기물 투입으로 화학비료 사용량 감축, 토양피복에 의한 표토 유실 억제와 농업경관을 개선코자 하는 푸른들가꾸기 사업을 추진하고 있다.

푸른들가꾸기 사업은 겨울철 유휴농지를 활용하여 녹비작물 재배를 확대하기 위하여 친환경농업 관련 사업과 연계하여 지역특화사업 및 지자체 자치사업의 일환으로 추진하고 있다. 재배면적은 ('02)45천ha ⇒ ('04)66 ⇒ ('07)134로서 2007년은 2002년 대비 3배 증가하였고, 이중 호밀 재배면적은 ('02)22천ha ⇒ ('04)23 ⇒ ('07)43로서 2002년 대비 1.9배 증가하였다. 충남에서는 2007년에 3,150ha에 필요한 종자로 자운영 25.6, 호밀 309.9, 헤어리베치 5.9톤의 종자를 공급한 바 있다. 그런데 중부지역은 자운영의 재배면적 확대에 어려움이 있어 호밀종자를 공급하고 있는 실정이나 호밀은 국내 채종이 어려워 안정적인 우량종자 확보에 어려움이 있고, 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 또한 호밀의 종자 수입량 8,468천 톤 중 푸른들가꾸기 사업으로 수입되는 종자가 68%를 차지하고 있는 실정이다.

따라서 본 시험은 수입 녹비작물 종자의 57%(6,977톤)을 차지하는 호밀을 국산 보리로 대체하여 녹비작물로 재배 가능성을 검증코자 호밀, 두과작물과 비교하여 실증 재배코자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

보리, 호밀 등 화본과 작물과 자운영, 헤어리베치 등 두과작물을 시험재료로 하여 이들 작물의 녹비 생산량과 녹비 환원 후 벼 실증재배 시 발생하는 병해충, 잡초, 벼의 생육 및 수량성을 비교하고자 충남농업기술원(예산군 소재) 시험포장에서 2006 ~ 2008 3개년 동안 수행하였다.

시험작물 및 품종은 보리(영양보리), 호밀(곡우호밀), 두과작물(헤어리베치, 자운영), 벼(고품벼, 운광벼) 등 이었다. 녹비작물에 대한 처리내용은 ① 보리 녹비 환원 + 벼, ② 호밀 녹비 환원 + 벼, ③ 헤어리베치 녹비 환원 + 벼, ④ 자운영 녹비 환원 + 벼, ⑤ 벼 단작(관행)등 5처리를 두었다. 녹비작물의 환원시기는 보리는 출수 후 10일(5월 5일 ~ 10일경), 호밀은 출수기, 헤어리베치는 생체량 2톤/10a 되는 시기, 자운영은 5월 15일 경이었고, 트랙터 로터리작업에 의하여 토양 중에 매몰하였다.

#### 가. 녹비작물의 재배법

보리, 호밀, 자운영, 헤어리베치의 파종기는 2006년 10월 10일, 2007년 10월 24일이었고, 2007년은 잦은 강우로 논 포장이 과습하여 파종시기가 지연되었다. 시비량은 보리 표준시비량에 준하여 일관 시비하였는데 기비를 50%만 사용하였고, 월동 후 질소(N) 추비는 생략하였다. 파종량은 보리와 호밀 17kg/10a, 헤어리베치 9kg/10a, 자운영 5kg으로 하였고, 파종방법은 휴폭 150cm, 파폭 120cm인 휴립광산파로 하였으며, 시험구배치는 단구제(300m<sup>2</sup>)으로 하였다.

각 작물별 녹비환원 시기에 초장 등 지상부 생육과 생체수량, 건물율, 건물수량을 조사하였는데, 조사면적은 7.5m<sup>2</sup>(1.5 × 5.0m)이었다. 녹비작물 식물체의 토양중 부숙화율은 생체 약 250g를 토양중에 매몰하고 난 후 벼 이앙전에 꺼내어 세척한 후 건조하여 매몰 전 건물중에 비하여 매몰 후 건물중의 감소율로 계산하였다. 그리고 건물율 조사시료를 이용하여 질소(N), 인산(P2O5), 칼리(K2O)등 비료성분을 분석하였다.

#### 나. 벼

녹비작물 환원 후 벼를 실증재배 하였다. 시험품종은 2007년 고품벼, 2008년 운광벼로 하였고, 이들 품종이 변경된 이유는 실제 농가에서 선호하는 조생종 품종의 변화에 따랐기 때문이다. 이앙은 5월 29일에 묘령 25 ~ 30일묘(중묘)로 하였다. 시비량은 관행 시비량 N - P2O5 - K2O : 9.0 - 4.5 - 5.7kg/10a를 기준으로 하여 2007년은 50%, 2008년은 70%에 준하여 시비하였다. 여기서 칼리질 비료는 사용하지 않았는데 이는 녹비작물의 성분 분석 결과 충분히 생산되기 때문이었고, 2007년에 비하여 2008년에 시비량을 증가시킨 것은 다른 과제의 시험결과 적정 감소비율로 밝혀졌기 때문이었다.

벼 육묘는 관행에 따라 하였고, 살균·살충제 살포는 병충해 조사 후 처리하였으며, 제초제는 잡초 초종별 출현 개체수 조사 후 처리하였다. 물 관리는 중간낙수(출수전 35일 전후 4 ~ 7일간, 중간낙수 후 출수 전 10일, 수잉기 직전까지 간단관개)와 낙수(출수 후 30 ~ 35일) 하였다.

주요 조사내용은 벼 초기 및 성숙기 생육, 수량구성요소, 미질, 병해충, 잡초발생 양상 등이었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 시험전·후 토양분석

시험포장의 시험전과 시험후 토양분석 결과는 표 1과 2와 같다. 시험전 토양분석 결과 유기물 함량은 1.0%로서 토양비옥도가 낮은 포장이었는데 이는 충남농업기술원이 2003년도에 대전 유성에서 충남 예산으로 이전된 관계로 숙전화가 다소 미흡한 포장이었기 때문이었다.

표 1. 시험포장의 토양분석(시험 전)

유기물 (g/kg)	pH (1 : 5)	EC (ds/m)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol <sup>+</sup> /kg)			
				Ca	K	Mg	Na
10	7.3	0.26	36	2.1	0.12	0.9	0.31

표 2. 시험포장의 토양분석(시험 후)

구 분	유기물 (g/kg)	pH (1 : 5)	EC (ds/m)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol <sup>+</sup> /kg)			
					Ca	K	Mg	Na
벼 단 작	9	6.8	0.47	132	3.0	0.23	0.9	0.35
보 리	9	6.9	0.48	91	3.3	0.28	1.1	0.31
호 밀	9	7.2	0.45	118	3.8	0.32	1.0	
헤어리베치	9	7.0	0.55	231	3.3	0.28	1.1	0.36
자 운 영	9	7.0	0.41	115	3.4	0.28	1.1	

나. 녹비작물의 생육, 녹비생산 수량 및 투입시기

화분과 작물인 보리, 호밀과 두과작물인 헤어리베치, 자운영 등 4종의 녹비작물 생육 및 녹비 생산량은 표 3과 같다.

월동율은 보리와 호밀은 95 ~ 97%로서 양호하였으나 헤어리베치 80%, 자운영 44%로서 화분과 녹비작물에 비하여 낮았다. 월동 상태로 보았을 때 충남에서 보리, 호밀, 헤어리베치는 녹비작물로 재배가 가능하였고, 자운영은 보리나 헤어리베치에 비하여 적응성이 낮았다. 보리와 헤어리베치 등은 월동작물로서 한해와 습해가 발생하기 쉬운데, 실제 농가에서는 작업 편의상 평면 산과하여 재배하는 관계로 토양수분 과다시 서릿발과 습해에 의한 고사 개체가 발생하여 월동율이 낮은 것이 특징이다. 그러나 본 시험은 휴립광산과로 재배한 관계로 월동율과 작물생육이 매우 양호한데 본 성적을 농가에서 활용하기 위해서는 평면산과보다 휴립광산과, 즉 맥류 표준재배법에 따라 녹비작물을 재배하여 충분한 생체수량을 확보할 필요가 있었다. 또한 맥류 표준시비량에 비하여 50% 감비 하였을 뿐만 아니라 월동 후 추비를 생략한 관계로 포장내에서도 생육이 불균일하였다.

표 3. 녹비작물의 생육, 녹비생산 수량 및 투입시기 비교

녹비작물	월동율 (%)	출수기 (월. 일)	초장 (cm)	이삭수 (개/m <sup>2</sup> )	녹비투입시기	생체수량 (kg/10a)	건물율 (%)	건물수량 (kg/10a)	부숙도 (%) <sup>♪</sup>
보 리	95	4. 26	90	339	5. 5	2,824 a	22.7	641 a	32.0
호 밀	97	4. 24	118	618	4. 24	2,897 a	20.2	584 a	45.7
헤어리베치	80	5. 10 (개화기)	117	7.1 <sup>♪</sup> (분지수)	5. 13	2,354 b	16.6	391 b	59.6
자 운영	44	4. 27 (개화기)	40	424 (줄기수)	5. 13	1,106 c	14.4	159 c	68.4

C.V. ----- 10.6 ----- 15.0

≠ a ~ c : 5% levels of Duncan's multiple range test.

♪ 헤어리베치 : 분지수/개체

녹비 생산량인 생체수량은 보리는 출수 후 9일로서 5월 5일, 호밀은 출수 기로서 4월 24일, 헤어리베치와 자운영은 5월 13일에 조사하였다. 녹비생산량은 호밀 2.9톤/10a, 보리 2.8톤, 헤어리베치 2.3톤, 자운영 1.1톤이었고, 건물수

량은 보리 > 호밀 > 헤어리베치 > 자운영 순으로 높았다. 따라서 보리, 호밀, 헤어리베치는 녹비생산량이 충분하였고, 자운영은 다소 부족하였다. 보리와 호밀 등 두 화본과 작물만 비교하여 보면 호밀이 보리에 비하여 녹비 투입시기가 빠르고 초장이 길며 생체수량도 높았다. 녹비작물의 토양매몰 기간은 벼 이앙을 5월 29일에 실시하였으므로 보리 24일, 호밀 30일, 헤어리베치와 자운영은 16일이었다. 녹체의 토양중 부숙화율은 시료 250g를 채취하여 눈에 매몰하고 매몰 전 건물중에서 벼 이앙 전 건물중의 감소율로 계산하였는데 자운영 68.4%, 헤어리베치 59.6%, 호밀 45.7%, 보리 32.0%로서 자운영, 헤어리베치가 빨리 부숙되었고, 호밀과 보리는 부숙 정도가 낮았다. 헤어리베치와 자운영은 보리나 호밀에 비하여 건물율이 낮은 관계로 식물체가 부드럽고 빨리 부숙화가 진행되므로 녹비작물로서 적합하였다. 그런데 보리와 호밀은 이들 두과작물에 비하여 녹비생산량은 높았지만 벼 이앙전 부숙화가 늦어 답수시 식물체의 잔존물이 부유하여 벼 이앙작업시 지장을 초래하고, 벼의 이앙초기 활착을 떨어트리는 요인이 되어 농가에서 기피하게 된다. 따라서 보리와 호밀을 녹비작물로 재배하고자 할 때에는 건조한 상태에서 로터리작업 후 경운작업을 추가로 실시하여 깊게 매몰되게 하고, 약 5일 후에 물을 대어 부숙을 촉진시키며, 벼 이앙시기를 관행에 비하여 다소 늦추어 매몰된 식물체가 충분히 부숙되도록 하는 것이 필요하였다. 또한 녹체의 토양중 분해가 진행됨에 따라 산화환원전위가 저하하고 유기산, 유기가스 및 교상물질이 생성되어 벼의 생육에 유해 작용을 초래하므로 환원된 식물체의 분해를 촉진시키기 위하여 석회나 석회+질소 등을 처리하여 부숙을 촉진시킬 필요가 있었다(윤 등, 2004).

#### 다. 녹비작물의 비료 성분분석

각 녹비작물의 녹비 투입시기에 채취한 식물체 시료에서 C/N율, 질소, 인산, 칼리 등 비료성분을 조사한 결과는 표 4와 같다.

표 4. 녹비작물의 비료성분 함량

녹비작물	C/N율 (%)	질소(N) (%)	인산(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	칼리(K <sub>2</sub> O) (%)
보 리	41.6	1.17	0.16	2.11
호 밀	44.9	1.08	0.18	1.75
헤어리베치	12.6	3.74	0.27	3.65
자 운 영	15.0	3.10	0.23	3.82

C/N율은 화분과 작물인 보리와 호밀이 40% 이상이었고, 두과작물인 헤어리베치와 자운영은 15% 이하 이었다. C/N율은 작물 그리고 작물의 생육단계에 따라 다른데 서 등(2000)의 보고에 따르면 4월 23일 헤어리베치 10.4, 호밀 26.8, 5월 9일 헤어리베치 11.3, 호밀 48.7, 5월 28일 헤어리베치 12.2, 호밀 88.7이라고 보고하였는데 본 시험에서는 호밀이 높았고, 헤어리베치는 비슷하였다. 녹체의 비료성분을 보면 대체로 칼리함량이 높고, 다음은 질소함량이 높으며, 인산함량은 절대적으로 부족한 것으로 나타났다. 질소함량은 화분과 작물 1.08 ~ 1.17%, 두과작물 3.10 ~ 3.74%로서 두과작물에서 높았고, 보리가 호밀에 비하여 상대적으로 약간 높았다. 인산함량은 각 작물별로 차이가 적었고, 질소나 칼리함량에 비하여 절대적인 함량이 낮았다. 칼리 함량은 질소함량과 같은 경향으로 두과작물이 화분과 작물에 비하여 높았고, 보리가 호밀에 비하여 높았다. 따라서 헤어리베치와 자운영 등 두과작물이 보리와 호밀 등 화분과 작물에 비하여 C/N율이 낮고, 질소와 칼리함량이 높았다. 보리와 호밀 두 작물만 비교하여 보면 보리가 호밀에 비하여 C/N율이 낮고, 질소와 칼리함량이 높았으며, 벼 이앙당시 호밀이 보리에 비하여 부숙도가 높았지만(표 3) 이들 비료성분의 차이로 인하여 벼의 생육 및 수량성에서 차이를 보였다. 한편 류 등(2001), 김 등(2000), 김 등(1987)은 보릿짚등 유기물을 시용하면 토양 화학성뿐만 아니라 경도, 용적밀도가 낮아지고, 공극률이 증가하여 토양물리성이 개선되었다고 보고하였고, 정 등(2001)에 따르면 연차별 수량변화는 유기물 무시용 10년째부터 수량이 급격히 감소되었으나 벗짚이나 퇴비 장기 연용구에서는 큰 변화가 없었다고 보고하였다. 그러나 권과 강(1999)은 비모수적 방법을 이용하여 토양 유기물 투입량과 산출량을 맘퀴스트 생산성 변화지수를 계측하는 방법으로 분석한 결과 토양유기물에 의해 쌀 생산성은 연평균 1.4%의 증가율을 보인다고 하였다.

라. 녹비작물의 비료 생산량

건물수량과 각 성분함량을 곱하여 계산한 비료생산량은 표 5와 같다.

표 5. 녹비작물의 비료 생산량

녹비작물	질소(N) (kg/10a)	인산(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg/10a)	칼리(K <sub>2</sub> O) (kg/10a)
보 리	7.5 <i>b</i>	1.03 <i>a</i>	13.5 <i>a</i>
호 밀	6.3 <i>bc</i>	1.05 <i>a</i>	10.2 <i>b</i>
헤어리베치	14.6 <i>a</i>	1.06 <i>a</i>	14.3 <i>a</i>
자 운 영	4.9 <i>c</i>	0.37 <i>b</i>	6.1 <i>c</i>

C.V. ----- 5.5 ----- 9.8 ----- 10.0

≠ *a ~ c* : 5% levels of Duncan's multiple range test.

질소생산량은 보리 7.5kg/10a, 호밀 6.3kg/10a, 헤어리베치 14.6kg/10a, 자운영 4.9kg/10a로서 헤어리베치가 다른 녹비작물에 비하여 질소 생산량이 월등히 많았고, 보리가 호밀에 비하여 많았다. 인산은 보리, 호밀, 헤어리베치는 1.03 ~ 1.06kg/10a로서 생산량이 극히 미미하였다. 칼리는 헤어리베치 > 보리 > 호밀 > 자운영 순으로 생산량이 많았다. 이상을 종합하여 보면 왕성한 지상부 생육과 식물체의 비료성분 함량이 높았던 헤어리베치가 보리나 호밀에 비하여 질소와 칼리 생산량이 많았다. 보리와 호밀 두 작물을 비교하여 보면 보리가 호밀에 비하여 비료성분 함량은 높았으므로 질소와 칼리의 비료생산량은 보리가 호밀에 비하여 높았다. 또한 이들 작물을 녹비로 환원한 후 벼를 재배하면 칼리는 충분히 생산되었고, 질소는 부족량을 계산하여 추가로 시용여부를 판단하여야 하며, 인산은 매우 적으므로 다른 인산질 비료를 보충하여 시용할 필요가 있었다. 손 등(2004)의 보고에 따르면 토양 내 암모늄태 질소(NH<sub>4</sub>-N)는 녹비작물 무재배 조건에서는 8월 5일 이후에 급격한 감소를 보이는데 반하여 보리나 자운영의 녹비 환원에서는 완만한 감소를 보이면서 출수기 전후에 질소질비료를 충분히 공급하는 효과가 있었고, 자운영이 보리에 비하여 NH<sub>4</sub>-N 함량이 높고 분해속도가 빨라 녹비효과가 높았다고 보고하였다. 류 등(2001)은 보릿짚 환원이 논토양의 이화학성을 변화시켜 비료성분의 흡수량에 영향을 미치는데 보릿짚 환원시 무처리에 비하여 벼 식물체로의 인산 흡수량이 많았고, 칼리 흡수량은 적었다고 하였다. 김 등(2004)에 따르면 유기성 물질 종류별로 토양 물리성 개선효과는 다른데, 토양 유기

물함량 증가는 부숙된 유기물, 토양입단 증가는 거친 유기물이 유리하였고, 종합적인 토양 물리성 개선효과는 벧짚이 높고 헤어리베치는 낮았다고 보고하였다. 따라서 보리와 호밀의 녹비 투입에서는 헤어리베치등과 비교하여 토양물리성의 개선효과를 기대할 수 있을 것이나 본 시험에서는 조사하지 못하였다.

마. 벼 초기생육

이앙 후 26일에 조사한 벼의 초기생육을 비교하여 보면(표 6) 보리와 호밀은 벼 단작에 비하여 분얼수가 적고 잎의 엽색도가 낮았다. 보리와 호밀 두 작물을 비교하여 보면 부숙화가 상대적으로 낮았던 보리가 호밀에 비하여 분얼수가 약 1.2개/개체가 적었다. 두과작물인 헤어리베치와 자운영은 벼 관행재배에 비하여 분얼수가 0.9 ~ 1.0개/개체가 적을 뿐 생육에 큰 차이가 없었다.

표 6. 녹비작물 환원후 재배한 벼 초기생육

처리내용	이앙후 26일(6월 25일)			이앙후 42일(7월 10일)		
	분얼수 (개/주)	초 장 (cm)	엽록소	분얼수 (개/주)	초 장 (cm)	엽록소
벼 단 작	11.0	30.8	40.6	15.6	62.0	37.7
보리 녹비	9.1	30.2	39.3	14.3	56.9	38.1
호밀 녹비	10.3	29.2	39.3	11.8	53.0	35.3
헤어리베치	10.1	32.1	39.1	17.0	64.5	39.6
자운영 녹비	10.0	31.4	39.8	15.9	61.6	37.6

이앙 후 42일에 조사한 벼 초기 생육을 보면 벼 관행재배에 비하여 보리와 호밀은 초기생육이 저조하였고, 헤어리베치는 왕성하였으며, 자운영은 비슷하였다. 보리와 호밀을 비교하여 보면 보리가 호밀에 비하여 분얼수가 많고, 초장이 길었다. 즉 이앙 후 초기에는 보리가 호밀에 비하여 생육이 저조하였으나 생육이 진전될수록 보리 녹비처리가 호밀에 비하여 생육이 양호하였고 벼 식물체의 엽색도 진하였다. 이는 보리가 호밀에 비하여 녹비 투입시 C/N률이 높아 불리하였지만 그 이후에 상대적으로 빠르게 부숙되어 유리하게 작용

된 것으로 판단되었다. 한편 류 등(2000)은 벼 2모작 재배에서 보릿짚 시용에 의한 질소기아현상은 분얼기에 나타났고, 질소시비량이 많으면 질소기아현상이 관찰되지 않았다고 보고하였다. 이와 관련하여 본 시험에서 보리와 호밀의 녹비 투입에서 헤어리베치나 벼 단작재배에 비하여 전 생육기간 엽색도가 낮은 것으로 관찰되었는데 이는 높은 C/N율에 기인하는 질소기아현상에 의한 것인지 아니면 질소비료 시용량 부족에 의한 것인지 판단하지 못하였다.

#### 바. 논 잡초발생(이앙 후 30일)

벼 이앙 후 30일경에 조사한 잡초발생 상황을 보면(표 7) 보리의 녹비 환원에서는 10초종 20.2개체/m<sup>2</sup>, 호밀 8초종 30.3개체/m<sup>2</sup>, 헤어리베치 9초종 16.9개체/m<sup>2</sup>, 자운영 8초종 32.6개체/m<sup>2</sup> 발생하였다. 따라서 잡초발생 양상은 녹비 환원 후 벼 이앙까지 기간이 길었던 호밀과 녹비생산량이 적었던 자운영에서 발생량이 많았다. 일반적으로 식물이 가지고 있는 Allelopathy에 관한 연구는 대부분 식물체로부터 관련 화합물을 분리 동정하는 연구가 주를 이루고 있으며, 녹비작물에 의한 잡초발생 억제 효과에 대한 보문은 미진한 상태이다. 김 등(1999)은 벼의 allelochemical 생성에 관여하는 요인을 검정한 결과 피의 재식밀도가 높은 포트에서 자란 벼 식물체의 수용추출액은 벼 단독으로 자란 식물체의 추출액보다 높은 억제력을 보였다고 하였는데, 녹비작물인 보리나 헤어리베치가 토양중 부숙되면서 잡초에 대한 allelopathy 물질을 분비하는지에 대한 정밀한 조사가 필요하였다. 이에 관하여 이(2000)는 타감작용에 대한 일본의 연구동향을 소개하고 있는데, 헤어리베치는 뿌리에 21종의 억제성분이 있으며 녹비효과와 더불어 잡초방제 할 수 있다고 보고한 논문, 보리 등 맥류의 Allelopathy 물질인 페놀물질 탐색과 상추의 신장을 억제하는 효과를 보고한 논문 등을 인용한 바 있다. 또한 마 등(1999)은 수확기 보리 및 토양 시료의 추출물에서 5종의 Phenol 화합물이 추출되었으며, 잡초성벼와 피의 발아, 초장 및 건물중이 약 40 ~ 50% 억제되었다고 보고한 바 있다. 김 등(2000)은 콩에서 보릿짚 시용이 보릿짚 제거에 비하여 잡초발생이 44% 억제되었다고 하였는데 본 시험에서 벼 단작재배는 관행에 따라 제초제를 처리하였기에 잡초발생량을 조사하지 않은 아쉬움이 남았다.

표 7. 발생 초종 및 잡초발생량

녹비작물	잡초발생량 조사(이앙 후 30일)		
	발생초종수 (종/m <sup>2</sup> )	잡초발생량 (개체/m <sup>2</sup> )	지 수
보 리	10	20.3 <i>b</i>	62.2
호 밀	8	30.3 <i>a</i>	92.9
헤어리베치	9	16.9 <i>b</i>	51.8
자 운 영	8	32.6 <i>a</i>	100

C.V. ----- 11.97

‡ *a ~ b* : 5% levels of Duncan's multiple range test.

발생초종을 구체적으로 보면(표 8) 보리와 호밀은 피, 물달개비, 올챙이고랭이 등이 80% 이상 점유하였고, 헤어리베치는 피와 올챙이고랭이 발생량이 많았으며, 자운영은 올챙이고랭이가 주로 우점하고 물달개비 발생량도 많았다. 그러나 타감작용(allelopathy)에 의한 잡초발생량이 달라지고, 벼 생육에 차이가 있을 것이라고 판단하기가 어려워 잡초 조사 후 바로 인력으로 제거하였다.

표 8. 녹비작물별 잡초발생량 점유율 비교

녹비작물	점 유 율(%),
보 리	피 29.3 > 물달개비 27.3 > 올챙이고랭이 23.6 > 벼풀 15.6 > 기타 4.2
호 밀	올챙이고랭이 32.2 > 물달개비 26.7 > 피 22.7 > 벼풀 14.9 > 기타 3.5
헤어리베치	피 29.9 > 올챙이고랭이 25.0 > 물달개비 16.4 > 벼풀 13.1 > 기타 15.6
자 운 영	올챙이고랭이 46.7 > 물달개비 21.5 > 피 14.3 > 벼풀 9.2 > 기타 8.3

#### 사. 병해충 발생

병해 발생상황을 보면 헤어리베치 녹비환원에서 깨씨무늬병과 줄무늬잎마름병의 발생이 있었고, 다른 녹비작물 환원에서는 관찰되지 않았다.

표 9. 병해 발생상황(2007. 8. 20)

처리내용	잎도열병	잎집무늬마름병	흰잎마름병	깨씨무늬병	줄무늬잎마름병
	병무늬면적율	병든줄기율	병무늬면적율	병무늬면적율	병든줄기율
벼 단 작	0	0	0	0	0
녹비보리	0	0	0	0	0
녹비호밀	0	0	0	0	0
헤어리베치	0	0	0	0.75	0.86
자 운영	0	0	0	0	0

충해는 흑명나방, 애멸구, 흰등멸구, 벼 멸구등을 포장에서 달관조사 하였다. 흑명나방 발생밀도는 벼 단작에 비하여 녹비작물 재배에서 약 3.0 ~ 5.0 포기/20주 더 많이 관찰되었다. 작물별로는 질소질비료 생산량이 높았던 헤어리베치 녹비 투입에서 가장 많이 관찰되었고, 다음은 자운영, 보리, 호밀 순으로 낮게 관찰되었다. 애멸구 밀도는 벼 단작에 비하여 보리와 헤어리베치의 녹비 환원에서 낮게 관찰되었고, 기타 충해는 차이가 없는 것으로 관찰되었다. 따라서 보리는 호밀에 비하여 흑명나방의 발생이 다소 많았고, 애멸구의 발생이 다소 적었으나 그 차이는 크지 않았다. 한편 이와 마(1997)는 끝동매미충, 흑명나방은 기계이앙답에서, 벼멸구, 애멸구등은 직파재배답에서 발생량이 더 많았고, 흑명나방, 벼멸구, 흰등멸구, 애멸구, 끝동매미충은 재배시기가 늦을수록 발생량이 많았고, 이화명나방은 빠를수록 많았다고 하였는데 녹비작물과 충해 발생량과의 상관관계를 보고한 논문을 찾지 못하였다.

표 10. 충해 발생상황(2007. 8. 20)

처리내용	흑명나방			애멸구 밀도 (마리)		흰등멸구 (마리)		벼멸구 (마리)	
	20주당 밀도 (포기수)	주당피해 엽수(매)	피해엽율 (%)	20주당	주당	20주당	주당	20주당	주당
	벼 단 작	3.0	2.3	0.9	10.0	2.0	0	0	0
녹비보리	6.0	2.7	1.8	6.7	1.7	0	0	0	0
녹비호밀	4.7	2.3	1.3	10.0	3.0	0	0	0	0
헤어리베치	8.0	3.0	2.7	6.0	2.0	1.3	0	0	0
자 운영	6.3	2.0	1.3	10.0	2.7	0	0	0	0

아. 벼 생육특성(2007 ~ 2008, 평균)

출수기는 벼 단작에 비하여 헤어리베치는 2일, 보리 녹비 환원에서 1일 늦었다. 간장과 수장은 벼 단작에 비하여 보리와 호밀의 녹비 환원에서 작았고, 헤어리베치와 자운영의 녹비 환원에서는 비슷하였다. 보리와 호밀을 비교하여 보면 보리 녹비가 호밀 녹비에 비하여 간장 3cm, 수장 0.7cm 길었다. 따라서 화분과 작물의 녹비재배는 두과작물의 녹비재배에 비하여 생육이 다소 부진하였고, 보리와 호밀을 비교하여 보면 보리가 호밀에 비하여 벼의 엽색이 진하고 간장과 수장이 길었다.

표 11. 녹비작물 환원후 재배한 벼 생육특성 비교

처리내용	출수기 (월, 일)	간 장 (cm)	수 장 (cm)	도복 (0 ~ 9)	생육양부
벼 단 작	8. 9	77	20.1	0	양호
녹비보리	8. 10	67	18.3	0	중간
녹비호밀	8. 9	64	17.6	0	부
헤어리베치	8. 11	76	19.2	0	양호
자 운영	8. 9	74	18.3	0	양호

자. 벼 수량 및 수량구성요소

녹비작물을 토양에 환원후 벼를 실증재배한 결과 수량구성요소와 수량은 표 12와 표 13과 같다. 표 12는 2006/2007년에 녹비작물을 재배한 후 2007년에 실증재배한 벼에 대하여 조사한 성적이고, 표 13은 2007/2008년에 녹비작물을 재배한 후 2008년에 벼를 조사한 성적이다. 2007년은 2008년에 비하여 이삭수는 대체로 비슷하였으나 수당립수가 적었고, 등숙비율이 다소 높았으며, 현미천립중이 낮았다. 따라서 현미수량은 2007년은 2008년에 비하여 녹비작물에 따라 약 20.8 ~ 46.4% 수량이 낮았다. 이러한 결과를 분석하여 보면 2007년은 시험재배 방법 협의에 따라 진단시비량의 50%를 사용하였으나 2008년은 2007년의 시험성적에 의하여 70%로 조절 사용하였기 때문에 2008년이 비교적 증수된 것으로 판단되었다. 또한 벼 작황시험 결과(충남, 2007 ~ 2008) 평년에 비하여 2007년은 약 9.7% 감수되었으나, 2008년은 약 3.1% 증수된 데서 알 수 있듯이 연차간 작황 차이도 있었다. 물론 2007년에 처음

으로 녹비작물을 투입한 관계로 생체 유기물을 분해할 수 있는 토양미생물상 등이 형성되지 않았기 때문인 것으로도 생각할 수 있었다.

표 12. 녹비작물에 따른 벼 수량구성요소와 쌀 수량 비교(2007)

처리내용	이삭수 (개/m <sup>2</sup> )	수당립수 (개)	등숙비율 (%)	현미천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량지수 (%)
벼 단 작	347 <i>ab</i>	87 <i>a</i>	93.9 <i>a</i>	22.5 <i>ab</i>	462 <i>ab</i>	100
녹비보리	310 <i>ab</i>	73 <i>ab</i>	94.4 <i>a</i>	22.3 <i>a</i>	325 <i>cd</i>	71
녹비호밀	266 <i>b</i>	57 <i>c</i>	95.1 <i>a</i>	22.5 <i>a</i>	371 <i>d</i>	59
헤어리베치	376 <i>a</i>	76 <i>a</i>	95.9 <i>a</i>	21.6 <i>b</i>	502 <i>a</i>	109
자 운 영	346 <i>ab</i>	62 <i>bc</i>	94.0 <i>a</i>	22.0 <i>ab</i>	394 <i>bc</i>	85

C.V. ----- 9.8 ----- 7.1 ----- 1.97 ----- 0.69 ----- 7.9  
 ≠ *a ~ d* : 5% levels of Duncan's multiple range test.

표 13. 녹비작물에 따른 벼 수량구성요소와 쌀 수량 비교(2008)

처리내용	이삭수 (개/m <sup>2</sup> )	수당립수 (개)	등숙비율 (%)	현미천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량지수 (%)
벼 단 작	351 <i>a</i>	110 <i>a</i>	91.3 <i>b</i>	24.4 <i>a</i>	642 <i>a</i>	100
녹비보리	279 <i>ab</i>	99 <i>a</i>	95.2 <i>a</i>	23.8 <i>a</i>	644 <i>a</i>	100
녹비호밀	218 <i>b</i>	95 <i>a</i>	93.1 <i>ab</i>	23.8 <i>a</i>	506 <i>b</i>	79
헤어리베치	354 <i>a</i>	103 <i>a</i>	89.9 <i>b</i>	23.8 <i>a</i>	669 <i>a</i>	104
자 운 영	317 <i>ab</i>	107 <i>a</i>	92.5 <i>ab</i>	24.4 <i>a</i>	657 <i>a</i>	102

C.V. ----- 14.3 ----- 99.0 --- 1.35 ----- 0.63 ----- 4.5  
 ≠ *a ~ b* : 5% levels of Duncan's multiple range test.

비록 2007년과 2008년에 차이가 있었지만 이를 종합하면 이삭수는 벼 단작 349개/m<sup>2</sup>에 비하여 헤어리베치는 약 4.9% 많았으나 보리와 호밀은 각각 15.5%, 30.4% 감소되었다. 이삭당 립수는 벼 단작에 비하여 4종 녹비작물 모두에서 감소되었는데 그 정도는 호밀의 녹비재배에서 가장 심하였다. 등숙비율은 이삭수와 수당립수와는 반대의 경향을 나타내었는데 보리와 호밀의 녹비재배에서 1.5 ~ 2.2% 증가되었다. 현미 천립중은 헤어리베치에서 감소되었고, 다른 3종의 녹비작물에서는 비슷하였다. 쌀 수량은 벼 단작 552kg/10a

에 비하여 헤어리벤티 녹비재배에서 약 6% 증수되었으나 자운영 녹비 5%, 보리 녹비 12%, 호밀 녹비 30% 감수되었다. 녹비작물 환원 후 벼 재배는 생육이 불균일한 것이 관찰되는데 이것은 쌀 수량에도 영향을 미쳐 반복간 수량변이가 크게 나타나는 것이 특징이다. 따라서 녹비작물 재배시 질소, 인산, 칼리등을 벼 단작에 비하여 약 50 ~ 70% 수준으로 절감하여 시용하면 두과작물의 녹비에 비하여 화분과의 녹비재배에서는 쌀 수량이 다소 떨어지는 것으로 나타났고, 보리와 호밀 두 작물만 비교하여 보면 보리가 호밀에 비하여 약 24.9% 증수되었으나 통계적인 유의성은 없었다. 이를 연차별로 구분하여 보면 2007년은 벼 진단시비량의 50%에 해당하는 양을 화학비료로 시용한 관계로 보리 녹비는 벼 단작에 비하여 약 29% 감수되었으나, 70% 수준으로 상향하여 시용한 2008년은 비슷한 수량성을 나타내었다. 즉 보리 녹비재배는 벼 표준시비량의 약 70% 수준이 적당한 것으로 판단되는데 이와 관련하여 손 등(2004)은 남부지역에서 자운영과 보리를 녹비작물로 재배하고 벼 재배시 화학비료를 30% 절감하여 시용하면 벼의 정조수량은 관행에 비하여 보리는 4.9% 감수되었으나 자운영은 0.6% 증수되었다고 보고한 바와 비슷한 경향이었다. 또한 본 과제의 다른 연구자가 수행한 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법에서 보리 녹비재배시 화학비료 절감효과는 약 30%라고 한 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 보리와 호밀만을 비교하여 보면 화학비료 50% 절감수준에서는 보리 녹비가 호밀녹비에 비하여 현미수량이 약 22.1% 증수되었고, 30% 절감수준에서는 27.2% 증수되었다. 즉 같은 수준의 시비조건에서 비교하여 보면 보리가 호밀에 비하여 벼 생육이 양호하고 증수되는 등 녹비효과가 양호함을 나타낸 것으로 판단되었다. 본 시험은 토양 유기물함량이 다소 낮은 논토양에서 실시하였는데, 토양 유기물함량이 높은 토양에서는 두과작물보다 화분과 작물을 녹비로 재배하는 것이 토양 물리성을 개선하고(류 등, 2001, 김 등, 1987) 질소질비료 과다에 의한 쌀의 품위저하를 낮출 수 있을 것으로 사료되었다. 이에 관련하여 김 등(2002)은 헤어리벤티의 적정 환원량은 15 ~ 20톤/ha이었고, 그 이상에서는 도복이 발생되어 오히려 역효과를 나타낼 수 있다고 지적하였는데, 토양비옥도가 높은 논토양에서 헤어리벤티의 녹비 생산량이 많으면 부의 효과가 나타날 것으로 예측되므로 보리의 녹비재배나 보리와 헤어리벤티의 혼파에 의한 녹비재배 효과를 검증해 볼 필요가 있었다.

차. 쌀 품위

쌀 품위를 보면 완전립 비율은 관행재배 88.6%에 비하여 보리와 호밀 녹비재배에서 1.7 ~ 2.8% 높았고, 질소생산량이 많았던 헤어리베치에서 5.9% 낮았으며, 자운영은 비슷하였다. 또한 질소 생산량이 많았던 헤어리베치에서 단백질 함량이 높고 백도 및 윤기치가 낮았으나, 보리와 호밀 녹비 환원에서는 벼 단작에 비하여 차이가 없는 것으로 판단되었다. 따라서 두과작물인 헤어리베치는 보리등 화본과 작물에 비하여 비료성분 생산량이 많아 생육이 양호하고 쌀 수량이 많았으나 쌀의 품위는 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

표 14. 쌀의 이화학적 특성

처리내용	완전립 (%)	수 분 (%)	단백질 (%)	아밀로스 (%)	백 도	윤기치
벼 단 작	88.6	13.1	6.7	18.3	40.0	68.9
녹비보리	90.3	12.9	6.8	18.2	40.3	68.3
녹비호밀	91.4	12.9	6.5	18.2	40.5	70.6
헤어리베치	82.7	13.5	7.3	18.3	39.6	66.4
자 운영	87.7	12.9	6.5	18.2	40.4	69.7

카. 경제성 분석

보리를 녹비작물로 재배한 결과 본 시험에서는 벼 단작이나 헤어리베치 등 두과작물에 비하여 수량성이 낮으므로 이익적 요소는 없을 것으로 판단되었다. 그래서 경제성 분석은 보리와 호밀에 한정하여 분석하였다(표 15). 이는 본 실증재배가 호밀을 대체하여 보리의 녹비작물로서의 이용 가능성을 구명하는데 목적이 있었기 때문이다. 이익적 요소는 쌀 수량의 차이로 약 69,804 원/10a의 상대적 소득이 기대된다. 그리고 미미하지만 질소질 비료 생산량의 차이로 약 1,193원/10a의 소득도 기대된다. 손실적 요소로는 종자 가격의 차이이다. 즉 국내 생산이 가능한 곁보리 종자는 수입하는 호밀 종자에 비하여 단가가 높아 그 차액은 약 5,5550원/10a로 계산되었다. 따라서 부분계산법으로 추정된 수익액은 약 65,447천원/10a이었다.

표 15. 보리 녹비작물 재배시 경제성 분석(호밀 대비)

이익적 요소(A)	손실적 요소(B)
○ 증가되는 수입(원/10a) - 쌀(완전미) 수량 증가 · 84kg/10a × 831원/kg = 69,804원 - 요소비료 절감액 · [7.5(보리) - 6.3(호밀)] × (100/46) × 457.5원/kg = 1,193원	○ 증가되는 비용(원/10a) - 종자대 · 22,350원/10a(겉보리) - 16,800(호밀) = 5,550원
● 추정 수익액(A - B) = 65,447원/10a	

♪ 참고 : 시험연구결과 경제성 분석기준자료(2008, 7. 농촌진흥청 경영정보정책관실)

경제적 측면에서의 이익 이외에서 국내산 보리를 녹비작물로 재배 권장하는 것이 갖는 사회적 편익으로는 우선 식량안보를 들 수 있다. 녹비작물로서 보리 재배가 확대된다면 국내외 여건 변화시 종실을 수확하여 식량이나 곡물 사료로 전용 할 수 있을 뿐만 아니라 녹비용 종자에 대한 채종단계별 종자생산 체계(원원종 → 원종 → 보급종)를 유지하여 신속하게 재배면적을 확대할 수 있을 것이다. 또한 서론에서 언급하였다 시피 호밀 종자 수입량의 68%가 푸른들가꾸기용으로 파종되나 실제 농가에서는 조사료용으로 전용되는 경우도 있으므로 이러한 왜곡된 현실을 바로잡을 수도 있을 것으로 판단되었다.

녹비작물은 작물에 따라 이용목적이 달라지는데 일반적으로 두과작물은 공중질소 고정에 의한 비료성분 공급, 토양환원시 속효성 비료의 장점이 있고, 화분과 작물은 토양 물리성 개선, 동계 질산태 질소 유실방지, 완효성 비료 역할의 장점이 있으며, 경관 겸용 녹비작물은 아름다운 경관 조성, 피복작물로서 토양보전 및 잡초발생 경감, 병충해 및 선충 피해 경감 등의 장점이 있다. 따라서 화분과 작물을 녹비로 활용하고자 할 때 두과작물의 장점인 공중질소 고정에 의한 비료성분 공급(서 등, 2000)을 기대할 수 없지만 토양비옥도가 높은 논에서 토양 물리성 개선(류 등, 2001, 김 등, 2000, 김 등, 2004), 겨울철 푸른들 가꾸기 및 미질향상 등에 목적을 두고 동계 녹비작물로 재배할 수가 있을 것으로 판단된다.

하. 생육전경(2008)

사진 1. 녹비작물 재배후 트랙터에 의한 녹비 환원 전경



<보리 녹비 투입>

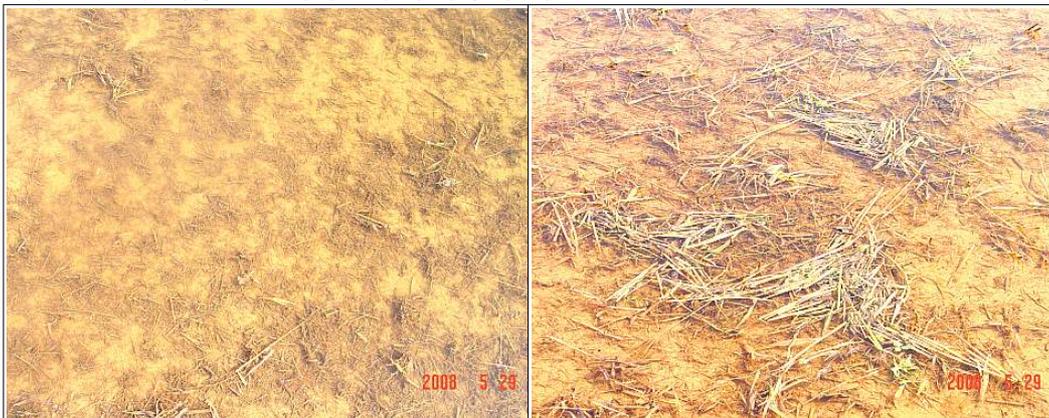
<자운영 녹비 투입>



<헤어리베치 녹비 투입>

<호밀 녹비 투입>

사진 2. 벼 이앙전 녹비작물의 부숙상태 비교



<헤어리베치 투입후 벼 이앙전 상태>

<보리 녹비 투입후 벼 이앙전 상태>

#### 4. 종합결과

보리, 호밀등 화본과 작물과 헤어리베치, 자운영등 두과작물을 녹비로 환원 후 벼재배시 병해충 및 잡초 발생, 벼 생육 및 수량성을 조사하였다. 보리를 녹비작물로 재배시 시비량은 50%를 기비로 사용하고 추비는 생략한 관계로 전반적으로 엽색이 옅고 이삭수가 적으며 생육이 다소 부진하면서 불균일하였다. 또한 자운영은 충청지역에서 벼 수확 후 파종하면 파종시기가 늦은 관계로 월동율이 떨어져 재배적응성이 낮았다.

녹비 투입시기는 호밀(출수기) 4월 하순, 보리(출수후 10일) 5월 상순, 헤어리베치 및 자운영은 5월 13일 경이었고, 보리는 출수 후 5 ~ 10일에 녹비 투입후 벼 이앙재배까지 약 24일의 부숙기간 확보가 가능하였다. 녹비생산량인 생체수량은 호밀 > 보리 > 헤어리베치 > 자운영 순으로 높았고, 건물수량은 보리 > 호밀 > 헤어리베치 > 자운영 순이었으며, 이때 보리의 녹비 생산량은 생체수량 2.8톤/10a, 건물수량 641kg/10a 이었다. 녹비작물의 녹비 환원 후 벼 이앙전에 조사한 식물체의 부숙화율은 자운영 > 헤어리베치 > 호밀 > 보리 순으로 빨랐다. 잡초발생량은 자운영 > 호밀 > 보리 > 헤어리베치 순으로 많았고, 우점잡초는 보리, 호밀, 헤어리베치의 녹비 환원 모두 피, 물달개비, 올챙이고랭이가 우점 하였다. 녹비작물의 N 비료 생산량은 헤어리베치 14.6kg/10a, 보리 7.5kg/10a, 호밀 6.3kg/10a 로서 헤어리베치가 가장 많았고, 보리가 호밀에 비하여 많았다. 벼 초기생육은 벼 단작구에 비하여 보리 녹비 투입구가 엽색이 옅고, 초장이 작으며, 분얼수가 적었다. 쌀수량은 표준 시비량의 70% 수준으로 절감하여 시용하면 보리 녹비재배에서는 벼 관행재배와 비슷한 수량성을 나타내었으나 호밀은 13.7% 감수되었다. 따라서 보리와 호밀을 비교하여 보면 보리 녹비재배가 호밀 녹비재배에 비하여 녹비 재배 및 투입효과가 높았다.

결론적으로 보리를 녹비작물로 재배하면 헤어리베치나 자운영에 비하여 녹비효과가 낮았다. 그러나 보리와 호밀을 비교하여 보면 보리는 호밀에 비하여 재배 안정성이 낮고, 녹비 투입시기가 늦은 단점이 있으나, C/N율이 낮고 비료성분 함량이 높았다. 벼 재배시 엽색이 좀더 진하고 생육이 양호하였으며, 수량도 호밀녹비에 비하여 약 25% 증수될 뿐만 아니라 쌀의 품질에는 큰 차이가 없었다. 보리를 녹비작물로 재배할 때 주의할 점은 토양이 비옥한 논에서 재배하고, 기비 50%만 시용하고 추비는 생략하며, 적기 파종하고 배수로를 철저히 정비하는 등 일반 보리 표준재배법에 준하여야 한다. 또한 보

리는 출수 후 10일이 되기 전에 마른 논 상태에서 경운 로터리 작업으로 보리 녹체를 투입하고, 5일 후에 담수를 시작하여 부숙을 촉진시킬 필요가 있었다. 그리고 토양 유기물 함량이 낮거나 양분이 적은 논에서는 화본과 작물보다 두과 녹비작물을 재배할 필요가 있었다. 그리고 보리 녹비 생산량이 약 2.0톤/10a 이상일 때 벼 재배시 화학비료는 표준시비량의 70% 수준으로 절감하여 사용하여야 한다.

## 제 9 절 녹비보리 투입시 호남지역 후작물의 병해충, 잡초발생 양상 및 현장 실증 연구

### 1. 서설

관행농업에서는 식량증산과 농가 소득증대를 위하여 품종개량, 집약재배, 화학비료의 사용, 합성농약을 사용하였다. 화학비료와 합성농약의 사용은 생산성을 높이는데 기여하였으나 지나친 사용으로 하천과 바다가 오염되어 부영양화를 초래하였으며 생태계를 파괴하는 결과를 초래하게 되었다. 이러한 현대농업의 대안으로 농가소득을 보장하면서 환경과 자원을 보존하고 안전한 농산물을 생산할 수 있는 체계로 친환경농업을 추진하고 있다.

친환경농업은 농업 생태계와 지역의 물질순환을 중시하여 지력을 유지, 증진시켜 작물의 생산력을 장기적으로 유지하며 환경부하를 감소시키고 자연과 조화를 이루면서 충분한 량의 식량생산과 농가의 소득을 보장하는데 있다. 우리 선조들은 농경지 주위의 산야초나 농산부산물로 두엄을 만들거나 가축에 급여하고 배설되는 가축분으로 퇴비를 만들어 탈취한 양분을 보충하였다. 우리나라 벼농사에서 600kg/10a 정도의 수량을 얻는데 벼 전체의 건물량으로서는 현미 500kg, 벼짚 590kg, 왕겨 90kg, 뿌리 100kg 정도가 된다. 이들이 토양에서 흡수한 여러 양분 중 질소만을 고려한다면 전체적으로 12.6kg/10a 정도이며 벼 수확으로 5.9kg의 질소가 탈취되고 벼짚 등 환원으로 6.7kg/10a의 질소가 환원된다. 문제는 부족분의 질소를 어떻게 유기적으로 보충해 주어야 할 것인가 이다. 또한 유기재배에서 토양의 적정 가용성 부식함량은 5~6%이나 우리나라 농경지의 부식함량은 2.3~2.6%에 불과하며 전남 논토양의 유기물 함량 변화를 보면 1988년 2.6%에서 1999년에 1.9%, 2003년에 2.0%로 낮아지는 경향이다. 벼를 재배하면 10a당 75kg, 벼-보리 2모작의 경우에는 113kg이 소모된다고 한다. 퇴비 375kg에는 37.5kg의 부식이, 녹비작물 375kg에는 22.5kg의 부식이 생성되므로 이를 보충하기 위해서 벼농사 1모작은 벼짚 375kg, 퇴비 750kg을 사용하여야 하며 2모작인 경우에는 벼짚을 565kg, 퇴비는 1,130kg을 사용해야 한다.

전남에서는 「생명식품생산5개년계획」 추진으로 친환경농산물 인증면적을 2009년까지 전 경지면적의 30%까지 확대하고 화학비료와 합성농약 사용량을 매년 5%이상 감축 목표를 세우고 친환경농업을 농정의 중점시책으로 추진하

고 있다. 녹비작물은 겨울철 들판을 푸르게 가꾸어 시각적인 아름다움과 함께 토양의 침식방지, 화학비료 대체효과, 가축 조사료로서의 활용가치 등 여러 가지 농업적, 환경적 공익기능을 가지고 농업과 환경보전에 큰 역할을 하고 있다. 따라서 화학비료 절감 및 토양 비옥도 증진을 위하여 녹비작물 재배면적을 2004년 20,496ha에서 2007년에는 125,000ha로 확대재배 계획을 세우고 추진하고 있으며 2006년 자운영 59,460, 클로버 10,808, 헤어리베치 5,780, 호밀 3,973ha의 총 80,021ha를 파종 재배하였다. 그러나 녹비작물 재배를 위하여 수입되는 종자량은 2003년 5,732톤에서 2005년에는 9,016톤으로 급증하고 있으며 이에 따른 외화 지출도 4,261천 달러에서 7,835천 달러로 급증하고 있다. 따라서 국내에서 생산 가능한 작물을 녹비로 이용한다면 외화절약은 물론 녹비작물 종자의 안정적인 확보와 친환경농업의 확대, 공익적 기능을 확충할 수 있어 궁극적으로는 농가소득 증대에 기여할 것으로 생각된다.

녹체상태의 보리를 녹비로 이용하여 토양 유기물 함량을 증진하고 화학비료를 절감할 수 있는 종합기술을 개발하고자 논토양에서 보리, 자운영, 헤어리베치 등 수종의 녹비작물을 재배하여 녹비로 이용하고 벼를 재배하면서 병해충과 잡초의 발생양상을 구명하고 현장실증 하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 시험은 동진1호를 시험품종으로 하여 덕평 미사질 양토인 전남농업기술원 수도 시험포장에서 2006년부터 3년간 수행되었다. 시험 전 토양의 화학성은 표 1과 같이 pH 5.2, 유기물 함량 28.6g/kg, 유효 인산함량 42mg/kg, 양이온 치환용량 9.8cmol+/kg으로 유기물 함량이 높은 편이었으나 유효 인산함량은 낮은 토양이었다.

표 1. 시험전 토양의 화학성

pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )	Exch. cation(cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )		
					K	Ca	Mg
5.2	0.40	28.6	42	9.8	0.20	5.7	1.6

처리내용은 자운영, 헤어리베치, 보리, 호밀 등 4종의 녹비작물을 재배하여

벼 이앙전 녹비로 이용한 녹비작물 시용구와 관행, 무비 처리의 6처리로 시험하였다. 녹비작물은 전년 10월 중순에 벼를 수확하고 난 다음 로타리하여 각각 종자 3~16kg/10a를 산파하여 비료를 일절 사용하지 않고 재배하였다. 화분과 녹비작물인 보리와 호밀은 5월 상순에, 두과 녹비작물인 자운영과 헤어리베치는 5월 중순에 예취, 트랙터로 로타리하여 녹비로 이용하였다. 벼 재배는 매년 5월 7일경 파종하여 30일간 육묘한 표 2와 같은 초장 17.7cm, 엽수 3.5매, T/R율 3.1정도의 묘를 6월 7일경에 30cm×14cm의 재식거리로 주당 3~5분씩 기계이앙 하였다. 제초는 이앙후 10일경에 왕우렁이 종패를 5kg/10a 수준으로 입식하였으며 잡초 발생량 조사를 위하여 1×2m의 블루라이트를 설치하여 왕우렁이의 섭식을 방지하였다. 비료 사용량은 질소 9.0, 인산 4.5, 칼리 5.7kg/10a의 표준사용량을 기준으로 하여 질소, 인산, 칼리비료를 각각 50%씩 절감하여 사용하였다. 분시비율은 기비-분얼비-수비로 질소 0-40-60%, 인산 100-0-0%, 칼리 40-0-60%로 사용하였으며 질소는 요소, 인산은 용과린, 칼리는 염화칼리를 사용하였다.

표 2. 시험에 사용한 묘의 소질

초장 (cm)	엽수 (매)	근수 (개)	근장 (cm)	건물중(g/30분)			
				계	지상부	지하부	T/R
17.7	3.5	16.1	9.5	1.617	1.222	0.395	3.1

시험토양의 물리화학적 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(2000)에 따라 분석하였는데 토양 pH와 EC는 초자전극으로 측정하였고 유기물 함량은 Walkely-Black법, 유효 인산함량은 Lancaster법, 유효 규산함량은 1N-NOAc(pH 4.0)용액에서 침출하여 700nm파장에서 비색 측정하였다. 치환성 양이온인 K, Ca, Mg, Na 등은 1N-CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>(pH 7.0)용액으로 침출시켜 원자흡광분석기(AAS)로 측정하였고 미량원소인 Fe, Mn, Zn, Cu 등은 ICP로 분석하였다. 양이온 치환용량은 1N-CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>(pH 7.0)용액으로 침출하여 Kjeldahal 증류법으로 측정하였다. 토양의 용적밀도와 토양 3상, 공극율 등은 100ml core를 이용하여 토양에 수직으로 넣고 토양구조를 파괴하지 않은 채 들어내어 cutting lip으로 잘 깎아 뚜껑을 덮고 밀봉하여 105℃로 건조시켜 무게를 측정, 계산하였다. 녹비작물과 벼의 식물체중 양분함량은

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 습식분해하여 T-N은 Kjeldahal 증류법, 인산은 Vanadate법, 가리 및 석회, 고토함량은 원자흡광분석기(AAS)에 의하여 분석하였다. 녹비작물과 벼의 생육과 수량구성요소, 수량, 병해충 발생 정도는 농사시험연구조사기준(농촌진흥청, 1995)에 의하여었다.

### 3. 결과 및 고찰



<자운영>

<헤어리베치>

<보 리>

<호 밀>

표 3에서는 시험에 사용된 녹비작물의 생육과 수량을 나타내었다. 녹비에 이용하기 직전 녹비작물의 초장은 39.5~118.7cm로 호밀과 헤어리베치가 가장 컸으며 줄기의 엽수와 m<sup>2</sup>당 줄기수는 각각 4.5~18.3매, 578~1,284개로 헤어리베치가 가장 많았다. 생초 수량은 1,622~2,406kg/10a으로 헤어리베치가 가장 많았으며 호밀 > 자운영, 보리의 순이었으며 건초 수량도 439~683kg/10a으로 호밀이 가장 많았으며 헤어리베치 > 보리 > 자운영의 순이었다.

시험에 사용된 녹비작물의 성분함량 및 비료성분 공급량을 표 4에 나타내었다. 녹비작물의 T-N함량은 1.00~3.08%로 헤어리베치가 가장 높았으며 자운영 > 보리, 호밀의 순이었고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 0.34~0.62%로 녹비작물 간에 큰 차이를 나타내지 않았고, K<sub>2</sub>O 함량은 1.63~2.76%로 헤어리베치가 가장 높은 함량이었으며 자운영 > 보리, 호밀의 순이었다. 환산한 비료성분 공급량은 N 6.8~18.7kg/10a으로 헤어리베치가 가장 많은 함량을 나타내었으며 자운영 > 보리 > 호밀의 순이었다. P 공급량은 2.0~3.7kg/10a으로 녹비작물 간에 큰 차이는 없었으나 헤어리베치에서 많은 편이었고 K 공급량은 8.5~16.7kg/10a으로 헤어리베치에서 가장 많은 함량을 나타내었으며 호밀 > 보리, 자운영의 순이었다.

표 3. 시험에 사용된 녹비작물의 생육과 수량

녹비작물명	생육			수량(kg/10a)	
	초장(cm)	엽수(매)	m <sup>2</sup> 당 줄기수	생초	건초
자운영	39.5d	6.2b	742	1,691c	439
헤어리베치	90.6b	18.3a	1,284	2,406a	606
보리	60.0c	4.5bc	848	1,622c	552
호밀	118.7a	5.4b	578	1,821b	683

CV.(%)----- 73 ----- 78 -----124

DMRT(5%)

표 4. 녹비작물의 성분 및 비료성분 함량

녹비작물명	성분함량(%)			비료성분 함량(kg/10a)		
	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P	K
자운영	2.78	0.62	1.95	12.2b	2.7	8.5
헤어리베치	3.08	0.61	2.76	18.7a	3.7	16.7
보리	1.48	0.37	1.65	8.2c	2.0	9.1
호밀	1.00	0.34	1.63	6.8c	2.3	11.1

CV.(%)----- 86

DMRT(5%)

표 5에서는 녹비작물 시용에 따른 벼의 생육단계별 생육을 나타내었다. 분얼기 벼의 초장은 45.9~64.1cm로 대체적으로 자운영, 헤어리베치 등 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서 관행의 59.2cm에 비하여 초장이 컸고 보리, 호밀 등 화본과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행과 비슷한 경향이었고 무비구에서는 45.9cm로 가장 작았다. 출수기에는 78.0~100.4cm로 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서 관행의 95.8cm에 비하여 초장이 컸고 화본과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행에 비하여 초장이 작았다. 수확기의 초장도 79.1~103.9cm로 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서 관행의 97.9cm에 비하여 초장이 컸고 화본과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행에 비하여 초장이 작았으며 무비구에서는 79.1cm로 가장 작았다.

m<sup>2</sup>당 경수는 분얼기에 181~288개로 자운영, 헤어리베치 등 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서 관행의 255개에 비하여 많았으나 보리, 호밀 등 화본

과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행과 비슷하였고 무비구에서는 181개로 가장 적었다. 출수기에도  $\text{m}^2$ 당 경수는 252~333개로 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행의 307개에 비하여 많았으나 화본과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행과 비슷하였고 무비구에서는 252개로 가장 적었다. 수확기의  $\text{m}^2$ 당 경수는 230~316개로 녹비작물의 종류에 따라 관행구와 큰 차이를 나타내지 않았으나 무비구에서는 230개로 가장 적었다.

벼 잎의 엽색도는 분얼기에 33.1~38.8으로 자운영, 헤어리베치 등 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서 관행의 35.3에 비하여 엽색도가 높았고 보리, 호밀 등 화본과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행에 비하여 엽색도가 비슷하였으나 무비구에서는 33.1로 가장 낮았다. 출수기의 엽색도도 26.7~33.3으로 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서 관행의 31.2에 비하여 엽색도가 높은 편이었고 화본과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행에 비하여 엽색도가 비슷하였으나 무비구에서는 26.7로 가장 낮았다. 수확기의 엽색도도 10.2~23.9로 두과 녹비작물을 이용한 시험구에서 관행의 21.1에 비하여 엽색도가 높았고 화본과 녹비작물을 이용한 시험구에서는 관행과 비슷하였으나 무비구에서는 10.2로 엽색도가 가장 낮았다.

녹비작물 시용에 따른 벼 재배시 잡초발생 양상을 표 6에 나타내었다. 이 양후 15일경에 조사한 다년생 잡초인 올챙이 고랭이는  $3.3\sim 14.3\text{개}/\text{m}^2$ , 벼풀  $0.0\sim 1.3\text{개}$ , 알방동산이  $0.0\sim 0.7\text{개}$ , 올방개  $2.0\sim 28.0\text{개}/\text{m}^2$ 로 올방개와 올챙이 고랭이가 주종이었다. 처리에 따른 발생 초종을 보면 올챙이 고랭이는 호밀 녹비이용구와 관행에서, 올방개는 관행에서 가장 많이 발생하였고 호밀과 보리 녹비이용구에서 많았다. 일년생 잡초인 피는  $14.7\sim 22.0\text{개}/\text{m}^2$ , 미국외풀  $2.0\sim 27.3\text{개}$ , 물달개비  $3.3\sim 19.3\text{개}$ , 여귀바늘  $0.0\sim 2.0\text{개}/\text{m}^2$ 로 피, 물달개비, 미국외풀이 주종을 이루었다. 처리에 따른 발생 초종은 피는 호밀 녹비이용구에서 가장 많이 발생하였고 기타 처리에서는 비슷한 경향을 나타내었고, 미국외풀은 헤어리베치 녹비 이용구에서 가장 많이 발생하였으며 기타 처리에서는 비슷한 발생 경향을 보였다. 물달개비는 호밀 녹비 이용구에서 가장 많이 발생하였고 헤어리베치, 자운영 > 보리, 관행구의 순이었으며 여귀바늘은 처리에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. 녹비작물 처리에 따른 발생 잡초의 총 개체수는  $42.8\sim 77.3\text{개}/\text{m}^2$ 로 호밀 녹비 이용구에서 가장 많은 발생량을 나타내었고 헤어리베치, 관행 > 보리, 자운영의 순이었으며 관행에 비하여 자운영과 보리 녹비 이용구에서 각각 33, 25% 적게 발생하였고 헤어리베치, 호

밀 녹비 이용구에서는 각각 4, 20% 많게 발생하였다.

표 7에서는 녹비작물 시용에 따른 벼 재배시 병해충 발생정도를 나타내었다. 잎집무늬마름병 이병경율은 4.6~18.9%, 줄무늬잎마름병 이병경율은 0.5~1.2%로 잎집무늬마름병의 이병경율이 높았다. 처리에 따른 병해 발생정도를 보면 잎집무늬마름병 이병경율은 자운영과 보리 녹비 이용구에서 관행 13.3% 보다 높았으며 헤어리베치 녹비 이용구에서는 관행과 비슷한 이병경율을 나타내었고 호밀 녹비 이용구에서는 가장 낮은 4.6%를 나타내었다. 줄무늬잎마름병 이병경율은 처리간 큰 차이를 나타내지 않았다. 벼 줄기굴파리의 피해엽율은 1.6~3.4%, 물바구미 피해엽율 1.3~3.9%, 벼멸구 발생밀도는 20주당 4~6마리, 흑명나방 피해엽율은 0.8~2.5%로 벼멸구 발생밀도가 높은 편이었고 벼줄기굴파리, 물바구미, 흑명나방은 비슷한 피해엽율을 나타내었다. 처리에 따른 해충의 피해정도를 보면 벼줄기굴파리의 피해엽율은 모든 녹비 이용구에서 관행 3.4%보다 낮게 나타났으나 물바구미와 흑명나방 피해엽율은 헤어리베치 녹비 이용구에서 관행 2.7%와 1.8%보다 높은 경향을 나타내었고 기타 처리에서는 관행보다 낮았다. 벼멸구의 발생밀도도 헤어리베치 녹비 이용구가 관행 9마리/20주 보다 많았으며 기타 처리에서는 관행보다 적었다. 녹비작물 이용에 따른 병해충 발생정도는 잎집무늬마름병의 이병경율은 자운영, 보리 녹비 이용구에서, 물바구미와 흑명나방의 피해엽율, 벼멸구 발생밀도는 관행에 비하여 헤어리베치 녹비 이용구에서 높았다.

표 5. 녹비작물 이용에 따른 벼의 생육단계별 생육

처 리	초 장(cm)			경 수(개/m <sup>2</sup> )			엽 색도		
	분얼기	출수기	수확기	분얼기	출수기	수확기	분얼기	출수기	수확기
자운영	63.9	98.9	103.9a	271	333	308a	38.1	32.0	23.9a
헤어리베치	64.1	100.4	103.0a	288	331	316a	38.8	33.3	23.7a
보 리	60.6	91.8	95.6b	253	314	293ab	35.3	32.8	21.3b
호 밀	61.3	92.3	95.1b	252	302	298ab	35.2	31.1	19.9bc
관 행	59.2	95.8	97.9b	255	307	290ab	35.3	31.2	21.1b
무 비	45.9	78.0	79.1c	181	252	230c	33.1	26.7	10.2d

CV(%) ————— 63 ————— 77 ————— 55

DMRT(5%)

표 6. 녹비작물이용 벼 재배시 잡초발생 정도(이양후 15일 조사, 단위 : 개체수/m<sup>2</sup>)

처 리	다년생				일년생				총계	
	올챙 이그 랭이	벗풀	알방 동산 이	올방 개	피	미국 외풀	물달 개비	여뀌 바늘	계	비율
자운영	3.7	0.0	0.7	2.0	15.3	8.7	11.7	0.7	42.8c	67
헤어리베치	3.3	0.0	0.7	5.0	15.3	27.3	13.3	2.0	66.9ab	104
보 리	5.3	0.0	0.0	14.7	14.7	5.7	7.3	0.7	48.4c	75
호 밀	14.3	0.0	0.7	17.3	22.0	2.0	19.3	1.7	77.3a	120
관 행	13.0	1.3	0.0	28.0	14.7	4.0	3.3	0.0	64.3ab	100

CV(%) ————— 127

DMRT(5%)

표 7. 녹비작물이용 벼 재배시 병해충 발생정도(단위 : %)

처 리	병		해 충			
	잎집무늬 마름병 (이병경율)	줄무늬 잎마름병 (이병경율)	벼줄기 굴파리 (피해엽율)	물바구미 (피해엽율)	벼멸구 (마리/20주)	흑명나방 (피해엽율)
자운영	18.9a	0.5	1.7	1.3	6.0c	1.4
헤어리베치	12.7b	1.1	1.6	3.9	26.0a	2.5
보 리	17.0a	0.9	2.6	2.0	11.0b	0.8
호 밀	4.6c	0.9	2.6	1.5	4.0d	1.3
관 행	13.3b	1.2	3.4	2.7	9.0bc	1.8

CV(%) ————— 68 ————— 89

DMRT(5%)

녹비작물 시용에 따른 벼의 수량구성요소와 쌀 수량을 표 8에 나타내었다. 수확기의 m<sup>2</sup>당 수수는 230~315개로 녹비작물 이용구에서 관행 278개에 비하여 많았으며 처리에 따른 m<sup>2</sup>당 수수는 헤어리베치 > 자운영 > 호밀, 보리 > 관행 . 무비의 순이었다. 수당입수, 현미천립중, 정현비율은 각각 105~127개, 21.1~21.3g, 82.8~83.3%로 처리에 따라 큰 차이를 나타내지 않았으며 등숙비율은 78.0~87.6%로 녹비작물 이용구에서 관행 87.5%에 비하여 낮았는데 헤어리베치 녹비 이용구에서 가장 낮았다. 쌀 수량은 339~556kg/10a으로 관행 516kg/10a에 비하여 헤어리베치와 자운영 녹비 이용구에서 각각 7%, 2% 증

수되었고 보리, 호밀 녹비 이용구에서는 각각 4%, 3% 감소되었으며 무비구에서는 34% 감소되었다. 통계적으로 유의성을 나타내었다.

표 9에서는 녹비작물 이용에 따른 쌀의 품위 및 품질을 나타내었다. 쌀의 정상립 비율은 77.4~90.7%로 녹비 이용구에서 관행의 82.5%에 비하여 높았으며, 미숙립 비율은 6.2~18.4%로 관행 11.8%에 비하여 자운영, 보리, 호밀 녹비 이용구에서 낮았고 헤어리베치 녹비 이용구에서는 비슷하였다. 동할미와 사미의 비율은 각각 1.7~2.8%, 0.5~3.4%로 처리간 큰 차이가 없었다. 쌀의 품질에서 단백질 함량과 아밀로스 함량, 백도는 각각 5.2~6.1%, 18.1~18.3%, 37.8~39.7로 처리간 큰 차이가 없었으나 식미값은 79.5~86.0으로 헤어리베치 농기 이용구에서 가장 낮았다.

표 8. 녹비작물이용 벼의 수량구성요소 및 수량

처 리	수수 (개/m <sup>2</sup> )	수당 입수 (개)	등숙 비율 (%)	현미 천립중 (g)	정현 비율 (%)	쌀수량 (kg/10a)	지수
자운영	302	123	81.7	21.2	83.0	526b	102
헤어리베치	315	127	78.0	21.1	83.0	556a	107
보 리	290	119	84.2	21.2	83.3	498bc	96
호 밀	295	122	85.1	21.2	83.2	503bc	97
관 행	278	125	87.5	21.3	83.2	516b	100
무 비	230	105	87.6	21.2	82.8	339c	66

CV(%)

97

DMRT(5%)

표 9. 녹비작물이용 재배 벼의 쌀 품위 및 품질

처 리	품 위 (%)				품 질 (%)			
	정상립	동할미	미숙립	사미	단백질	아밀로스	백도	식미값
자운영	90.7	2.6	6.2	0.5	6.1	18.2	37.8	81.1
헤어리베치	84.9	2.8	11.5	0.8	5.8	18.1	38.2	79.5
보 리	88.9	1.7	8.3	1.1	5.7	18.1	38.3	81.6
호 밀	86.2	2.0	9.7	2.1	5.2	18.1	38.9	83.4
관 행	82.5	2.2	11.8	3.4	5.2	18.3	39.4	85.1
무 비	77.4	1.7	18.4	2.5	5.3	18.2	39.7	86.0

시험후 토양의 물리성 변화를 표 10에 나타내었다. 토양의 용적밀도는 1.11~1.27g/cm<sup>3</sup>이었으며 처리에 따라서는 녹비작물 이용구에서 관행 1.27g/cm<sup>3</sup>에 비하여 낮았으며 특히 보리, 호밀 등 화본과 녹비작물 이용구에서 가장 낮았다. 토양 3상에서 고상은 42.6~47.9%로 처리에 따라서는 녹비작물 이용구에서 관행에 비하여 낮았으며 특히 보리, 호밀 등 화본과 녹비작물 이용구에서 가장 낮았다. 액상은 29.3~39.1%로 녹비작물 이용구에서 관행에 비하여 낮은 경향이었고 기상은 13.5~27.3%로 녹비작물 이용구에서 관행에 비하여 높았다. 토양 공극율은 52.1~57.4%로 녹비작물 이용구에서 관행 52.1%에 비하여 높았으며 특히 보리, 호밀 등 화본과 녹비작물 이용구에서 가장 높았다.

표 11에서는 시험후 토양의 화학성 변화를 나타내었다. 토양 pH는 5.2~5.6, OM 28.5~30.5g/kg, Av. P2O5 24~46mg/kg, Ex. cation K 0.20~0.22, Ca 5.4~6.3, Mg 1.5~1.8cmol+/kg, CEC 10.0~10.9cmol+/kg, Av. SiO2 128~145mg/kg으로 녹비작물 이용구에서 관행에 비하여 유기물 함량, 유효인산 함량, 유효 규산함량이 증가하였으나 치환성 양이온 Ca, Mg 함량은 감소하는 경향이였다.

녹비작물을 이용하여 벼 재배의 경제성 분석을 표 12에 나타내었는데 조수입은 636~1,043천원/10a로 헤어리베치, 자운영 녹비 이용구에서 관행에 비하여 많았으나 기차 처리에서는 적었다. 경영비는 309~395천원/10a로 관행에 비하여 무비구에서 적었으나 녹비작물 이용구에서는 많았다. 소득은 327~650천원/10a로 관행 635천원/10a에 비하여 헤어리베치 녹비 이용구에서 2% 증가하였으나 기타 농기작물 이용구에서는 7~14% 감소하였고 무비구에서는 48% 감소하였다.

표 10. 시험후 토양의 물리성 변화

처 리	용적밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	토양3상(%)			공극율 (%)
		고상	액상	기상	
자운영	1.16b	43.7b	31.0bc	25.3ab	56.3ab
헤어리베치	1.20ab	45.3ab	29.3bc	25.4ab	54.7ab
보 리	1.11b	42.6b	30.1bc	27.3a	57.4a
호 밀	1.12b	42.9b	32.8bc	24.3b	57.1a
관 행	1.27a	47.9a	34.5b	17.6c	52.1b
무 비	1.26a	47.4a	39.1a	13.5cd	52.6b

CV(%) ————— 54 ————— 53 ————— 57 ————— 57 ————— 57

DMRT(5%)

표 11. 시험후 토양의 화학성 변화

처 리	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	Av. SiO <sub>2</sub> (mg/kg)
				K	Ca	Mg		
자운영	5.2	29.5a	46a	0.20	5.4	1.7	10.3	130
헤어리베치	5.5	29.5a	45a	0.20	5.6	1.5	10.4	135
보 리	5.5	30.5a	33b	0.22	5.6	1.6	10.9	135
호 밀	5.6	30.3a	35b	0.21	5.7	1.6	10.6	145
관 행	5.3	28.7ab	24c	0.20	6.0	1.8	10.1	128
무 비	5.4	28.5ab	29c	0.21	6.3	1.6	10.0	129

C.V.(%)----- 6.3 ----- 6.7

DMRT(5%)

표 12. 녹비작물이용 벼 재배의 경제성 분석

처 리	쌀수량 (kg/10a)	조수입 (천원)	경영비 (천원)	소득 (천원)	소득지수 (%)
자운영	526	986	395	591	93
헤어리베치	556	1,043	393	650	102
보 리	498	934	386	548	86
호 밀	503	943	390	553	87
관 행	516	968	333	635	100
무 비	339	636	309	327	52

※ 가격 : 쌀 37,500원/20kg, 호밀 1,000원/kg, 자운영 3,000원/kg, 헤어리베치 5,000원/kg, 보리 1,100원/kg 기준

※ 시험연구결과 경제성분석 자료(2008, 농촌진흥청) 및 2006년도 지역별 농산물 소득 자료(농촌진흥청) 기준

#### 4. 종합결과

친환경농업을 위하여 토양의 유기물 함량을 높이고 화학비료 사용량을 절감하기 위한 기술을 개발하기 위하여 수행되었다. 호남지역에서 보리를 녹비로 이용하여 벼농사를 경작할 때 병해충과 잡초의 발생양상을 구명하고자 전남농업기술원 답작 시험포장의 덕평 미사질 양토에서 동진1호 품종을 시험품종으로 하여 2006년부터 3년간 수행하였다. 그 결과

- 가. 녹비작물의 생육은 초장 38.0~110.8cm, 생엽수 5.0~17.2매, m<sup>2</sup>당경수 433~654개로 호밀이 가장 생육이 좋았으며 생초수량은 1,395~2,130, 건물중 383~698kg/10a으로 생초수량은 헤어리베치가 가장 많았으나 건물중은 호밀이 가장 많았다.
- 나. 녹비작물의 비료성분 공급량은 N 6.1~17.9, P 2.4~4.7, K 5.2~12.2kg/10a으로 N 공급량은 헤어리베치가 가장 많았다.
- 다. 녹비작물 사용하여 재배한 벼의 출수기 생육은 초장 78.0~100.4cm, m<sup>2</sup>당경수 252~333개, 엽색도 26.7~33.3으로 무비구에서 가장 낮았으며 자운영, 헤어리베치 이용구에서 높았다.
- 라. 녹비작물을 이용하여 재배한 벼논의 이양후 15일경 잡초발생은 42.8~77.3개/m<sup>2</sup>로 관행에 비하여 자운영과 보리 녹비 이용구에서 각각 33, 25% 적었고 헤어리베치, 호밀 녹비 이용구에서는 각각 4, 20% 많게 발생하였다.
- 마. 녹비작물을 이용하여 재배한 벼논의 병해충 발생정도는 잎집무늬마름병은 자운영, 보리 녹비 이용구에서, 물바구미와 흑명나방, 벼멸구는 헤어리베치 녹비 이용구에서 관행보다 높았다.
- 바. 벼의 m<sup>2</sup>당 수수는 수확기에 230~315개로 녹비작물 이용구가 관행에 비하여 많았는데 헤어리베치 녹비 이용구에서 가장 많았으나 등숙 비율은 가장 낮았다.
- 사. 쌀 수량은 관행 516kg/10a에 비하여 헤어리베치와 자운영 녹비 이용구에서 각각 7%, 2% 증수되었고 보리, 호밀 녹비 이용구에서는 각각 4%, 3% 감수되었다.
- 아. 쌀의 정상립은 77.4~90.7%로 녹비 이용구에서 관행에 비하여 높았으나 식미값은 헤어리베치 녹비 이용구에서 가장 낮았다.
- 자. 시험 후 토양은 관행에 비하여 녹비작물 이용구에서 용적밀도와 고상은 감소하였으나 기상과 공극율은 증가하였고, 유기물 함량과 유효인산, 유효 규산함량도 증가하였다

## 제10절 녹비보리 투입시 영남지역 후작물의 벼 병·해충, 잡초발생 양상 및 현장실증 연구

### 1. 서 설

겨울철 휴한기에 재배하는 녹비작물은 대개 호밀, 이탈리아라이그라스 등  
화분과작물과 헤어리베치, 자운영, 클로버 등의 두과작물로 크게 나눌 수 있  
다. 녹비작물의 재배효과로는 토양내 유기물시용, 토양수분 조절 기능, 토양  
개량 및 비옥도 증진, 공중질소의 생물학적 고정, 화학비료 절감, 그리고 잡  
초발생 억제 등이 있다(2002, 농촌진흥청)

근래 우리나라는 친환경농업 육성계획에 의거 ha당 화학비료 사용량을 2008  
년 290kg에서 2013년에는 225kg로 감소시키고 농약사용량도 27%로 줄여 친  
환경농산물의 비중을 10%까지 증대할 계획이다(농림부, 2006).

영남지방에 주로 이용되고 있는 두과 녹비작물은 자운영과 헤어리베치가 있  
는데 내한성이 강한 헤어리베치가 농가보급이 확대 될 것으로 보고 있고 자  
운영은 남부지역을 중심으로 재배가 늘고 있다. 화분과 녹비작물은 월동력  
이 높고 재배가 쉬운 호밀이 대부분 이용되고 있으나 전량 종자를 수입에 의  
존해야 되고 국내로 수입되어 들어오면서 종자발아등 문제가 많이 도출되어  
국내에서 얼마든지 종자확보가 용이하고 재배방식이 호밀과 같아서 농가에서  
쉽게 생산이 가능한 보리를 녹비작물로 활용하는 방안이 시급한 실정이다.

이에 본 연구는 호밀을 대체할 수 있는 보리를 녹비작물로서의 이용성을  
검토하기 위해 2006년부터 2008년까지 3년에 걸쳐 시험을 수행하고 그 결과  
를 여기에 보고한다.

### 2. 재료 및 방법

본 시험은 2006년부터 2008년까지 3년간 경북농업기술원 답작포장에서 신  
홍통 식양질의 유기물함량이 다소 높은 토양에서 수행되었다.

2007년 1년차 시험에서는 영양보리, 곡우호밀, 헤어리베치로 구분하여 10월  
23일 보리와 호밀은 18kg/10a, 헤어리베치 9kg/10a를 휴립광산파로 파종하  
였으며, 대조로 벼 관행재배구를 두어 비교하였다. 녹비작물의 기비는 시  
용하지 않고 추비 N 4.6kg/10a를 사용하였으며 그리고 녹비작물의 투입시기

로 호밀은 4월 20일(출수기), 보리는 5월 5일(출수 후 10일), 헤어리베치와 초록완두도 5월 5일에 트랙터에 부착된 로타리로 갈아 투입하였다. 후작물인 벼는 화영벼로 25일 중묘를 6월5일 재식거리 30×14cm로 이앙하였으며, 시비량은 관행이 N-P2O5-K2O= 9-4.5-5.7kg/10a이며 보리, 호밀, 헤어리베치 녹비작물 투입구의 경우 관행의 50%인 N-P2O5-K2O= 4.5-4.5-5.7kg/10a를 기비만 사용하고 추비는 사용하지 않았다.

2008년 2년차 시험은 1년차 녹비작물인 영양보리, 곡우호밀, 헤어리베치와 경북지역에서 육성되어 보급중인 초록완두를 추가하여 비교하였고, 파종일 및 파종방법은 같으나 보리, 호밀은 시비량은 전년과 같으나 헤어리베치와 초록완두는 전년과 다르게 무비재배 하였다. 그리고 녹비작물의 투입시기로 호밀은 4월 20일(출수기), 보리는 5월 6일(출수 후 10일), 헤어리베치와 초록완두도 5월 6일에 트랙터에 부착된 로타리로 갈아 투입하였다. 후작물인 벼는 화영벼로 25일 중묘를 6월5일 재식거리 30×14cm로 이앙하였으며, 시비량은 관행의 경우 N-P2O5-K2O= 9-4.5-5.7kg/10a이며 보리, 호밀 투입구는 관행구 시비에서 기비인 N-P2O5-K2O= 4.5-4.5-5.7kg/10a를 사용하였고 추비는 사용하지 않았으며, 헤어리베치, 완두 녹비작물 투입구에서는 무비재배를 하였다.

녹비작물 투입에 의한 벼의 잡초발생 양상조사는 이앙 후 20일에 조사되었고, 병해충 발생조사는 벼 생육중기인 유수형성기 및 출수기와 수확기에 조사하였으며 또한 수확기에는 각각의 농촌진흥청 연구조사기준에 의거 수량구성요소인 영화수, 등숙율, 천립중 등과 쌀수량 등을 조사하였으며, 실험은 3개 녹비작물과 관행 처리구를 300㎡의 단구제로 실시하였다(2003, 농촌진흥청).

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 녹비보리 생산량

시험에 사용된 논포장은 시험전 토양의 화학성이 표 1과 같이 유기물 함량이 3.0~4.3%인데 전국 논토양의 유기물 함량이 평균 2.4%인 것을 감안한다면 비옥한 편이다. 시험포장의 토양은 과거부터 맥류를 재배하여 2모작으로 재배하였고 지속적으로 퇴비를 사용하여 인근 토양보다는 유기물 함량이 다소 높게 나타난 것으로 생각된다. 또한 유기물의 변화는 2007년에 비해 2008년에 녹비작물 투입에서 관행에 비해 함량이 다소 증가되었다.

표 1. 시험 전 논토양의 이화학성

연도	구분	pH	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	EC (ds/m)	치환성 염기 (cmol+/kg)		
						K	Ca	Mg
2007	보리	6.7	30.37	60	0.23	0.58	4.84	0.96
	호밀	6.2	32.32	87	0.21	0.61	5.48	1.04
	헤어리베치	6.1	34.08	101	0.25	0.64	5.46	1.00
	관행	6.0	37.22	112	0.25	0.79	6.57	1.23
2008	보리	6.0	31.05	87	0.50	0.43	8.51	2.12
	호밀	5.6	33.27	109	0.50	0.47	6.40	1.01
	헤어리베치	5.5	35.75	124	0.60	0.44	5.55	0.94
	관행	5.8	37.75	134	0.54	0.53	7.30	1.37
	완두	6.6	43.11	271	2.29	1.30	16.67	6.20

녹비작물별로 투입량은 표 2와 같이 2007년에는 생초수량은 2,100kg내외이나 투입 환산한 질소함량은 보리녹체는 6.2kg, 호밀녹체 4.9kg, 헤어리베치 11.5kg/10a으로 실제 환산된 질소함량은 두과작물과 화본과작물에서 많은 차이가 있었으며, 2008년에도 생체 투입량과 질소함량은 전년과 비슷하였고 초록완두의 질소함량은 9.3kg/10a로 헤어리베치 보다는 적으나 화본과 녹비작물에 비해서 많았다.

화본과 작물에서 충분한 녹비와 투입되는 질소함량을 높이기 위해서 화본과 녹비작물의 경우 최소한 추비는 시용해야 되는 것으로 생각된다.

녹비종류별로 보리, 호밀은 두과작물에 비해 C/N율이 높으나 호밀에 비해서는 보리가 다소 낮아서 초기생육에 보다 유리하게 작용될 것으로 보인다.

표 2. 녹비 투입량 및 질소함량

년도	녹비종류	생체중 (kg/10a)	건물중 (kg/10a)	C/N율 (%)	질소함량 (%)	질소투입량 (kg/10a)
2007	보리	2,100	442	32.1	1.4	6.2
	호밀	2,150	350	40.9	1.4	4.9
	헤어리베치	2,040	339	14.5	3.4	11.5
2008	보리	2,055	447	31.2	1.5	6.7
	호밀	2,140	334	39.5	1.5	5.0
	헤어리베치	2,155	377	14.3	3.5	13.2
	초록완두	2,040	372	15.2	2.6	9.3

나. 녹비작물 투입 후 잡초발생

녹비작물 투입에 따른 잡초발생 양상을 조사한 결과 표 3과 같이 관행과 초록완두 투입구에서 초종수가 많고 건물중이 다소 높은 경향이었으며, 전처리구에서 발생된 물달개비의 경우 보리, 호밀 헤어리베치 투입구가 본수 및 건물중이 다소 적었으나 관행 및 초록완두에서는 약간 높은 경향이였다. 특히 여뀌, 독새풀은 관행구에서만 발생되어 녹비작물 재배가 잡초발생을 억제하는 효과가 있는 것으로 나타났는데 이러한 것은 특히 호밀과 보리에서 뚜렷하게 보이는 경향이다. 녹비작물을 이용한 잡초억제는 녹비작물이 함유하고 있는 제조활성물질과 녹비작물의 피복에 의한 광 차단효과 등이 있는데 강 등(2002)은 자운영이 피 발생 억제효과가 있었고, 벼-자운영을 지속적으로 재배한 포장의 잡초발생량은 3년 동안 제조제를 무처리하였을 경우 1/9, 50% 절감하였을 경우와 기준량을 처리하였을 경우는 1/15 수준으로 까지 감소되었다고 하였다. 또한 광 등(1984)은 보리잔여물 수용추출액의 억제력이 추출부위와 잡초 종에 따라 약간의 차이가 있으나 보리짚과 뿌리의 혼합처리에서 높았는데 피와 너도방동사니에는 고농도일수록 억제효과가 높았으나 저농도에서는 신초생육을 약간 촉진시켰으며, 마 등(1999)은 잡초성 벼와 피가 보리의 전생육기간 동안 출아억제 및 초장과 건물중의 감소를 보이는데 이는 보리와 토양에 존재하는 모든 phenol 화합물이 종합적으로 관여하고 있다고 하였다.

표 3. 녹비작물 투입에 따른 벼 이앙후 잡초발생 양상

(2008년, 본, g/m<sup>2</sup>)

처리	구분	물달개비	여뀌	올챙이 고랭이	수염가 래꽃	피	벗풀	밭뚝 외풀	독새 풀	쇠뜨 기말	좁개구 리밥
보리	본수	21.3				1.3					소
	건물중	0.9				0.1				2.6	
호밀	본수	21.3			2.7						소
	건물중	1.1			0.5					0.5	
헤어리 베치	본수	20.3			1.3						중
	건물중	0.9			0.1					2.6	
관행 (대조)	본수	26.6	16.0		1.3	2.7			2.7		다
	건물중	1.3	0.1		0.1	0.1			1.5	0.2	
완두	본수	23.9		1.3	4.0		1.3	4.0			다
	건물중	1.2		0.1	0.2		0.3	0.1		7.0	

※ 벼 이앙 6월 5일, 20 DAT 발생조사

다. 벼 병해충 발생 상황

병해충의 발생양상을 보기 위해 2007~2008년에는 병해충 방제를 위한 농약 살포 없이 무방제로 시험 재배하였으나 양호한 기상조건으로 병해충은 크게 발생되지 않았다, 표 4와 같이 2007년도에는 흑명나방이 전반적으로 발생되었고 그 외의 병해충은 발생되지 않았는데 녹비투입별로 피해율은 차이가 없었으며 2008년도에 흑명나방 발생양상은 비슷하였고 전년도보다 피해정도가 적었다. 2007년의 잎집무늬마름병은 피해가 없었고 2008년의 보리, 호밀에서는 발생이 거의 없었으나 헤어리베치, 초록완두 및 관행은 다소 발생이 되었는데 이러한 것은 호밀 및 보리에 비해 질소투입량이 증가되어 생육이 왕성하게 된 원인에 있다고 생각된다.

표 4. 녹비작물 투입에 따른 벼 병해충 발생

처 리	잎집무늬마름병		흑명나방	
	2007년	2008년	2007년	2008년
보 리	0	0	3	1
호 밀	0	0	3	1
헤어리베치	0	1	3	1
초록완두	-	1	-	1
관행(대조)	0	1	3	1

※ 피해율 조사 : 8월 30일, 피해정도 : 1~9

라. 벼 수량 및 미질

2007년 시험결과 표 5와 같이 헤어리베치와 보리 녹체 투입구에서 쌀 수량이 높은 경향이었는데 헤어리베치는 주당수수가 많았고, 보리의 경우 등숙율이 높았던 것이 쌀 수량에 영향을 끼친 것으로 생각되며 수량구성 요소와 쌀 수량이 녹비작물과 관행과 비교 하였을 때 차이가 없는 것으로 나타나 녹비작물의 투입이 화학비료를 절감 할 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

표 5. 2007년 벼 생육, 수량구성요소와 수량 비교

처 리	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	주당 수수	영화수 (개/수)	등숙율 (%)	현미 천립중(g)	쌀수량 (kg/10a)
보리	8.22	66.5 az	19.6	12.3 a	84.5 a	92.2 a	22.64 a	448.9 a
호밀	8.22	65.4 a	19.2	12.9 a	81.6 a	91.1 a	22.90 a	402.1 a
헤어리베치	8.22	68.1 a	18.3	13.9 a	77.5 a	88.5 a	22.40 a	453.8 a
관행(대조)	8.22	69.1 a	18.9	13.7 a	86.7 a	90.1 a	22.78 a	418.8 a

z DMRT 0.05

2008년의 경우 표 6과 같이 관행에서 가장 수량이 증대되었다. 관행과 두과 녹비작물은 비교적 수량이 높았는데 화학비료의 질소 투입이 50%인 화본과 녹비작물에서 특히 수량이 감소되는 결과를 보였는데 호밀에서 유의하게 수량이 떨어졌다.

헤어리베치 투입의 경우 벼의 간장이 가장 길었고 호밀 투입구에서 가장 짧았는데 질소 투입량이 벼 생육에 크게 영향을 끼친 것으로 보여 주고 있다. 이와 같이 두과 녹비작물의 경우 후작물인 벼에 무시비인 경우에도 생육과 쌀 수량구성요소와 수량에는 영향이 없는 것으로 나타났는데 이와 같은 것은 벼 수량이 화학비료와 자운영녹비와 같은 수준이었다고 보고한 것과 같은 경향이였다(2005, 경남농업기술원). 또한 녹비보리작물의 투입이 두과 녹비작물이나 관행에 비해 생육과 쌀 수량구성요소 및 수량은 다소 떨어지나 통계적으로 유의성은 없어서 녹비보리 투입시 화학비료 절감과 수입종자 대체 등의 효과로 녹비작물로 개발이 시급하다 할 수 있으나, 다년간 지속적인 녹비보리 투입시 보리의 생체수량과 벼 수량은 저하될 것으로 판단되어져 더욱 지속적인 연구가 필요하다고 생각되어진다.

표 6. 2008년 벼 생육, 수량구성요소와 수량 비교

처 리	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	주당 수수	영화수 (개/수)	등숙율 (%)	현미 친립중(g)	쌀수량 (kg/10a)
보 리	8.20	71.7 b <sup>z</sup>	19.5 a	19.4 a	83.1 ab	95.4 a	23.09 a	594.8 a
호 밀	8.20	70.6 b	21.0 a	18.9 a	75.0 b	93.3 a	23.05 a	560.4 b
헤어리베치	8.21	74.7 a	20.9 a	18.9 a	95.5 a	94.3 a	22.75 a	609.7 a
초록완두	8.21	71.2 a	19.9 a	19.4 a	91.9 a	94.8 a	23.15 a	603.5 a
관행(대조)	8.21	72.2 ab	18.9 a	20.1 a	104.0 a	93.3 a	23.35 a	614.3 a

<sup>z</sup> DMRT 0.05

녹채 투입에 따른 미질 및 성분을 비교한 결과가 표 7과 같다. 완전립비율은 녹비작물 중에 화본과작물 투입에서 비율이 다소 높았으며 두과 녹비작물과 관행재배에서 다소 낮은 경향을 보였다.

단백질함량은 헤어리베치가 7.1%로 가장 높았으며 다음으로 관행, 보리, 초록완두, 호밀 순이었고, 아밀로스 함량은 관행과 초록완두 투입구에서 약간 높았으나 차이가 없었으며 식미치(Toyo)는 호밀에서 가장 높았고 헤어리베치에서 가장 낮았는데 보리, 초록완두, 관행은 비슷하였다. 이와 같이 양분투입량이 많고 생육이 왕성한 처리구에서 수량은 높았으나 미질관련 부분은 떨어지는 것을 알 수 있었다.

표 7. 녹채 투입에 따른 미질 및 성분 비교(2008년)

처리별	완전립(%)	단백질(%)	수분(%)	아밀로스(%)	식미치(Toyo)
보 리	88.3	6.8	9.7	16.2	75.7
호 밀	84.9	6.3	10.0	16.4	77.6
헤어리베치	81.0	7.1	9.7	16.0	71.4
초록완두	79.5	6.7	9.9	16.4	75.0
관 행	80.2	6.8	10.2	16.5	75.3

마. 녹비작물 경영분석

녹비작물을 투입하고 후작물인 벼를 재배하여 경영분석한 자료가 표 8과 같다. 2007년도는 보리, 호밀, 헤어리베치 재배시 추비만 사용하였고, 벼는 기비 N-P2O5-k2O= 4.5-4.5-5.7kg/10a만 사용하여 추비는 사용하지 않았는데

짚은 강우와 부족 된 일조로 인하여 전반적으로 쌀 수량이 낮았다. 관행에 비해서 녹비보리인 경우 소득이 29천원, 헤어리베치는 27천원이 높았으나 차이가 크지 않았다.

2008년에는 보리, 호밀의 경우 추비만 시용하였는 반면 두과 녹비작물은 무비재배 하였으며, 후작인 벼 재배에도 보리, 호밀은 기비만 두과 녹비는 비료를 시용하지 않았다. 이와 같이 관행에 비해 녹비보리인 경우 60천원의 소득이 감소가 되었고, 호밀은 120천원의 감소되었는데 헤어리베치가 소득이 가장 적게 줄었다.

이러한 것은 2007년도에는 녹비 투입후 벼 재배에 기비를 시용함으로써 첫해에는 수량이 증대되어 소득감소가 없었으나 2008년의 경우 두과녹비는 벼 무비재배를 하여 수량이 전반적으로 다소 줄었고, 화본과인 보리, 호밀은 2007년과 같이 기비는 시용하였으나 2년째 녹비작물 투입과 감비재배로 인해 질소부족이 누적되어 쌀 수량이 다소 줄었는 것으로 생각된다.

이와 같이 녹비보리 투입 후 벼 감비 재배에서도 관행과 비슷한 수량 및 소득이 보장되어 친환경재배에도 보리가 이용이 가능하고 두과작물에 비해서도 크게 떨어지지 않았다.

표 8. 벼 재배 시 비료, 녹비생산비 및 소득

년도	처리내용	쌀수량 (kg/10a)	총수익 (A)	경영비(B)				소득 (A-B)
				녹비작물 종자 및 비료비			기타 경영비	
				녹비작물 종자비	녹비재배 농구비	비료비		
2007	보리	448.9	800,984	12,721	27,807	19,665	329,271	411,520
	호밀	402.1	717,478	11,522	27,807	19,665	329,271	329,213
	헤어리베치	453.8	809,728	22,386	27,807	19,665	329,271	410,599
	관행(대조)	418.8	747,276	0	0	35,023	329,271	382,982
2008	보리	594.8	1,061,318	12,721	27,807	19,665	329,271	671,854
	호밀	560.4	999,937	11,522	27,807	19,665	329,271	611,672
	헤어리베치	609.7	1,087,904	22,386	27,807	0	329,271	708,440
	초록완두	603.5	1,076,841	30,000	27,807	0	329,271	689,763
	관행(대조)	614.3	1,096,112	0	0	35,023	329,271	731,818

\* 경영분석 참고자료

- 농축산물 소득자료 2007년 : 쌀, 겉보리 소득자료, \* 비료대 : 농협 고시가격(2008)

- 농림수산식품부 자료 : 2007년 녹비종자 가격

#### 4. 종합결과

보리를 호밀 대체용으로 녹비작물로서의 이용성을 검토하기 위해 2006년부터 2009년까지 3년에 걸쳐 경북농업기술원 답작포장에서 시험을 수행하고 그 결과를 보고한다.

녹비작물로 두과작물은 무비재배가 가능하여 비료를 주지 않아도 되지만 녹비보리는 재배시 2,000kg/10a를 확보하기 위해서는 추비(요소 9.5kg/10a)를 주어야만 되며, 또한 후작물인 벼는 기비가 시용되어야만 관행과 비슷한 쌀 수량을 산출할 수 있어서 비료의 50% 절감이 가능할 것으로 판단된다.

녹비보리를 재배하면 관행에 비해 여뀌, 독새풀 등 잡초의 밀도를 줄일 수 있어서 잡초발생 억제에 다소 효과적이었고 또한 녹비작물의 투입으로 유기물 함량이 다소 증가되었다. 녹비보리의 다년간 재배시 답리작 재배가 매년 이루어져 흑명나방, 애멸구의 증가 등으로 인한 피해에 대비해야 될 것으로 판단된다. 영남지역은 과거부터 화분과 작물인 호밀을 녹비용으로 많이 재배하여 왔으나 최근에 널리 보급되기 시작한 청보리의 일종인 영양보리가 생산량이 높고 재배가 용이하여 녹비작물로서도 이용가치가 있다고 생각되며 또한 두과작물을 혼파하였을 때 무비재배가 가능하여 친환경재배에도 도움이 되고 수입 호밀종자를 대체 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 제4장 목표달성도 및 관련분야에서의 기여도

### 제1절 목표달성도

#### 1. 녹비에 적합한 보리 품종 선발

전량 수입되고 있는 녹비용 호밀을 대체할 수 있는 녹비용으로 우수한 보리 품종을 국립식량과학원(중북부 지역)과 충남농업기술원(충남부지역), 전남농업기술원(호남 지역), 경북농업기술원(영남지역) 등 각 지역에 알맞은 영양보리를 비롯한 7개의 녹비용 우수 품종을 선발한 바, 녹비 소요 종자를 국산화 대체 할 수 있음으로써 안정적인 종자 공급과 종자 수입에 지拂되는 외화를 절약 할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 2. 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 연구

녹비작물로서 화분과 작물인 보리와 두과작물인 헤어리베치를 공시하여 재배후 생체량으로 10a당 2톤을 벼 이앙 2주전 토양에 시용한 후 일정시기별로 보리와 헤어리베치의 부숙화 및 주요 무기영양성분들의 가용화 량 및 율을 조사하고 벼의 생장반응 및 수량성을 조사하여 하였다.

부숙화 속도면에서 보리는 헤어리베치보다 많이 늦은 것으로 나타났으며 양분가용화량도 화학비료 대체효과는 헤어리베치보다 양적으로 현저히 떨어지는 것으로 나타났다. 3요소인 질소, 인산, 칼리의 가용화 양상을 보면 칼리가 가용화가 가장 빠르며 토양투입후 15일 이내에 대부분 가용화되는 것으로 조사되었다. 인산이 그 다음으로 역시 토양투입 초기에 많은 량이 가용화되었고 질소 역시 초기에 가용화되는 량이 많지만 칼리와 인산성분과는 달리 적은 량이지만 토양 투입후 70일 이후까지 가용화되는 것으로 나타났다. 보리를 녹비로 활용하는 보리-벼의 작부체계에서 벼의 수량이 약 15-20% 감소되어 녹비보리만으로 벼의 재배는 어렵고 추가 화학비료 시용이 요구되어 짐을 알 수 있었다. 두과작물인 헤어리베치는 관행구와 비교해 5-8%의 수량이 증가해 화학비료 대체효과가 있는 것으로 조사되었다.

### 3. 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화 연구

본시험은 녹비보리 환원에 따른 토양 물리성 및 화학성의 변화 양상을 구명하기 위하여 2006년 5월부터 2008년 10월까지 농촌진흥청 국립식량과학원의 인위적으로 조성한 토성별 환경 포장에서 수행하였다. 녹비보리와 녹비보리+헤어리베치의 토양 이화학성 개선은 외부에 투입보다는 윤작체계에 재배하여 환원하는 것이 효과적이었으며 특히, 녹비보리 단과 보다 공중질소 고정을 하는 헤어리베치와 혼파하는 것이 토양의 물리성, 화학성뿐만 아니라 후작 벼 재배의 수량 및 생육에 유리한 결과를 얻었다. 이러한 결과 추후 보리를 녹비로 공급 시 두과인 헤어리베치와 혼파하여 공급하는 것이 여러 가지 측면에서 유리할 것으로 생각된다.

### 4. 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발

보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법을 개발하기 위하여 중부지역으로 수원 국립식량과학원 답작 포장과 호남지역 익산의 벼맥류부와 영남지역으로 밀양의 기능성작물부 답작 포장에서 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기와 환원량 및 녹비보리 이용시 후작물 벼의 시비량을 구명 등 재배법 확립으로 화학비료 절감(2007년 42천ha에 16억원)을 할 수 있을 것으로 생각된다.

### 5. 녹비보리 투입시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구

전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 대체할 수 있는 보리를 녹비작물로서의 이용성을 검토하기 위해 3년에 걸쳐 4개 지역에서 녹비보리 투입 시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증 시험을 수행한 결과, 수입호밀 대신 보리로 대체하였을 때 후작물 재배 시 관행 방법대로 병해충 및 잡초방제를 하면서 녹비보리를 이용할 수 있음을 실증하였고, 최소 30%정도의 비료절감 효과를 거둘 수 있다는 결과를 얻어 시험설계 시 설정한 수입호밀 대체 목표를 달성하였다.

## 제2절 관련분야의 기여도

### 1. 녹비에 적합한 보리 품종 선발

녹비에 적합한 보리 품종을 선발하여 전량 수입에 의존하던 녹비용 호밀종자를 국내에서 생산 공급 할 수 있는 보리 종자로 대체 가능함으로써 그간 식용 목적으로 한정되었던 보리 활용 영역을 넓히게 되어 직접적으로는 보리 종자 생산 사업의 확충으로 농가소득증대에 기여 할 수 있고, 간접적으로는 농토의 배양을 통한 작물 생산력 증대 효과와 더불어 겨울철 유휴 농경지 활용이 촉진됨으로 하여 저탄소 녹색 성장의 큰 기반이 될 것으로 판단된다.

### 2. 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 연구

본 연구의 결과로 녹비작물(두과: 헤어리베치, 화분과: 보리)들의 토양투입 후 일정시기별로 유기물로서의 부숙화 속도, 무기영양성분들의 가용화 량 및 율을 조사분석하여 녹비작물의 토양 시용시기, 시용량, 토양관리 기술, 화학비료의 이용방법 등을 개선할 수 있는 기초 및 응용기술을 활용 할 수 있을 것으로 생각된다.

### 3. 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화 연구

본시험은 녹비보리 환원에 따른 토양 물리성 및 화학성의 변화 양상을 구명하기 위하여 2006년 5월부터 2008년 10월까지 농촌진흥청 국립식량과학원의 인위적으로 조성한 토성별 환경 포장에서 수행하였다. 기존의 보리짚 등 부산물에 대한 시용 효과는 있었지만 보리를 녹비로 활용한 연구는 거의 없었다. 특히 보리의 녹비 활용 시 토양 물리·화학성 변화양상 뿐만 아니라 보리의 헤어리베치와 혼파 시 효과를 구명하여 보리의 녹비 이용 화학비료 대체뿐만 아니라 생태계의 안전성, 지속성에도 기여할 것으로 생각된다.

### 4. 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발

보리 환원에 따른 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기 와 환원량 및 녹비보리 이용시 후작물 벼 의 시비량을 구명 등 재배법 확립으로 화학비료 절감 및 녹비작물을 다양하게 이용 할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 녹비보리 투입시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구  
수입 호밀 대체 녹비보리의 이용성을 타진한 실증시험으로 호밀종자 수입을 전량 국산화 가능한 보리로 대체함으로써 막대한 국가의 경제적 이익을 창출하였고, 보리 수매로 누적되고 있는 보리를 소비할 수 있는 길이 열렸으며, 이로 인해 겨울철 푸른들 가꾸기 사업에도 크게 공헌을 할 수 있게 되었다.

뿐만 아니라 '09년 현재 벼 재배 시 자운영, 헤어리베치 등 두과 녹비작물에 치중됨으로써 생겨나는 문제점들을 해소할 수 있는 길이 열렸다. 이들 두과 녹비작물과 보리를 혼파함으로써 겨울철 동계녹비작물을 효율적으로 재배할 수 있을 뿐 아니라, 동계녹비작물 투입 후작물 재배 시 화학비료 대체와 동시에 재배로 일어나는 도복 등의 부정적인 요인을 해소할 수 있는 길이 열렸다.

## 제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획

본 연구는 전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 보리로 대체 하고자 녹비에 적합한 보리 품종을 선발하고, 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 구명 및 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화를 구명하며, 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발로 후작물 벼 재배 시 녹비보리의 환원시기와 녹비보리의 환원량 구명 및 녹비보리 이용시 후작물 벼의 시비량을 구명 하여 녹비보리 투입시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증 시험을 수행한 결과를 다음과 같이 활용하고자 한다.

첫째, 각 지역별로 녹비용으로 적합한 영양보리 등 7개 녹비 적합 보리 품종을 정부 정책 자료로 제공하는 동시에 홍보 및 대 농민 교육 등을 활용하여 녹비 보리의 재배 보급을 확대 촉진하여 나갈 계획이며, 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 구명 및 보리 환원에 따른 토양 이·화학성 변화를 구명하여 녹비작물의 토양 시용시기, 시용량, 토양관리 기술, 화학비료의 이용방법 등을 개선할 수 있는 기초 및 응용기술을 활용 할 수 있으며, 보리의 녹비 활용 시 토양 물리·화학성 변화양상 뿐만 아니라 보리의 헤어리베치와 혼파 시 효과를 구명하여 보리의 녹비 이용 화학비료 대체뿐만 아니라 생태계의 안전성, 지속성에도 기여할 것으로 생각되며, 보리 환원에 따라 후작물인 벼 재배에서 화학 질소비료를 30% 절감할 수 있음과 동시에 농토의 지력을 증진시킬 수 있어 농업 경영비를 줄일 수 있을 것으로 판단되며, 현장실증으로 검증된 시험성적으로 전량 수입에 의존하고 있는 호밀을 보리로 대체하여 재배면적을 확대하면 외화를 절약 할 수 있고 국내에서 종자를 생산 하므로 농가소득을 올릴 수 있을 것으로 생각된다.

둘째 이 과제를 수행하면서 연구결과를 ‘겨울철 푸른들 가꾸기 대상작물로 녹비보리 지정 및 호밀대체용 보리증식’, ‘수입호밀 대체 녹비작물로 녹비보리 활용 방안’등 시책건의 2건과 ‘지역별 보리의 녹비작물로서 적합한 품종 추천’, ‘녹비보리이용 벼 재배 시 적정 환원시기 및 감비량 추천’등 영농활용 5건, 한국작물학회 9편의 논문을 발표 하였으며, ‘친환경농업의 이해와 녹비작물 이용 친환경 쌀 생산’, ‘녹비보리 이용 친환경 벼농사’리플릿을 제작하여 홍보 하였으며, 금후에도 국내학회에 발표 및 게재 할 예정이다.

## 제 6 장. 참고문헌

### <제1절 녹비에 적합한 보리 품종 선발>

Clark Andy. 2007. Managing cover crops profitably (third edition). Sustainable agriculture network. MD, USA.

Meisinger, J.J., W.L. Hargrove, R.L. Mikkelsen, J.R. Williams, and V.W. Benson. 1991. Effects of cover crops on ground water quality. p. 57-68.

Shiple, P.R., J.J Meisinger, and A.M. Decker. 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops. Agron. J. 84:869-876.

김원호, 서성. 2006. Cultivation and Utilization Barley as the Main Winter Crop in Paddy Field. 한국초지학회 06학술심포지움:35-37

농촌진흥청, 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준.

농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 삼미기획

농림부. 2006. 친환경농업육성 5개년 계획. p 22

농촌진흥청. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용(표준영농교본-123). p 161

박찬호, 이종열, 김동암. 1982. 신고 사료녹비작물학. 향문사.

이호진, 1983, 한국농업기술사 제 5 편 사료 및 녹비작물 생산기술. 정민사.

조성진 등, 2003. 삼정 비료학. 향문사.

한상수. 2001. 벼 2 모작 논에서 보릿짚 시용이 토양이화학성 및 양분흡수에 미치는 영향. 한토비지

**<제2절 보리 환원시 토양 중 부숙화 속도 및 양분 가용화 변화 연구>**

Bull, B. and A. Mayfield. 1992. Growing vetch. Bold Images. Australia.

Seo, J.H., H.J. Lee., and I.B. Huh., and S.J. Kim. 1998. Effect of hairy vetch green manure on maize growth and nitrogen uptake. RDA. J. Agro-Envir. Sci. 40(1):62-68.

Seo, J.H., H.J. Lee., and I.B. Huh., and S.J. Kim. 2000. Nitrogen use and yield of silage corn affected by hairy vetch soil-incorporated at different time in spring. Korean J. Crop Sci. 45(4):272-275.

Smith, M. S., W. W. Frye and J. J Varco. 1987. Legume winter cover crops. Advances in Soil Sci. 7:95-139.

최진룡, 이석순, 윤을수. 1995. 지속 농업체계에서 작물의 생산의 원리와 실제. 영남농업시험장 설립 30주년 기념심포지움. 환경보전형 저 에너지요구 농업기술개발전략. p30-54.

정지호, 소재동, 이경수, 김호중. 1995. 자운영에 의한 토양개선 및 벼 생산성 증대 연구. 농촌진흥청 농업논문집 37(1):255-258.

김동암, 김종덕, 이광녕, 신동은, 정재록, 김원호. 1997. 콩과목초잔주의 옥수수에 대한 질소공급효과. 한국초지학회지. 17(3):293-304.

김원호, 서성. 2006. Cultivation and Utilization Barley as the Main Winter Crop in Paddy Field. 한국초지학회 06학술심포지움:35-37

농림수산부. 1980. 농림수산통계연보.

농림수산부. 1984. 농림수산통계연보.

박찬호, 이종열, 김동암. 1982. 신고 사료녹비작물학. 향문사.

서성, 김원호, 신재순, 임영철, 김기용, 최기춘, 김찬호. 2004. Effect of Seed Method and Seeding Rate on the Agronomic Characteristics and Yield of Forage Barley. 한국초지학회지. v.24 no.4:317-323

서종호, 조현숙, 김충국, 김시주. 2000. 중질소(Nitrogen-15)에 의한 헤어리베치 녹비질소의 토양잔존율 및 옥수수 회수율 분석. 작물시험연구논총 제1권. 293-297.

서종호, 조현숙, 김충국, 김시주. 2000. 헤어리베치 녹비의 토양중 질소동태 및 옥수수에 대한 질소공급효과. 작물시험연구논총 제1권. 287-292.

심교문, 이정택, 윤성호, 황규홍. 2000. Analysis of Meteorological Variation during Winter Barley Cropping Season in Korea. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. v.2 no.3:95-102

#### <제3절 보리 환원에 따른 토양 이·화학적 변화 연구>

Clark Andy. 2007. Managing cover crops profitably (third edition). Sustainable agriculture network. MD, USA.

Clark, A.J., A.M. Decker and J.J. Meisinger. 1994. Seeding rate and kill date effects on hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures for corn production. Agron. J. 86:1065-1071.

Holderbarum, J.F., A.M. Decker, J.J. Meisinger, F.R. Mulford, and L.R. Vough. 1990. Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the humid East. Agron. J. 82:117-124.

Meisinger, J.J., W.L. Hargrove, R.L. Mikkelsen, J.R. Williams, and V.W. Benson. 1991. Effects of cover crops on ground water quality. p. 57-68.

In W.L. Hargrove (ed) Cover crops for clean water. Soil and Water Conserv. Soc., ankeny, IA. Power J.F., J.W. Doran, and P.T. Koerner. 1991.

Hairy vetch as a winter cover crop for dryland corn production. J. Prod. Agric. 62:62-67.

Seo J.H., D.H. Kim, G.G Kim, C.G. Kim, S.H. Choi, and M.H. Koh. 1997.

Variation of soil inorganic nitrogen and utilization efficiency of nitrogen in maize and oat at different level application. RDA. J. Agro-En. Sci. 39(1):43-49.

Seo J.H., H.J. Lee and S.J. Kim. 2000. Changes of green manure and nitrogen yield of hairy vetch according to seeding date in autumn Korea J. Crop Sci. 45(6):400-404.

Shiple, P.R., J.J Meinsinger, and A.M. Decker. 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops. Agron. J. 84:869-876.

Wright S.F., V.S. Green., M.A. Cavigelli. 2007. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. Soil & Tillage Research 94: 546-549.

김충국, 서종호, 조현숙, 최성호, 김시주. 2002. 벼 재배 시 헤어리베치 녹비의 이용 효과. 한국토양비료학회 35(3):169-174.

농촌진흥청, 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준.

박성태, 전원태, 김민태, 성기영, 구자환, 오인석, 이병규, 윤영환, 이종기, 이 건희, 유진희. 2008친환경농업의 이해와 녹비작물 이용 친환경 쌀 생산기술. 농촌진흥청 작물과학원: 7-38.

서종호, 이호진, 허일봉. 2001. 옥수수-연맥 헤어리베치 작부체계에서 옥수수에 대한 헤어리베치 녹비효과. 한국작물학회지 46(3):189-194.

서종호a, 이성희, 조영순, 이재은, 이충근, 권영업. 2008. 호밀녹비 이용 시 중 질소(15N)를 이용한 질소원 유래별 콩의 집적질소 분획추정. 한국작물학회지 .53(1): 50-57.

서종호b, 이재은, 조영순, 이충근, 윤영환, 권영업, 구자환. 2008. 호밀 피복작물 및 보전경운체계가 잡초발생과 콩 입모율에 미치는 영향. 한국잡초학회지 28(4): 383-390.

이호진, 1983, 한국농업기술사 제 5 편 사료 및 녹비작물 생산기술. 정민사.

전원태, 성기영, 김민태, 오계정, 오영미, 오인석. 2009. 답리작 녹비작물 안전 재배 기술 확립. 국립식량과학원 2008년 시험연구보고서.

전원태, 양원하, 노석원, 김민태, 성기영, 이종기. 2007. 종이멸칭 이앙재배 시 유기물원에 따른 토양산화환원전위, 잡초방제 및 벼 생육특성 변화. 한국토양 비료학회40(6): 495-500.

조성진, 김무기, 김복진, 김성조, 김용웅, 박우철, 심재성, 양민석, 유관식, 육창수, 윤영상, 정연규. 2003. 삼정 비료학. 향문사.

<제4, 5, 6절 보리 환원에 따른 후작물 벼 재배법 개발>

Clark, A. J., A. M. Decker, J. J. Meisinger and, M. S. McIntosh. 1997. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture : I. Cover crop and corn nitrogen. *Agron. J.* 89:427-436

Hwang, K. N. and Y. J. Kim. 1978. Studies on soil organic matter. Effect of straw on paddy yield. p. 552-574. Research report for 1977. RDA, Suwon, Korea.

Jeong, J. H., J. D. So, G. S. Rhee and H. J. Kim. 1995. Soil improvement and rice yield productivity by milk vetch in paddy soil. *RDA. J. Agri. Sci.* 37:255-258

Kim, C. K., J. H. Seo, H. S. Cho, S. H. Choi and S. J. Kim. 2002. Effect of hairy vetch as green manure on rice cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35:169-174

Lee S. H., S. H. Yoo, S. J. Seol, Y. An, Y. S. Jung and S. M. Lee. 2000. Assesment of salt damage for upland-crops in Dae-Ho reclaimed soil. *Korean J. environmental agriculture.* 19:358-363

Meisinger, J. J., W. L. Hargrove, R. L. Mikkelsen, J. R. Williams and V. W. Benson. 1991. Effects of cover crops on groundwater quality. pp57-68.

In:Hargrove, W. L. (ed). Cover crops for clean water. Soil and Water Conserv. Soc., Ankeny, IA.

Seo, J. H., C. K. Kim, H. S. Cho and I. B. Hur. 2002. The effects of hairy vetch green manure in paddy and upland. *Treat. of Crop Res.* 3:257-270

Shiple, P. R., J. J. Meisinger and A. M. Cecker. 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops. *Agron. J.* 84:869-876

Sohn, B. K., J. S. Cho, D. J. Lee, Y. J. Kim, S. Y. Jin and G. S. Cha. 2004. Paddy rice growth and Yield as affected by incorporation of green barley and chinese milk vetch. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:156-164

Yang, C. H., C. H. Yoo, S. W. Kang and S. S. Han. 2002. Effect of milk vetch utilization rice cultivation to reduce application amount of nitrogen at plowing time in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35:352-360

Yoshino, T. 1976. Utilization of  $^{15}\text{N}$  to nitrogen fertility in paddy field. *J. Japanese soil sci. Plant Nutri. (supple.)* 20:148.

Yoo, I. S., Y. S. Kim and C. S. Park. 1991. Studies on the rice yield and physico- chemical properties of soil in paddy fields. *RDA Report.* 14:1-16

chemical properties of soil in paddy fields. *RDA Report.* 14:1-16

한상수. 2000. 이모작 답에서 질소시용량이 보릿짚 분해와 수도생육및 수량에 미치는 영향. 한토비지

한상수. 2001. 벼 2 모작 논에서 보릿짚 시용이 토양이화학적 및 양분흡수에 미치는 영향. 한토비지

김광식. 1989. 보릿짚시용이 논토양의 생화학성에 미치는 영향. 한토비지

이상복, 김병수, 강종국, 김선, 김재덕. 2006. 논에서 콩 재배시 보릿짚 시용과 경운방법에 따른 토양 물리성과 수량. 한작지

손보균. 1983. 논土壤의 보릿짚 施用效果에 대한 研究. 전남대 농어촌개발연구소

오왕근. 이상균. 1971. Stuiies on the Effect of Compost and Fresh Rice Straw on Paddy yield. 한토비지 4(2) : 177-186

**<제7, 8, 9, 10절 녹비보리 투입시 후작물의 병·해충, 잡초 발생 양상 및 현장 실증연구>**

권오상, 강혜정. 1999. 토양성분이 농업생산성 변화에 미치는 영향. 농업경제연구 40(1) : 15-36

김길웅, 신동현, 이인중, 김학윤, 김지훈, 김건우. 1999. 벼 Allelopathy에 관한 연구. I. 벼의 Allelopathic potential에 관여하는 요인검정. 한잡초지 19(2) : 114-120.

김수경, 손범영, 김대호, 김은석, 강동주. 2000. 보릿짚 시용이 콩의 생육 및 수량에 미치는 영향. 한작지 45(6) : 387-391.

김이열, 조현준, 한경화. 2004. 유기성 물질 시용에 따른 농경지 토양 물리성 변화 연구. 한토비지 37(5) : 304-314.

김인하, 노영팔, 정연태. 1987. 퇴비 연용이 답토양의 물리성에 미치는 영향. 농시논문집(식환·균이·농가) 29(1) : 54-59.

김충국, 서종호, 조현숙, 최성호, 김시주. 2002. 벼 재배시 헤어리벳치 녹비의 이용 효과. 한토비지 35(3) : 169-174.

류철현, 양창휴, 강승원, 한상수, 김성조. 2001. 벼 2모작 논에서 보릿짚 시용이 토양이화학성 및 양분흡수에 미치는 영향. 한토비지 34(2) : 110-116.

류철현, 양창휴, 이상복, 강승원, 한상수, 김성조. 2000. 이모작 답에서 질소시비량이 보릿짚 분해와 수도생육 및 수량에 미치는 영향. 한토비지 33(3) : 167-174.

마상용, 김종석, 양환승. 1999. 잡초성벼 및 피에 대한 보리의 타감효과 탐색. 한잡초지 19(3) : 228-235.

서종호, 이호진, 허일봉, 김시주, 김충국, 조현숙. 동계 녹비작물 초종별 화학 성분 및 생산성 비교. 한국초지학회지 20(3) : 193-198.

손보균, 조주식, 이도진, 김영주, 진서영, 차규석. 2004. 자운영 및 보리 재배 혼입처리에 따른 벼 생육과 수량. 한토비지 37(3) : 156-164.

윤봉기, 김회권, 최형국, 박인진. 2004. 자운영 재배답에서 질소와 석회의 시용이 자운영의 부숙과 벼 생육에 미치는 영향. 한국국제농업개발학회지 16(2) : 168-173.

이승찬, 마경철. 1997. 벼 기계이앙 및 직파재배에 따른 수도 주요해충의 발생 피해. 한국응용곤충학회지 36(2) : 141-144.

이춘우. 2000. 일본의 Allelopathy에 관한 최신 연구 동향. 한잡초지 20(1) : 60-66.

정지호, 신복우, 유철현. 2001. 유기물 장기연용이 토양의 이화학적 성질과 벼 수량에 미치는 영향. 한토비지 34(2) : 129-133.

시험연구결과 경제성 분석 기준자료(발간등록번호 11-1390000-000666 -10). 2008. 농촌진흥청 경영정보정책관실

작황조사 보고서. 2007. 농촌진흥청(발간등록번호 11-1390000-000159 -10). p86

김충국, 서종호, 조현숙, 최성호, 김시주. 2002. 벼 재배시 헤어리베치 녹비의 이용효과. 한국토양비료학회지 35(3):169~174.

농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 삼미기획

농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준. 문성사

류종원. 2003. 헤어리베치 녹비 및 액상분뇨 시용이 황기 생육과 수량에 미치는 영향. 한국약용작물학회지 11(2):83~88.

서종호, 이호진, 김시주, 허일봉. 1998. 생육단계 및 경운방법에 따른 헤어리베치 녹비의 질소방출 패턴의 변화. 한국토양비료학회지 31(2):137~142.

서종호, 이호진, 허일봉, 김시주, 김충국, 조현숙. 2000. 동계 녹비작물 초종별 화학성분 및 생산성 비교. 한국초지학회지 20(3):193~198.

서종호, 이호진, 허일봉, 김시주, 김충국, 조현숙. 2000. 동계 사초호밀 및 녹비 헤어리베치 재배에 따른 토양 질산태질소 및 옥수수 질소 흡수량 비교. 한국초지학회지 20(3):199~206.

서종호, 이호진, 허일봉, 김시주. 2001. 헤어리베치의 추파시기에 따른 녹비의 수량 및 질소량의 변화. 한국작물학회지 45(6):400~404.

서종호, 이호진, 허일봉. 2001. 옥수수-연맥 헤어리베치 작부체계에서 옥수수에 대한 헤어리베치 녹비효과. 한국작물학회지 46(3):189~194.

서종호, 조현숙, 김충국, 김시주. 2000. 중질소(Nitrogen-15)에 의한 헤어리베치 녹비질소의 토양 잔존율 및 옥수수 회수율 분석. 작물시험연구논총 1:293~297.

손보균, 조주식, 이도진, 김영주, 진서영, 차규석. 2004. 자운영 및 보리재배 혼입처리에 따른 벼의 생육과 수량. 한국토양비료학회지 37(3):156~164.

- 신정남, 김동암, 고기환, 김용원. 2000. 도입 벼치품종 및 한국 야생종의 생육 특성과 수량. 한국초지학회지 20(4):251~258.
- 오왕근. 1978. 유기물의 시용이 토양의 화학적 성질에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 11(3): 162~174.
- 오윤진. 1983. 3요소 및 유기물의 연용이 답토양의 변화와 수도생육 및 수량에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 28(4): 431~438.
- 유철현, 소재돈, 井田明, 田中福代, 西田瑞彦. 1992. 난지 2모작 세립질 논에서 유기물의 연용효과. 한국토양비료학회지 25(4): 325~333.
- 강종국, 임일빈, 김선, 나승용, 한상수, 심재환. 2002. 벼-자운영 지속재배시 제초제 처리수준별 잡초방제 효과. 한국잡초학회지 22(별책 2): 94~96
- 곽상수, 김길용. 1984. 보리잔여물 속에 함유된 주요 Phenolic Acids가 논 잡초 발아에 미치는 영향. 한국잡초학회지 4(1) : 39~51
- 농림부. 2006. 친환경농업육성 5개년 계획. p 22  
농업경영정보관실. 2007. 농축산물 소득자료 2007년
- 농촌진흥청. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용(표준영농교본-123). p 161
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석기준. p 271-288
- 마상용, 김종석, 양환승. 1999. 잡초성 벼 및 피에 대한 보리의 타감효과 탐색. 한국잡초학회지 19(3) : 228~235

## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.