

최 종
연구보고서

헤어리베치 활용 화학비료 및 제초제절감
환경친화형 작물재배 기술개발

Development of sustainable agriculture using hairy vetch for reducing fertilizers and herbicides.

연 구 기 관
충 북 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "헤어리베치 활용 화학비료 및 제초제절감 환경친화형 작물재배 기술개발"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 11월 일

주관연구기관명 : 충북대학교

총괄연구책임자 : 이 철 원

연 구 원 : 송 범 헌

연 구 원 : 김 주 호

연 구 원 : 유 영 채

연 구 원 : 유 선 상

연 구 원 : 이 경 아

협동연구기관명 : 상지대학교

연 구 원 : 류 종 원

연 구 원 : 임 상 철

연 구 원 : 김 도 규

연 구 원 : 정 승 호

요 약 문

I. 제 목

헤어리베치 활용 화학비료 및 제초제절감 환경친화형 작물재배 기술개발

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

1. 목 적

식량문제는 오랜 옛날부터 현재까지 인류의 생존과 직접 연관되기 때문에 가장 중요한 현안과제로 여겨오고 있으나 아직도 식량의 원활한 공급은 해결되지 않은 상태이다. 우리나라는 식량을 자급자족할 수 있는 기반을 구축하기 이전에 공업화전략으로 산업사회로 진입하면서 과거보다는 풍요로운 생활을 누리고 있지만 정작 가장 중요한 식량문제는 외국수입농산물에 70%이상을 의존해야만 하는 실정이다. 또한 환경 불친화형 고도의 중공업 및 산업사회의 발달로 인해 야기되는 환경파괴와 오염문제는 우리 주변환경을 악화시키고 있어 법과 규정으로 주변 환경파괴 및 오염을 방지하려는 노력이 진행되고 있으나, 자연환경을 쾌적하게 하고 자연에너지의 다양한 순환체계 하에서 오염원들을 정화할 수 있는 기능을 갖는 농업생산활동도 식량의 생산성 향상 및 농가 소득증대를 주된 목적으로한 일변된 경영으로 화학비료 및 농약을 과다 사용하여 잘 유지 보존되어야 할 농경지 생태를 파괴하여 왔다.

에너지 고갈에 대비하고, 토양 및 수자원 등이 잘 보존될 수 있도록 하는 영농방법이 제안되었는데, 이것이 환경친화형농업이다. 즉, 농업용 화학제제나 화석연료의 사용을 줄이고, 농가자체에서 조달할 수 있는 재생 자원의 공급을 높이며, 에너지의 재순환과 작부방식을 효율적으로 개

발하는 등의 방법을 이용하여 환경을 잘 유지보존하면서 생산성도 유지하는 것이라고 할 수 있다. 이러한 노력은 전세계적인 추세이며, 이의 효율성을 높이기 위하여 투입된 에너지의 이용효율 증대, 투입에너지의 대체화, 시스템의 재구성 등 여러 가지 면을 연구개발하고 있다. 최근 미국 농무성에서는 환경친화형 농업, 농한기를 이용한 토지 이용율 증대, 천연에너지 재순환, 생물학적 제초방제 효과 등에 대한 연구를 위해 헤아리베치를 선정하여 농업의 생산성 향상은 물론 화학비료 및 제초제 사용량 감소 등의 다양한 연구를 시작한 상태이다.

따라서 본 연구는 녹비작물이며, 피복작물이고, 사료작물로 활용이 가능한 헤아리베치를 이용하여 겨울철에 토지 이용율을 높일 뿐만아니라 자연환경도 아름답게 하면서 대기 가스 중에 약 78%로 대량 존재하나 쉽게 이용하지 못하는 공중질소를 생물학적으로 고정하고, 토양의 유기물 함량을 높이는 등 토양의 비옥도 증진 및 개량증진을 함양하는 동시에 화학비료 및 제초제 절감 효과 등을 통해 다른 어느 농법 또는 농자재를 이용하는 것보다도 생산성 및 품질성을 안정적으로 유지시키며 환경을 파괴하지 않는 친환경농업기술 개발을 기대할 수 있다.

2. 중요성

이러한 차원에서 “헤아리베치 활용 화학비료 및 제초제 절감 환경친화형 농업 기술개발”을 목표로 1) 헤아리베치 활용 전작물 작부체계 개발로 토양비옥도 증진 및 생산성 향상 연구를 추진한다. 즉 월동력이 강하고, 이른 봄에 생육이 왕성한 헤아리베치를 이용하여 토지 이용율 증진, 토양 개량, 공중질소 고정 능력 등에 의한 화학비료 절감, 헤아리베치의 피복작물화로 제초제 절감 등의 기술개발로 안정적 생산성 추구 및 쾌적 환경을 유지보존한다. 2) 생육이 왕성하여 과수원에서 발생하는 여러 잡초들을

우점하여 포도와 배 과수원의 헤어리베치의 초생재배 기술개발로 과수원의 토양비옥도 증진, 토양유실 방지, 화학비료 및 제초제 절감, 완효성 비료효과 등의 기술개발로 과수원의 환경개선은 물론 생산성 및 품질성 향상을 유도한다. 3) 평야지와는 달리 6월이후에도 헤어리베치가 왕성히 자라는 고랭지 채소재배 단지에 헤어리베치 작부체계를 도입하여 경사지 고랭지 채소단지의 토양유실 방지, 녹비작물로서의 효과 토양개량 효과, 비료 및 제초제 절감효과 등의 고랭지 채소의 환경친화적 재배기술 개발하고 고랭지 채소의 생산성 및 품질성을 향상 시킬 수 있다고 판단된다.

Ⅲ. 연구 개발 내용 및 범위

연구개발 내용	연구 범위
과원에서 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 겨울철 피복 및 녹비작물의 성장특성 및 재배기술 개발 ○ 피복 및 녹비작물의 재배에 의한 과수원의 물리화학적 개량 효과 ○ 피복작물로서의 효과로 제초방제 효과 ○ 과실의 품질 향상 효과
밭토양에서의 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 겨울철 피복 및 녹비작물의 내한성 및 내동성의 성장특성 및 재배기술개발 ○ 피복 및 녹비작물의 재배에 의한 토양유실 방지 효과 및 물리화학적 개량 효과 구명으로 화학비료 절감량 결정 ○ 헤어리베치의 부숙화 및 무기양분의 가용화 속도 및 무기영양분의 가용화량 조사분석으로 화학비료 절감 효과
고랭지채소재배단지에서의 헤어리베치 활용 환경친화형 농업기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 헤어리베치 추파, 춘파 후 생육시기별 생육특성, 생육시기별 양분생산성, 토양개량 효과 ○ 고랭지에서 휴경기간이나 작물 재배기간중 녹비작물의 잡초방제 ○ 헤어리베치 후작 채소 재배시 잡초발생, 채소생육, 토양의 무기양분과 무기물 흡수량 ○ 고랭지 채소재배 지대에서 헤어리베치와 채소작물과의 작부체계

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

세부과제 1. 과원에서 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형

관리기술 개발

헤어리베치를 배 과수원에서 녹비 및 피복작물로 재배이용하여 효과적이고 환경친화적인 배 과수원의 관리방법을 개발하기 위하여 과수원에서 헤어리베치의 생산성을 조사하고, 헤어리베치 피복에 의한 잡초방제효과와 토양개량효과, 그리고 과실의 품질특성과 수량에 미치는 영향에 대하여 조사하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 생체수량은 개화기인 5월 중순까지 빠르게 증가하였으며 그 이후 증가폭이 크게 둔화되었다. 또 헤어리베치를 자연 방임하는 것 보다 파종 및 경운했을 때 생산성이 더 높았다.

나. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 건물수량을 살펴보면, 헤어리베치 파종구에서는 7kg/10a 이상 파종구에서 2ton/10a 이상의 건물수량을 보였으나 헤어리베치 경운구에서는 5kg/10a 이상 경운구에서 2ton/10a 이상 건물수량을 보였다.

다. 헤어리베치의 질소함량은 동 후 꾸준히 증가하여 개화기 전인 5월 상순에 최고 질소함량을 보이고 이후 개화기에 접어들면서 서서히 감소하였으나 헤어리베치 피복량이나 생육시기에 관계없이 3%이상의 질소함량 유지하였다.

라. 봄에 발생한 잡초종은 냉이, 꽃다지, 보리쟁이, 개불알풀, 지칭개, 독새풀, 새포아풀 그리고 쑥 등 8종이었으며, 여름에 발생한 잡초종은 피, 강아지풀, 망초, 개망초, 여뀌, 깨풀 그리고 쑥 등 7종이었다. 그리고 헤어리베치의 피복량이 많을수록 잡초방제효과가 뛰어났으며 7kg/10a 이상 파종구에서 paraquat 처리구보다 높은 잡초방제효과를 보였다.

마. 여름에 발생한 잡초종은 피, 강아지풀, 개밀, 망초, 개망초, 명아주, 여뀌, 깨풀 그리고 썩 등 9종이었다. 그리고 헤어리베치의 피복량이 많을수록 잡초방제효과도 뛰어났으며 방입구를 제외한 파종구와 경운구에서 paraquat 처리구보다 높은 잡초방제효과를 보였다.

바. 과수원에서 헤어리베치 피복에 의한 토양개량효과를 살펴보면, 토양의 pH는 헤어리베치 처리구보다 paraquat 처리구에서 약간 높았으며, CEC와 유기물함량은 헤어리베치 처리구에서 paraquat 처리구와 무처리구보다 높게 나타났다. 그리고 전반적으로 헤어리베치의 피복량이 많을수록 CEC와 유기물함량이 높게 나타났으며 석회요구량은 감소하였다.

사. 신고배의 수량은 7kg/10a 이상 파종구에서 paraquat 처리구보다 높았고, 9kg/10이상 파종구 및 경운구에서 paraquat 처리구보다 높았다.

세부과제 2. 밭토양에서의 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발

헤어리베치를 사료, 녹비 및 피복작물로 이용하는 친환경 농업기술을 개발하기 위하여 헤어리베치의 생산성을 구명하고, 생산후 토양환원 및 피복하였을 때 헤어리베치의 부식화율과 체내 무기영양성분의 토양 내 유출되는 양을 조사 분석하고 토양비옥도 증진효과를 구명하여 환경농업을 실천하기 위한 기초자료 및 응용자료를 얻고자 조사한 결과는 다음과 같다.

시험 1. 헤어리베치의 파종시기에 따른 생산성 및 무기영양성분 함량 변화

가. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 생체수량은 10월 10일 파종구나 10월31일 파종구 모두 5월 중, 하순까지 빠르게 증가하였으며 그 이후에는 증가폭이 감소되었다. 또한 파종시기별로는 전년도에 파종시기가 빠를수

록 이듬해 월동후의 헤어리베치 생산성이 높아짐을 알 수 있었다.

나. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 건물수량은 10월 10일 파종구에서는 400Kg 미만으로 적었으나 이후 빠르게 증가하여 헤어리베치 파종량 5Kg 이상인 처리에서는 1200Kg이상의 건물수량을 내었다.

다. 헤어리베치 지상부의 전질소 함유량은 파종일과 상관없이 월동 후 4월 23일을 전후로 하여 약 3%정도로 최대가 되었다가 이후 서서히 감소하였으나 파종시기 및 파종량별로 큰 차이를 보이지 않았으나 건물중의 증가에 비례하여 질소의 흡수량은 식물체내 질소함량과는 달리 파종시기 및 파종량이 빠르고, 많을수록 높은 경향이였다. 급격히 증가하여 녹비작물로서 유망시 된다.

라. 헤어리베치 지상부의 인산함유량은 파종일과 상관없이 월동 후 초기에는 최소 0.38%, 최대 0.50%이었으나 생육이 진전됨에 따라 다소 감소되는 경향이였다. 10월 10일 파종구에서는 HV9>HV3>HV7>HV1>HV5 순이였고, 10월 31일 파종구에서는 HV1>HV5>HV3>HV7>HV9순으로 헤어리베치 파종량과는 큰 차이가 없었다.

마. 헤어리베치 지상부의 카리함유량은 최소 3.76%, 최대 4.62% 였으나 수확시기가 가까워 옴에도 함유량은 거의 변하지 않았다. 10월 10일 파종구에서는 HV3>HV5 >HV1>HV7>HV9 순이였고, 10월 31일 파종구에서는 HV9>HV7>HV1>HV3>HV5순으로 헤어리베치 파종량과는 큰 차이가 없었다.

시험 2. 헤어리베치의 녹비활용시 부숙화 및 양분 가용화 속도

가. 수분100%조건인 온도 20℃와 30℃에서의 처리 후 5일에 부숙되는 정도가 가장 크지만, 처리 후 50일 경에는 다른 처리와 비슷한 경향의 부숙도를 나타낸다.

나. 부숙화율 50%에 도달되는 일수는 수분100%의 온도조건 30℃에서

약 5일로 가장 빠르며, 토양 수분이 포장용수량인 토양환원조건에서 약 18일로 가장 느리다.

다. 피복, 토양환원 및 온도조건 처리별 헤어리베치의 부숙화율은 처리 후 5일에 수분100% 온도조건 30℃에서 약 50%로 가장 높게 나타나고 다른 처리는 처리 후 15일까지 급격한 변화를 보이며 그 이후에는 비교적 완만한 곡선을 보인다.

라. 무기영양성분 함량에서 질소는 처리 전 3.2%의 함량을 가졌으나 처리 후 50일에 2.0~2.5%이었다, 부숙화 진전에 따른 질소의 잔존량으로 비교해 보면, 처리전에는 3.2%였지만 50일 뒤에는 0.6%였다.

마. 잔존량의 변화를 보면, 대량원소의 경우 처리 후 5일에 수분 100%인 온도처리 조건에서 급격하게 변화하며 처리 후 일수가 늘어나면서 피복처리와 수분100% 온도처리 조건에서 비슷한 잔존량이 나타난다.

바. 대량원소의 가용화율은 처리 후 일수가 늘어남에 따라 가용화율이 증가하는데, 처리 후 50일에 모든 처리조건에서 질소는 80%이상, K는 90%이상의 가용화율을 보인다.

협동과제 : 고랭지 채소재배단지에서의 헤어리베치 활용

환경친화형농업기술개발

고랭지 채소재배 단지에서의 헤어리베치 이용, 헤어리베치와 채소의 작부체계에 의한 환경친화형 농업기술을 개발하기 위하여 강원도 둔내, 안흥의 시범농가에서 수행하였다. 본 연구에서는 고랭지 채소재배 지대에서 헤어리베치-채소작부체계를 위한 기초연구로서 헤어리베치의 추파, 춘파에 따른 수량, 질소생산성, 헤어리베치의 녹비에 의한 채소의 생육과 잡초방제 효과, 녹비질소의 이용효과를 구명하기 위하여 실시하였다.

가. 헤어리베치 동계 재배구는 헤어리베치의 높은 피복도에 의하여 잡초억제 능력이 높아 초봄 잡초 밀도가 동계휴한구에 비하여 월등하게 낮았다. 헤어리베치 추파후 4월 20일과 5월 15일에 헤어리베치 동계 재배구는 m²당 잡초의 개수가 5.2, 5.5개인 반면 동계 휴한구에서는 22, 31개로

큰 차이를 나타내었다.

나. 고랭지 휴경기간 동안 녹비작물별 잡초억제력을 검토한 결과 헤어리베치는 90%, 호밀은 83%, 이탈리아 라이그라스는 70%의 잡초억제 효과를 나타내었다. 작물재배 기간 중 이랑사이 녹비작물 재배에 의한 잡초억제능력을 검토한 결과 헤어리베치 85%, 호밀 78%,이탈리안 라이그라스 56%를 나타내어 헤어리베치의 잡초억제 능력이 가장 높았다. 다. 고랭지 지역에서 헤어리베치 춘과 재배시 생산성은 생초수량은 2,500~5,500kg이었으며 건물수량으로 460~670kg으로 생산성이 매우 높았다. 배추 재배 전에 헤어리베치를 녹비로 이용하면 질소량으로 7-18kg/10a를 얻을 수 있었다. 헤어리베치 재배에 의하여 토양의 유기물, 질소, 인산 치환성 칼리함량이 높아져 헤어리베치 재배는 토양의 지력의 유지, 증진효과가 있었다.

라. 헤어리베치 녹비처리 후 배추 생체중은 액비 무처리구에서 1.59kg 액비 10, 20kg/10a 처리구의 경우 각각 1.69, 1.72 kg를 나타내어 액비시용구는 무처리구에 비하여 배추의 생육과 수량이 증가되었다. 헤어리베치 녹비구는 액비10kg/10a 시용구 보다 12% 감소 되었으나 상품수량은 액비 10kg/10a, 20kg/10a 사이에 차이를 나타내지 않았다.

마. 헤어리베치를 토양에 멀칭할 경우 병충해경감효과를 나타내었다. 무사마귀병 이병율을 측정한 결과 헤어리베치 멀칭구에서는 0.2%인 반면 무처리구에서는 6.2%를 나타내었다.

바. 동계휴한구의 토양성분 용탈량은 헤어리베치 재배구 대비 유기물이 27% 감소되었으며 마그네슘 47%, 칼슘 27% 유실 되었다. 유효인산과 치환성 칼리는 감소량이 크지 않았다.

사. 고랭지 지역에서 헤어리베치를 이용한 채소 작부체계는 추파 헤어리베치 + 여름채소, 추파 헤어리베치 + 양배추(브로콜리)+상추, 춘과 헤어리베치 + 여름/가을 채소의 작부 조합이 가능하였다. 하우스 재배의 경우

헤어리베치 추파재배 +봄채소 +여름채소+가을채소의 1년 4작물 작부조합이 가능하였다. 헤어리베치 녹비에 의하여 지력이 개선될 뿐만 아니라 시비질소를 50% 절감하고 잡초발생을 억제할 수 있는 장점으로 인하여 앞으로 환경농업에서 채소 전작물로 헤어리베치를 가을 혹은 봄에 도입하는 것이 유망하다고 할 수 있다.

2. 활용에 대한 건의

헤어리베치를 이용한 환경친화형 농업기술개발로 농경지(밭토양, 과수원, 고랭지채소재배단지)의 토지 이용률 증대는 물론 토양의 개량 및 비옥화를 통하여 농산물의 수량 증진과 품질향상을 기할 수 있다. 헤어리베치는 사료, 피복, 녹비작물로서 활용이 가능하며, 겨울철 경작지에 재배이용이 가능하기 때문에 여러 가지 용도로 이용할 가치가 큰 식물자원이다. 특히 분해가 잘되고, 높은 질소 및 조단백질을 함유하고 있는 헤어리베치를 토양에 환원함으로서 농업의 기본자산인 토양의 개량화 및 비옥화에 이바지할 것으로 사료된다.

가. 내냉성과 내동성이 강한 헤어리베치는 겨울철 유희경작지 또는 과수원의 초생재배에 적합하고, 녹비 및 피복작물로서 활용할 수 있고, 작물의 수량성 증대를 기할 수 있다.

나. 환경친화형 농업기술개발의 일환으로 헤어리베치의 이용은 토지이용성을 증대시킬 수 있고, 과원의 초생재배를 통한 잡초방제를 유리하게 할 수 있으므로 생력화농업을 유도할 수 있다.

다. 헤어리베치는 분해가 잘되고, 높은 질소 및 조단백질을 함유하고 있어서 헤어리베치를 토양에 환원함으로서 토양의 비옥도를 높일 수 있다.

라. 친환경 작부체계 도입과 토양유실 방지대책으로서 경사지 토사유출 방지할 수 있고, 고랭지 지역 환경농업 관련 정책수립시 본 연구결과를 활용할 수 있다.

SUMMARY

Research 1. Improvement of Soil Fertility, Weed Control and Fruit Yield by Cultivation and Utilization of Hairy Vetch(*Vicia villosa* Roth) in Pear Orchard.

This study was conducted to examine the productivity, weed control efficacy and soil fertility improvement by cultivation and utilization of hairy vetch and to investigate the effect of hairy vetch on qualities and yield of Niitaka pear through developing the efficient management techniques of hairy vetch in pear orchard. The obtained results were summarized as follows;

1. Fresh weight in shoot of hairy vetch after winter was increased rapidly till the middle of May, flowering period. Since then it was started to decrease by the summer depression.

2. Dry weight in shoot of hairy vetch after winter was showed the similar tendency to the fresh weight. Comparing the productivity of hairy vetch with different cultivation methods, the seeding and the tillage was better than that of No-tillage.

3. Total nitrogen contents in shoot of hairy vetch after winter were increased rapidly till the beginning of May, before flowering period. In higher nitrogen contents were maintained throughout the cultivating period compared to the other crops without the regard to covering rates and growth stages.

4. When hairy vetch used as cover crop was applied in orchard, eight species of weed, *Capsella bursa-pastoris*, *Draba nemorosa*, *Youngia japonica*, *Veronica didyma*, *Hemistepta lyrata*, *Alopecurus*

aequalis, *Poa annua* and *Artemisia princeps*, were occurred at the spring in 2003. Seven species of weed, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*, *Erigeron canadensis*, *Erigeron annuus*, *Persicaria hydropiper*, *Acalypha australis* and *Artemisia princeps*, were occurred at the summer in 2003. The occurrence number and species of weed had appeared to affect negative highly with covering rate of hairy vetch.

5. When hairy vetch used as cover crop was applied in orchard, the weed occurrence was similar tendency to the occurrence number and species of weed were occurred at the spring in 2004. Nine species of weed, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*, *Agropyron tsukushiense*, *Erigeron canadensis*, *Erigeron annuus*, *Chenopodium album*, *Persicaria hydropiper*, *Acalypha australis* and *Artemisia princeps*, were occurred at the summer in 2004. Weed control efficacy was showed the similar tendency to 2003. The weed control was better in treatment of seeding and tillage than that of paraquat treatment.

6. The effect of soil improvement of hairy vetch used as cover crop was appeared to improve the soil pH, CEC, content of OM, mineral contents and lime requirement compared to that of the control.

7. Fruit qualities of □□Niitaka□□pear was not clearly difference among the treatments. When hairy vetch seeded clearly over 7kg/10a, yield of □□Niitaka□□pear was higher in treatment of seeding hairy vetch than that of paraquat treatment. When hairy vetch was seed with tillage over 9kg/10a, yield of fruit of pear was higher in treatment of hairy vetch than did the treatment of paraquat.

Research 2. Development of sustainable agriculture with using hairy vetch in upland field.

This study was conducted to examine the productivity of hairy vetch and the mineral nutrients with different seeding dates and seeding rates, and decomposition rates of hairy vetch, outflow rates of mineral nutrients, the effect of soil fertility improvement , and the covering effects of hairy vetch in order to develop the techniques of sustainable agriculture. The obtained results were summarized as follows;

< Experiment I > Productivity and its mineral nutrients.

1. Fresh weight in shoot of hairy vetch after wintering was increased rapidly from April 9 to May 22 and June 25 in both seeding dates of Oct.10 and Oct.31 . After that, it was started to decrease by the withering.

2. Dry weight in shoot of hairy vetch was showed the similar tendency to the fresh weight. It was appeared that the dry weight of hairy vetch productivity was dependent upon with the seeding times and the seeding rate.

3. Total nitrogen content of hairy vetch was ranged from 2% to 3% throughout the investigated periods, showing the higher N content compared to the other crops.

4. The contents of phosphate in hairy vetch was ranged from minimum 0.38% to maximum 0.50% after wintering, but it was decreased slowly as the growth was proceeded. This contents were

HV9>HV3>HV7>HV1>HV5 in seeding on Oct.10 and HV1>HV5>HV3>HV7>HV9 in seeding on Oct.31.

5. The contents of potassium in hairy vetch was ranged from minimum 3.76% to maximum 4.62% after wintering, but it was few changed until harvest time. This contents were HV3>HV5>HV1>HV7 >HV9 in seeding on Oct.10 and HV9>HV7>HV1>HV3>HV5 in seeding on Oct.31.

<Experiment II > Decomposition and releasing nutrient rates.

1. The decomposition degree of treated hairy vetch was the highest in both 20°C and 30°C with water 100% at 5days after the treatment, its degree was similar with all of other treatments.

2. The days to be reached to 50% of decomposition rate was the fastest in the treatment of 30°C with water 100%, while its days was the latest in the treatment of field moisture capacity.

3. The decomposition rate of the hairy vetch treated as the green manure in five different treatments of covering, two water conditions with soil application, and two temperatures with 100% moisture was the highest about 50% of decomposition rate in the treatment of 30°C with water 100% at 5 days after the treatments. Its rates of other treatments was appeared to change rapidly until 15 days after the treatments, and its rates were not shown to change much.

4. The N content of hairy vetch was about 3.2% before the treatment and it was about 2.0 - 2.5% at 50 days after the treatment. The residue N content was about 3.2% before the treatment and it

was about 0.6% at 50 days after the treatment.

5. The residue amounts of macro-mineral nutrients after the treatment were remarkably changed at 5 days after the treatment in the treatment of 30°C with water 100%, and then they were changed similarly among the treatments after 20 days of treatment.

6. The releasing macro-mineral nutrients from the treated hairy vetch were gradually increased throughout the experimental duration. Its releasing rate of N was about 80% at 50 days after the treatment and it of K was about 90%.

Research 3. Studies on the Cropping system of Vegetable Crops Using Hairy Vetch in Alpine Area.

In Alpine areas, green manure of hairy vetch(*Vicia villosa* Roth) has not been commonly practiced. Field experiment were carried out to investigate the effects of different residue treatment and sowing time of hairy vetch on soil improvement, vegetable growth and weed control under hairy vetch/vegetables cropping systems. Under hairy vetch/vegetable relay cropping system, where whole planting of hairy vetch was mulched. This experiment conducted in Alpine area from 2002 to 2005. The result are summarized as follows.

1. With the progress of plant growth of hairy vetch, the densities of weeds decreased to the depression by the over-shaded hairy vetch canopy. It measured that the numbers of weeds per square meter was 5.2 and 5.5 in plots treatment of hairy vetch fall-seeded , and 22 and 31 in that of no hairy vetch in 20. April and 15. May, respectively.

2. During the fallow periods, weed depression rate were 90%, 83%, 70% in plots of hairy vetch, rye and italian ryegrass mulching, respectively. In sod culture weed depression rate were 85%, 78%, 56% in hairy vetch, rye and italian ryegrass, respectively. In conclusion, the depression rate of hairy vetch was the highest. 3. The yield of hairy vetch were 2,500-5,500kg/10a in fresh matter base and 460 -670kg/10a in dry matter base. The nitrogen uptake of hairy was 7-18 kg/10a. The organic matter and P-content of soil with hairy vetch plot was higher then that of fallow plot due to inhibition of soil. The organic matter levels tend to improve with the addition of hairy vetch. The hairy vetch could improve with soil quality byreducing erosion compares with bare fallow.

4. The weight of chinese cabbage was 1.59kg, 1.69kg,1.72kg respectively, when the slurry application rate 0, 10, 20kg/10a. The yieldof mulching plot at hairy vetch was lower 12% than that of the plot of 10kg/10a animal slurry. but commodity yield was not significantly different.

5. The rate of Plasmodiophora brassicae was 0.2% in hairy vetch plotand 6.2% fallow plot.

6. The nutrient content in soil at the fallow plot was reduced 27% in organic matter, 47% in Mg content and 27% in Ca content.

7. In alpine area, the cropping system for sustainable agriculture werehairy vetch with fall seeding plus summer vegetables and hairyvetch with spring seeding plus summer/autumn vegetables. The croppingsystem for house was the crop combination of hairy vetchwith

fallseeding plus spring, summer and autumn vegetable. Therefore, it was estimated the green manure of hairy vetch could reduce nitrogen chemical fertilizer as much as 50%. We concluded that hairy vetch could have an effect on weed control, effective green manure for vegetable. The hairy vetch was a good alternative for use in crop rotations for controlling weed control and building of soil nitrogen.

CONTENTS

Summary.....	11
Contents.....	18
Chapter I. Introduction	21
Chapter II. Improvement of Soil Fertility, Weed Control and Fruit Yield by Cultivation and Utilization of Hairy Vetch(<i>Vicia villosa</i> Roth) in Pear Orchard.....	23
Section 1. Introduction	23
Section 2. Materials and Methods	24
Section 3. Results and Discussion	29
Section 4. Summary	61
Chapter III. Development of sustainable agriculture with using hairy vetch in upland field.	63
Section 1. Introduction	63
Section 2. Materials and Methods	65
Section 3. Results and Discussion	67
1. Productivity and its mineral nutrients.....	67
2. Decomposition and releasing nutrient rates.....	76
Section 4. Summary	90
Chapter IV. Studies on the Cropping system of Vegetable Crops Using Hairy Vetch in Alpine Area	93
Section 1. Introduction	93
Section 2. Materials and Methods	94
Section 3. Results and Discussion	98
Section 4. Summary	123
References	125

목 차

요 약 문.....	1
목 차.....	19
제 1 장 서 론.....	21
제 1 절 연구개발의 목적과 범위.....	22
제 2 장 과원에서 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발.....	23
제 1절 서 론.....	23
제 2절 재료 및 방법.....	24
제 3절 결과 및 고찰.....	29
제 4절 연구결과 요약.....	61
제 3 장 밭토양에서의 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발.....	63
제 1절 서 론.....	63
제 2절 재료 및 방법.....	65
제 3절 결과 및 고찰.....	67
1. 헤어리베치의 파종시기에 따른 생산성 및 무기영양성분 함량	67
2. 헤어리베치의 녹비활용시 부숙화 및 양분 가용화 속도.....	76
제 4절 연구결과 요약.....	90
제 4 장 고랭지채소재배단지에서의 헤어리베치 활용 환경친화형 농업기술개발.....	93
제 1절 서 론.....	93
제 2절 재료 및 방법.....	94
제 3절 결과 및 고찰.....	98
제 4절 연구결과 요약.....	123
참고 문헌.....	125

제 1 장 서론

우리나라는 식량을 자급자족할 수 있는 기반을 구축하기 이전에 공업화전락으로 산업사회로 진입하면서 식량은 외국수입농산물에 70%이상을 의존해야만 하는 실정이다. 또한 환경 불친화형 고도의 중공업 및 산업사회의 발달로 인해 야기되는 오염문제는 우리 주변환경을 악화시키고 있어 법과 규정으로 주변 환경파괴 및 오염을 방지하려는 노력이 진행되고 있으나, 자연환경을 쾌적하게 하고 자연에너지의 다양한 순환 체계하에서 오염원들을 정화할 수 있는 기능을 갖는 농업생산활동도 식량의 생산성 향상 및 농가 소득증대를 주된 목적으로 한 일변된 경영으로 화학비료 및 농약을 과다 사용하여 잘 유지 보존되어야 할 농경지 생태를 파괴하여 왔다.

환경친화형 농업은 농업용 화학제제나 화석연료의 사용을 줄이고, 농가 자체에서 조달할 수 있는 재생 자원의 공급을 높이며, 에너지의 재순환과 작부방식을 효율적으로 개발하는 등의 방법을 이용하여 환경을 잘 유지 보존하면서 생산성도 유지하는 것이라고 할 수 있다. 이의 효율성을 높이기 위하여 투입된 에너지의 이용효율 증대면을 연구개발하고 있다. 최근 미국 농무성에서는 환경친화형 농업, 농한기를 이용한 토지 이용율 증대, 천연에너지 재순환, 생물학적 제초방제 효과 등에 대한 연구를 위해 헤어리베치를 선정하여 농업의 생산성 향상은 물론 화학비료 및 제초제 사용량 감소 등의 다양한 연구를 하고 있다.

본 연구는 녹비작물이며 사료작물인 헤어리베치를 이용하여 겨울철에 토지 이용율을 높일 뿐만 아니라 식량작물 및 원예작물 등에 도입함으로써 화학비료 및 제초제 절감 효과 및 토양의 유기물 함량을 높여 토양의 물리 화학성을 개선하는 효과 등을 기대할 수 있고, 농한기 유휴 경작지를 이용함으로써 환경친화형 작부체계를 개선할 수 있고, 환경친화형 농업기술 개발에 적합한 것으로 판단되었다.

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

연구개발 내용	연구 범위
과원에서의 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 겨울철 피복 및 녹비작물의 생장특성 및 재배기술 개발 ○ 피복 및 녹비작물의 재배에 의한 과수원의 물리화학적 개량 효과 ○ 피복작물로서의 효과로 제초방제 효과 ○ 과실의 품질 향상 효과
밭토양에서의 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 겨울철 피복 및 녹비작물의 내한성 및 내동성의 생장특성 및 재배기술개발 ○ 피복 및 녹비작물의 재배에 의한 토양유실 방지 효과 및 물리화학적 개량 효과 구명으로 화학비료 절감량 결정 ○ 헤어리베치의 부숙화 및 무기양분의 가용화 속도 및 무기영양분의 가용화량 조사분석으로 화학비료 절감 효과
고랭지채소재배단지에서의 헤어리베치 활용 환경친화형 농업기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 헤어리베치 추파, 춘파 후 생육시기별 생육특성, 생육시기별 양분생산성, 토양개량 효과 ○ 고랭지에서 휴경기간이나 작물 재배기간중 녹비작물의 잡초방제 ○ 헤어리베치 후작 채소 재배시 잡초발생, 채소생육, 토양의 무기양분과 무기물 흡수량 ○ 고랭지 채소재배 지대에서 헤어리베치와 채소작물과의 작부체계

제 2 장 과원에서 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발

제 1 절 서 론

농업은 인류의 생명 에너지를 공급하는 환경 및 생명산업으로서의 역할을 하여왔다. 그러나 농업 생산성의 향상이 화학 물질의 다량 사용에 의하여 이루어져 왔기 때문에 농업의 환경 보존적 기능과 환경 파괴적 기능이 동시에 존재한다.

현재의 사회 경제적 상황에서 농업에 필요한 노동력, 비료와 농약, 농기계 등의 비용을 줄임으로서 생산비의 절감과 안전 농산물을 생산할 수 있으나 농업 생산성의 제고라는 또 다른 문제가 존재함으로서 환경농업의 양면성을 추구할 수 있는 농업기술개발이 필요하다.

이에 대한 해결방안으로서 헤어리베치, 클로버, 호밀, 귀리 등과 같은 피복작물을 작물 생산에 이용함으로써 생산성 유지와 농약 및 비료의 절감을 통한 환경농업에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이 중 헤어리베치는 1920년대에 처음 우리나라에 도입된 일년생 두과작물로서 환경적응력과 내한성 및 월동력이 강하고 질소함량이 다른 작물에 비하여 높아 사료, 녹비 및 피복작물로 널리 재배되고 있다.

헤어리베치는 가을에 파종하여 월동하는 작물로서 월동 후 이듬해 봄에 빠르게 재생하여 하계작물의 파종 전에 충분한 녹비수량을 얻을 수 있어 작부체계를 구축하여 토지 이용률 향상과 윤작의 효과를 기대할 수 있으며, 하계작물 재배시 요구되는 질소 비료에 드는 비용이나 노동력을 절감할 수 있다. 그리고 월동 후 이른 봄에 재생하여 잡초들이 발아하기 전에 토양을 피복하기 때문에 이후 발생하는 잡초의 발생과 생육을 억제하여 작물 재배시 화학제초제의 사용을 줄여 환경친화적인 잡초관리를 할 수

있다. 본 연구는 헤어리베치를 배 과수원에서 녹비 및 피복작물로 이용하여 헤어리베치의 생육 및 생산성을 구명하고, 헤어리베치 피복에 의한 배 과수원의 잡초방제효과와 토양개량효과 및 배의 수량과 품질특성을 조사하여 효과적이고 환경친화적인 배 과수원의 관리방법을 개발하기 위하여 수행하였다.

제 2절 재료 및 방법

본 시험은 충북대학교 농과대학 부속농장 배 과수원에서 2002년부터 2005년까지 수행하였다. 2002년 9월 10일에 3kg/10a(HV3), 5kg/10a(HV5), 7kg/10a(HV7), 9kg/10a(HV9) 4개 수준으로 산파하였다. 2003년에는 1개 처리구는 8월 10일에 2002년과 같은 수준으로 파종하였고(Seeding), 다른 1개 처리구는 헤어리베치 종자 생성 후 8월 10일에 경운만을 하고 파종은 하지 않았으며(Tillage), 다른 1개 처리구는 종자 생성 후에도 경운을 하지 않고 방임하였다(No-tillage).

시험1. 헤어리베치의 생산성 및 식물체 질소함량 변화

(1) 시료 채취 및 생산성 조사

2002년 9월 10일에 파종한 헤어리베치는 2003 4월 7일, 4월 21일, 5월 6일, 5월 19일, 6월 2일에 지상부 시료를 수확하였으며, 2003년 8월 10일에 파종한 헤어리베치와 경운구 및 방임구의 헤어리베치는 2004년 4월 12일, 4월 26일, 5월 10일, 5월 24일, 6월 7일에 각 처리 당 3반복으로 식물체의 지상부 시료를 수확하여 생체수량을 칭량하였다. 그리고 수확한 시료를 78℃로 유지되는 열풍건조기에서 48시간이상 건조한 후 칭량하여 건물생산량을 조사하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리 는 SAS Program으로 하였다.

(2) 식물체 질소함량 조사

건조된 시료를 분쇄기를 이용하여 곱게 마쇄한 후, 시료 0.5g을 칭량하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 5ml의 황산을 첨가하여 12시간 상온에서 방치 후 H₂SO₄-H₂O₂법으로 습식분해 하였다. 습식분해 후 Whatman No.2 여과지를 이용하여 증류수와 함께 여과시킨 후 100ml volumetric flask를 채우고, 이를 질소성분 분석용액으로 이용하였다. 질소함량은 Indolphenol blue법을 이용하여 Spectro-photometer(HP 8453)로 665nm에서 비색 측정하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리는 SAS Program으로 하였다.

시험2. 과수원에서 헤어리베치 피복에 의한 잡초방제, 토양개량 효과 및 과실의 품질

(1) 잡초조사 및 방제가

2003년에는 4월 7일과 6월 9일에, 2004년에는 4월 12일과 6월 7일에 50cm×50cm의 격자를 사용하여 그 안의 모든 잡초 초종을 채취하여 초종별로 본수를 조사하고, 78℃로 유지되는 열풍건조기에서 48시간이상 건조하여 건물중을 조사하고 단위면적(1m²)으로 환산 후, 다음의 공식에 의거하여 방제가를 산출하였다.

$$\text{방제가(\%)} = \frac{\text{비교구내 잡초 건물중} - \text{처리구내 잡초 건물중}}{\text{비교구내 잡초 건물중}} \times 100$$

시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리는 SAS Program으로 하였다.

(2) 토양특성

헤어리베치 피복이 과수원의 토양에 미치는 영향을 구명하기 위하여

2003년 7월 7일과 2004년 7월 5일에 토양시료를 채취하여 10일간 풍건한 후 2mm체로 사별하였다.

토양의 pH는 건토 5g을 칭량하고 증류수 25ml를 첨가한 후 유리봉을 잘 저어둔다. 그리고 30분 후 pH Meter를 사용하여 측정하였다. 치환성 양이온(EC)은 건토 10g을 100ml 삼각플라스크에 칭량하고 증류수 50ml를 첨가하여 30분간 진탕시킨 후 Whatman No.2 여과지를 사용하여 여과시킨 여액을 E.C Meter를 사용하여 측정하였다. 유기물 함량은 건토 1g을 250ml 삼각플라스크에 칭량한 후 1N $K_2Cr_2O_7$ 10ml, H_2SO_4 20ml 그리고 H_2O 100ml을 혼합하여 Whatman No.2 여과지를 사용하여 여과 후 Spectro-photometer(HP 8453)로 610nm에서 비색 측정하였다.

NH_4-N 와 NO_3-N 은 Kjeldahl법을 이용하여 측정하였으며, P_2O_5 은 건토 5g을 칭량한 후 인산 침출액 20ml를 혼합한다. 인산 침출액은 Acetic acid 400ml와 Lactic acid 300ml를 증류수 6ℓ에 녹인 후 Ammonium fluoride 22.2g, Sodium hydroxide 170g 그리고 Ammonium sulfate 133.3g을 각각 용해하여 20ℓ로 만든다. 인산 침출액 20ml를 혼합하여 10분간 진탕시킨 후 Whatman No.2 여과지를 사용하여 여과한다. 여과된 시료액 3ml에 조작액 6ml를 혼합한다. 조작액은 Ammonium molybdate 200ml에 Boric acid 100ml를 1ℓ로 하여 만든다. 조작액 6ml를 혼합하고 30분 동안 30℃에서 항온 후 Spectro-photometer(HP 8453)로 720nm에서 비색 측정하였다.

K, Ca, Mg 및 양이온 치환용량(CEC)은 건토 5g을 100ml 삼각플라스크에 칭량하고 1N- CH_3COONH_4 50ml를 첨가하여 30분간 진탕시킨 후 Whatman

No.2 여과지를 사용하여 여과시킨 시료액 1ml에 증류수 19ml를 첨가하여 교반시킨 후 Atomic absorption spectrophotometer로 측정하였다.

석회요구량은 시험관에 건토 1.5g을 칭량하고 침출액 5ml를 첨가하여 1분간 교반시킨 후 지시액 1방울을 넣어 흔들었을 때 푸른색이 되면 더 이상 석회를 사용하지 않아도 되며 푸른색이 되지 않으면 중화액 1눈금(0.25ml)과 지시액을 더 넣고 흔들어서 방치하였다가 푸른색이 나올 때까지 계속 반복하여 중화액의 소요량에 따라 표 1-1에서 그 수치를 찾아서 다음의 공식에 의거 석회요구량을 산출하였다.

표 1-1 작토깊이별 농용석회 시용량

중화액 첨가수 (눈금)	중화액 첨가량 (ml)	작토깊이에 따른 농용석회량		
		10cm	15cm	20cm
1	0.25	35	53	70
2	0.50	70	105	140
3	0.75	105	158	210
4	1.00	140	210	280
5	1.25	175	263	350
6	1.50	210	315	420
7	1.75	245	368	490
8	2.00	280	420	560
9	2.25	315	473	630
10	2.50	350	525	700

$$\text{석회요구량(kg/10a)} = \text{중화액 첨가량 ml수의 작토 깊이} \\ \times \text{밭 2.5배} \times \text{사용한 석회(\%)}$$

침출액은 KCl 74.6g과 NaCl 29.2g을 녹여 1ℓ로 만들고, 지시액은 Bromo Cresol Green, Brom Thymol Blue, Bromo Cresol Purple 각각

0.3g을 95% Ethanol에 녹여 100ml로 만든다. 중화액은 CaO와 Ca(OH)₂ 중화용액을 사용하며, CaO는 56%, Ca(OH)₂는 74%로 한다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리는 SAS Program으로 하였다.

(3) 과실의 수량과 품질

배의 수량은 처리구내 각 배나무(재식거리 1m×3m)의 주당 착과수를 조사하고, 임의로 5개의 과실을 채취하여 평균과중을 측정한 후 단위면적당(ha) 수량을 계산하였다.

과형지수는 버니어캘리퍼스를 사용하여 배의 횡경과 종경을 측정한 후 종경을 횡경으로 나누어 산출하였다. 배의 당도와 산도는 과실 적도부위의 세 부분에서 채취한 과육을 착즙하여, 당도는 디지털 당도계(TR-1)로 측정하고, 산도는 Whatman No.2 여과지로 여과한 과즙 10ml에 증류수 100ml로 희석한 후 1% phenolphthalein을 2~3방울 첨가하고 0.1N NaOH로 적정하여 유기산 함량을 계산하였다. 경도는 과실경도계(FHR-5)를 사용하여 적도부위에서 측정하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리는 SAS Program으로 하였다.

제 3절 결과 및 고찰

시험1. 헤어리베치의 생산성 및 질소함량 변화

가. 생체 및 건물생산량

2002년 9월 10일에 파종한 헤어리베치의 월동 직전 및 월동 후 생육시기별 생체중의 변화를 조사한 결과는 그림 1-1과 같다.

헤어리베치의 지상부 생체수량은 월동 전보다 월동 후 약 3배정도 증가하는 것으로 조사되었으며, 월동 후 5월 초까지는 완만한 증가를 보이다가 이후 급격히 증가하여 개화기인 5월 중순에 최고 생체수량을 나타

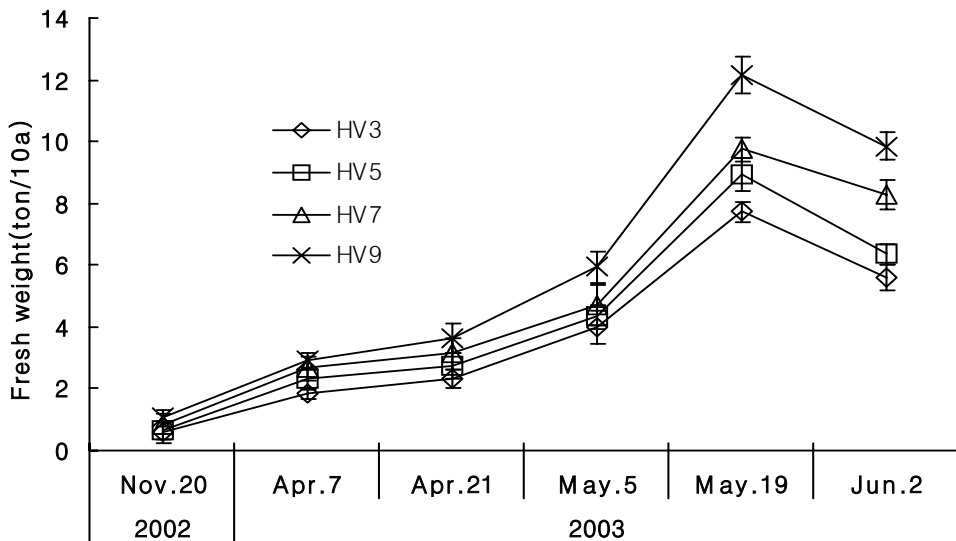


Fig. 1-1. Changes of fresh weight yield of hairy vetch at different growth stages with four different seeding rates before and after the winter in 2002 and 2003.

났다. 이후 하고가 진행됨에 따라 생체수량은 6월 초에는 약 15~30%정도 감소하였다.

헤어리베치의 파종량에 따른 생체수량은 개화기인 5월 19일에서는 9kg/10a를 파종한 처리구에서 12.1ton/10a으로 가장 높았고 7kg/10a와 5kg

/10a를 파종한 처리구가 그 다음으로 높았으며, 3kg/10a를 파종한 처리구가 가장 낮았다.

그림 1-2는 2004년에 생육시기별 헤어리베치의 생체중의 변화를 조사한 결과이다.

8월 10일 파종구와 경운구 및 방임구의 지상부 생체수량은 전반적으로 월동 직후 일직선적으로 증가하였으며 개화기인 5월 24일에 각각 최고 생체수량을 보이고 이후 감소하는 경향을 보였다.

8월 10일 파종구에서는 개화기인 5월 24일 조사시 파종량이 9kg/10a인 처리구에서 11.9ton/10a으로 가장 높았으며 7kg/10a 이상 파종구에서 10ton/10a 이상의 생체수량을 나타냈다.

경운구에서는 5월 24일 조사시 9kg/10a 경운구에서 12.7ton/10a으로 가장 높은 생체수량을 보였으며 7kg/10a 이상 경운구에서 10ton/10a 이상의 지상부 생체수량을 보였다. 그리고 8월 10일 파종구보다 경운구에서 5~6%정도 지상부 생체수량이 증가하였다.

방임구에서는 개화기인 5월 24일 조사시 9kg/10a 방임구에서 10ton/10a으로 10ton/10a 이상의 생체수량을 보였고 3kg/10a과 5kg/10a 방임구에서는 7ton/10a 미만으로 매우 낮은 지상부 생체수량을 보였다. 그리고 같은 시기의 경운구 생체수량과 비교하여 20~25%정도 감소하였다.

월동 후 헤어리베치의 지상부 생체수량은 전반적으로 파종량이 많을 수록 생체수량이 높았으며, 하고에 의한 생체수량의 감소폭은 파종량이 많을 수록 작게 나타났다. 그리고 헤어리베치 하고 이후 다시 파종을 하는 것보다 경운을 하였을 때 생체수량이 증가하는 경향을 보였으며, 자연방임을 하였을 때는 생체수량이 감소하였다.

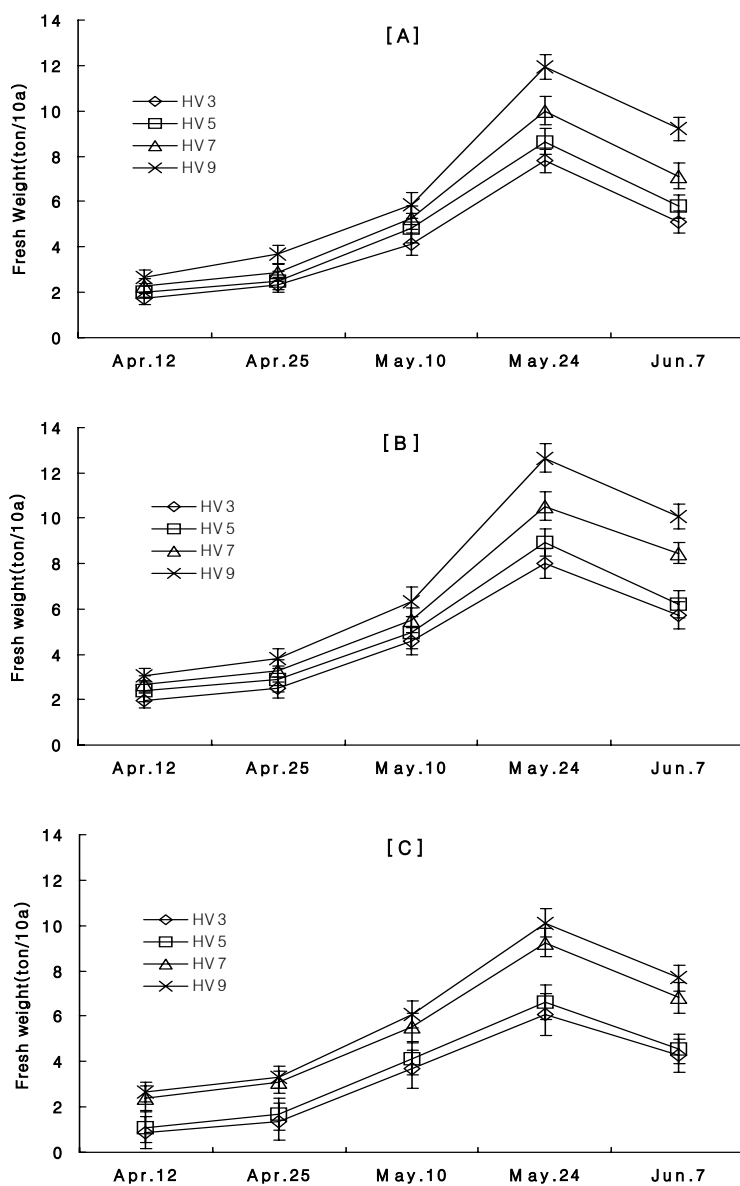


Fig. 1-2. Changes of fresh weight yield of hairy vetch at different growth stages with four different seeding rates and three different cultivating methods in 2004.

[A]:seeding, [B]:tillage, [C]:no-tillage

2002년 9월 10일에 파종하고 월동 직전 및 월동 후 이듬해 헤어리베치의 건물생산량을 생육시기별로 조사한 결과는 그림 1-3과 같다.

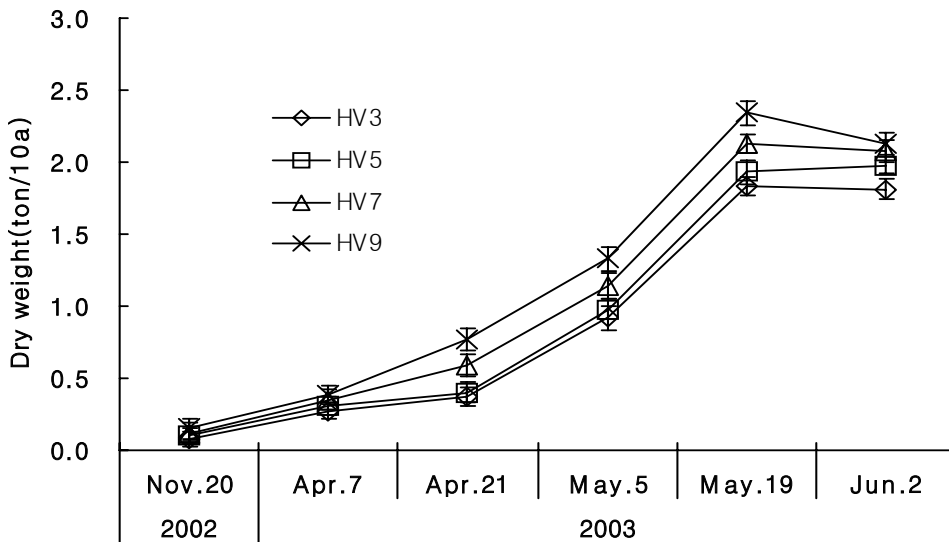


Fig. 1-3. Changes of dry weight yield of hairy vetch at different growth stages with four different seeding rates before and after the winter in 2002 and 2003.

헤어리베치의 지상부 건물수량은 생체수량과 마찬가지로 월동 전보다 월동 후 약 3배정도 증가한 것으로 조사되었으며, 월동 후 4월 초부터 꾸준히 증가하여 개화기인 5월 19일에 9kg/10a 파종구에서 2.3ton/10a으로 최고 건물수량을 보였으며, 파종량이 7kg/10a 이상인 처리구에서 2ton/10a 이상의 건물수량을 보였다. 개화기 이후 건물수량은 전반적으로 다소 감소하는 경향을 보였으나 5kg/10a 파종구에서는 개화기보다 건물수량이 0.05ton/10a 증가하였다.

그림 1-4는 헤어리베치를 2003년 8월 10일에 파종하고 2002년에 파종 하였던 처리구 중 1개 처리구는 2003년 8월 10일에 경운하고 또 다른 1개 처리구는 방임하였을 때, 월동 후에 헤어리베치의 지상부 건물생산량을 생육시기별로 조사한 결과이다.

8월 10일 파종구에서는 4월 12일 조사시 건물수량이 0.5ton/10a 미만으로 적었으나 이후 빠르게 증가하여 개화기인 5월 24일 조사시 파종량이 7 kg/10a 이상인 파종구에서 2ton/10a 이상의 건물생산량을 보였으며 9kg /10a 파종구에서 2.38ton/10a으로 최고 건물생산량을 보였다.

경운구에서는 개화기인 5월 24일에 9kg/10a 경운구에서 2.6ton/10a으로 최고 건물수량을 보였으며 5kg/10a 이상 경운구에서 2ton/10a 이상의 지상부 건물수량을 보였다. 같은 시기의 8월 10일 파종구와 비교하여 생체 수량이 5~11%정도 증가하였다.

방임구에서는 5월 24일에 7kg/10a 이상 방임구에서 2ton/10a 이상의 건물수량을 보였으나 같은 시기의 경운구와 비교하여 14~26%정도 건물수량이 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 7kg/10a 이상 방임구와 7kg/10a 미만 방임구간의 건물생산량의 차이가 크게 나타났다.

월동 직후 헤어리베치의 지상부 건물생산량은 전반적으로 4월 초부터 5월 말까지 일직선적으로 증가하였으며 개화기 이후 감소하였다. 파종량별 지상부 건물생산량은 2002년 9월 10일 파종구와 2003년 8월 10일 파종구, 경운구 및 방임구 모두 9kg/10a 처리구에서 가장 높았고, 3kg/10a 처리구에서 가장 낮아 파종량이 증가할수록 건물생산량도 증가하였다. 이러한 결과는 서 등(2000)과 이(2002)가 보고한 바와 같이 파종량이 많을수록 생체량과 건물량도 높아진다는 연구결과와 일치하였다.

하고 후 경운하는 것이 파종 및 방임하는 것보다 건물생산량이 증가하는 것으로 조사되었으며 방임구에서 헤어리베치를 7kg/10a 미만으로 처리

하였을 때 건물생산량이 크게 떨어지는 것으로 보아 방임시 헤어리베치의 처리수준을 7kg/10a 이상으로 하는 것이 적절하다고 판단된다.

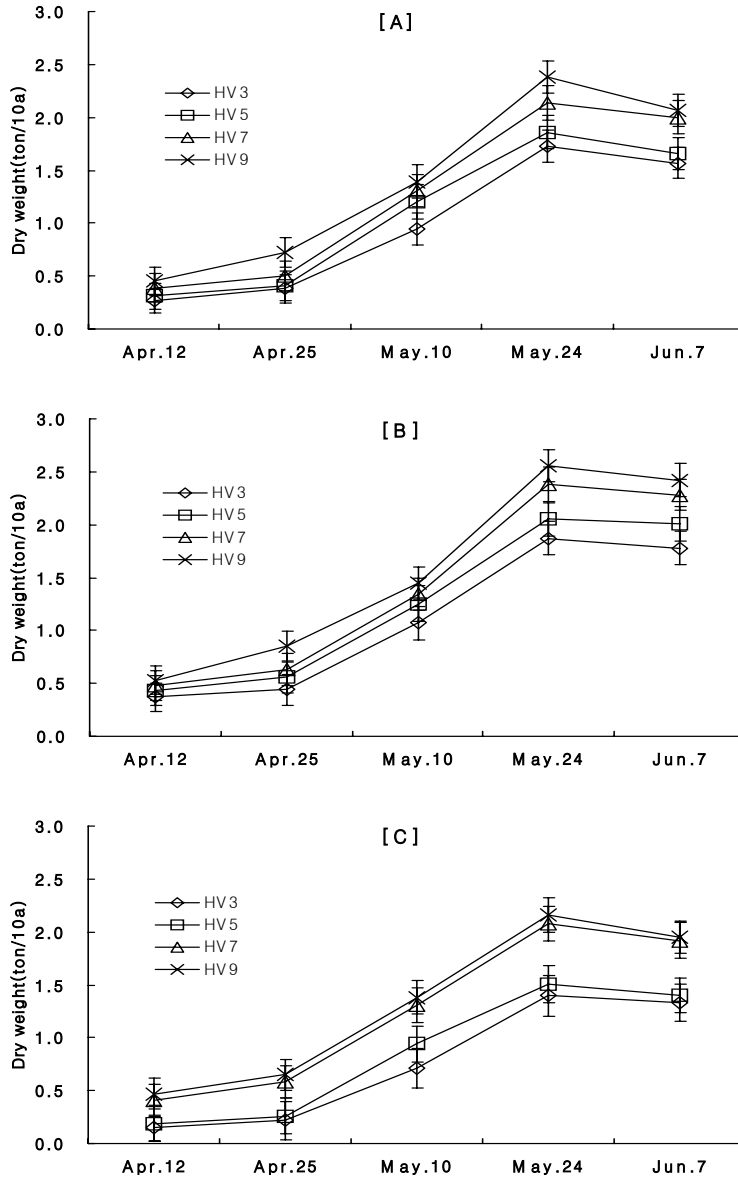


Fig. 1-4. Changes of dry weight yield of hairy vetch at different growth stages with four different seeding rates and three different cultivating methods in 2004. [A]:seeding, [B]:tillage, [C]:no-tillage

나. 식물체 질소함량

헤어리베치를 2002년 9월 10일에 파종하여 월동 후 이듬해에 일정한 생육시기별로 체내 질소함량의 변화를 조사한 결과는 그림1-5와 같다. 월동 전 헤어리베치의 지상부 질소함량은 1% 미만이었으나 월동 후 약 5배 정도 증가하는 것으로 조사되었으며, 월동 후 질소함량은 4월 7일에 3.2~3.6% 정도이었으나 이후 꾸준히 증가하여 개화기 이전인 5월 5일에 4.3~4.5%로 가장 높은 질소 함량을 보였다. 이후 서서히 감소하였으나 생육시기에 관계없이 월동 후 3% 이상의 질소 함량을 유지하는 것으로 나타났다.

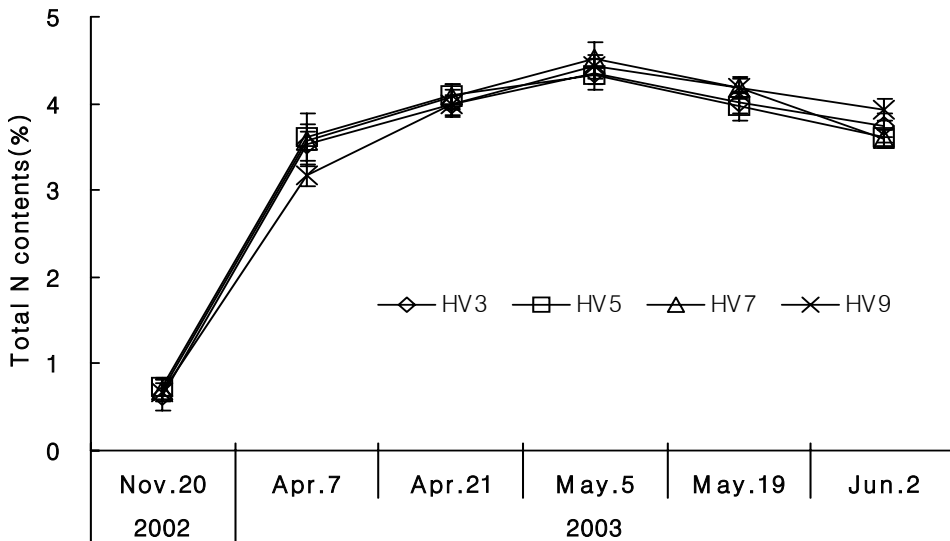


Fig. 1-5. Nitrogen contents in shoot of hairy vetch at different growth stages before and after winter in 2002 and 2003.

생육시기별 식물체내 질소함량은 4월 7일에는 5kg/10a 파종구에서 3.6%

로 가장 높았고, 5월 5일에는 7kg/10a 파종구에서 최대 질소 함량을 보였으며, 하고가 진행되는 6월 2일에는 9kg/10a 파종구에서 높게 조사되었다.

그림1-6은 2005년에 헤어리베치의 지상부 질소함량을 일정한 생육시기별로 조사한 결과이다. 8월 10일 파종구의 지상부 질소 함량은 월동 후 4월 12일에 3.3~3.5% 정도의 질소 함량을 보였으며 이후 꾸준히 증가하여 개화기 이전인 5월 10일에 4.4~4.7%로 가장 높은 질소 함량을 보였다. 이후 지상부 질소 함량은 개화와 동시에 하고가 진행됨에 따라 서서히 감소하였다.

헤어리베치 경운구와 방임구의 지상부 질소 함량도 파종구와 마찬가지로 월동 후 꾸준히 증가하여 개화기 이전인 5월 10일에 최고 질소 함량을 보이고 이후 서서히 감소하였다. 헤어리베치의 질소 함량은 피복량에 따른 차이는 없었으며, 2003년에 조사한 결과와 마찬가지로 월동 후 전 생육시기에 걸쳐 3% 이상의 높은 질소 함량을 유지하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 서 등(2000)과 이(2002)가 보고한 바와 같이 헤어리베치는 다른 작물들과 비교해 볼 때 파종시기와 생육시기에 관계없이 높은 질소함량을 유지한다는 연구결과와 일치하는 경향을 보였다. 헤어리베치는 내한성이 매우 강한 식물(Teasdale etc 1996; teasdale 1991)로서 녹비작물로서 자운영이 남부지방에서 주로 분포하는 것과 달리 북부, 중북부, 남부에 걸쳐 광범위하게 재배가 가능한 매우 녹비 및 피복작물로서 가치가 높다. 그러나 우리나라에서는 개화와 종자성숙이 6,7월 장마기에 처하여 종자생산의 제약이 있으므로 이에 대한 연구가 필요하다.

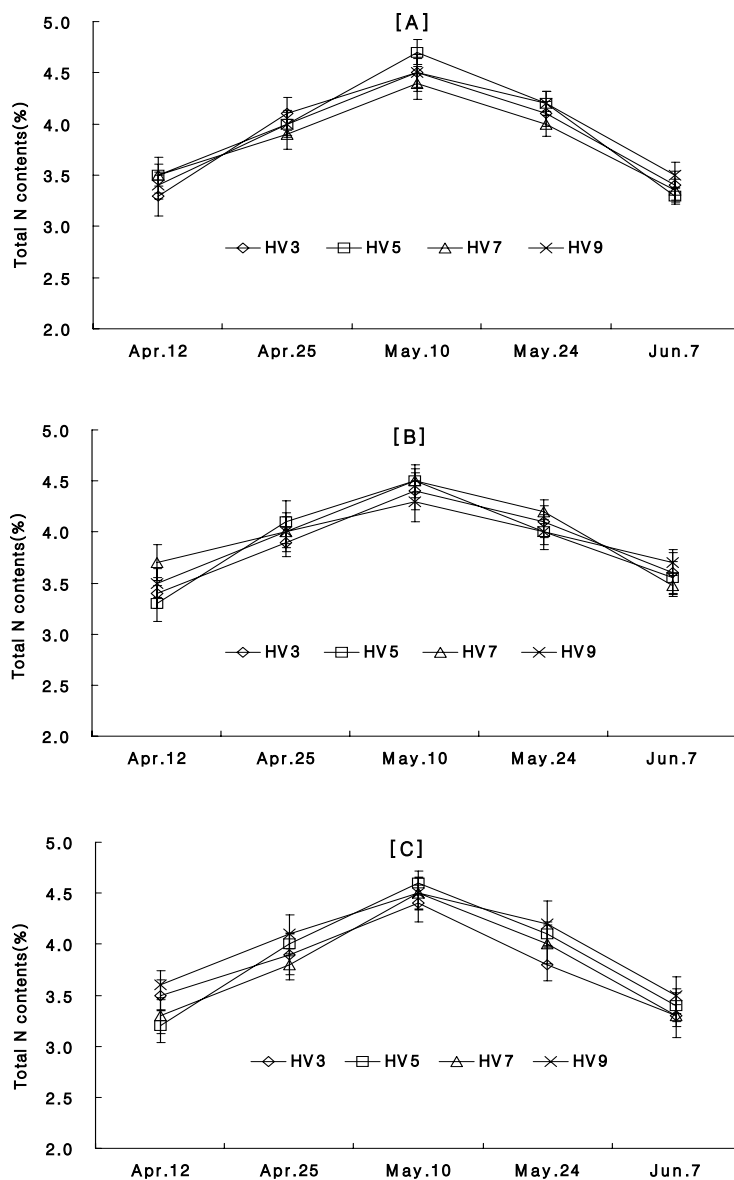


Fig. 1-6. Nitrogen contents in shoot of hairy vetch at different growth stages with four different seeding rates and three different cultivating methods in 2005. [A]:seeding, [B]:tillage, [C]:no-tillage

시험2. 과수원에서 헤어리베치 피복에 의한 잡초방제, 토양개량효과 및 과실의 생산성

가. 잡초방제효과

과수원에 헤어리베치를 피복 처리하였을 때 월동 후 이듬해 봄에 발생하는 잡초의 초종과 발생빈도 및 건물중을 알아보기 위해 2004년 4월 7일에 조사한 결과는 표1-2와 같다.

발생 초종을 살펴보면, 일년생 잡초로는 냉이, 꽃다지, 보리쟁이, 개불알풀, 지칭개, 독새풀 그리고 새포아풀이 발생하였고, 다년생 잡초로는 썩이 발생하였다. 발생빈도는 무처리구에서 꽃다지가 단위면적당 28.3본으로 가장 많았으며, 헤어리베치 파종구에서는 파종량에 상관없이 꽃다지가 가장 많이 발생하였다. 다년생 잡초인 썩은 7kg/10a 파종구를 제외한 모든 처리구에서 발생하였으며, 지칭개, 독새풀, 새포아풀의 경우에는 헤어리베치 처리구에서 한 개체도 발생하지 않았다. 파종량별 잡초의 발생빈도는 3kg/10a 파종구에서 가장 많았고, 파종량이 증가함에 따라 발생빈도는 감소하는 경향을 보였다.

건물중을 살펴보면, 발생빈도에서 꽃다지가 냉이보다 13본 정도 많이 발생하였으나 건물중에서는 냉이가 꽃다지보다 약 6배정도 더 많아 봄에 과수원에서 가장 문제되는 잡초는 냉이임을 알 수 있었다. 그리고 헤어리베치 3kg/10a 파종구에서는 냉이가 무처리구보다 발생빈도는 4본 적었지만 건물중은 약 9.4배정도 낮은 것으로 나타났으며, 그 밖에 헤어리베치 파종구에서도 무처리구의 잡초 발생빈도보다 건물중의 감소폭이 더 크게 나타났다.

건물중에서도 잡초의 발생빈도와 마찬가지로 무처리에 비해 헤어리베치를 피복 처리했을 때 적었으며, 파종량이 증가함에 따라 감소하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 Curran 등(1994)과 Fisk 등(2001)이 보고한 바

와 같이 헤어리베치와 일년생 두과작물들을 피복작물로 재배하였을 때 잡초의 발생 개체수와 건물중이 크게 감소한다는 연구결과와 일치하였다.

Table. 1-2. Density and dry weight of weeds as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the spring of 2004.

Treatment	Annual							Perennial	
	Cb	Dn	Yj	Vd	Hl	Aa	Pa	Ap	
No. of weeds (m ²)	HV3	11.3	17.0	0	7.7	0	0	0	6.7
	HV5	7.0	7.3	0.3	0	0	0	0	1.3
	HV7	4.3	5.7	0	0	0	0	0	0
	HV9	0.3	2.3	0	0	0	0	0	0.7
	Untreated	15.3	28.3	1.7	9.0	0.7	10.3	16.3	9.3
Dry weight (g/m ²)	HV3	6.48	1.88	0	9.66	0	0	0	3.8
	HV5	3.93	1.02	0.49	0	0	0	0	0.81
	HV7	1.69	0.82	0	0	0	0	0	0
	HV9	0.12	0.68	0	0	0	0	0	0.27
	Untreated	61.23	9.90	4.88	50.44	2.05	43.63	54.83	9.43

Cb : *Capsella bursa-pastoris*

Dn : *Eraba nanorosa*

Yj : *Youngia japonica*

Vd : *Veronica diosyan*

Hl : *Hemistepta lyrata*

Aa : *Alopecurus aequalis*

Pa : *Poa annua*

Ap : *Artemisia princeps*

그림 1-7은 과수원에 헤어리베치를 과종량을 달리하여 피복 처리하였을 때 월동 후 이듬해 봄에 발생한 잡초들에 대한 방제효과를 나타낸 것이다. 헤어리베치 9kg/10a 과종구에서는 98.8%의 가장 높은 잡초방제효과를 보였으며, 3kg/10a 과종구에서 89.8%로 가장 낮은 잡초방제효과를 보였다. 그리고, 헤어리베치의 과종량이 증가함에 따라 잡초방제효과도 증가하는 경향을 보여 헤어리베치 5kg/10a 이상의 과종구에서 90% 이상의 높은 잡초방제효과를 보였다.

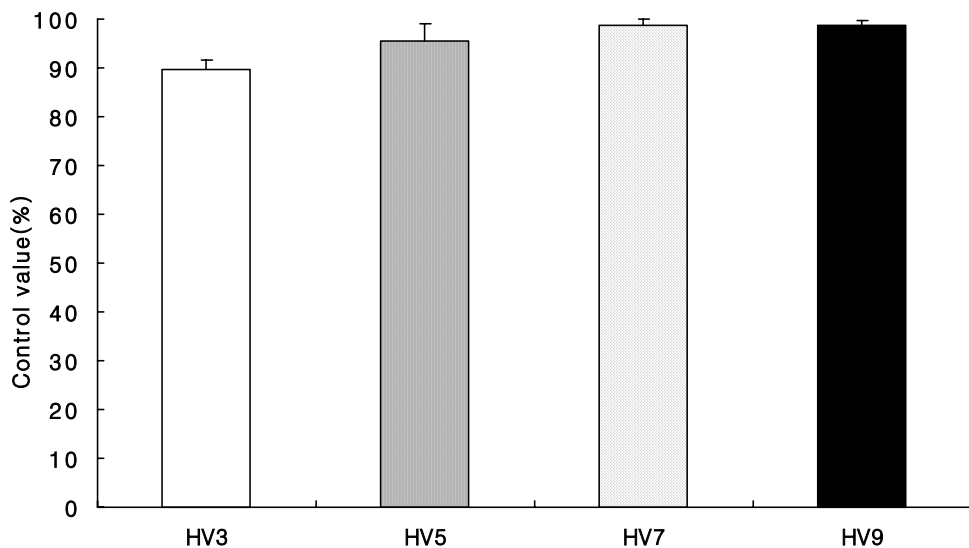


Fig. 1-7. Effect of weed control as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the spring of 2005.

표 1-3은 헤어리베치의 과종량을 달리하여 피복 처리하였을 때 월동 후 이듬해 여름에 과수원에 발생한 잡초의 초종과 발생빈도 및 건물중을 조사한 결과이다. 발생한 잡초종을 살펴보면, 일년생 잡초로는 피, 강아지풀, 망초, 개망초, 여뀌 그리고 깨풀이 발생하였고, 다년생 잡초로는 썩이 발생하였다. 무처리구에서는 여뀌가 가장 많이 발생하였고, 헤어리베치 과종구에 발생한 일년생 잡초 중에서는 깨풀과 피의 발생빈도가 많았으

며, 다년생 잡초인 쑥은 모든 헤어리베치 파종구에서 발생하였다. 그리고 paraquat 처리구에서는 피가 가장 많이 발생하였다.

Table. 1-3. Density and dry weight of weeds as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the summer of 2005.

Treatment	Annual						Perennial	
	Ec	Sv	Ec ^a	Ea	Ph	Aa	Ap	
No. of weeds (m ²)	HV3	50.3	0	25.0	1.3	6.3	19.0	7.0
	HV5	40.7	5.0	0	5.7	0	9.7	6.7
	HV7	10.7	3.3	0	0	2.7	13.3	3.7
	HV9	0	0	0	2.7	0	5.7	3.3
	Paraquat	33.7	9.3	5.3	2.0	4.0	10.7	4.3
	Untreated	25.3	8.0	13.7	19.7	41.7	35.7	11.3
Dry weight (g/m ²)	HV3	4.70	0	7.45	1.55	2.32	0.55	5.28
	HV5	4.65	0.47	0	3.91	0	0.37	5.53
	HV7	2.10	0.28	0	0	0.34	0.35	5.23
	HV9	0	0	0	0.11	0	0.14	2.97
	Paraquat	2.40	1.65	2.06	1.20	0.15	0.56	2.18
	Untreated	22.89	10.7	26.78	92.05	26.88	7.70	31.04

Ec : *Echinochloa crus-galli*

Sv : *Setaria viridis*

Ec^a : *Erigeron canadensis*

Ea : *Erigeron annuus*

Ph : *Panicum hydrogiper*

Aa : *Acalypha australis*

Ap : *Artemisia princeps*

건물중을 살펴보면, 모든 헤어리베치 파종구에서 잡초의 발생빈도에 비해 건물중이 크게 감소한 것으로 보아 헤어리베치에 의해 하계잡초의 생육이 억제되었음을 알 수 있었다. 그러나 헤어리베치 파종구에 발생한 다

년생 잡초인 쑥은 발생빈도에 비해 건물중의 감소폭이 크지 않아 일년생 잡초들보다 헤어리베치에 의한 생육억제정도가 약한 것으로 나타났다.

그림 1-8은 과수원에 헤어리베치를 파종량을 달리하여 피복 처리하였을 때 월동 후 이듬해 여름에 발생한 잡초들에 대한 헤어리베치 파종구와 paraquat 처리구의 잡초방제효과를 나타낸 것이다.

헤어리베치 파종구의 경우, 3kg/10a 파종구는 방제가가 88.2%로 가장 낮았고, 9kg/10a 파종구는 98.4%로 가장 좋은 잡초방제효과를 보였다. 그리고, 5kg/10a 이상의 모든 파종구에서 90% 이상의 높은 잡초방제효과를 보였으며, 7kg/10a 이상의 파종구에서 paraquat를 처리했을 때보다 높은 잡초방제효과를 보였다.

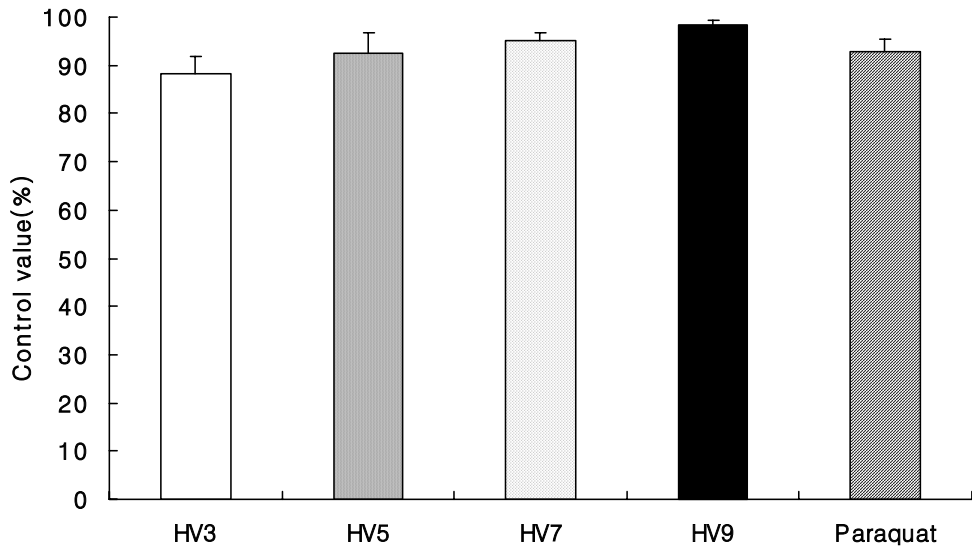


Fig. 1-8. Effect of weed control as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the summer of 2004.

2003년 8월 10일에 헤어리베치를 파종량을 달리하여 파종하고, 2002년에 파종하였던 헤어리베치 처리구를 경운 및 방임하였을 때 이듬해 봄에 발생한 잡초의 초종과 발생빈도 및 건물중을 2004년 4월 12일에 조사한 결과는 표1-4과 같다.

Table. 1-4. Density and dry weight of weeds as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the spring of 2004.

Treatment	Annual							Perennial		
	Cb	Dn	Yj	Vd	Hl	Aa	Pa	Ap		
Seeding	HV3	8.7	15.0	0.3	2.7	0	1.3	5.0	3.0	
	HV5	9.0	5.0	0	1.3	0	0	1.3	3.0	
	HV7	5.3	3.7	0	0	0	0	0	0	
	HV9	9.7	3.3	0	0	0	2.0	0	0	
No. of weeds (m ²)	Tillage	HV3	5.3	7.7	0.3	1.7	0	0	5.0	2.3
		HV5	2.7	6.7	0	1.0	0	0	0.7	1.7
		HV7	1.7	2.7	0	0.3	0	0	0	1.7
		HV9	2.0	2.3	0	0	0	0	0	1.3
No-tillage	HV3	13.0	19.7	1.3	10.3	0.3	15.7	9.3	10.3	
	HV5	9.7	14.0	0.3	7.3	0	10.7	7.3	11.3	
	HV7	8.3	9.0	0	6.7	0	4.7	2.3	4.7	
	HV9	3.0	5.0	0	2.3	0	0	0	2.3	
Untreated		9.7	25.7	2.3	7.0	1.0	18.3	16.0	12.3	
Seeding	HV3	1.36	1.80	0.53	2.67	0	0.73	8.01	0.52	
	HV5	1.52	0.62	0	1.57	0	0	2.10	0.97	
	HV7	0.90	0.56	0	0	0	0	0	0	
	HV9	1.27	0.50	0	0	0	0.84	0	0	
Dry weight (g/m ²)	Tillage	HV3	0.95	1.11	0.49	2.62	0	0	7.01	0.48
		HV5	0.45	0.92	0	1.44	0	0	0.70	0.34
		HV7	0.26	0.42	0	0.45	0	0	0	0.28
		HV9	0.38	0.30	0	0	0	0	0	0.24
No-tillage	HV3	23.92	5.40	3.06	34.57	0.80	56.40	14.79	9.26	
	HV5	14.06	4.66	0.65	24.05	0	39.01	10.53	9.64	
	HV7	8.09	2.74	0	6.03	0	7.52	2.67	2.45	
	HV9	2.91	1.42	0	2.74	0	0	0	2.31	
Untreated		31.64	5.77	5.66	42.77	3.08	64.66	41.34	14.72	

Cb : *Capsella bursa-pastoris*

Dn : *Draba nemorosa*

Yj : *Youngia japonica*

Vd : *Veronica dicyna*

Hl : *Hemistepta lyrata*

Aa : *Alopecurus aequalis*

Fa : *Foa annua*

Ap : *Artemisia princeps*



사진 1-1. 헤어리베치의 월동 후 상태(3월 20일)



사진 1-2. 헤어리베치의 생육 중기(4월 20일)



사진 1-3. 헤어리베치 생육성기(5월 20일)



사진 1-4. 헤어리베치 개화후기(잡초발생없음, 6월 15일)



사진 1-5. 헤어리베치 하고상태(7월 15일)



사진 1-6. 헤어리베치 무재배구의 잡초 발생상태(7월 20일)



사진 1-7. 헤어리베치 완전고사(7월 20일)



사진 1-8 헤어리베치 하고후 재발아(8월 10일)

발생 초종은 일년생과 다년생 잡초 모두 2003년 발생 초종과 동일했다. 무처리구에서는 꽃다지가 가장 많이 발생하였고, 헤어리베치 파종구와 경운구에서는 냉이와 꽃다지가 많이 발생하였다. 방임구에서는 냉이, 꽃다지, 개불알풀, 독새풀, 새포아풀 그리고 쑥 등이 많이 발생하였다. 그리고 3kg/10a 및 5kg/10a 방임구에서 다른 헤어리베치 처리구보다 잡초의 발생빈도가 많았다.

건물중을 살펴보면, 헤어리베치 파종구와 경운구에서는 전반적으로 잡초의 발생빈도에 비해 건물중이 낮게 나타나 2003년과 같은 경향을 보였다. 방임구에서는 3kg/10a 및 5kg/10a 방임구에서 잡초의 발생빈도와 마찬가지로 다른 헤어리베치 처리구보다 건물중이 높게 나타났다.

헤어리베치 파종구와 경운구에서는 헤어리베치의 피복량이 증가함에 따라 잡초의 발생빈도와 건물중이 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 그러나, 방임구에서는 월동 후 봄에 헤어리베치 7kg/10a미만 처리구의 지상부 생육이 매우 불량하여 잡초의 발생빈도와 건물중에 있어 헤어리베치 7kg/10a 이상 처리구와 뚜렷한 차이를 보였다. 따라서 헤어리베치 방임시 피복량을 늘리는 것이 가장 중요하다.

그림 1-9는 헤어리베치를 파종, 경운 및 방임하였을 때 처리수준에 따른 월동 후 봄에 발생하는 잡초에 대한 방제효과를 나타낸 결과이다. 헤어리베치 파종구에서는 3kg/10a 파종구가 90.6%로 가장 낮았고, 9kg/10a 파종구가 98.3%로 가장 높은 잡초방제효과를 보였다. 헤어리베치 경운구에서는 3kg/10a 경운구가 92.8%로 가장 낮았으며, 9kg/10a 경운구가 99%로 가장 높았다. 헤어리베치 파종구와 경운구에서는 처리수준에 상관없이 모두 90%이상의 높은 잡초방제효과를 보였으며, 파종구와 경운구간 큰 차이는 없었다. 그러나, 헤어리베치 방임구에서는 3kg/10a 방임구가 35.5%, 5kg/10a 방임구가 57%의 매우 낮은 잡초방제효과를 보였으며, 9kg

/10a 방입구만이 90%이상의 잡초방제효과를 보였다.

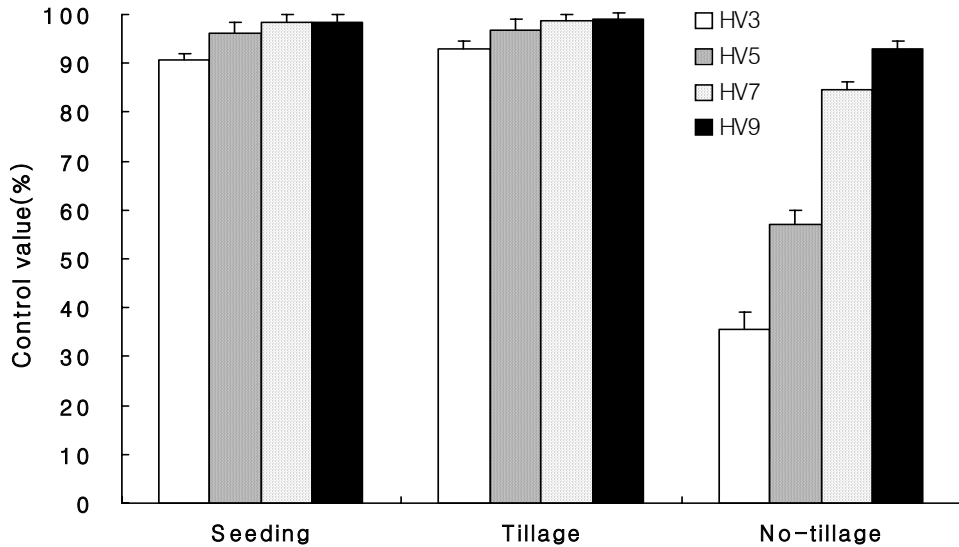


Fig. 1-9. Effect of weed control as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the spring of 2004.

표 1-5는 헤어리베치를 과수원에 피복량을 달리하여 과중, 경운 및 방입하였을 때 여름에 발생한 잡초종과 발생빈도 및 건물중을 2005년 6월 7일에 조사한 결과이다.

발생 초종을 살펴보면, 일년생 잡초로는 피, 강아지풀, 개밀, 망초, 개망초, 명아주, 여뀌 그리고 깨풀의 8종이었으며, 다년생 잡초로는 쑥이 발생하였다. 그리고, 헤어리베치 3kg/10a 방입구를 제외한 과중구, 경운구 및 방입구에서 무처리구에 비해 잡초의 발생빈도가 낮았다.

건물중은 헤어리베치 과중구와 경운구에서 전반적으로 발생빈도에 비해 낮게 나타나 2003년과 같은 경향을 보였으며, 방입구에서도 개화기를 전후하여 지상부의 생육이 왕성해지면서 이와 같은 경향을 보였다. 그러나 다년생 잡초인 쑥은 봄에 지상부의 생육이 저조하였던 3kg/10a 방입구와

5kg/10a 방입구에서 각각 단위면적당 100g이상으로 매우 높게 나타났다. 그러므로 헤어리베치를 이용한 잡초방제에 있어서 다년생 잡초의 방제에 있어서 헤어리베치의 피복량 뿐만 아니라 헤어리베치의 생육상태도 영향을 미침을 알 수 있었다.

Table. 1-5. Density and dry weight of weeds as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the summer of 2005.

Treatment	Annual									Perennial
	Ec	Sv	At	Ec ^a	Ea	Ca	Ph	Aa	Ap	
Seeding	HV3	44.7	6.7	0	0	1.3	0	5.3	20.0	6.0
	HV5	11.0	0	0	0	2.0	0.3	1.7	13.3	4.3
	HV7	0	0	0	0	0	0	2.3	5.3	1.3
	HV9	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0
Tillage	HV3	26.3	0	0	1.0	1.3	0	3.0	7.7	3.3
	HV5	12.0	0	0	0	1.3	0	1.7	2.0	2.3
	HV7	4.0	0	0	0	0	0	0	2.7	1.7
	HV9	0	0	0	0	0.3	0	0	1.0	1.3
No-tillage	HV3	55.3	19.3	1.0	5.0	9.0	1.0	3.7	24.0	13.0
	HV5	28.3	8.3	0	1.3	1.7	0.3	5.0	16.3	13.7
	HV7	4.7	0	0	0	1.3	0	1.7	3.3	5.3
	HV9	3.3	0	0	0	0	0	3.0	2.3	3.0
Paraquat	40.0	11.3	0	4.3	3.0	0	2.3	12.3	2.3	
Untreated	43.7	21.0	1.3	8.3	6.3	2.3	18.0	39.3	8.3	
Seeding	HV3	4.55	0.56	0	0	0.48	0	0.56	0.43	3.87
	HV5	1.06	0	0	0	0.76	0.38	0.16	0.29	2.77
	HV7	0	0	0	0	0	0	0.19	0.14	0.67
	HV9	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0
Tillage	HV3	2.40	0	0	0.39	0.90	0	0.30	0.26	2.13
	HV5	1.59	0	0	0	0.28	0	0.16	0.06	1.76
	HV7	0.88	0	0	0	0	0	0	0.09	0.77
	HV9	0	0	0	0	0.87	0	0	0.05	0.67
No-tillage	HV3	6.74	1.86	3.71	13.49	11.93	2.89	0.50	0.49	124.35
	HV5	4.41	0.96	0	2.58	3.34	1.03	0.68	0.49	115.19
	HV7	0.56	0	0	0	0.87	0	0.32	0.08	3.83
	HV9	0.30	0	0	0	0	0	0.29	0.07	1.28
Paraquat	4.30	1.07	0	3.66	6.74	0	0.23	0.40	5.61	
Untreated	154.88	24.40	192.16	55.76	110.28	23.67	34.78	16.93	254.11	

Ec : *Echinochloa crus-galli*

Sv : *Setaria viridis*

At : *Agropyron tsukushense*

Ec^a : *Erigeron canadensis*

Ea : *Erigeron annuus*

Ca : *Chenopodium album*

Ph : *Pennisetum hyaropiper*

Aa : *Acalypha australis*

Ap : *Artemisia princeps*

그림 1-10은 과수원의 여름에 발생한 잡초들에 대한 헤어리베치 파종구와 경운구 및 방임구의 방제효과를 처리수준별로 paraquat 처리구와 비교하여 나타낸 것이다.

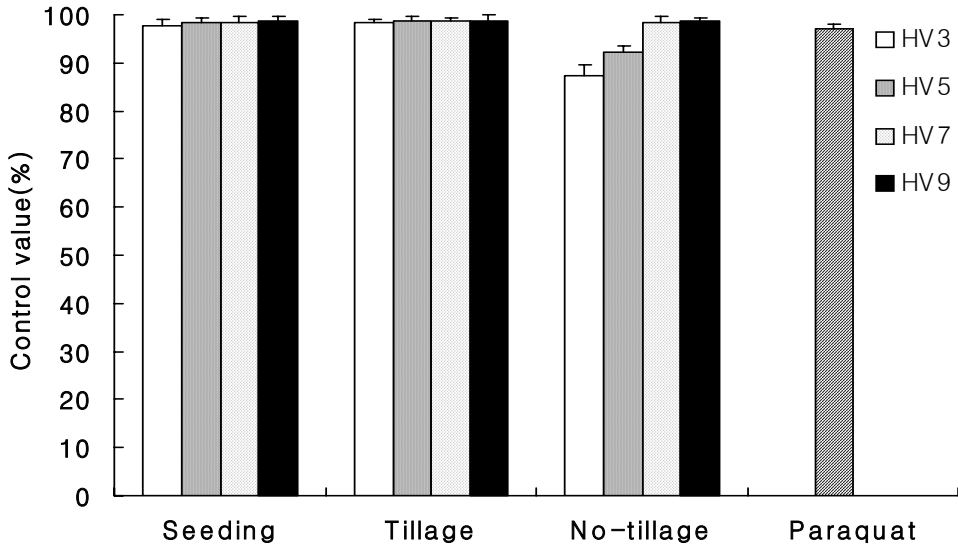


Fig. 1-10. Effect of weed control as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in the summer of 2005.

헤어리베치 파종구와 경운구 모두 90%이상의 높은 잡초방제효과를 보였으며, 방임구에서도 3kg/10a 방임구를 제외한 5kg/10a 이상 방임구에서 90%이상의 높은 잡초방제효과를 보였다. 그리고 3kg/10a 및 5kg/10a 방임구를 제외한 모든 헤어리베치 처리구에서 paraquat 처리구보다 높은 잡초방제효과를 보였다

나. 토양개량효과

과수원에서 헤어리베치를 피복하였을 때 과수원 토양의 개량효과를 알아보기 위해 2004년에 조사한 결과는 표 1-6과 같다. 토양의 pH는 헤어

리베치 9kg/10a 처리구에서 pH 6.6으로 가장 높았으며 3kg/10a 처리구와 무처리구에서 pH 5.3으로 가장 낮았다. CEC는 9kg/10a 처리구에서 12.1로 가장 높았으며 무처리구에서 7.4로 가장 낮았다. 헤어리베치 처리구의 토양 CEC를 살펴보면, 헤어리베치의 파종량이 증가함에 따라 토양의 CEC도 증가하는 경향을 보였다. 그리고 유기물함량에서도 CEC와 마찬가지로 9kg/10a 처리구에서 1.7%로 가장 높았으며 3kg/10a 처리구를 제외한 모든 헤어리베치 처리구에서 paraquat처리구와 무처리구보다 높았다.

Table 1-6. Effect of soil fertility improvement as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in 2004.

Treatment	pH	EC	CEC	OM	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg
	1:5	dS/m	cmol ⁺ /kg g	%	-----mg/kg----- --		---cmol ⁺ /kg---			
HV3	5.3c*	0.1ab	9.5c	1.0b	5.3c	3.1b	421.1b	0.5bc	4.1c	0.8c
HV5	5.9b	0.2ab	9.6c	1.5a	6.4b	4.0a	471.7a	0.8a	5.7b	0.9bc
HV7	5.5c	0.2ab	10.5b	1.2b	7.4a	3.8a	467.2a	0.7ab	4.1c	1.3a
HV9	6.6a	0.2ab	12.1a	1.7a	7.2a	3.9a	476.3a	0.8bc	6.8a	1.4a
Paraquat	6.3a	0.2a	9.2c	1.0b	7.2a	3.6a	472.3a	0.6ab	5.0c	1.2ab
Untreated	5.3c	0.1b	7.4d	1.0b	5.5c	3.0b	408.7c	0.3c	2.8d	0.5c

*Same letters are not significantly different at 5% level by DMRT.

표 1-7은 과수원에서 헤어리베치를 파종, 경운 및 방임하였을 때 과수원 토양의 개량효과를 알아보기 위해 조사한 결과이다.

토양의 pH는 헤어리베치 9kg/10a 파종구에서 pH 6.4로 가장 높았으며 3kg/10a 파종구에서 pH 5.2로 가장 낮았다. CEC는 9kg/10a 경운구에서 12.8로 가장 높았으며, 전반적으로 표 5의 2003년과 마찬가지로 헤어리베치의 파종량이 증가함에 따라 토양의 CEC도 증가하는 경향을 보였으며 paraquat 처리구와 무처리구보다 높아 헤어리베치 처리구내 토양의 보수

력이 높음을 알 수 있었다. 유기물함량에서도 헤어리베치 처리구에서 paraquat 처리구와 무처리구 보다 높아 토양의 비옥도가 높아졌음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Merwin 등(1994)과 이(2002)가 보고한 바와 같이 헤어리베치를 피복작물로 이용하였을 때 토양의 유기물함량과 CEC 등에 영향을 미쳐 토양개량효과를 갖는다는 연구결과와 일치하였다.

Table 1-7. Effect of soil fertility improvement as followed by cultivating hairy vetch at the orchard in 2004.

Treatment	pH	EC	CEC	OM	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	
	1:5	dS/m	cmol ⁺ /kg	%	-----mg/kg-----		--cmol ⁺ /kg--				
Seeding	HV3	5.2e*	0.2a	9.8d	1.3c	5.8e	3.5c	435.2d	0.6b	4.5c	0.9cd
	HV5	5.5cd	0.2a	10.3c	1.7a	7.0bc	3.9ab	469.3c	0.7ab	5.8b	1.2bc
	HV7	5.3d	0.2a	11.5b	1.5b	6.7cd	3.7bc	488.9ab	0.8a	5.6b	1.5a
	HV9	6.4a	0.2a	11.8b	1.8a	7.5a	4.1a	473.2bc	0.7ab	6.4a	1.3b
Tillage	HV3	5.6c	0.2a	10.3c	1.4c	6.2d	3.3cd	464.4c	0.7ab	5.5b	1.2bc
	HV5	5.4d	0.2a	11.2b	1.6ab	7.2ab	4.2a	501.8a	0.7a	6.2a	1.3ab
	HV7	5.9b	0.2a	10.2c	1.5b	7.6a	3.7bc	490.6ab	0.5bc	5.9b	1.1c
	HV9	5.9b	0.2a	12.8a	1.5b	7.4ab	3.7bc	505.4a	0.9a	6.3a	1.5a
No-tillage	HV3	5.5cd	0.2a	9.6d	1.5b	5.6e	3.6bc	471.2bc	0.5bc	5.1c	1.0c
	HV5	6.1b	0.2a	10.8c	1.3c	6.4d	3.8b	481.3bc	0.7a	6.2a	1.2bc
	HV7	5.7c	0.2a	10.7c	1.8a	7.2ab	4.1a	482.3bc	0.7ab	6.2a	1.1c
	HV9	5.8b	0.2a	12.3a	1.6ab	7.1b	4.2a	473.1bc	0.8a	6.7a	1.4ab
Paraquat	6.2a	0.2a	9.0d	1.0cd	6.9c	3.5c	485.5b	0.8a	5.4b	1.2bc	
Untreated	5.4d	0.2a	8.1e	1.2d	5.7e	3.2d	421.3d	0.3c	3.5d	0.9cd	

*Same letters are not significantly different at 5% level by DMRT.

그림1-11은 과수원에서 헤어리베치를 피복하였을 때 과수원 토양의 석회 요구량을 조사한 결과이다. 과수원 토양의 석회요구량은 헤어리베치 3kg/10a 파종구와 무처리구에서 250kg/10a 이상으로 가장 많았고, 9kg/10a 파종구와 paraquat 처리구에서 100kg/10a 미만으로 가장 적었으며, 전반적으로 헤어리베치 파종구에서 무처리구보다 석회요구량이 낮았다.

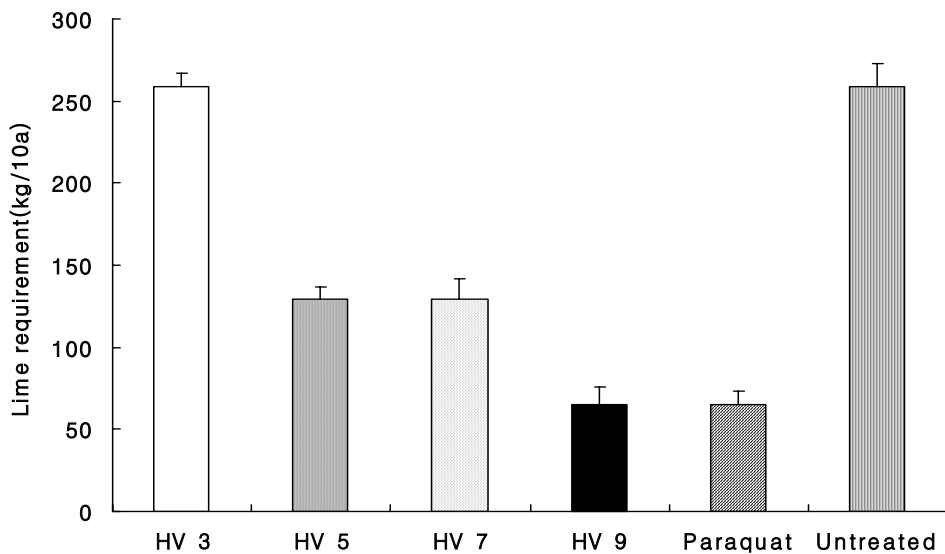


Fig. 1-11. Lime requirement of soil as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in 2004.

그림1-12는 과수원에서 헤어리베치를 피복하였을 때 과수원 토양의 석회요구량을 2005년에 조사한 결과이다. 2004년의 시험결과와 마찬가지로 헤어리베치 3kg/10a 및 7kg/10a 파종구 그리고 5kg/10a 경운구를 제외한 모든 헤어리베치 처리구에서 무처리구보다 석회요구량이 현저하게 낮았다. 그리고, 전반적으로 헤어리베치의 피복량이 증가할수록 석회요구량이 적게 조사된 것으로 보아 2003년과 2004년 모두 헤어리베치를 피복작물로

재배이용함에 따라 산성토양의 개량효과가 나타났음을 알 수 있다.

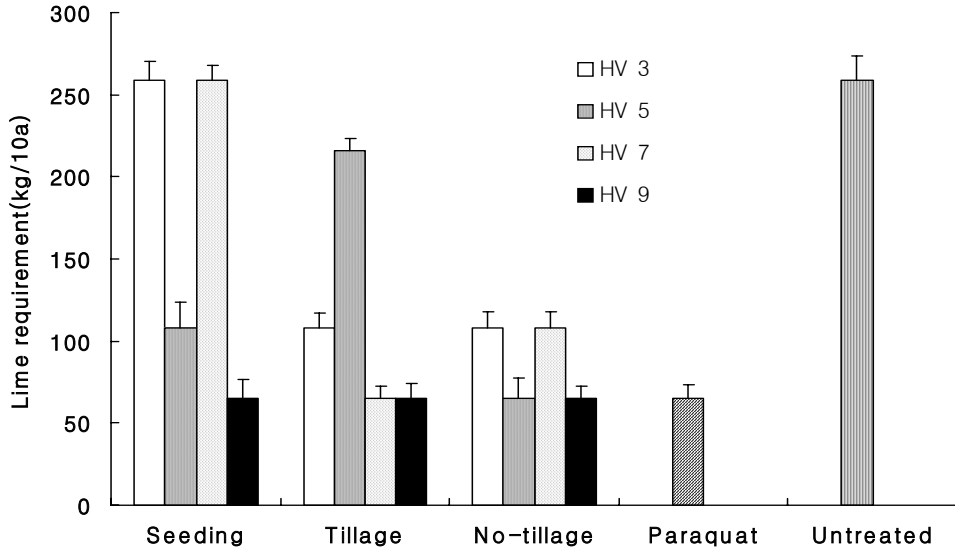


Fig. 1-12. Lime requirement of soil as followed by cultivating hairy vetch at the orchard in 2005.

한편 헤어리베치 재배후 연차에 따른 과수원 토양의 평균 유기물 함량의 변화는 그림 1-13과 같다. 헤어리베치 재배후 1년후의 토양 유기물 함량은 무재배구가 1.2%, 헤어리베치 재배구는 1.3%정도이었고, 2년 및 3년차후 무재배구는 1.3%정도이었으나 헤어리베치 재배구는 각각 1.5%, 1.8%로 증가함으로서 헤어리베치재배는 토양비옥도를 높이는 것으로 나타났다.

헤어리베치 재배후 연차간 과수원 토양의 석회요구량은 그림 1-14와 같다. 헤어리베치 재배 1년후에는 10a당 120kg, 2년후에는 110kg, 3년후에는 100kg이 소요됨으로서 전반적으로 석회의 소요량이 감소되는 것으로 나타났다.

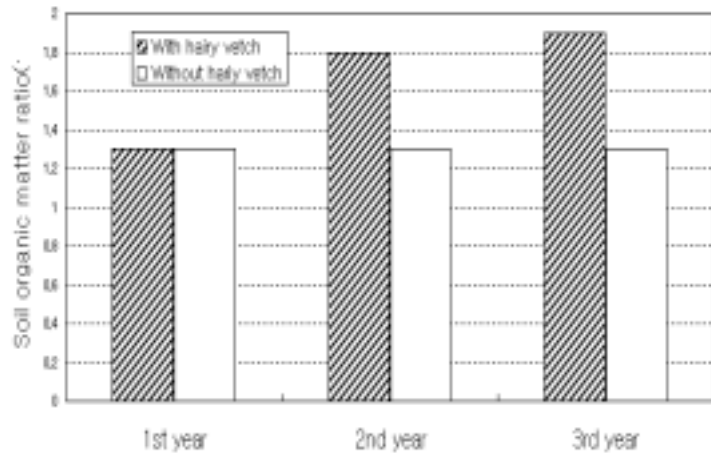


Fig.1-13 Changes of soil fertility as followed by hairyvetch cultivation in the pear orchard.

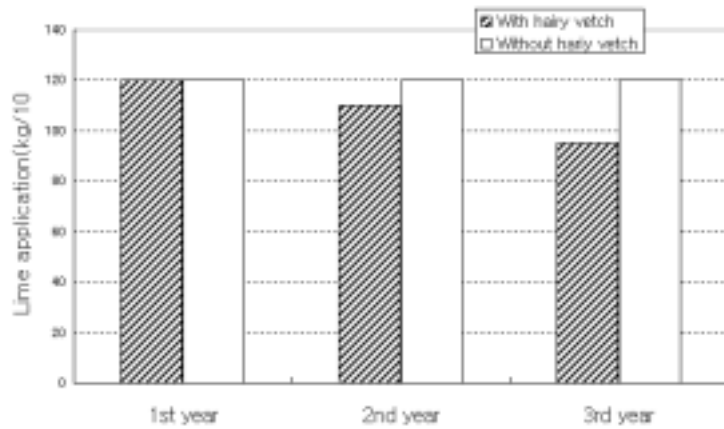


Fig.1-14 Changes of lime requirement of soil as followed by hairy vetch cultivation in the pear orchard.

다. 과실의 수량 및 품질

과수원에서 헤어리베치를 파종량을 달리하여 피복하였을 때 신고배의 수량을 2003년에 조사한 결과는 그림 1-15와 같다. 신고배의 수량은 무처리구에서 3.1ton/10a으로 가장 낮았고 헤어리베치 9kg/10a 파종구에서 3.3ton/10a으로 가장 높았다. 9kg/10a 파종구에서는 무처리구보다 약 6.8% 정도 증수되었으나, 모든 처리구에서 3ton/10a 이상으로 처리구간 차이는 크지 않았다. 그림 1-16은 과수원에서 헤어리베치를 파종, 경운 및 방임하여 피복하였을 때 신고배의 수량을 2004년에 조사한 결과이다. 신고배의 수량은 헤어리베치 9kg/10a 파종구에서 4.79ton/10a으로 가장 높았으며, 무처리구가 4ton/10a으로 가장 낮았고, 헤어리베치 처리구 중에서는 3kg/10a 방임구에서 4.3ton/10a으로 가장 낮았다.

한편 헤어리베치 재배 포장에서 충해의 발생은 많지 않음으로서 살충제의 사용량은 관행재배와 큰 차이가 없었다.

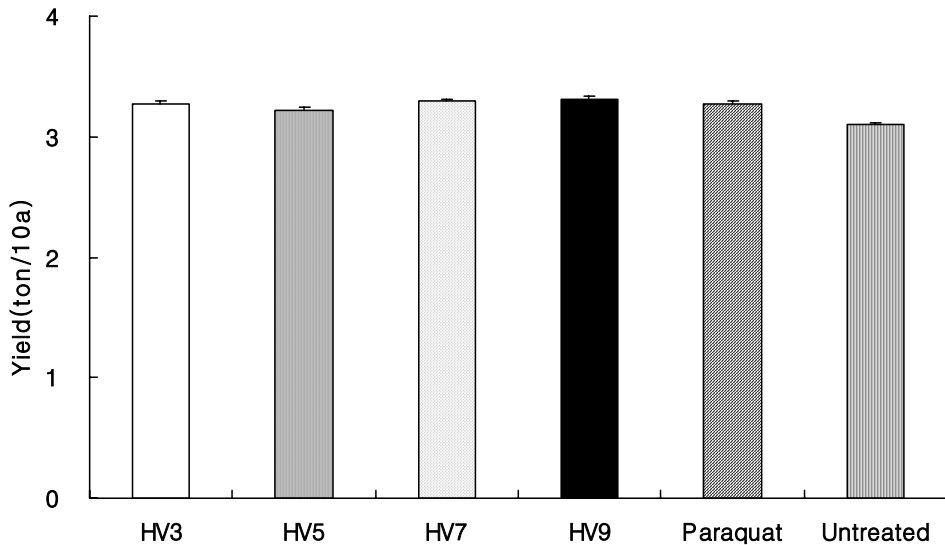


Fig. 1-15. Yield of pear(variety:Niiakata)as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in 2003.

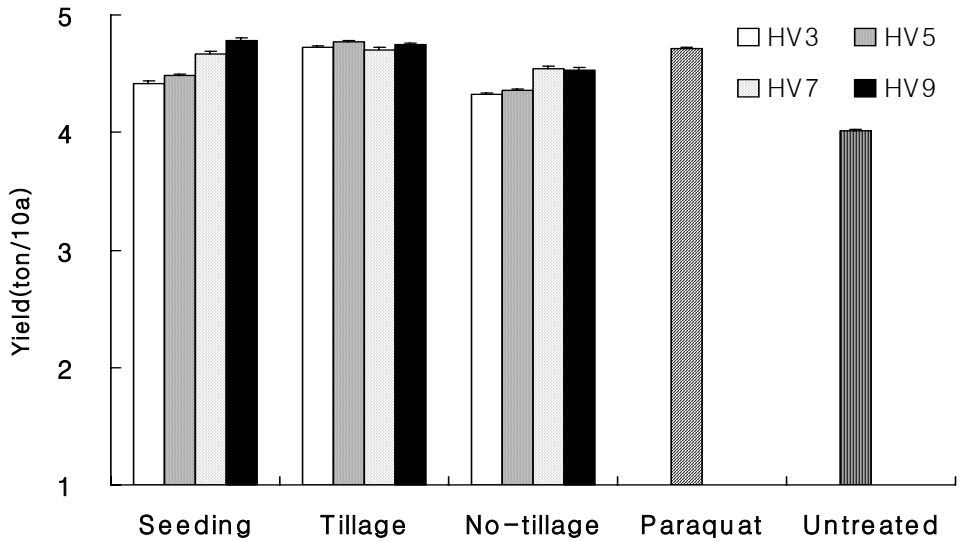


Fig. 1-16. Yield of pear (variety: Niikata) as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in 2004.

그러나 모든 처리구에서 4ton/10a 이상의 수량을 보여 2003년과 마찬가지로 처리구간 차이는 크지 않았다. 이러한 결과는 서 등(1998)이 보고한 바와 같이 옥수수 재배시 헤어리베치 피복이 옥수수의 수량에는 큰 영향을 미치지 못하였다는 연구결과와 일치하는 경향을 보였다.

표 1-8은 과수원에 헤어리베치의 파종량을 달리하여 피복하였을 때 신고배의 품질특성을 2003년에 조사한 결과이다. 파종은 헤어리베치 7kg/10a 파종구에서 596.8g으로 가장 높았으며, 무처리구가 546.8g으로 가장 낮았다. 당도, 산도, 경도 및 과형지수에서는 각 처리구간 큰 차이가 없었다. 따라서 과수원에 헤어리베치 피복 처리시 과실의 품질특성에는 큰 영향을 미치지 않았음을 알 수 있었다.

Table 1-8. Fruit quality of pear(variety:Niikata) as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in 2003.

Treatment	Fruit weight (g)	Brix degree (⁰ Brix)	Acidity (%)	Fruit firmness (kg/5mm Φ)	Shape index of fruit
HV3	558.9a*	11.2a	0.17a	2.29a	0.88a
HV5	562.2a	11.2a	0.17a	2.29a	0.89a
HV7	596.8a	11.1a	0.16a	2.33a	0.87a
HV9	581.1a	11.6a	0.15a	2.32a	0.89a
Paraquat	570.0a	11.3a	0.15a	2.31a	0.88a
Untreated	546.8ab	11.3a	0.15a	2.34a	0.89a

*Same letters are not significantly different at 5% level by DMRT.

표 1-9는 과수원에서 헤어리베치를 과중, 경운 및 방암하여 피복하였을 때 신고배의 과실특성을 2004년에 조사한 결과이다. 과중은 헤어리베치 9kg/10a 경운구에서 572.7g으로 가장 높았고 무처리구가 528.6g으로 가장 낮았으며, paraquat 처리구와 헤어리베치 처리구간 큰 차이는 없었다. 당도는 5kg/10a 경운구에서 11.8⁰Brix로 가장 높았고, 무처리구에서 가장 낮았으며 paraquat 처리구와 헤어리베치 처리구간 큰 차이는 없었다.

Table. 1-9. Fruit quality of pear(variety:Niikata) as followed by cultivating hairy vetch at pear orchard in 2004.

Treatment	Fruit weight (g)	Brix degree (^o Brix)	Acidity (%)	Fruit firmness (kg/5mm [●])	Shape index of fruit	
Seeding	HV3	552.8a	11.5a	0.16a	2.27a	0.88a
	HV5	548.4a	11.4a	0.16a	2.28a	0.89a
	HV7	568.4a	11.4a	0.15a	2.27a	0.88a
	HV9	564.9a	11.7a	0.14a	2.28a	0.89a
Tillage	HV3	550.5a	11.5a	0.16a	2.26a	0.89a
	HV5	567.5a	11.8a	0.14a	2.29a	0.89a
	HV7	562.8a	11.6a	0.15a	2.27a	0.89a
	HV9	572.7a	11.5a	0.15a	2.26a	0.89a
No-tillage	HV3	546.2a	11.4a	0.15a	2.31a	0.88a
	HV5	540.6a	11.5a	0.16a	2.31a	0.87a
	HV7	565.8a	11.5a	0.17a	2.28a	0.88a
	HV9	561.5a	11.5a	0.15a	2.29a	0.89a
Paraquat	563.4a	11.6a	0.14a	2.27a	0.89a	
Untreated	528.6b	11.2a	0.17a	2.29a	0.88a	

*Same letters are not significantly different at 5% level by DMRT.

산도는 7kg/10a 방입구와 무처리구에서 0.17%로 가장 높았으며 9kg/10a 과중구, 5kg/10a 경운구 및 paraquat 처리구에서 0.15%로 가장 낮았으나, 전반적으로 과중과 당도 및 산도에 있어 처리구간 큰 차이는 없었다. 그리고 경도와 과형지수도 각 처리구간 큰 차이가 없었다.

제 4 절 연구결과 요약

헤어리베치를 배 과수원에서 녹비 및 피복작물로 재배이용하여 효과적이고 환경친화적인 배 과수원의 관리방법을 개발하기 위하여 과수원에서 헤어리베치의 생산성을 조사하고, 헤어리베치 피복에 의한 잡초방제효과와 토양개량효과, 그리고 과실의 품질특성과 수량에 미치는 영향에 대하여 조사하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 생체수량은 개화기인 5월 중순까지 빠르게 증가하였으며 그 이후 증가폭이 크게 둔화되었다. 또 헤어리베치를 자연 방입하는 것 보다 파종 및 경운했을 때 생산성이 더 높았다.

나. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 건물수량을 살펴보면, 헤어리베치 파종구에서는 7kg/10a 이상 파종구에서 2ton/10a 이상의 건물수량을 보였으나 헤어리베치 경운구에서는 5kg/10a 이상 경운구에서 2ton/10a 이상 건물수량을 보였다.

다. 헤어리베치의 질소함량은 동 후 꾸준히 증가하여 개화기 전인 5월 상순에 최고 질소함량을 보이고 이후 개화기에 접어들면서 서서히 감소하였으나 헤어리베치 피복량이나 생육시기에 관계없이 3%이상의 질소함량 유지하였다.

라. 봄에 발생한 잡초종은 냉이, 꽃다지, 보리쟁이, 개불알풀, 지칭개, 독새풀, 새포아풀 그리고 쑥 등 8종이었으며, 여름에 발생한 잡초종은 피, 강아지풀, 망초, 개망초, 여뀌, 깨풀 그리고 쑥 등 7종이었다. 그리고 헤어리베치의 피복량이 많을수록 잡초방제효과가 뛰어났으며 7kg/10a 이상 파종구에서 paraquat 처리구보다 높은 잡초방제효과를 보였다.

마. 여름에 발생한 잡초종은 피, 강아지풀, 개밀, 망초, 개망초, 명아주, 여뀌, 깨풀 그리고 쑥 등 9종이었다. 그리고 헤어리베치의 피복량이 많을수록 잡초방제효과도 뛰어났으며 방입구를 제외한 파종구와 경운구에서

paraquat 처리구보다 높은 잡초방제효과를 보였다.

바. 과수원에서 헤어리베치 피복에 의한 토양개량효과를 살펴보면, 토양의 pH는 헤어리베치 처리구보다 paraquat 처리구에서 약간 높았으며, CEC와 유기물함량은 헤어리베치 처리구에서 paraquat 처리구와 무처리구보다 높게 나타났다. 그리고 전반적으로 헤어리베치의 피복량이 많을수록 CEC와 유기물함량이 높게 나타났으며 석회요구량은 감소하였다.

사. 신고배의 수량은 7kg/10a 이상 파종구에서 paraquat 처리구보다 높았고, 9kg/10이상 파종구 및 경운구에서 paraquat 처리구보다 높았다.

제 3 장 밭토양에서의 헤어리베치 재배에 의한 환경친화형 관리기술 개발

제 1 절 서 론

헤어리베치(*Vicia villosa* ROTH)는 원산지가 서부아시아 또는 동지중해 지방이라고 알려져 있으며, 전세계적으로 베치류는 150종에 달한다. 영국에서는 19세기(1815년)에 재배되기 시작하였고, 19세기 중엽에는 전 유럽에서 재배하게 되었으며, 미국에는 1847년에 전래되었다. 호주에서는 6종이 야생하고 있고 새로운 품종이 육성되어 윤작작물, 방목, 베치 단파나 연백과 혼작하여 건조로서 이용되기도 한다.

우리나라에서 장려되었던 헤어리베치는 1908년에 처음으로 도입되어 녹비로 재배되었고, 월동작물로 추위에 잘 견디고, 내건성 및 내습성이 강하여 호밀재배가 가능한 곳은 재배가 가능할 정도로 환경적응성이 뛰어나 자운영(*Astragalus sinicus* L.)을 재배하기에 곤란한 중부이북지방의 녹비작물로서 1973년에도 재배면적이 175ha에 달했으나 최근에는 거의 재배되지 않았다.

우리나라의 농경지는 생산성 위주의 농업생산활동으로 화학비료 및 제초제의 과다사용으로 토양의 이화학성 및 미생물상이 파괴되고 양분의 불균형이 나타나고 있어 새롭게 대두된 친환경농업에서는 윤작과 함께 질 좋은 유기물의 사용을 강력히 요구하고 있다.

헤어리베치는 가을에 파종하여 월동하는 작물로서 월동 후 이듬해 봄에 생육이 빨라 하계작물의 파종 전에 충분한 녹비수량을 얻을 수 있어 작부시기적으로도 적절하고, 식물체내 전질소함량이 생육시기에 관계없이 다른 작물에 비하여 높게 유지되며, 또한 식물체를 녹비로 사용했을 때 분해속도가 빨라 후작물에 질소를 비롯한 각종 무기영양성분을 친환경적으로 공급할 수 있다.

가을에 파종하여 겨울철 유희경작지에서 헤어리베치를 재배함으로써 농한기와 농번기를 연결하는 새로운 환경친화형 작부체계를 구축하여 토지 이용률 향상은 물론 윤작의 효과를 기대할 수 있으며, 하계작물 재배시 필수적으로 요구되는 질소 기비 및 추비에 드는 비용이나 노동력을 현저하게 절감할 수 있다.

이에 따라 녹비작물을 이용한 작부체계의 필요성이 대두되었는데 이러한 녹비작물 재배 및 이용기술은 토양내의 물리성 및 미생물상을 변화시키고 녹비작물의 체내에 있던 양분을 토양에 공급하여 화학비료를 쓰지 않고도 후작물의 안정적 생산에 기여하여 환경친화적인 지속적 농업을 꾀할 수 있게 하는 중요한 기술중의 하나로 발전될 수 있다.

본 연구는 헤어리베치를 사료, 녹비 및 피복작물로 이용하는 친환경 농업기술을 개발하기 위하여 헤어리베치의 생산성을 구명하고, 생산후 토양 환원 및 피복하였을 때 헤어리베치의 부식화율과 체내 무기영양성분의 토양 내 유출되는 양을 조사 분석하고 토양비옥도 증진효과를 구명하여 환경농업을 실천하기 위한 기초자료 및 응용자료를 얻고자 수행하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

시 험 1. 헤 어 리 베 치 의 과 중 시 기 에 따 른 생 산 성 및 무 기 영 양

성 분 함 량 변 화

본 시험은 헤어리베치를 공시하여 충북대학교 농과대학 부속농장 전작 포장에서 2003 - 2005년에 실시되었다. 헤어리베치의 과중은 매년 10월 10일과 10월 31일 두 시기였으며, 과중량은 1Kg/10a(HV1), 3Kg/10a(HV3), 5Kg/10a(HV5), 7Kg/10a(HV7), 9Kg/10a(HV9) 5개 수준으로 휴폭 60cm 간격으로 줄뿌림하였다.

가을에 과중한 헤어리베치는 월동 후 이듬해 봄 4월9일, 4월23일, 5월7일, 5월22일, 6월25일, 5회에 걸쳐 처리 당 3반복으로 식물체 시료를 수확하여 곧바로 생체수량을 평량하였고, 건물중은 78℃로 유지되는 열풍건조기에서 48시간이상 건조한 후 평량하여 조사하였다.

이 건조된 시료는 60-mesh 정도의 크기로 조제하였으며, 주요 무기영양성분을 분석하기 위하여 조제된 시료는 각각 0.5g을 평량하여 H₂SO₄-H₂O₂법을 이용하여 습식분해하였다. 습식분해 후 Whatman No.2 여과지를 이용하여 증류수와 함께 100ml volumetric flask 내로 여과시키며 100ml로 채운 후, 이를 무기영양성분 분석용액으로 이용하였다.

무기영양성분 함량 중 질소함량은 Indophenol blue법(665nm)을, 인산함량은 Vanadate법(420nm)를 이용하여 비색 정량하였으며, Spectrophotometer는 HP8453을 이용하여 측정하였다. 기타 무기성분인 K, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn등의 양이온함량은 Disposable syringe에 filter(MFS-13, 0.5 μ m, ADVANTEC MFS, Inc, USA)를 부착시켜 분석용액을 여과시킨 후 유도결합 플라즈마 발광광도분석기(ICP-OES, GBC Integra XMP)로 측정하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리는 SAS Program으로 하였다.

시험 2. 헤어리베치의 녹비활용시 부숙화 및 양분 가용화 속도

헤어리베치를 수확 건조 후 헤어리베치의 부숙화 및 양분유출 속도를 조사하기 위하여 건물 20g을 1mm-mesh bag에 넣어 피복, 토양환원, 그리고 온도처리 조건에 따라 처리하여 일정시기별로 시료를 채취하고, 건물중 변화 및 자체 무기영양성분들의 변화를 분석하여 헤어리베치의 부숙화 및 양분 가용화 속도를 산출하였다. 피복처리는 피복된 헤어리베치 속에 넣어 시료 bag를 넣어 이미 피복되어 있던 헤어리베치와 동일하게 토양위에 유지되도록 처리하였고, 토양환원조건에서는 토양 수분의 조건을 각각 50%와 포장용수량을 유지하는 토양 속에 묻는 처리를 하였으며, 온도조건에서는 20℃와 30℃로 다르게 유지되는 온도조건에 처리된 헤어리베치의 수분이 100%로 유지되도록 처리하였다. 모든 처리구로부터 처리된 헤어리베치를 5일 간격으로 채취하면서 각각의 헤어리베치 시료들을 78℃로 유지되는 열풍건조기에서 48시간이상 건조한 뒤 시기별 중량의 변화를 조사하여 다음과 같은 공식으로 부숙화율을 산출하였다.

$$* \text{부숙화율}(\%) = \frac{(\text{최초 건물중} - \text{처리 후 시기별 건물중})}{\text{최초 건물중}} \times 100$$

위의 시료를 조제 보관하면서 H₂SO₄-H₂O₂법을 이용하여 습식분해 하였으며, 습식분해 후 Whatman No. 2여과지를 이용하여 증류수와 함께 100ml volumetric flask 내로 여과시키며 100ml로 채운 후, 이를 무기영양 성분 분석용액으로 이용하였다.

무기영양성분 함량 중 질소함량은 Indophenol blue법(665nm)을, 인산함량은 Vanadate법(420nm)을 이용하여 비색정량하였으며, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn, Zn의 무기성분은 ICP를 이용하여 측정하였다. 분석된 무기영양성분으로 잔존량과 가용화율을 산출하였는데 공식은 다음과 같다.

$$* \text{잔존량}(g) = \text{처리 후 건물중} \times \text{무기영양성분}$$

$$* \text{가용화율}(\%) = \frac{(\text{최초 성분량} - \text{처리 후 시기별 잔존량})}{\text{최초 성분량}} \times 100$$

제 3 절 결과 및 고찰

시험 1. 헤어리베치의 파종시기에 따른 생산성 및 무기영양성 분 함량

가. 생체 및 건물생산 변화

헤어리베치를 10월 10일 과 10월 31일 두 시기에 파종하고 월동 후 이듬해에 헤어리베치의 건물생산량을 생육시기별로 조사한 결과는 그림 2-1과 같다.

월동 직후 왕성하게 자라는 헤어리베치의 지상부 건물수량은 전반적으로 4월 초순부터 5월말까지 일직선적으로 증가하는 경향을 보였다. 파종시기가 빨랐던 10월 10일 파종구에서는 4월 9일 조사시 400Kg/10a 미만으로 적었으나 이후 빠르게 증가하여 5월 22일 조사시 헤어리베치의 파종량이 3Kg/10a 이상인 모든 처리구등에서 1,000Kg/10a이상의 건물수량을 보였다.

파종시기가 늦었던 10월 31일 파종구에서는 건물수량이 4월 9일에 100Kg/10a 미만으로 낮았으나 그 이후 빠르게 증가하였으나 5월 22일 조사시에는 파종량별로 차이는 있었지만 600~900Kg/10a 범위의 건물수량을 보였고, 6월 25일 조사시에는 오히려 감소하였다. 그러나 6월 25일 조사시 헤어리베치 9Kg/10a 파종구에서는 더 증가하여 900Kg/10a 이상의 건물수량을 보였다.

파종시기에 따른 건물수량은 생산성 조사를 시작한 4월 9일부터 5월 말까지 전 시기에 걸쳐 파종시기가 빠른 10월 10일 파종구들에서 파종시기가 늦은 10월 31일 파종구들에서보다 모두 높은 건물 수량을 나타냈다.

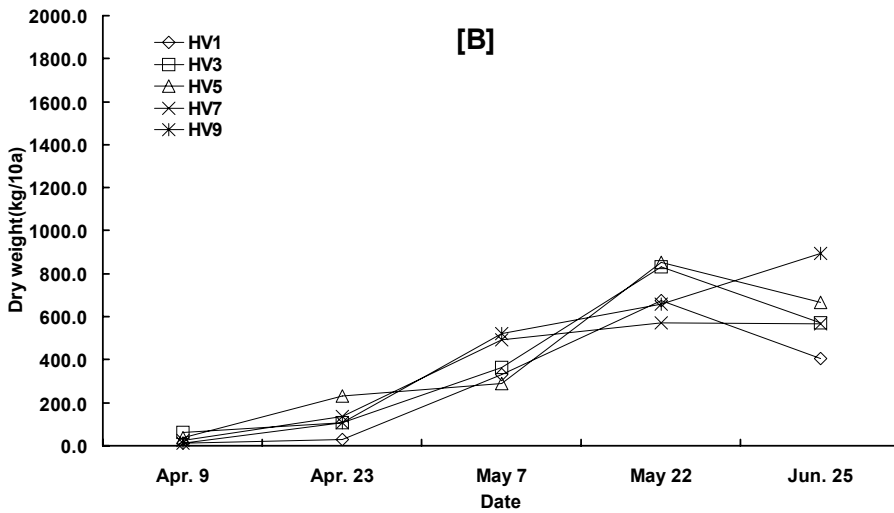
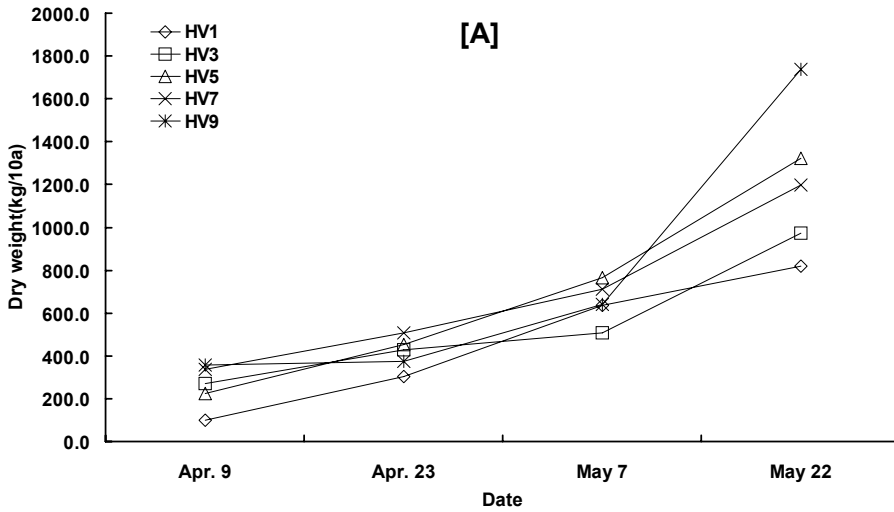


Fig. 2-1. Changes of dry weight yield of hairy vetch at several times with two seeding times and with five different seeding rates. [A] : seeded at Oct. 10, [B] : seeded at Oct. 31.

과종량별 헤어리베치의 건물 생산량은 10월 10일 과종구에서는 헤어리베치 9Kg/10a를 과종한 처리구에서 가장 높았고, 그 다음으로는 헤어리베치 5Kg/10a, 헤어리베치 7Kg/10a를 과종한 처리구에서 높았으며 헤

어리베치 1Kg/10a를 파종한 처리구가 가장 낮았다. 10월 31일 파종구에서는 10월 10일 파종구와 같은 순서로 헤어리베치 9Kg/10a를 파종한 처리구에서 가장 높았고 헤어리베치 1Kg/10a를 파종한 처리구에서 가장 낮아 파종량이 많을수록 건물량도 높음을 알 수 있어 생체량과 건물량을 고려하였을 때 헤어리베치는 파종시기가 빠를수록, 파종량은 많을수록 더 많은 생체, 건물량을 얻을 수 있었다.

나. 무기영양성분 함량 및 흡수량 변화

가을에 파종하여 월동한 헤어리베치를 일정시기별로 시료를 채취하여 파종시기 및 파종량별로 구분하여 헤어리베치 체내 질소함량 및 흡수량을 산출한 결과는 그림 2-2와 같다.

헤어리베치 지상부의 전질소 함유량은 파종일과 상관없이 4월 9일부터 4월 23일을 전후로 하여 약 3%정도로 최대가 되었다가 그 이후 5월 22일 또는 6월 25일까지 서서히 감소하였으나 2%이상의 질소함량을 유지하여 다른 작물들과 비교해 볼 때 헤어리베치는 생육시기에 관계없이 높은 전질소함량을 갖는 것을 알 수 있었다. 파종량별 헤어리베치 체내 전질소 함유량을 살펴보면 10월 10일 파종구에서는 5월 22일에 헤어리베치 3Kg/10a를 파종한 처리구에서 가장 높았고 그 다음으로는 헤어리베치 1Kg/10a, 헤어리베치 5Kg/10a를 파종한 처리구에서 높았고 헤어리베치 7Kg/10a를 파종한 처리구에서 가장 낮았다.

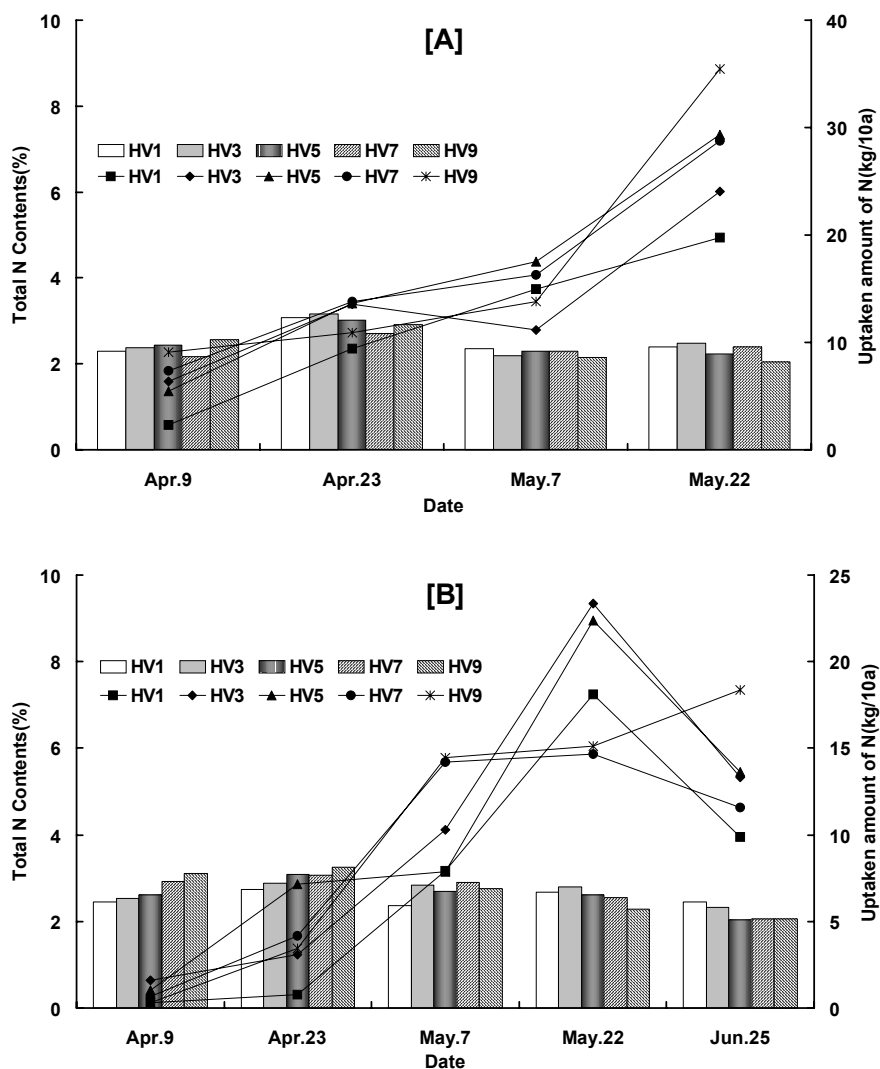


Fig. 2-2. N contents and N uptaken amounts in shoot of hairy vetch at several growth stages with two seeding times and with five different seeding rates.

[A] : seeded at Oct. 10, [B] : seeded at Oct. 31.

□ : N content, — : Uptaken amount of N.

헤어리베치의 질소성분 흡수량을 살펴보면 월동 후 생육초기인 4월 9일에는 모든 처리구에서 10Kg/10a 미만으로 적었으나 생육이 진전됨에 따라 지속적으로 증가하여 5월 22일에는 모든 처리구에서 20Kg/10a 이상으로 높은 질소흡수량을 보였으며, 과중량별로 질소흡수량을 비교해 보면 헤어리베치 9Kg/10a를 과중한 처리에서 최대였고, 헤어리베치 5Kg/10a, 헤어리베치 7Kg/10a, 헤어리베치 3Kg/10a를 과중한 처리구순으로 높았다. 10월 31일 과중구에서 또한 생육 전반에 걸쳐 약 2~3%의 질소함량을 유지해 타 작물과 비교하였을 때 생육시기 전반에 걸쳐 높은 질소함량을 유지하기 때문에 녹비작물로서의 활용이 적합하다고 판단된다. 단보당 질소성분 흡수량도 6월 25일에 헤어리베치 9Kg/10a가 가장 높았고 헤어리베치 5Kg/10a, 헤어리베치 3Kg/10a, 헤어리베치 7Kg/10a 순이었으며, 헤어리베치 1Kg/10a를 과중한 처리구에서 가장 낮아 과중량이 많을수록 질소 흡수량이 약간 높은 것으로 나타났으나 현저한 차이는 보이지 않았다. 그러므로 헤어리베치의 식물체내 전질소함량은 과중시기 및 과중량간에는 뚜렷한 차이가 없는 것으로 나타났으나, 헤어리베치의 질소흡수량은 과중시기 및 과중량별로 뚜렷한 차이가 인정되는 것으로 나타났는데, 이는 주로 과중시기가 빠를수록 그리고 과중량이 많을수록 생체 및 건물생산량이 높아지는 것에 기인된 것으로 판단된다.

헤어리베치를 과중후 월동후 일정시기별 헤어리베치 체내 인산함량을 조사한 결과는 그림 2-3과 같다.

헤어리베치 지상부의 인산함유량은 과중일과 상관없이 월동 후 초기에는 최소 0.38%, 최대 0.50%이었으나 생육이 진전됨에 따라 다소 감소

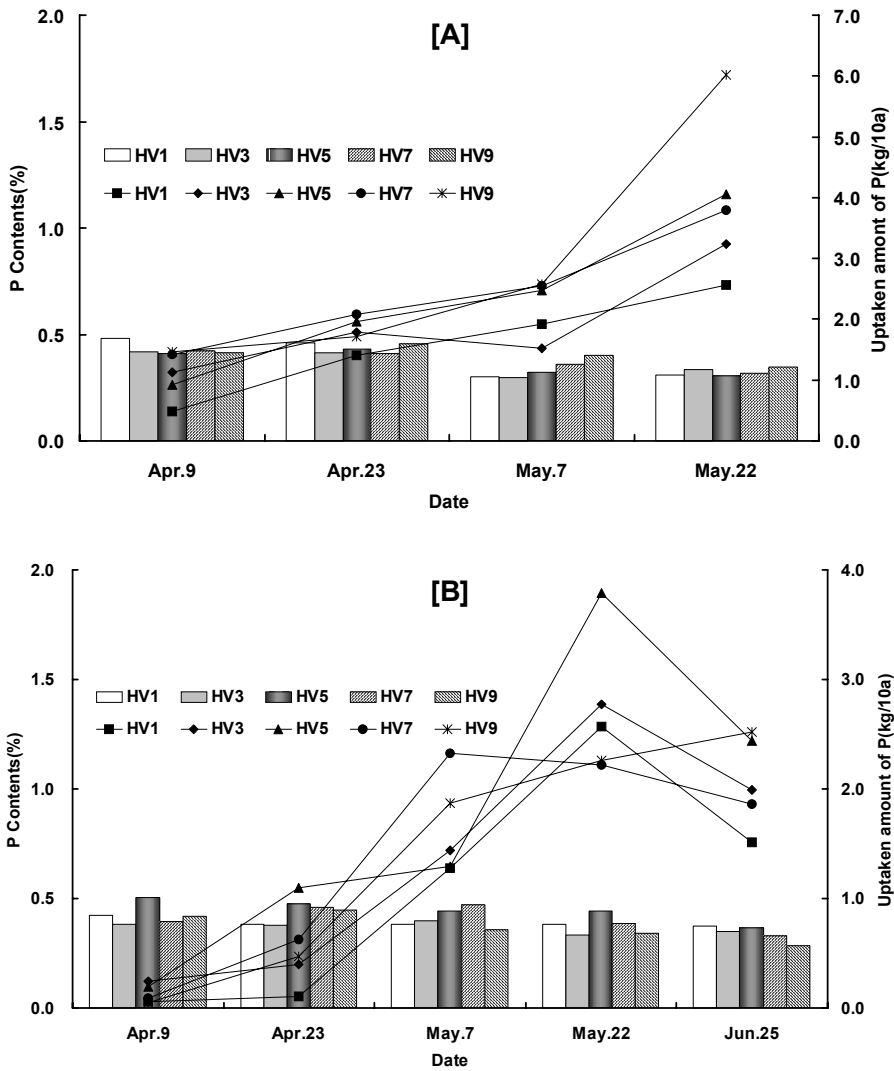


Fig. 2-3. P contents and P uptaken amounts in shoot of hairy vetch at several growth stages with two seeding times and with five different seeding rates.

[A] : seeded at Oct. 10, [B] : seeded at Oct. 31.

□ : N content, — : Uptaken amount of N.

되는 경향이였다. 과중량별 헤어리베치 체내 인산 함유량을 살펴보면 10월 10일 과중구에서는 헤어리베치 9Kg/10a를 과중한 처리구가 가장 높았고 헤어리베치 3Kg/10a, 헤어리베치 7Kg/10a, 헤어리베치 1Kg/10a 순이었으며 헤어리베치 5Kg/10a를 과중한 처리구에서 가장 낮았다. 10월 31일 과중구에서는 헤어리베치 1Kg/10a가 가장 높았고 헤어리베치 5Kg/10a, 헤어리베치 3Kg/10a, 헤어리베치 7Kg/10a 순이었으며 헤어리베치 9Kg/10a가 가장 낮아 헤어리베치 과중량과는 큰 차이가 없었다.

또한 10월 10일 과중구의 단보당 인산 성분 흡수량을 살펴보면 월동 후 계속 증가하다가 건물중이 급격하게 증가하는 5월 7일 이후에 인산의 흡수량도 급격하게 증가하였다. 과중량별로는 헤어리베치 9Kg/10a 과중한 처리구에서 가장 높았고 헤어리베치 5Kg/10a, 헤어리베치 7Kg/10a, 헤어리베치 3Kg/10a 순이었으며 헤어리베치 1Kg/10a 과중한 처리구에서 가장 낮았다. 10월 31일 과중구에서도 10월 10일 과중구와 마찬가지로 헤어리베치 건물중이 증가하는 4월 23일부터 급격하게 증가하였으나 10월 10일 과중구에 비해서는 그 양이 적었다. 과중량 별로는 6월 25일에 과중량이 가장 많은 헤어리베치 9Kg/10a이었고, 헤어리베치 5Kg/10a, 헤어리베치 3Kg/10a, 헤어리베치 7Kg/10a 순이었으며 헤어리베치 1Kg/10a가 가장 낮았다.



A



B

사진 2-1. 파종 작업 (A: 줄뿌림, B: 줄뿌림)



A



B

사진 2-2. 초기생육 (A: 3월 초순, B: 4월 초순)



사진 2-3. 월동후 헤어리베치의 초기 생육 상태



사진 2-4. 헤어리베치의 중기 생육과 뿌리 근류균



사진 2-5. 헤어리베치의 개화기 및 예취후 피복처리



사진 2-6. 헤어리베치의 뿌리 및 뿌리혹테리아

시험 2. 헤어리베치의 녹비활용시 부숙화 및 양분 가용화 속도

가. 부숙도

피복, 토양환원 및 온도조건에 따른 헤어리베치의 부숙도 변화를 조사한 결과는 표 2-1과 같다.

표 2-1. 처리조건별 헤어리베치의 일정시기별 부숙도 변화

구분	처리 후 일수											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
	g											
피복	20.00	17.41	16.58	10.31	6.89	6.04	5.23	5.49	5.74	4.64	4.24	
토양환원I	20.00	16.75	10.80	10.44	8.77	7.76	7.35	7.12	5.93	7.70	5.92	
토양환원II	20.00	15.07	12.15	10.84	9.19	6.26	7.53	7.36	6.70	6.03	5.65	
온도 20℃	20.00	11.70	10.03	8.67	7.65	6.76	6.21	6.08	5.38	5.37	5.13	
온도 30℃	20.00	10.42	7.93	6.87	5.77	5.32	5.41	4.99	4.68	4.36	4.17	

* 토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량, 온도 조건시 수분함량 100% 처리조건별 헤어리베치의 부숙도 변화는 점진적으로 지속되는 것으로 나타났으며, 수분 100%의 온도조건 20℃와 30℃에서는 처리 후 5일에 20g에서 각각 11.70g과 10.42g으로 50%정도가 부숙

되는 것을 볼 수 있고 피복이나 토양환원조건에서는 비교적 완만하게 부숙되며 처리 후 50일 정도에 처리조건별 부숙도는 처리 간 별 차이가 없는 것으로 보인다.

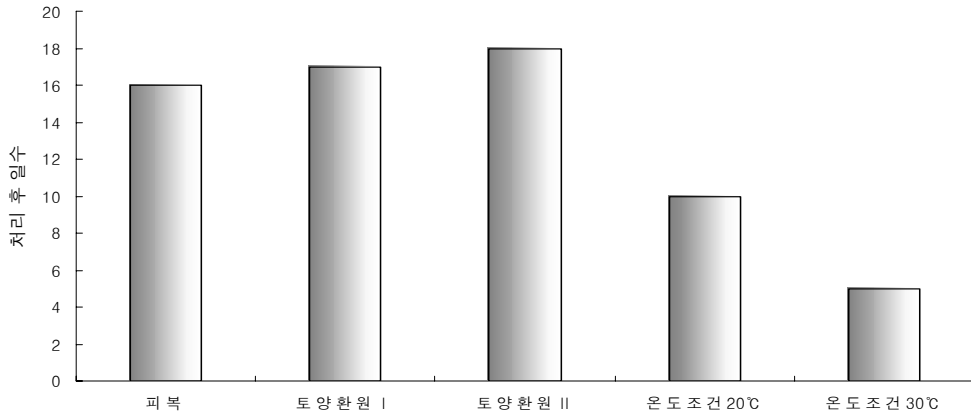


그림 2-4. 처리별 헤어리베치의 처리 후 부식화율 50% 도달 일수

(토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용 수량, 온도조건시 수분함량 100%)

피복, 토양환원 및 온도조건에 따른 헤어리베치 부숙화율이 50%에 도달하는 일수를 살펴보면 다음 그림 2-4와 같다.

수분 100%의 온도조건을 달리한 처리에서는 다른 처리보다 빨리 부숙화율 50%에 도달하는 것을 볼 수 있으며 특히 온도조건 30°C에서는 처리 후 5일 정도에 부숙화율 50%가 된다. 그러나 토양수분이 포장용수량인 토양환원처리에서는 18일정도가 되어야 부숙화율이 50%가 되는 것으로 나타났다. 따라서 수분이나 주위 환경에 따라 헤어리베치가 부숙되는 속도가 달라지는 것을 알 수 있었다.

나. 부식화율

공식에 의해 피복, 토양환원 및 온도조건에 따른 헤어리베치의 일정시기별 부식화율을 산출한 결과는 그림 2-5와 같다.

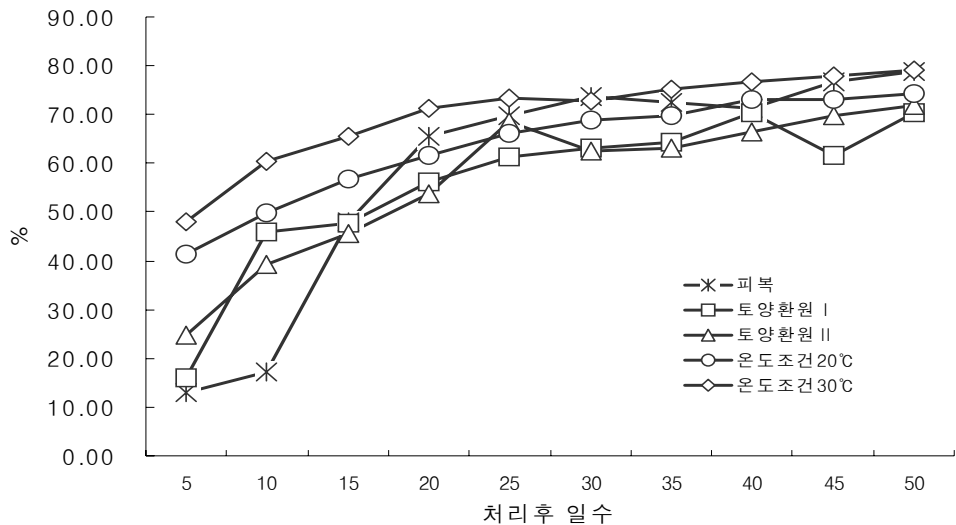


그림 2-5. 처리조건별 헤어리베치의 일정시기별 부식화율

(토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용 수량, 온도조건시 수분함량 100%)

피복, 토양환원 및 온도조건의 처리간 헤어리베치의 부식화율은 처리 후 50일까지 지속적으로 이루어진다. 수분조건 100%의 온도조건에서는 부식화율이 처리 후 5일까지 급격하게 이루어지며 특히 30°C에서 부식화율이 약 50%로 가장 높게 나타난다. 피복이나 토양환원 조건에서는 처리 후 일수 15일까지 급격한 변화를 보이며 그 이후에는 비교적 완만한 곡선을 나타내고 있다. 피복, 토양환원 및 온도조건의 처리 간에 처리 후 50일의 부식화율은 큰 차이를 볼 수 없다고 판단된다.

2. 처리 후 헤어리베치의 무기성분함량 및 양분가용화량

가. 무기영양성분 함량

표 2-2. 처리조건별 헤어리베치의 일정시기별 대량원소 함량의 변화

Mineral Nutrient	Treatments	처리 후 일수										
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		%										
N	피복	2.9	2.5	2.2	2.2	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2	2.5	
	토양환원 I	2.4	2.0	2.2	2.2	1.8	2.0	2.1	2.3	2.0	2.1	
	토양환원 II	3.2	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.8	1.8	2.2	2.1	2.2
	온도조건20℃	2.6	2.5	2.5	2.4	2.5	2.3	2.4	2.3	2.6	2.0	
	온도조건30℃	2.8	2.7	2.6	2.8	2.6	2.6	2.4	2.5	2.4	2.3	
P	피복	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	
	토양환원 I	0.3	0.2	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	
	토양환원 II	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
	온도조건20℃	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	
	온도조건30℃	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
K	피복	3.2	3.3	2.0	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	
	토양환원 I	3.1	2.0	2.4	2.3	1.6	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	
	토양환원 II	3.7	2.5	1.1	1.3	0.5	0.7	0.6	0.3	0.4	0.2	0.2
	온도조건20℃	1.1	1.4	0.6	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	
	온도조건30℃	0.9	1.0	0.5	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	
Ca	피복	0.8	0.8	1.2	1.1	1.3	1.7	1.5	1.8	1.7	2.2	
	토양환원 I	0.9	1.2	1.2	1.4	1.4	1.8	1.9	2.1	2.0	2.4	
	토양환원 II	0.7	0.9	1.3	1.4	1.6	1.3	1.9	1.9	2.8	2.2	2.4
	온도조건20℃	1.1	1.3	1.2	1.2	1.5	1.6	1.8	1.7	2.0	1.7	
	온도조건30℃	0.8	1.3	1.3	1.6	1.5	2.2	2.0	2.2	2.1	2.3	
Mg	피복	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	토양환원 I	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	
	토양환원 II	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3
	온도조건20℃	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	온도조건30℃	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	

* 토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량, 온도조건시 수분함량 100%

표 2-3. 처리조건별 헤어리베치의 일정시기별 미량원소 함량의 변화

Mineral Nutrient	Treatments	처리 후 일수									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
ppm											
Na	피복	596.6	606.0	767.0	687.5	683.5	542.6	422.5	504.5	666.7	717.5
	토양환원 I	795.8	742.2	676.4	783.0	614.5	616.0	500.2	638.5	722.5	732.2
	토양환원 II	644.2	803.6	783.4	790.5	620.2	710.2	528.9	373.8	673.2	689.6
	온도조건 20℃	877.0	842.1	714.0	609.5	700.5	549.5	609.4	708.4	714.5	583.9
	온도조건 30℃	668.7	813.7	774.7	592.3	792.0	608.0	703.7	684.1	722.4	659.8
Fe	피복	310.4	382.8	301.8	404.1	312.9	359.3	170.1	1198.3	672.0	349.8
	토양환원 I	780.3	836.1	741.8	638.8	755.5	242.4	429.4	524.5	1533.1	542.9
	토양환원 II	221.3	519.9	732.4	392.8	883.2	354.4	415.2	710.6	1216.3	786.1
	온도조건 20℃	250.4	326.1	275.0	232.9	156.8	515.2	647.5	322.4	522.0	729.6
	온도조건 30℃	334.3	497.7	428.6	668.3	347.2	368.7	358.2	479.4	558.5	404.7
Cu	피복	14.9	21.8	23.8	14.0	68.3	29.1	69.1	29.8	60.7	18.4
	토양환원 I	14.9	20.9	25.1	36.2	26.2	19.4	36.3	31.3	33.5	19.6
	토양환원 II	11.8	15.6	26.3	21.2	44.3	53.8	24.5	53.0	32.5	65.4
	온도조건 20℃	14.8	23.8	21.7	19.7	25.5	32.8	31.8	35.3	43.1	34.6
	온도조건 30℃	22.0	25.5	22.1	30.6	32.9	30.5	31.1	40.1	39.4	31.2
Mn	피복	72.9	76.5	122.7	115.7	159.1	201.8	174.0	224.7	216.8	229.2
	토양환원 I	171.3	164.2	232.3	192.1	176.0	206.5	243.0	228.7	277.8	235.2
	토양환원 II	74.0	177.1	226.7	250.8	240.6	175.9	248.2	324.5	296.7	311.7
	온도조건 20℃	81.1	108.1	88.4	105.5	128.9	124.4	143.2	145.0	173.0	146.4
	온도조건 30℃	59.2	102.2	102.9	127.6	114.8	162.7	140.3	142.5	171.0	181.4
Zn	피복	127.0	108.1	128.3	117.8	130.4	161.0	152.5	151.2	172.0	200.4
	토양환원 I	125.7	109.7	145.2	141.6	110.1	135.9	146.3	171.2	142.2	164.4
	토양환원 II	106.6	108.2	128.9	151.3	137.4	126.9	147.5	148.9	184.0	172.5
	온도조건 20℃	103.0	137.8	138.2	147.8	173.2	200.3	211.1	235.3	257.0	245.0
	온도조건 30℃	129.6	170.8	167.1	204.1	216.6	244.8	249.0	300.2	356.2	384.9

* 토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량, 온도조건시
수분함량 100%

헤어리베치를 피복, 토양환원 및 온도조건별 처리한 후 일정시기에 헤어리베치에 함유되어있는 주요 무기영양성분을 분석한 결과는 표 2-2 표 2-3과 같다. 질소의 경우 처리 전에는 3.2%의 높은 함량을 나타냈으며 처리 후 50일에 2.0~2.5%의 분포를 가지며 처리조건 사이에는 수분 100%의 온도조건 20℃에서 2.0으로 가장 낮은 함량을 나타내고 피복처리에서 2.5%로 높은 함량을 보였다.

카리의 경우 처리전 성분 함량은 3.7%였으나 처리 후 일정시기별 증진적으로 카리 성분 함량이 줄었으며 처리 후 50일에는 처리 전과 비교하여

월등히 낮음을 볼 수 있다. 처리 후 50일에 수분 50%의 토양환원조건에서 0.9%로 비교적 높은 함량을 나타냈으며 수분이 100%일 때의 온도조건에서는 처리 후 5일까지 카리 성분이 많이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

인산, 칼슘 및 마그네슘 성분은 처리 전이나 처리 후에 성분 함량의 차이를 별로 볼 수 없으며 칼슘의 경우 오히려 증가하는 경향을 나타낸다.

미량원소의 경우 처리 전과 비교하여 처리 후에 오히려 성분 함량이 증가하는 경향을 보인다.

나. 헤어리베치 처리후 시기별 잔존량

헤어리베치를 피복, 토양환원 및 온도조건별로 처리한 후 일정시기에 함유되어 있는 무기영양성분을 바탕으로 앞의 공식에 의거 대량원소 잔존량을 산출한 결과는 표 2-4와 같다. 질소의 경우 처리 전 성분 잔존량과 비교하여 수분처리가 충분히 된 포장용수량의 토양환원조건과 20℃와 30℃ 각각의 온도조건에서 처리 초반에 급격하게 성분 잔존량이 줄었으며 처리 후 50일에 처리 조건별 질소 잔존량은 거의 비슷한 양으로 줄어들었다. 처리 초반에는 수분의 관여가 성분 유출에 관여하는 것으로 보이나 일정 시기가 지나면 완만하게 잔존량이 줄어들어 처리 후 일수가 늘어나면 질소함량의 잔존율에는 별로 차이가 없음을 볼 수 있다.

인산의 경우 모든 처리에서 처리 후 5일까지 성분의 잔존량이 급격히 줄어드는데 특히 수분 100%의 온도조건에서 많은 양이 줄어드는 것을 볼 수 있으며 줄어든 성분잔존량은 처리 후 일수가 늘어남에도 일정 수준을 유지하고 있음을 볼 수 있다. 피복과 토양환원조건에서는 비교적 완만한 수준으로 줄어드는 것을 볼 수 있다.

표 2-4. 처리조건별 헤어리베치의 일정기시별 대량원소 잔존량 변화

Mineral Nutrient	Treatments	처리 후 일수										
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		g										
N	피복	0.500	0.413	0.213	0.148	0.124	0.109	0.112	0.116	0.099	0.103	
	토양환원 I	0.385	0.212	0.234	0.192	0.136	0.145	0.149	0.138	0.151	0.122	
	토양환원 II	0.640	0.289	0.224	0.196	0.147	0.106	0.134	0.132	0.144	0.126	0.124
	온도조건20℃	0.301	0.245	0.210	0.180	0.172	0.145	0.142	0.122	0.136	0.100	
	온도조건30℃	0.291	0.213	0.177	0.161	0.136	0.135	0.122	0.117	0.100	0.096	
P	피복	0.041	0.042	0.031	0.021	0.022	0.020	0.017	0.019	0.016	0.019	
	토양환원 I	0.046	0.027	0.040	0.040	0.034	0.032	0.034	0.038	0.036	0.029	
	토양환원 II	0.088	0.037	0.032	0.030	0.031	0.026	0.031	0.028	0.033	0.028	0.029
	온도조건20℃	0.016	0.019	0.013	0.022	0.020	0.015	0.020	0.013	0.014	0.013	
	온도조건30℃	0.010	0.015	0.012	0.017	0.014	0.016	0.014	0.012	0.012	0.012	
K	피복	0.547	0.540	0.191	0.021	0.020	0.008	0.007	0.012	0.008	0.007	
	토양환원 I	0.499	0.212	0.254	0.198	0.123	0.091	0.078	0.064	0.077	0.054	
	토양환원 II	0.748	0.374	0.121	0.136	0.045	0.041	0.047	0.022	0.024	0.014	0.014
	온도조건20℃	0.122	0.138	0.047	0.053	0.032	0.020	0.012	0.007	0.007	0.004	
	온도조건30℃	0.089	0.075	0.036	0.035	0.022	0.017	0.012	0.007	0.006	0.004	
Ca	피복	0.138	0.133	0.118	0.075	0.080	0.088	0.083	0.096	0.078	0.093	
	토양환원 I	0.148	0.131	0.125	0.121	0.108	0.133	0.137	0.128	0.149	0.140	
	토양환원 II	0.133	0.132	0.143	0.145	0.136	0.081	0.145	0.137	0.180	0.133	0.133
	온도조건20℃	0.123	0.124	0.100	0.092	0.104	0.099	0.110	0.093	0.106	0.085	
	온도조건30℃	0.084	0.101	0.091	0.091	0.080	0.115	0.101	0.102	0.089	0.094	
Mg	피복	0.031	0.031	0.025	0.013	0.013	0.009	0.010	0.012	0.008	0.010	
	토양환원 I	0.033	0.026	0.032	0.026	0.023	0.026	0.027	0.026	0.028	0.024	
	토양환원 II	0.037	0.030	0.028	0.027	0.025	0.020	0.025	0.017	0.025	0.014	0.017
	온도조건20℃	0.018	0.019	0.011	0.014	0.013	0.010	0.010	0.009	0.008	0.008	
	온도조건30℃	0.012	0.014	0.010	0.012	0.011	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	

* 토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량,

온도조건시 수분함량 100%

칼리, 칼슘 및 마그네슘에서도 일정 수준으로 성분 잔존량을 줄어드는

것을 볼 수 있는데 수분 100%의 온도조건 30℃에서 처리 후 5일까지 성분량이 비교적 급격히 줄어들며 처리 후 50일에는 피복과 수분100%의 온도조건수준에 따른 처리에서 성분 잔존량이 낮은 것을 볼 수 있다.

헤어리베치를 피복, 토양환원 및 온도조건별로 처리한 후 일정시기에 함유되어 있는 무기영양성분을 바탕으로 앞의 공식에 의거 미량원소 잔존량을 산출한 결과는 표 2-5와 같다

표 2-5. 처리조건별 헤어리베치의 일정기시별 미량원소 잔존량 변화

Mineral Nutrient	Treatments	처리 후 일수										
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		mg										
Na	피복	10.27	9.98	7.33	4.61	4.14	2.79	2.32	2.75	3.03	3.00	
	토양환원 I	12.83	7.98	7.05	6.80	4.66	4.56	3.61	3.82	5.48	4.35	
	토양환원 II	12.88	11.96	8.90	8.22	5.11	4.45	3.98	2.70	4.36	4.10	3.12
	온도조건20℃	9.96	8.32	6.06	4.63	4.75	3.39	3.65	3.78	3.76	2.97	
	온도조건30℃	6.94	6.43	5.25	3.43	4.21	3.18	3.54	3.21	3.01	2.75	
Fe	피복	5.34	6.30	2.88	2.71	1.89	1.85	0.94	6.53	3.06	1.46	
	토양환원 I	12.58	8.99	7.74	5.55	5.73	1.79	3.10	3.14	11.63	3.23	
	토양환원 II	4.43	7.74	8.32	4.09	7.28	2.22	3.12	5.13	7.88	4.68	5.01
	온도조건20℃	2.84	3.22	2.34	1.77	1.06	3.18	3.87	1.72	2.75	3.71	
	온도조건30℃	3.47	3.93	2.90	3.87	1.85	1.93	1.80	2.25	2.33	1.68	
Cu	피복	0.26	0.36	0.23	0.09	0.41	0.15	0.38	0.16	0.28	0.08	
	토양환원 I	0.24	0.23	0.26	0.31	0.20	0.14	0.26	0.19	0.25	0.12	
	토양환원 II	0.24	0.23	0.30	0.22	0.36	0.34	0.18	0.38	0.21	0.39	0.16
	온도조건20℃	0.17	0.24	0.18	0.15	0.17	0.20	0.19	0.19	0.23	0.18	
	온도조건30℃	0.23	0.20	0.15	0.18	0.18	0.16	0.16	0.19	0.16	0.13	
Mn	피복	1.25	1.26	1.17	0.78	0.96	1.04	0.96	1.22	0.99	0.96	
	토양환원 I	2.76	1.77	2.42	1.67	1.33	1.53	1.75	1.37	2.11	1.40	
	토양환원 II	1.48	2.64	2.57	2.61	1.98	1.10	1.87	2.34	1.92	1.85	1.84
	온도조건20℃	0.92	1.07	0.75	0.80	0.87	0.77	0.86	0.77	0.91	0.74	
	온도조건30℃	0.61	0.81	0.70	0.74	0.61	0.85	0.71	0.67	0.71	0.76	
Zn	피복	2.19	1.78	1.23	0.79	0.79	0.83	0.84	0.82	0.78	0.84	
	토양환원 I	2.03	1.18	1.51	1.23	0.84	1.01	1.06	1.02	1.08	0.98	
	토양환원 II	2.13	1.61	1.46	1.57	1.13	0.80	1.11	1.08	1.19	1.03	1.07
	온도조건20℃	1.17	1.36	1.17	1.12	1.17	1.24	1.26	1.26	1.35	1.24	
	온도조건30℃	1.34	1.35	1.13	1.18	1.15	1.28	1.25	1.41	1.49	1.60	

* 토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량,
온도조건시 수분함량 100%

Na 잔존량은 전체적으로 완만하게 줄어 들며 처리 후 50일에 적은 양이 남아 있으며, Cu와 Zn 성분은 일정한 수준으로 잔존량이 줄어들며 처리 후 50일에 피복처리에서 잔존량이 제일 적은 것으로 나타났다. Fe와 Mn에서는 처리 간 차이나 처리 후 일정시기별 차이가 별로 없는 것으로 보이나 처리 후 50일에 피복처리와 수분100%의 온도조건 처리에 따른 잔존량이 많이 줄어들었다.

전체적인 잔존량 변화를 살펴보면, 대량원소의 경우 처리 후 초반에 잔존량이 수분100%인 온도처리조건에서 급격히 변화하는 것으로 보아 잔존량에 수분이 관여하는 바가 큰 것으로 생각되며 처리 후 시기가 늘어나면서 피복처리와 온도처리 조건에서 비슷한 잔존량이 나타난다. 미량원소의 경우에도 수분함량이 처리 후 초반에는 잔존량에 관여하는 정도가 큰 것으로 보이나 처리 후 50일에는 피복처리에서 가장 적은 잔존량이 보였다.

헤어리베치를 피복, 토양환원 및 온도조건별로 처리한 후 50% 부식시기까지의 N, P 및 K 잔존량 변화를 나타낸 것은 그림 2-6과 같다.

질소의 잔존량 변화는 전체적으로 완만하게 감소하는 경향을 나타냈고 처리조건 중 피복처리가 가장 느리게 잔존량이 감소하였으나 처리 후 15일경 다른 처리조건과 비슷한 잔존량을 보인다.

인산의 경우는 피복처리가 가장 느리게 잔존량이 감소하였으나 처리 후 20일경에는 잔존량이 가장 낮으며 처리조건별 잔존량이 줄어드는 속도가 다양하였다.

카리는 전체적인 처리조건에서 처리 후 5일까지 급격하게 잔존량이 떨어지며 그 이후 완만한 수준을 가지는 것으로 보인다. 수분 100%의 온도조건에서 가장 낮은 잔존량을 보이며 처리 후 20일 경에는 피복 처리한 것 또한 수분100%의 온도조건과 비슷한 잔존량을 나타낸다.

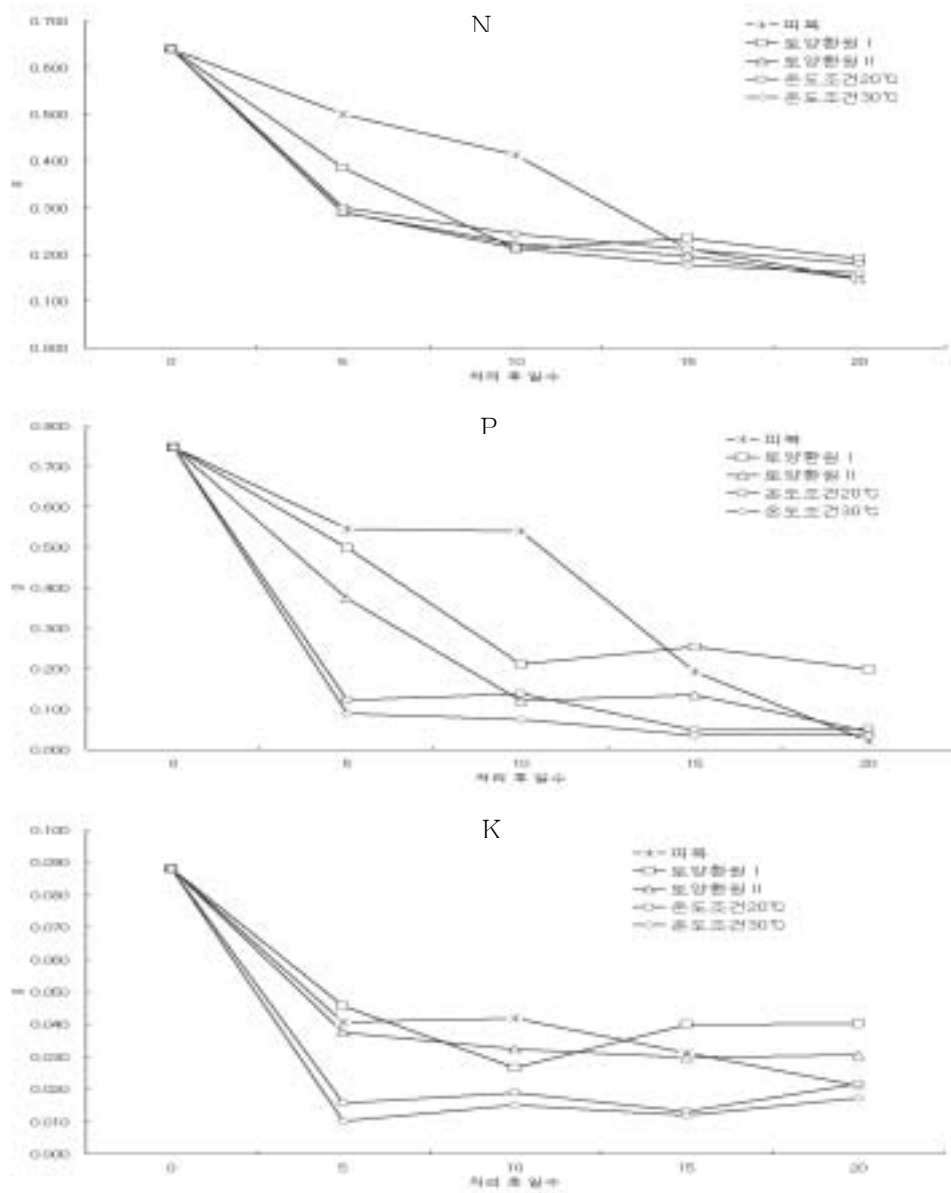


그림 2-6. 처리조건별 헤어리베치의 처리 후 50% 부식시기까지의 N, P 및 K 잔존량 변화 (토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량, 온도조건시 수분함량 100%)

전체적으로 수분100%의 온도수준에서 잔존량 줄어드는 것이 급격하며 온도 차이에서는 20℃보다 30℃에서 줄어드는 양이 더 많은 것을 볼 수 있다. 그리고 피복 처리는 잔존량이 줄어드는 속도는 느리지만 줄어든 잔존량은 수분100%의 온도수준과 비슷해짐을 알 수 있다.

다. 가용화율

피복, 토양환원 및 온도조건별 처리된 헤어리베치의 녹비로서 효율을 고찰해 볼 수 있는 대량원소 가용화율을 앞의 공식에 의거 계산한 결과는 표 2-6과 같다.

N의 가용화율은 처리 후 50일까지 꾸준히 증가하는 경향을 보이며 처리 초기에는 포장용수량의 토양환원조건과 수분100%의 온도조건에서 가용화율이 높은 것으로 보아 수분함량이 영향을 미치는 것으로 보이나 처리 후 50일에는 5가지 처리 조건의 가용화율이 비슷한 경향을 보인다. 5가지 처리 조건에서 처리 후 50에 80% 이상의 가용화율을 보여 헤어리베치의 녹비로서의 효과를 나타내는 것으로 판단된다.

P의 가용화율을 보면 수분 100%의 온도조건에서는 처리 후 5일에 80% 이상의 가용화율을 보이고 다른 처리조건에서도 45%이상의 가용화율을 나타내며 처리 후 50일까지 점진적으로 가용화율이 증가한다. P 성분은 처리 후 5일까지 많은 가용화를 나타내며 토양환원 조건보다 수분100%의 온도조건에서 가용화율이 높고 온도조건에서는 20℃보다 30℃에서 더 높은 가용화율을 보인다.

표 2-6. 처리별 헤어리베치의 일정시기별 대량원소 가용화율 변화

Mineral Nutrient	Treatments	처리 후 일수									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		%									
N	피복	21.86	35.44	66.78	76.91	80.66	82.91	82.58	81.82	84.56	83.86
	토양환원 I	39.80	66.92	63.37	70.04	78.76	77.29	76.66	78.48	76.45	80.92
	토양환원 II	54.80	65.04	69.32	77.09	83.51	79.02	79.33	77.42	80.32	80.63
	온도조건20℃	53.03	61.80	67.13	71.86	73.16	77.40	77.79	81.01	78.78	84.40
	온도조건30℃	54.48	66.75	72.32	74.77	78.79	78.85	80.97	81.64	84.40	85.08
P	피복	53.78	52.46	64.63	76.21	75.47	77.69	80.58	78.72	81.89	78.91
	토양환원 I	48.06	69.88	54.75	54.34	60.99	64.17	61.18	56.69	58.91	66.58
	토양환원 II	57.50	63.26	66.16	65.33	70.56	64.68	67.74	62.35	68.48	66.64
	온도조건20℃	82.23	78.60	85.12	75.45	77.84	82.91	77.18	85.03	84.49	84.99
	온도조건30℃	88.41	82.81	86.49	80.44	83.77	82.29	84.04	85.94	86.35	86.48
K	피복	26.88	27.74	74.41	97.21	97.30	98.95	99.08	98.42	98.97	99.09
	토양환원 I	33.28	71.66	65.99	73.47	83.60	87.84	89.51	91.45	89.65	92.79
	토양환원 II	50.03	83.81	81.87	94.01	94.53	93.76	97.10	96.73	98.09	98.15
	온도조건20℃	83.65	81.59	93.72	92.94	95.68	97.36	98.40	99.07	99.03	99.44
	온도조건30℃	88.04	89.94	95.23	95.29	97.09	97.66	98.44	99.10	99.21	99.48
Ca	피복	-3.65	0.15	11.45	43.99	39.58	33.59	37.32	28.08	41.32	30.18
	토양환원 I	-10.92	1.53	5.99	8.88	19.17	-0.22	-3.25	3.86	-12.24	-5.32
	토양환원 II	0.83	-7.49	-8.97	-2.06	39.32	-8.95	-2.92	-34.95	0.13	-0.09
	온도조건20℃	7.22	7.11	24.60	30.83	21.69	25.96	17.50	29.97	20.09	36.02
	온도조건30℃	36.63	24.25	31.51	31.93	39.78	13.67	24.04	23.40	33.11	29.23
Mg	피복	16.59	15.84	31.88	64.30	64.78	74.96	72.19	67.74	77.02	71.72
	토양환원 I	9.33	28.72	12.70	28.74	37.17	30.16	25.84	28.63	24.82	34.95
	토양환원 II	19.23	24.71	27.52	32.92	45.81	33.11	54.51	32.91	61.89	54.57
	온도조건20℃	49.85	49.36	69.55	62.78	65.16	72.01	73.21	76.45	78.31	78.53
	온도조건30℃	67.37	61.18	71.41	68.50	70.22	66.43	71.02	75.04	77.00	79.72

* 토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량,
온도조건시 수분함량 100%

표 2-7. 처리별 헤어리베치의 일정시기별 미량원소 가용화율 변화

Mineral Nutrient	Treatments	처리 후 일수									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		%									
Na	피복	20.28	22.58	43.11	64.21	67.88	78.37	81.96	78.66	76.46	76.69
	토양환원 I	0.44	38.04	45.25	47.22	63.84	64.63	71.99	70.36	57.45	66.22
	토양환원 II	7.16	30.95	36.18	60.35	65.43	69.12	79.05	66.14	68.15	75.80
	온도조건20℃	22.69	35.40	52.94	64.05	63.15	73.67	71.71	70.65	70.82	76.98
	온도조건30℃	46.15	50.10	59.27	73.39	67.30	75.34	72.55	75.09	76.62	78.69
Fe	피복	-20.71	-42.36	34.85	38.76	57.21	58.32	78.86	-47.53	30.93	66.92
	토양환원 I	-184.11	-103.16	-74.77	-25.35	-29.41	59.50	30.03	29.13	-162.80	27.10
	토양환원 II	-74.82	-87.89	7.70	-64.36	49.78	29.45	-15.93	-78.05	-5.66	-13.14
	온도조건20℃	35.75	27.19	47.25	60.01	76.00	28.14	12.51	61.13	37.95	16.27
	온도조건30℃	21.65	11.15	34.41	12.62	58.27	56.48	59.33	49.19	47.38	61.95
Cu	피복	-8.55	-52.03	3.83	60.17	-74.73	36.92	-60.80	31.43	-16.83	67.37
	토양환원 I	-1.23	4.87	-10.68	-32.82	16.16	39.40	-10.64	20.76	-7.35	50.85
	토양환원 II	2.07	-26.19	6.87	-54.15	-42.67	22.00	-61.81	11.05	-64.62	31.17
	온도조건20℃	29.09	0.63	21.93	36.77	26.96	14.41	19.67	20.32	4.14	25.80
	온도조건30℃	3.55	14.73	36.73	25.19	25.89	32.59	34.02	20.52	30.62	45.04
Mn	피복	15.22	14.85	20.75	47.55	34.89	29.94	35.29	17.22	33.30	35.14
	토양환원 I	-86.66	-19.42	-63.82	-12.81	9.79	-3.30	-18.51	7.49	-42.48	5.48
	토양환원 II	-78.24	-74.01	-76.39	-33.99	25.42	-26.19	-58.44	-29.97	-25.38	-24.08
	온도조건20℃	37.70	27.79	49.28	45.77	40.93	48.08	42.09	47.68	38.45	49.72
	온도조건30℃	58.49	45.41	52.86	50.08	58.72	42.52	52.32	54.81	51.78	48.95
Zn	피복	-2.58	16.49	42.47	62.93	62.95	61.20	60.64	61.34	63.28	60.64
	토양환원 I	4.94	44.62	28.96	42.28	60.82	52.84	50.48	51.96	49.37	54.16
	토양환원 II	24.42	31.33	26.17	46.88	62.65	47.93	49.53	44.05	51.84	49.90
	온도조건20℃	45.09	36.08	44.91	47.29	44.92	41.97	40.76	41.07	36.55	41.61
	온도조건30℃	36.91	36.67	46.88	44.57	45.92	39.96	41.27	33.90	30.31	24.83

* 토양환원 I : 토양수분 50%, 토양환원 II : 토양수분 포장용수량,

온도조건시 수분함량 100%

K의 가용화율은 처리 후 50일까지 점진적으로 증가하는 경향을 보이는데 특히 처리 후 50일 5가지 처리 조건 모두에서 90%를 넘는 가용화율을 보여 K성분의 녹비로서 효과가 매우 높음이 판단된다. 처리조건에 따라서는 수분100%의 온도조건에서 처리 후 5일까지 높은 가용화율을 보이고 피복조건에서 가장 낮은 가용화율을 보이지만 처리 후 50일에는 다른 처

리와 비슷한 가용화율을 나타낸다.

Ca는 처리 후 5일에 수분100%의 온도조건 30℃에서 비교적 높은 가용화율을 나타내나 그 이후에는 별 변화가 없으며 피복조건에서는 점진적으로 높은 가용화율을 보인다. 다른 처리조건에서는 별 차이가 없다.

Mg의 가용화율은 전체적으로 서서히 증가하는 경향을 보이고 처리 후 5일에는 수분100%의 온도조건 30℃에서 약 67%로 높은 가용화율을 보이지만 처리 후 50일에는 수분 100%의 온도조건과 피복처리에서 70%이상의 가용화율을 보여 시기가 지나감에 따라 성분 가용화율은 비슷해짐을 알 수 있다. 토양환원 조건은 피복이나 수분100%의 온도조건보다 가용화율이 낮다.

대량원소는 처리 후 시기가 지남에 따라 가용화율이 증가하는데 특히 N은 80%이상, K는 90%이상의 가용화율을 보이는 것으로 보아 헤어리베치가 녹비로서의 효과가 크다고 판단할 수 있다. 그리고 토양환원조건보다 피복이나 수분100%의 온도조건에 따른 처리가 효과가 더 큼을 알 수 있다.

피복, 토양환원 및 온도조건별 처리된 헤어리베치의 녹비로서 가용화 정도를 볼 수 있는 미량원소 가용화율을 앞의 공식에 의거 계산한 결과는 표 2-7과 같다.

미량원소에서 Na의 가용화율은 처리 후 시기가 지남에 따라 점진적으로 증가하는 경향을 보이며 대량원소와 비슷한 경향을 나타낸다. 수분 100%의 온도조건, 특히 30℃에서 처리 후 5일에 가용화율이 높게 나타났으나 처리 후 50일 경에는 처리 간 차이가 별로 없는 것으로 판단된다. 그러나 Na도 처리 후 50일에 가용화율이 65%이상으로 녹비의 효과가 있는 것으로 생각된다. Zn의 가용화율도 Na와 비슷한 경향을 나타내며 피복처리에서 가장 높은 가용화율을 보인다. Fe, Cu, Mn성분의 가용화율은 수분100% 온도조건과 피복처리에서 어느 정도 수준의 가용화율을 보이며 토양환원조건에서 가용화율은 일정하지 않았다.

제 4절 연구결과 요약

헤어리베치를 사료, 녹비 및 피복작물로 이용하는 친환경 농업기술을 개발하기 위하여 헤어리베치의 생산성을 구명하고, 생산후 토양환원 및 피복하였을 때 헤어리베치의 부식화율과 체내 무기영양성분의 토양 내 유출되는 량을 조사 분석하고 토양비옥도 증진효과를 구명하여 환경농업을 실천하기 위한 기초자료 및 응용자료를 얻고자 조사한 결과는 다음과 같다.

시험 1. 헤어리베치의 파종시기에 따른 생산성 및 무기영양성분 함량 변화

가. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 생체수량은 10월 10일 파종구나 10월 31일 파종구 모두 5월 중, 하순까지 빠르게 증가하였으며 그 이후에는 증가폭이 감소되었다. 또한 파종시기별로는 전년도에 파종시기가 빠를수록 이듬해 월동후의 헤어리베치 생산성이 높아짐을 알 수 있었다.

나. 월동 직후 헤어리베치의 지상부 건물수량은 10월 10일 파종구에서는 400Kg 미만으로 적었으나 이후 빠르게 증가하여 헤어리베치 파종량 5Kg 이상인 처리에서는 1200Kg이상의 건물수량을 내었다.

다. 헤어리베치 지상부의 전질소 함유량은 파종일과 상관없이 월동 후 4월 23일을 전후로 하여 약 3%정도로 최대가 되었다가 이후 서서히 감소하였으나 파종시기 및 파종량별로 큰 차이를 보이지 않았으나 건물중의 증가에 비례하여 질소의 흡수량은 식물체내 질소함량과는 달리 파종시기 및 파종량이 빠르고 또는 많을수록 높은 경향이였다. 급격히 증가하여 녹비작물로서 유망시 된다.

라. 헤어리베치 지상부의 인산함유량은 파종일과 상관없이 월동 후 초기에는 최소 0.38%, 최대 0.50%이었으나 생육이 진전됨에 따라 다소 감

소되는경향이였다. 10월 10일 파종구에서는 HV9>HV3>HV7>HV1>HV5 순이였고, 10월 31일 파종구에서는 HV1>HV5>HV3>HV7>HV9순으로 헤어리베치 파종량과는 큰 차이가 없었다.

마. 헤어리베치 지상부의 카리함유량은 최소 3.76%, 최대 4.62% 였으나 수확시기가 가까워 음에도 함유량은 거의 변하지 않았다. 10월 10일 파종구에서는 HV3>HV5 >HV1>HV7>HV9 순이였고, 10월 31일 파종구에서는 HV9>HV7>HV1>HV3>HV5순으로 헤어리베치 파종량과는 큰 차이가 없었다.

시험 2. 헤어리베치의 녹비활용시 부숙화 및 양분 가용화 속도

가. 수분100%조건 의 온도 20℃와 30℃에서의 처리 후 5일에 부숙되는 정도가 가장 크지만, 처리 후 50일 경에는 다른 처리와 비슷한 경향의 부숙도를 나타낸다.

나. 부숙화율 50%에 도달되는 일수는 수분100%의 온도조건 30℃에서 약 5일로 가장 빠르며, 토양 수분이 포장용수량인 토양환원조건에서 약 18일로 가장 느리다.

다. 피복, 토양환원 및 온도조건 처리별 헤어리베치의 부숙화율은 처리 후 5일에 수분100% 온도조건 30℃에서 약 50%로 가장 높게 나타나고 다른 처리는 처리 후 15일까지 급격한 변화를 보이며 그 이후에는 비교적 완만한 곡선을 보인다.

라. 무기영양성분 함량에서 질소는 처리 전 3.2%의 함량을 가졌으나 처리 후 50일에 2.0~2.5%이였다, 부숙화 진전에 따른 질소의 잔존량으로 비교해 보면, 처리전에는 3.2%였지만 50일 뒤에는 0.6%였다.

마. 잔존량의 변화를 보면, 대량원소의 경우 처리 후 5일에 수분 100%인 온도처리 조건에서 급격하게 변화하며 처리 후 일수가 늘어나면서 피

복처리와 수분100% 온도처리 조건에서 비슷한 잔존량이 나타난다.

바. 대량원소의 가용화율은 처리 후 일수가 늘어남에 따라 가용화율이 증가하는데, 처리 후 50일에 모든 처리조건에서 질소는 80%이상, K는 90%이상의 가용화율을 보인다.

제 4 장 고랭지채소재배단지에서의 헤어리베치 활용 환경친화형 농업기술개발

제 1 절 서 론

현대농업은 작물의 단작과 화학비료 위주의 영농방식에 의하여 토양의 이화학적 및 지력감퇴, 미생물상의 파괴, 병충해를 증가시켜 장기적으로 작물의 생산성을 유지할 수 없는 것이 문제가 되고 있다¹⁾. 현대에 와서 대두된 환경보전형 농업에서는 경지에서 윤작과 더불어 피복 및 녹비작물 재배에 의한 윤작기술이 환경농업의 가장 중심적인 기술로 부각되고 있다. 채소작물의 연작시 문제가 되는 것은 병해, 염류집적, 선충의 피해가 가장 크게 문제시 되고 있다. 특히 우리나라의 경우 채소의 연작장해 요인으로 병해와 염류집적이 각각 30% 이상 차지하고 있다. 또한 원예작물 재배가 전업화 및 집단 단지화 됨에 따라 단작 및 연작위주로 이루어지고 있다. 원예작물 재배에 따른 토양 염류집적 및 토양병해 방제와 잡초의 억제를 위한 윤작기술의 도입이 필요하다.

미국에서 질소를 많이 요구하는 하계 옥수수를 동계의 헤어리베치 등의 두과 피복작물과 연계시켜 생산하는 농가가 증가하고 있으며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 또한 원예분야에서도 환경을 보호하고 농산물 오염을 막기 위하여 녹비작물(manure crop) 이용기술에 대한 전반적이고 지역적인 연구가 이루어지고 있다. 헤어리베치를 우리나라에서 작부체계에 도입할 때 두과-화본과 작물의 측면에서 논에서는 벼와, 밭에서 옥수수, 특용작물 중 참깨, 원예작물 중 노지 고추, 배추, 무 등 채소와 헤어리베치와 작부조합이 가능하다. 또한 헤어리베치를 하우스 채소재배시 적용이 가능하고 과수원의 초생작물로서도 이용성이 높다.

본 연구는 고랭지 지방에서 가을 혹은 봄에 헤어리베치를 재배하고 고

랭지 채소를 재배하면 토양유실, 잡초방제, 연작피해의 방지효과가 기대되므로 헤어리베치의 파종시기를 달리할 때 헤어리베치 생육에 미치는 영향과 고랭지 지방에서 헤어리베치와 채소와 윤작체계에 대하여 검토하고자 실시하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

본 시험에 공시된 헤어리베치 품종은 미국 Pennington종자회사에서 도입한 Nebraska 원산 Madison품종과 중국품종이다. 추파 헤어리베치 파종은 1년차에는 2002년 9월 30일, 2년차에는 2003년 10월 5일에 파종하였다. 파종량은 10a당 5kg을 파종하고 액상분뇨를 5kgN/10a, 10kgN/10a 처리구를 두었다. 헤어리베치는 하우스의 경우 5월 초순, 노지의 경우 5월 중순 경운에 의하여 토양에 녹비로 넣어 주었다. 헤어리베치 생산성 조사는 반복구마다 1m² 3반복으로 수확하여 생초, 건물 수량을 조사하였다.

표 3-1. 헤어리베치의 돈분 액상분뇨 시비량

	시비처리구	돈분액상분뇨 시비량(N/10a)
헤어리베치	S 0	0
	S 5	5
	S 10	10
나지(대조구)	F 0	0

*S0 : 10kg N/10a, S5 : 5kg N/10a, S10: 10kg N/10a, F0: 동계휴한구

추파 헤어리베치 파종시험은 1년차에는 2003년 4월 20일, 2년차에는

2004년 4월 25일에 파종하였다. 파종량과 시비량은 추파와 동일하게 하였다.

헤어리베치를 이용한 작부체계 실험에서는 배추의 공시품종은 안심을 사용하였으며 2003년 5월 25일에 파종하여 2003년 6월 30일 65cm × 35cm 재식거리로 이식하였다. 배추의 생육 조사는 각 처리구에서 5주씩 임의로 표본을 추출하여 측정하였다.

헤어리베치 후작 채소 작부체계 시험구 배치는 1년차인 동계기간 동안 헤어리베치 피복구(hairy vetch mulched)를 처리구로 두고 대조구로 무피복구(no hairy vetch)를 두었다.

시험 2년차에 헤어리베치 처리방법은 배추재배 2주전에 헤어리베치를 1차표면 경운하여 2일 건조시킨 후 토양 중에 혼입시키는 처리구(hairy vetch mixed in soil)와 헤어리베치를 바로 토양에 혼입시키는 처리구(hairy vetch mulched), 헤어리베치를 재배하지 않는 무처리구(no hairy vetch)를 두었다. 또한 헤어리베치, 호밀, 이탈리아 라이그라스를 2004년 4월 25일 휴한 농경지에 춘파하여 생육과 잡초 발생억제에 미치는 영향을 검토하였다. 아울러 헤어리베치, 호밀, 이탈리아 라이그라스를 브로콜리 이랑사이에 재배(sod culture)하여 잡초억제 능력과 비닐 멀칭 효과를 검토하였다.

조사 항목은 배추의 녹비작물로 이용하기 위하여 헤어리베치를 추파 월동시킨 후 헤어리베치의 생육특성을 조사하였고 헤어리베치를 수확 후 녹비로 이용하였을 때 잡초발생, 배추생육, 토양의 무기양분과 무기물 흡수량 등을 조사하였다. 질소함량은 수확시 헤어리베치의 시료를 채취하고 건조 후 분쇄하여 질소함량을 분석하였다. 분석방법으로는 전 질소함량은 켈달법으로, Cellulose 함량조사는 Van soest(1980)법으로 분석하였다. 또한 헤어리베치 질소흡수량은 질소함량에 건물수량을 곱하여 구하였다.

표3-2. 헤어리베치 재배장소

재배장소	처리	비고
하우스	헤어리베치 호밀 무처리	11월 5일 파종
노지	헤어리베치 호밀 무처리	9월 20일 파종

표3-3. 배추재배시 액상분뇨 처리구

처리구	비고
HV-S ₀	헤어리베치, 배추재배 무비시용구
HV-S ₁₀	헤어리베치, 배추재배 액상분뇨 10kg N/10a
HV-S ₂₀	헤어리베치, 배추재배 액상분뇨 20kg N/10a

본 시험은 1, 2년차는 강원도 둔내면 삼교리 농가시험 포장에서 수행하였다. 지대별 시험은 강원도 둔내, 안흥의 시범농가에서 수행하였다. 공시 시험 토양의 화학적 특성은 pH는 6.3, 유기물함량은 5.1%, 가용성 인산 225 mg/kg, K은 1.42cmol⁺/kg 이었다(표 3-4).

표 3-4. 시험포장의 토양특성

pH (1:5)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)		
			K	Ca	Mg
6.3	5.1	225	1.42	10.9	4.6

부숙화율 조사는 헤어리베치를 수확 후 일정량의 헤어리베치를 망사자루에 넣어 피복시키는 방법을 활용하였다. 피복방법은 토양에서 20~

30cm 깊이에 묻어 헤어리베치 피복과 동일하게 유지되도록 처리한 후 10 일 간격으로 처리된 망사자루를 채취하면서 시기별 중량의 변화를 조사하여 부숙화율을 산출하였다. 각 시기별로 채취된 시료는 건조 후 조제하여 무기성분을 분석하였다. 헤어리베치로부터 무기영양성분들의 유출량은 다음의 산출공식에 의하여 계산하였다.

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

$$\frac{(\text{최초 건물내 } N\% - \text{처리후 시기별 } N\%)}$$

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

제 3 절 결과 및 고찰

1. 고랭지에서의 헤어리베치 생육

추파 시험 1년차인 2003년도 헤어리베치의 초장과 초고의 변화는 표 3-5에 나타내었다. 고랭지 지방에서 헤어리베치의 수확적기는 5월 하순~6월 초순이 적절할 것으로 판단된다. 고랭지 지대에서 헤어리베치의 초봄 생육이 늦고 5월 중순 이후 성장량이 매우 높았다.

액비시비 수준에 따른 헤어리베치 시기별 초장변화는 표 3-5에서 보는 바와 같다. 헤어리베치의 초장은 생육기간 동안 무비구, 보비구, 배비구 순서대로 시비수준이 높을수록 더 큰 경향이였다. 마지막 조사일인 5월 30일의 헤어리베치의 초장은 무비구가 69cm, 보비구가 75cm, 배비구가 80cm이였다.

표3-5. 액상분뇨 시용이 헤어리베치 초장에 미치는 영향

처 리	4월 10일	4월 20일	4월 30일	5월 10일	5월 20일	5월 30일
S ₀	19	28	32	36	49	60
S ₅	25	33	40	46	60	75
S ₁₀	27	34	41	48	65	80

2. 하우스와 노지에서의 생육비교

하우스와 노지에서의 헤어리베치와 호밀의 생육을 비교한 결과(표3-6) 하우스에서는 헤어리베치의 초기 생육이 호밀보다 빨랐으나 노지에서는 호밀의 생육이 헤어리베치 보다 빨랐다. 헤어리베치는 온도에 매우 민감한 작물로 보여 지며 하우스 조건에서의 초봄 생육이 노지 보다 뚜렷히 빠른 경향을 나타내었다.

표3-6. 하우스와 노지에서서의 헤어리베치와 호밀의 초장비교

구 분	녹비작물	4월 10일	4월 20일	4월 30일	5월 10일	5월 20일
하우스	헤어리베치	35	42	49	65	74
	호밀	30	37	48	74	84
노지	헤어리베치	25	33	40	46	60
	호밀	28	37	62	68	78

헤어리베치를 고랭지 표고별로 9월 20일에 파종한 결과 해발 600m지대에서 86%의 생존율을 나타내었으나 해발 800m에서는 58%의 생존율을 나타내었다(표 3-7). 이는 표고가 높아지면서 기온이 낮아지기 때문으로 사료된다.

표 3-7. 고랭지 지역 표고별 월동율

해 발	월동율(%)
600m	86
700m	75
800m	58



사진 3-1. 헤어리베치 노지재배



사진3- 2. 헤어리베치 하우스재배

3. 헤어리베치의 부숙화율

헤어리베치의 부숙화율의 경시적 변화는 표 3-8에 나타내었다. 피복 후 50일에 72%, 60일에 79% 부숙화율을 나타내었다. 이와같은 토양에서의 빠른 환원은 후작채소 재배시 많은 유효양분을 공급할 수 있으므로 생육과 수확에 좋은 영향을 미칠 것으로 사료된다. Willson and Hargrove (1986)도 헤어리베치의 잔사의 분해 및 질소 무기화가 빨라 후작물에 질소를 효율적으로 공급하여 수량에 좋은 영향을 미친다고 보고하였다.

표 3-8. 가을과종시 헤어리베치의 분해율 (단위 : %)

	매몰 후 일수					
	10	20	30	40	50	60
중량손실율(%)	11	30	42	55	72	79

추파와 비교한 춘파의 헤어리베치 부숙화율의 경시적 변화는 그림 3-1에 나타내었다. 파종후 60일에 추파보다 춘파시에 부숙화율이 더 높았다. 춘파재배후 수확시에는 겨울을 지나지 않아 조직이 연하고 5월~6월의 토양온도가 높아 미생물의 활성도가 높았기 때문이라고 사료된다. 춘파역시 추파와 마찬가지로 헤어리베치가 토양에 빠르게 환원이 가능하므로 후작 채소 재배 시 많은 유효양분을 공급하여 생육과 수량에 좋은 결과를 나타낼 것으로 사료된다.

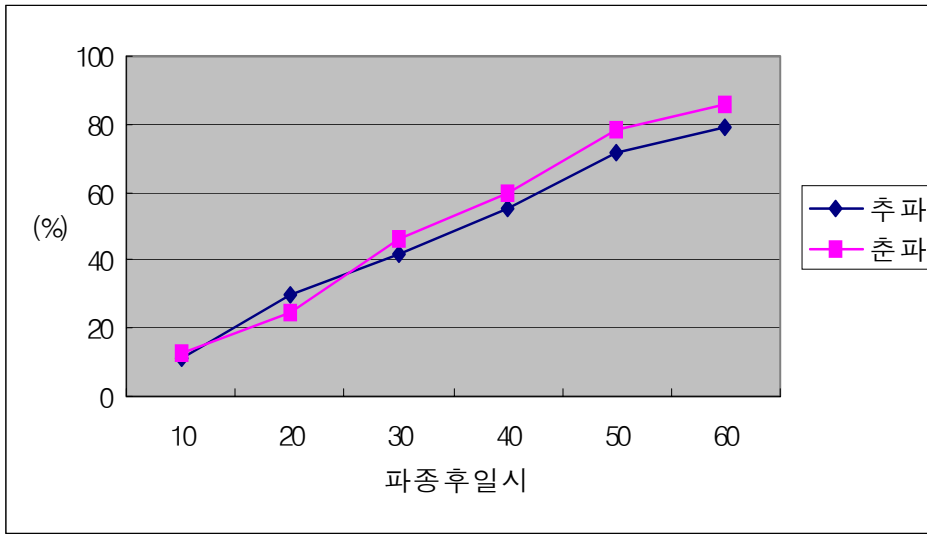


그림 3-1. 춘파시 헤어리베치의 분해율

헤어리베치의 재배장소와 매몰(埋沒) 방법에 따른 헤어리베치의 분해율은 표3-9와 같다. 2004년 5월 30일 매몰 후 40, 50일 후 헤어리베치가 호밀보다 분해율이 빨랐다. 또한 하우스 매몰이 노지 매몰보다 분해율이 빨랐다. 매몰방법에 있어서는 표면경운 처리 후 녹비를 24시간정도 일시 건조시킨 후 매몰하는 처리구에서 헤어리베치, 호밀 공히 분해율이 높았다.

표3-9. 재배장소와 매몰방법에 의한 헤어리베치의 분해율

작물	재배장소	처리	분해율(%)	
			40일	50일
헤어리베치	하우스	표면경운 처리 후 매몰	65	85
		직접 매몰	61	82
	노지	표면경운 처리 후 매몰	60	71
		직접 매몰	57	68
호밀	하우스	표면경운 처리 후 매몰	61	75
		직접 매몰	58	71
	노지	표면경운 처리 후 매몰	56	65
		직접 매몰	55	62

4. 헤어리베치의 잡초억제 효과

헤어리베치의 추파과종 재배가 초봄 잡초발생에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 3-10과 같다. 헤어리베치 추파구에서는 월동 후 헤어리베치의 생육속도가 빨라짐에 따라 잡초의 밀도가 현저히 감소되었다. 초봄 헤어리베치 재배구의 잡초밀도는 m^2 당 13개인데 비하여 동계 휴한구는 115개이었다. 이러한 원인은 초봄에 헤어리베치의 생육속도가 증가됨에 따라 헤어리베치 군락을 형성하여 군락 하부에 그늘을 형성하기 때문에 잡초의 발생이 현저히 저하된 것으로 사료된다. 특히 헤어리베치가 성장함에 따라 헤어리베치 Canopy가 포복형으로 자라고 생육중기 이후에는 군락이 거의 80~90% 헤어리베치로 덮어짐에 의하여 잡초의 발생이 현저히 억제되었다. 반면 동계 휴한구의 잡초 밀도는 초봄에서 여름으로 진행됨에 따라 잡초의 밀도가 현저히 증가되었다.

표 3-10. 헤어리베치 포장의 잡초 밀도

(단위 : No./ m^2)

처 리	4월 20일	5월 20일
헤어리베치	5.2	5.5
동계휴한구	22	31

헤어리베치 추파, 춘파재배구의 잡초의 발생밀도를 조사한 결과는 표 3-10과 같다. 2003년 5월에 잡초 조사결과 헤어리베치 추파재배구에서는 잡초의 밀도가 m^2 당 5.5개이었는데 비하여 헤어리베치의 춘파재배시 잡초 밀도는 m^2 당 15.4개로서 추파 보다 높았다. 헤어리베치 재배구는 거의 모든 잡초가 억제되었다. 이러한 결과는 헤어리베치가 포복성인 특성이 있

어서 초봄에 헤어리베치 재배에 의한 균락이 형성되면 잡초의 발생이 억제된 것으로 사료된다. 그러나 헤어리베치 춘파재배구는 초봄에 헤어리베치 생육이 늦은 생육초기에 잡초발생이 심하여 추파재배보다 잡초 밀도가 현저히 높았다.

표 3-10. 추파, 춘파에 따른 잡초수 (단위 : No./m²)

구 분	잡초수
추 파	5.5
춘 파	15.4

또한 후작 브로콜리 양배추 재배에서 잡초 밀도는 헤어리베치 녹비구가 무재배구 보다 낮았다. 따라서 고랭지지역에서 헤어리베치를 윤작작물로 재배하면 녹비효과 뿐만 아니라 잡초발생을 현저히 억제하는 효과가 기대된다. 고랭지 채소재배 지대에서 채소재배시 일반농가에서는 비선택성 제초제를 사용하여 잡초를 제거하고 있는 현재 재배방법에서 헤어리베치를 배추 전작물로서 재배하면 제초제 사용 없이 후작재배가 가능할 것으로 사료되었다.

추파로 헤어리베치를 파종하여 재배하게 되면 헤어리베치의 피복 밀도가 충분히 높아서 초봄에 잡초의 밀도가 현저히 감소되었다. 이러한 결과는 헤어리베치의 초장이 100-150cm가 되는 성숙기로 접어들면서 지상부가 포복형으로 성장하게 되면 헤어리베치 하부에 빛이 완전히 없는 상태가 되기 때문에 잡초가 현저히 감소되어 거의 잡초가 없는 상태에 이르게 되었다.



사진 3-3. 하우스에서 헤어리베치 생육초기



사진 3-4. 하우스에서 헤어리베치 생육 중기

후작 배추 재배시 헤어리베치 녹비구와 무처리구의 잡초 발생량은 표 3-11와 같다. 잡초 밀도는 헤어리베치 녹비구가 무처리구 보다 다소 낮았다. 이러한 결과는 헤어리베치를 전작물로 재배한 토양은 헤어리베치의 피복에 의하여 잡초발생과 생장이 저해 되었으나 무처리구는 노지상태로 두어 잡초발생이 높아진 것으로 사료된다. 헤어리베치 녹비구의 잡초밀도는 m^2 당 3.7~4.2개인데 비하여 헤어리베치 무재배구는 8.5~9.2개이었다. 따라서 헤어리베치 재배는 후작물의 잡초발생 억제 효과를 현저히 가져오는 결과를 나타내었다.

표 3-11. 헤어리베치 후작 브로콜리와 양배추 포장의 잡초밀도

(단위 : No./ m^2)

처 리	브로콜리	양배추
헤어리베치 녹비구	3.7	4.2
대 조 구	8.5	9.2

5. 휴경지/이랑사이 녹비작물 재배에 의한 잡초 방제 효과

휴경기간동안 녹비작물 재배에 의한 잡초발생 억제효과를 검토하기 위하여 헤어리베치, 호밀, 이탈리아인 라이그라스를 재배한 결과 m^2 당 잡초발생수가 이탈리아인 라이그라스가 95개로서 가장 높았으며 호밀 57개, 헤어리베치는 32개로서 가장 낮았다. 이탈리아인 라이그라스는 생육속도가 늦고 초장이 적어 잡초억제력이 약하였으며 호밀은 초장은 크지만 잡초 피복력은 강한 편이 못 되었다. 헤어리베치는 생육속도도 빠른 편이고 잡초 억제력도 강한 편이었다. 이상의 결과 휴경지에서 녹비 작물 재배에 의한 잡초 억제는 헤어리베치 재배에 의하여 90% 억제가 가능하였고 호밀 78%, 이탈리아인 라이그라스 70%를 나타내었다.

표3-12. 휴경지에서 녹비작물 재배가 잡초발생에 미치는 영향

녹비작물	잡초수(No/m ²)	초장(cm)
헤어리베치	32(10)	27.9
호 밀	57(17.8)	31.6
이탈리안 라이그라스	95(29.7)	19.0
휴 경 지	320(100)	-

고랭지 브로콜리 재배시 이랑사이 녹비작물 재배에 의한 잡초 방제 효과는 표3-13와 같다. 브로콜리 재배시 이랑사이에 녹비작물을 재배한 후 잡초발생의 억제 효과를 조사 하였다. 표3-13와 같이 헤어리베치 이랑사이 재배는 무처리에 비하여 85% 잡초억제 효과를 나타내었다. 호밀재배의 경우 약 80% 잡초억제 효과를 나타내었으며 이탈리안 라이그라스는 56% 잡초억제효과를 나타내었다.

표 3-13. 이랑사이 녹비작물 재배가 잡초발생에 미치는 영향

녹비작물	잡초수(No/m ²)
헤어리베치	15(15)
호 밀	22(22)
이탈리안 라이그라스	41(44)
무 처 리	98(100)

6. 헤어리베치의 질소흡수량

헤어리베치 식물체의 질소함량은 추파재배시 2.53%, 춘파재배시 2.60% 으로서 춘파재배시 질소함량이 추파재배 보다 다소 높았다(표 3-14). 헤어리베치 재배에 의한 질소흡수량은 10a 당 추파재배시 13.3kg, 춘파재배시 11.1kg이었다. 헤어리베치 녹비에 의하여 10a당 13kg의 질소를 공급하는 효과가 기대되었다. 따라서 후작 채소재배시 헤어리베치 녹비로 양분 소요량의 100%를 공급하기는 양분이 부족할 것으로 보이며 배추시비량의 50-70%의 양분을 헤어리베치 녹비에 의하여 공급이 가능할 것으로 사료되었다.

표 3-14. 헤어리베치의 질소함량과 질소 흡수율

처 리	질소함량(%)	질소흡수량(kg N/10a)
추 파	2.53	13.3
춘 파	2.60	11.1

7. 헤어리베치의 생산성

추파 헤어리베치의 시험 1년차인 2003년도의 생산성은 표 3-16와 같이 생초수량은 2,850kg 수준이었고 건물수량은 505kg 정도이었다. 춘파 헤어리베치의 생산성은 표 3-15과 같다. 춘파 헤어리베치는 생초수량이 10a당 2,450kg을 나타내었다. 또한 춘파 헤어리베치의 건물수량은 470kg 범위이었다. 따라서 고랭지 지여에서 건물생산 측면에서는 추파와 춘파의 생산성의 차이가 크지가 않았다. 이러한 이유는 고랭지의 한랭한 여름 기후가

헤어리베치 생육에 최적조건을 나타내어 춘파재배에 의한 여름생육이 매우 양호한 결과 때문이다.

표 3-16. 헤어리베치의 수량 (단위 : kg/10a)

구 분	생초수량	건물수량
추 파	2,850	505
춘 파	2,450	470

표고별 헤어리베치의 생체수량과 건물수량은 표 3-16과 같다. 파종은 2002년 9월 20일에 실시하였으며 수확은 2003년 5월 27일에 이루어졌다. 표고가 올라갈수록 생초수량과 건물수량이 낮아지는 이유는 기온에 관련된 월동율 때문인 것으로 사료되었다.

표 3-16. 표고별 헤어리베치의 생산성

표 고	생초수량 (kg/10a)	건물수량 (kg/10a)
600m	3,050	549
700m	2,850	527
800m	1,900	361

8. 헤어리베치의 사료가치

고랭지에서 추파, 춘파 헤어리베치의 개화시 사료가치는 표 3-17과 같다. 조지방 함량은 2.72이었으며 조회분 함량은 9.59이었다. 조단백질 함량은 춘파에서 16.2%로서 추파재배 15.7% 보다 춘파재배에서 다소 높았다.

표 3-17. 고랭지에서서의 헤어리베치 사료가치(단위 : %).

처 리	조섬유	조지방	조단백질
추 파	9.59	2.80	15.7
춘 파	9.10	2.72	16.2

표 3-18. 헤어리베치의 섬유소 함량과 소화율 (단위 : %)

처 리	NDF ¹⁾	ADF ²⁾	ADL ³⁾	Cellulose	DMD ⁴⁾
추 파	50.2	30.0	3.38	27.2	68.0
춘 파	49.8	29.4	3.76	26.4	69.2

1) NDF : neutral detergent fiber

2) ADF : acid detergent fiber

3) ADL : acid detergent lignin

4) DMD : dry matter digestibility

hairy vetch의 cellulose함량은 50% 내외였다. 또한 NDF, ADF, ADL함량은 추파재배에서 춘파재배보다 다소 높았다(표 3-18). 헤어리베치 식물 잔존물은 단백질, cellulose 등의 유기물로 구성되어 있어서 이 잔존물이 토양미생물에 의하여 분해되면서 양분이 방출되어 식물에게 공급된다. 소화율은 추파가 68% 춘파에서 69.2%를 나타내었다. Yadvinde 등(1992)은 식물체의 생육단계가 진전될수록 cellulose, lignin 함량과 C:N율이 높아져 녹비의 분해 및 질소방출이 늦어진다고 하였다. 따라서 헤어리베치는 개화시 이전에 녹비로 활용되어야 할 것으로 사료된다.

9. 헤어리베치 녹비가 토양에 미치는 영향

헤어리베치를 이용한 작부체계 연구에서 토양의 생리적·화학적 성분의 변화에 대한 많은 연구가 수행되었다. 표 3-19과 같이 헤어리베치 재배구가 헤어리베치 무재배구 보다 토양 이화학적 성분함량이 높았다. 헤어리베치 재배구는 유기물함량과 질소, 인산, 치환성 칼리함량이 높아진 것으로 나타났는데 이는 헤어리베치 재배에 의한 녹비양분 공급과 토양유실이 일어나지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

표 3-19. 수확 후 시험포장 토양의 이화학적 특성

Year	pH (1:5)	OM (g/kg)	T-N (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)		
					K	Ca	Mg
2003	5.21	28.9	2.5	293	1.09	2.78	1.29
2004	5.28	35.2	2.6	302	1.13	3.01	1.40
시 험 전	5.13	27.5	2.4	279	1.07	2.79	1.25

표 3-20의 결과와 같이 헤어리베치 재배구의 경우 겨울, 초봄 토양 용탈 방지로 가을에 시용한 퇴비의 비료성분이 용탈되지 않고 정상적으로 잔류하고 있었다. 그러나 동계휴한지의 경우 가을에 시용한 퇴비의 비료성분이 겨울과 초봄에 용탈에 의해 유실되었다. 표 3-19는 헤어리베치 재배구와 노지의 토양 이화학적 특성을 비교하였다. 헤어리베치구는 유기물함량이 5.3% 이고 유효인산은 228.3 mg/kg 인 반면 헤어리베치를 재배하지 않는 나지상태의 무처리구는 토양유실로 인해 유기물함량이 3.9%, 유효인산은 200.3mg/kg으로 낮아졌다. 이는 헤어리베치가 포복형으로 피복하여 토양침식 방지효과가 있음을 나타냈다.

표 3-20. 토양의 이화학적 특성에 미치는 헤어리베치의 영향

처 리	pH (1:5)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)		
				k	Ca	Mg
헤어리베치 녹비구	6.6	5.3	228.3	1.43	11.3	4.7
동계 휴한구	6.4	3.9	200.3	1.38	8.3	2.5

가을에 퇴비를 시용한 동계휴한구의 토양비료성분 감소량은 유기물이 약 27% 유실되었으며 마그네슘이 47%, 칼슘이 27% 유실되었다. 유효인산과 치환성 칼리는 유실량이 크지 않았다.

표 3-21. 동계휴한구의 토양영양분 감소량

성분	양분감소(%)
OM(%)	1.4(27)
Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	28(13)
K (cmol/kg)	0.05(4)
Ca (cmol/kg)	3.0(27)
Mg (cmol/kg)	2.2(47)

10. 헤어리베치 후작 채소재배 작부체계

헤어리베치는 가을과 이른 봄에 재배한 후 이듬해에 다른 채소작물을 재배하는 연구가 진행되고 있다. Abdul-Baki 등(1997)은 흑색 폴리에틸렌 피복으로 하는 관행농법 대신 헤어리베치를 이용한 작물 피복을 이용한 작부체계를 사용할 시에는 질소손실을 감소시키고, 후작물에 질소 등의 영양분을 더 많이 공급할 수 있으므로 수량이 더 높아졌다고 보고하였다. 이와 같은 헤어리베치가 후작채소에 미치는 유리한 영향을 알아보기 위해 배추, 양배추, 브로콜리를 후작물로 하여 실험하였다.

1) 헤어리베치 + 배추 작부체계

정식 후 30일의 배추의 생육은 표 3-22와 같다. 배추의 초기생육은 헤어리베치-S₀ (무비구), S₁₀ (액상분뇨 10kg N/10a 시용구), S₂₀ (액상분뇨 20kg N/10a 시용구) 사이에서 HV-S₂₀처리구에서 유의성 있게 높았다. 여름채소 작물 재배 결과 헤어리베치 후작 배추재배시 정식 후 30일의 생체중도 같은 경향이였다.

표 3-22. 정식 후 30일 생육

처리	엽수(매/주)	생체중(g/주)
HV-S ₀	20.6a	295a
HV-S ₁₀	22.0a	303a
HV-S ₂₀	23.1b	310b

* DMRT (0.05), HV-S₀:hairy vetch-slurry 0 KgN/10a, HV-S₁₀ : hairy vetch- slurry 10kg N/10a, HV-S₂₀ : hairy vetch- slurry 20kg N/10a

(1) 수확기의 배추생육

수확기 배추의 생육은 표 3-23과 같다. 배추의 1주중은 액상분뇨 20kg N/10a 시용구 가장 높았다. 수확기의 배추의 엽수, 엽장, 엽폭은 S10, S20 처리구간에 큰 차이를 나타내지 않았으나 S20 시용구가 엽수, 엽장이 증가하는 경향을 나타내어 액상분뇨 시용이 후기생육 지속효과가 있었다. 배추의 구고와 구폭은 S₂₀ 처리구가 관행시비구보다 다소 높은 경향이였다.

표 3-23. 헤어리베치-액상분뇨 시용이 배추의 생육에 미치는 영향

처리	1주중(g)	엽수(매)	엽장(cm)	엽폭(cm)	구고(cm)	구폭(cm)	주중(g)
HV-S ₀	1,595a	58.6a	29.5a	19.6a	23.2a	11.8a	1,295a
HV-S ₁₀	1,695b	62.5b	33.2b	21.4a	26.3b	13.6b	1,420b
HV-S ₂₀	1,725c	63.6c	34.3c	24.2b	28.3bc	14.8bc	1,480bc

(2) 배추 병해 발생

배추의 병해발생율은 표 3-24와 같다. 무름병 발생율은 무비구의 5.4%에 비하여 액상분뇨 10kg N/10a 처리구의 경우에도 다소 낮아졌다. 배추의 미결구율은 액상분뇨 10kg N/10a 시용구에서 다소 낮은 경향이였다.

표 3-24. 배추 병해 발생 상황 및 미결구율

처리	무름병(%)	무사마귀병(%)	병충해 이병주(%)	미결구율(%)
HV-S ₀	5.4a	4.8a	10.4a	4.8a
HV-S ₁₀	3.7a	3.9a	8.1b	4.2a
HV-S ₂₀	5.6a	4.9a	9.9a	5.1a

*DMRT (0.05)

(3) 배추 수량과 상품 수량

표 3-25는 헤어리베치 녹비처리와 액상분뇨 시용이 배추의 수량과 상품 수량을 나타내었다. 배추의 총수량은 HV-S10 과 HV-S20 처리구 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 HV-S10 처리구의 배추 상품수량은 HV-S0보다 높았다. HV-S₁₀ 처리구의 상품수량의 ha당 56,980 으로서 HV-S 의 57,120 보다 3% 감소되었다. 배추의 상품화율은 모든 처리 공히 87%이었다. 따라서 헤어리베치 재배 후 배추의 질소의 감비 시용은 배추의 수량이 감소하지 않을 것으로 사료된다.

표 3-25. 배추 총수량 및 상품 수량

처리	총수량 (kg/ha)	지수	상품수량 (kg/ha)	지수	상품화율 (%)
HV-S0	58,250a	88	50,910a	89	87
HV-S ₁₀	64,250b	97	55,98c	98	87
HV-S ₂₀	66,100b	100	57,120b	100	87

**DMRT (0.05)

(4) 시험구 토양의 이화학적 특성

헤어리베치 재배 후 액비 살포 시험구 토양의 이화학적 특성은 변화를 조사한 결과(표 3-26) S20 살포구에서는 시험전에 비하여 시험 후 가리함량이 약간 증가한 반면 EC, 인산, 칼리, 칼슘등은 큰 차이를 나타내지 않았다.

표 3-26. 시험 전·후 토양 화학성

처 리	pH	EC(ds/m)	OM(%)	P2 O5 (mg/kg 1)	K	Ca	Mg
					(cmol/ kg)		
HV-S ₀	6.65	0.43	3.94	222	1.41	2.62	0.80
HV-S ₁₀	6.69	0.49	4.10	252	1.46	2.69	0.85
HV-S ₂₀	6.70	0.53	4.23	268	1.58	2.84	0.87
DMRT (0.05)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
정식전	6.60	0.39	3.90	228	1.43	11.3	4.7

2) 헤어리베치 + 양배추

양배추 초고에 미치는 헤어리베치 녹비재배의 영향은 표 3-27과 같다. 헤어리베치 멀칭구와 무처리구 사이에 큰 차이는 없었다.

표 3-27. 헤어리베치 녹비재배에 따른 초장의 변화 (단위 : cm)

처 리	6월 20일	7월 5일	7월 20일
헤어리베치 녹비구	18.6	24.4	30.7
대 조 구	18.1	23.4	29.1

양배추의 생육에 미치는 헤어리베치 녹비재배의 효과는 표3-28과 같다. 양배추의 무게에서 헤어리베치 멀칭구 2.65kg이고 무처리구가 2.51kg 으 로 멀칭구가 높은 수치를 나타내었지만 그 외의 형질에서는 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다.

표 3-28. 양배추의 생육에 미치는 헤어리베치 녹비처리의 영향

처 리	초장 (cm)	구폭 (cm)	구중 (kg)	건물비율 (%)	당분함량 (brix %)
헤어리베치 녹비구	16.0a	19.5a	2.65a	9.5a	9.4a
대 조 구	15.6a	19.3a	2.51b	9.6a	9.3a

3) 헤어리베치 + 브로콜리

헤어리베치를 녹비 처리 후 브로콜리의 초장은 표 3-29와 같다. 헤어리베치 녹비구와 무녹비구에서 초장은 큰 차이를 나타내지 않았다.

표 3-29. 브로콜리의 생육에 미치는 헤어리베치 녹비의 영향 (단위 : cm)

처 리	6월 20일	7월 5일	7월 20일
헤어리베치 녹비구	30.2	46.0	55.2
대 조 구	29.1	44.2	53.1

브로콜리 생육에 미치는 헤어리베치가 녹비의 영향은 표 3-30에 나타내었다. 브로콜리 생육에 있어서 착퇴일은 38 ~ 39일로 처리간에 차이가 없었으나 화퇴중은 헤어리베치구에서 380g 이상으로 양호하였다. 상품수량은 헤어리베치 녹비구에서 무처리구 보다 다소 높은 경향이었으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다.

표 3-30. 브로콜리의 화퇴 특성에 미치는 헤어리베치 녹비의 영향

처 리	착퇴일	화 퇴			수확일수	총수량 (kg/ha)
		화퇴중 (g/plant)	화퇴고 (cm)	화퇴폭 (cm)		
T ₁ *	39.0	385a**	13.6a	17.8a	43	1,580a
T ₂	38.7	371b	13.2a	17.4a	42	1,561a

* T₁ : hairy vetch mulching, T₂ : non-hairy vetch mulching

** DMRT



사진 3-5. 헤어리베치 후작 채소재배



사진 3-6. 헤어리베치 후작 채소재배 농가포장

브로콜리의 생육과 화리특성에 헤어리베치의 멀칭이 끼치는 영향을 표 3-31에서 무처리구와 비교하여 나타내었다. 브로콜리 생육에 있어서 최대엽장, 엽폭 및 경경은 처리구간에 차이를 나타내지 않았다.

표 3-31. 브로콜리 생육에 미치는 헤어리베치 녹비의 영향

처 리	초 장 (cm)	엽 수	엽 중 (g/plant)	최대엽		경 장 (mm)
				엽장 (cm)	엽폭 (cm)	
T1*	42.5a	16.9a	715a	62.9a	30.5a	6.2a
T2	39.1b	16.3b	716a	62.5a	30.8a	6.1a

* T₁ : hairy vetch mulching, T₂ : non-hairy vetch mulching

3) 헤어리베치가 병해에 미치는 영향

헤어리베치 녹비가 무사마귀병에 미치는 영향은 표 3-32에 나타내었다. 고랭지 지방에서 십자화과 작물 재배시 무사마귀병 발생이 크게 문제시
표 3-32. 양배추와 브로콜리의 무사마귀병 이병율에 미치는 헤어리베치 녹비의 영향

처 리	이 병 율(%)	
	브로콜리	양배추
T1(헤어리베치 녹비구)	0.2a	0.3a
T2(대조구)	6.2b	5.6b

* T₁ : hairy vetch mulching, T₂ : non-hairy vetch mulching

** DMRT(0.05)

되고 있다. 무사마귀병 이병율은 헤어리베치 녹비구에서는 0.2%로서 매우 낮았으나 무처리구에서는 6.2%의 이병율을 나타내어 뚜렷한 차이를 나타내었다. 헤어리베치 녹비구에서 무사마귀병 이병율이 낮은 것은 헤어리베치 피복에 의하여 토양물리성 개선효과와 토양입자의 비산억제효과로 무사마귀병 이병율이 낮아진 것으로 사료된다.

4) 헤어리베치 활용 채소 작부체계조합

표 3-33는 대관령의 고랭지 지역에서 헤어리베치를 이용한 고랭지 채소의 작부체계 조합을 나타내었다. 작부조합 1, 2는 헤어리베치와 고랭지 채소와 결합한 작부체계를 예시한 것이다. 작부조합1은 헤어리베치를 전년도 가을에 파종하여 5월 하순에 녹비로 넣었다가 6월에 고랭지 여름채소를 파종하는 작부체계이다. 또한 작부조합 2는 4월말~5월 초순에 헤어리베치를 춘파 파종한 후 7월 하순에서 8월 상순에 헤어리베치를 녹비로 하였다가 가을채소를 재배하는 작부조합이다. 또한 작부조합 3은 춘파 헤어리베치를 재배한 후 여름채소를 재배하고 이어서 가을 채소를 재배하는 1년 2작의 헤어리베치 채소 작부체계이다. 본 연구에서 춘파 헤어리베치 재배 후 5월 말에 양배추, 브로콜리를 재배하고 8월 초에 상추 혹은 배추를 재배하는 작부체계이다. 표3-34에서는 고랭지에서 헤어리베치를 이용한 하우스 채소 재배시의 작부체계를 나타내었다. 고랭지에서 월동기 동안 헤어리베치를 재배하고 5월 초순 봄채소를 재배하고 여름채소, 가을채소 등 연속적인 재배가 가능하였다.

주로 춘파재배한 헤어리베치를 녹비로 하여 후작물에 영향을 미치는 실험인데 새로운 작물을 이용한 작부체계는 미흡한 실정이다.

표 3-33. 고랭지에서 헤어리베치를 이용한 노지채소 작부체계 조합

번호	작부체계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	헤어리베치 추파 + 봄채소	헤어리베치 추파				여름채소				헤어리베치			
2	헤어리베치 추파 + 여름채소 + 가을채소	헤어리베치 추파				여름채소				가을채소		헤어리베치	
3	헤어리베치 춘파 + 여름채소					헤어리베치 춘파				여름/가을채소			

표 3-34. 고랭지에서 헤어리베치 이용 하우스 작부체계

	작부체계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	헤어리베치(하우스) + 3회 채소재배			봄채소			여름채소			가을채소		헤어리베치 추파	

본 연구를 통하여 고랭지에서 헤어리베치와 채소 윤작재배에 의한 친환경 농업 작부체계를 설정하였다. 고랭지 지방에서는 관행적으로 여름 배추를 단작으로 재배하는 채소농가가 많은 실정이다. 이러한 채소농가의 경우 일 년 12개월 중 여름 배추 재배기간이 3-4개월을 제외한 나머지 8-9개월간의 기간 동안 경사지가 많은 고랭지 농경지를 휴경 상태로 유지하고 있다. 고랭지 채소재배지대에서 나지인 상태에서 강우와 바람에 의하여 토양이 침식 되는 문제점이 있다. 따라서 표 3-35와 같이 고랭지 지방에서 헤어리베치를 활용한 친환경 채소 작부체계로 노지에서는 헤어리베치 추파 + 여름채소,

헤어리베치 춘파 + 여름/가을채소의 도입이 가능하였다. 하우스에서는 헤어리베치 추파 + 봄채소 + 여름채소 + 가을채소의 1년 3작 작부조합이 가능하였다.

표 3-35. 고랭지에서 헤어리베치 이용 친환경 작부조합

작부방식	작 물
관 행	작 부 조 합
노지 친환경 작부조합	- 헤어리베치 (추파) → 여름채소 - 헤어리베치 (추파) → 여름채소 + 가을채소
	- 헤어리베치 (춘파) → 여름채소 - 헤어리베치 (춘파) → 가을채소
하우스 친환경 작부조합	- 헤어리베치 (춘파) + 봄채소 + 여름채소 + 가을채소

제 4 절 연구결과 요약

고랭지 채소재배 단지에서의 헤어리베치 이용, 헤어리베치와 채소의 작부 체계에 의한 환경친화형 농업기술을 개발하기 위하여 강원도 둔내, 안흥의 시범농가에서 수행하였다. 본 연구에서는 고랭지 채소재배 지대에서 헤어리베치-채소작부체계를 위한 기초연구로서 헤어리베치의 추파, 춘파에 따른 수량, 질소생산성, 헤어리베치의 녹비에 의한 채소의 생육과 잡초방제 효과, 녹비질소의 이용효과를 구명하기 위하여 실시하였다.

가. 헤어리베치 동계 재배구는 헤어리베치의 높은 피복도에 의하여 잡초억제 능력이 높아 초봄 잡초 밀도가 동계휴한구에 비하여 월등하게 낮았다. 헤어리베치 추파후 4월 20일과 5월 15일에 헤어리베치 동계 재배구는 m^2 당 잡초의 개수가 5.2, 5.5개인 반면 동계 휴한구에서는 22, 31개로 큰 차이를 나타내었다.

나. 고랭지 휴경기간 동안 녹비작물별 잡초억제력을 검토한 결과 헤어리베치는 90%, 호밀은 83%, 이탈리아인 라이그라스는 70%의 잡초억제 효과를 나타내었다. 작물재배 기간 중 이랑사이 녹비작물 재배에 의한 잡초억제능력을 검토한 결과 헤어리베치 85%, 호밀 78%,이탈리안 라이그라스 56%를 나타내어 헤어리베치의 잡초억제 능력이 가장 높았다.

다. 고랭지 지역에서 헤어리베치 춘파 재배시 생산성은 생초수량은 2,500~5,500kg이었으며 건물수량으로 460~670kg으로 생산성이 매우 높았다. 배추 재배 전에 헤어리베치를 녹비로 이용하면 질소량으로 7-18kg/10a를 얻을 수 있었다. 헤어리베치 재배에 의하여 토양의 유기물, 질소, 인산 치환성 칼리함량이 높아져 헤어리베치 재배는 토양의 지력의 유지, 증진효과가 있었다.

라. 헤어리베치 녹비처리 후 배추 생체중은 액비 무처리구에서 1.59kg 액비 10, 20kg/10a 처리구의 경우 각각 1.69, 1.72 kg를 나타내어 액비시

용구는 무처리구에 비하여 배추의 생육과 수량이 증가되었다. 헤어리베치 녹비구는 액비10kg/10a 시용구 보다 12% 감소 되었으나 상품수량은 액비 10kg/10a, 20kg/10a 사이에 차이를 나타내지 않았다.

마. 헤어리베치를 토양에 멀칭할 경우 병충해경감효과를 나타내었다. 무사마귀병 이병율을 측정 한 결과 헤어리베치 멀칭구에서는 0.2%인 반면 무처리구에서는 6.2%를 나타내었다.

바. 동계휴한구의 토양성분 용탈량은 헤어리베치 재배구 대비 유기물이 27% 감소되었으며 마그네슘 47%, 칼슘 27% 유실 되었다. 유효인산과 치환성 칼리는 감소량이 크지 않았다.

사. 고랭지 지역에서 헤어리베치를 이용한 채소 작부체계는 추파 헤어리베치 + 여름채소, 추파 헤어리베치 + 양배추(브로콜리)+상추, 춘파 헤어리베치 + 여름/가을 채소의 작부 조합이 가능하였다. 하우스 재배의 경우 헤어리베치 추파재배 +봄채소 +여름채소+가을채소의 1년 4작물 작부조합이 가능하였다. 헤어리베치 녹비에 의하여 지력이 개선될 뿐만 아니라 시비질소를 50% 절감하고 잡초발생을 억제할 수 있는 장점으로 인하여 환경농업에서 채소 전작물로 헤어리베치를 가을 혹은 봄에 도입하는 것이 유리한 것으로 판단되었다.

참고 문헌

- Bames, J.P. and A.R. Putnam. 1983. Rye Residues Contribute Weed Suppression in No-Till Cropping Systems. *J.Chem.Enol.* 19:1045-1057.
- Blevins, R.L., J.H. Herbeck, and W.W. Frye. 1990. Legume Cover Crops as a Nitrogen Source for No-Till Corn and Sorghum.
- Brandsaeter, L.O., A. Olsmo, A.M. Tronsmo, and H. Fykse. 2002. Freezing Resistance of Winter Annual and Biennial Legumes at Different Developmental Stages. *Crop Science.* 42:437-443.
- Cho, Y.S. and Z.R. Choe. 1999. Effect of Chinese Milk Vetch (*Astragalus sinicus* L.) Cultivation during Winter on rice Yield and Soil Properties. *Korean J. Crop Sci.* 44(1):49-54.
- 최진룡, 이석순, 윤을수. 1995. 지속농업체계에서 작물의 생산의 원리와 실제. 영남농업시험장 설립 30주년 기념심포지움. 환경보전형 저에너지요구 농업기술개발 전략. p30~54.
- Curran, W.S. and L.D. Hoffman. 1994. The Influence of a Hairy vetch (*Vicia villosa*) Cover Crop on Weed Control in Corn. *Weed Technol.* 8:777-784.
- Facelli, J.M., and S.T.A. Pickett. 1991. Plant Litter: Its Dynamics and Effects on Plant Community Structure. *Bot. Rev.* 57:1-32.
- Fisk, J.W., O.B. Hesterman, A. Shrestha, J.J. Kells, R.R. Harwood, J.M. Squire, and C.C. Sheaffer. 2001. Weed Suppression by Annual Legume Cover Crop in No-Tillage Corn. *Agron. J.* 93:319-325.

Foshee,W.G., R.I.Raper, W.D.Goff, and M.G.Patterson. 1997. Orchard Floor Practices Effect Soil Compaction Around Young Pecan Trees. HortSci. 32:871-873.

Guh,J.O., K.W.Kim., J.Y.Pyon., and I.K.Kim. 1982. Herbicide Combination of Oxyfluorfen and Paraquat for Early and Post-emergence Uses in Pear Orchards. Korean J.Weed Sci. 2:160-168.

구자옥, 김길웅, 변종영, 김인권. 1982. 배 과수원의 잡초 방제를 위한 제초제 Oxyfluorfen과 paraquat의 혼용효과에 관한 연구. 한국잡초학회지. 2(2):160-168.

Hargrove,W.L. 1986. Winter Legumes as a Nitrogen Source for No-Till Grain Sorghum. Agron.J. 78:70-74.

Hogue,E.L. and G.H.Nelson. 1987. Orchard Floor Vegetation Management. J.Janick(ed.).Horticultureal Review. 9:337-430.

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

김길웅, 변종영, 구자옥, 신동현. 1982. 과수원의 주요 잡초 및 Oxyfluorfen의 방제효과. 한국잡초학회지. 2(1):57-62.

이승환. 2002. 헤어리벳치 활용에 의한 작부체계개발, 토양개량증진 및 작물의 안정적 생산을 위한 환경친화형 농업기술개발. 충북대학교 석사논문.

이희재, 한성욱, 구자옥, 김명화. 1997. Carfentrazone-ethyl의 단제와 Glyphosate 및 Glufosinate와의 혼합처리에 의한 과수원에서의 잡초방제효과. 한국잡초학회지. 17(3):256-261.

Merwin,I.A. and W.C.Stiles. 1994. Orchard Groundcover Management Impacts on Apple Tree Growth and Yield, and Nutrient Availability and Uptake. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 119:209-215.

Merwin.I.A., D.A.Rosenberger, C.A.Engle, D.L.Rist, and M.Fargione. 1995. Comparing Mulches, Herbicides, and Cultivation as Orchard Groundcover Management Systems. HortTechnology. 5:151-158.

Muller,M.M. 1987. Leaching of Subterranean Clover Derived N from a Loam Soil. Plant and Soil. 102:185-191.

박찬호, 이종열, 김동암. 1982. 신고 사료 녹비 작물학. 향문사.

박진면, 노희명, 임명순, 임열재. 2000. 표토관리가 토양의 화학성과 사과나무 후지/M.26의 생육 및 과실품질에 미치는 단기 영향. 한국원예학회지. 41(2):169-172.

Skroch,W.A. and J.M.Shibbs. 1986. Orchard Floor Management: an Overview. HortScience. 21:390-394.

Smith,M.S., W.W.Frye, and J.J.Varco. 1987. Legume Winter Cover Crops. Advances in Soil Sci. 7:95-139.

서종호, 김동휘, 김충국, 김시주, 허일봉. 1998. 옥수수 생육과 질소흡수에 미치는 헤어리베치 녹비의 시용효과. 농업환경논문집. 40:62-68.

서종호, 이호진, 김시주. 2000. 헤어리베치의 추파시기에 따른 녹비의 수량 및 질소량 변화. 한국작물학회지. 45(6):400-404.

송기철. 1997. 1년생 포도원에서 피복작물이 잡초방제 및 포도생육에 미치는 영향. 한국원예학회지. 32(6):1040-1043.

송득영, 구연충, 성기영, 이상복. 2001. 피복작물을 이용한 옥수수밭 잡초방제 기술개발. 작물시험장논총. 제2권:214-218.

신정남, 김동암, 고기환, 김용원. 2000. 도입 벼치 품종 및 한국 야생종의 생육특성과 수량. 한초지. 20(4):251-258.

Teasdale, J.R. 1996. Contribution of Cover Crops to Weed Management in Sustainable Agricultural Systems. J.Prod.Agric. 9:457-479.

Teasdale, J.R., C.E.Beste, and W.E.Potts. 1991. Response of Weeds to Tillage and Cover Crop Residue. Weed Sci. 39:195-199.

Teasdale, J.R., and C.L.Mohler. 1993. Light Transmittance, Soil Temperature, and Soil Moisture Under Residue of Hairy vetch and Rye. Agron.J. 85:673-680.

Utomo, M., W.W.Frye., and R.L.Blevins. 1990. Sustaining Soil Nitrogen for Corn Using Hairy vetch Cover Crop. Agron.J. 82:979-983.

Varco, J.J., W.W.Frye., M.S.Smith., and C.T.Mackown. 1989. Tillage Effect on Nitrogen Recovery by Corn From a Nitrogen-15 Labeled Legume Cover Crop. Soil Sci.Soc.Am.J. 53:822-827.

주 의

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