

최 종
연구보고서

밤나무 노령임분 갱신 및
생산성 향상 기술 개발

Development of Cultivation Technology
for Renovation of Aged Chestnut Orchards
and Productivity Improvement

연구수행기관 : 산림청 국립산림과학원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “밤나무 노령임분 갱신 및 생산성 향상 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 10 월 1 일

주관연구기관명 : 국립산림과학원

총괄연구책임자 : 김선창

[제1 세부과제]

연구기관명 : 국립산림과학원

세부연구책임자 : 김선창

연구원 : 이문호, 김만조, 황명수, 황석인,
장용석, 홍용표, 김용율, 이 욱,
권용희, 이선숙

[제2 세부과제]

연구기관명 : 국립산림과학원

세부연구책임자 : 이천용

연구원 : 정진현, 구교상, 이충화, 변재경,
원형규, 정용기, 채광석, 손요환,
이승우, 이윤영, 김은영

[제3 세부과제]

연구기관명 : 국립산림과학원

세부연구책임자 : 신상철

연구원 : 최광식, 김철수, 정영진, 박일권
김종국, 이충규, 이상현, 김경희,
이재필, 박주용

[제4 세부과제]

연구기관명 : 국립산림과학원

세부연구책임자 : 김종윤

연구원 : 김재원, 송태영, 지병윤, 박문섭,
정도현, 조구현, 박홍용, 전권석,
박남창, 조성구, 김유중, 배기만,
마호섭

[제5 세부과제]

연구기관명 : 국립산림과학원

세부연구책임자 : 주린원

연구원 : 김재성, 정병현, 최수임, 채수홍

[협동과제]

연구기관명 : 상지대학교

협동연구책임자 : 정상배

연구원 : 송병민, 한승재, 권건형, 모한수,
이민영

요 약 문

I. 제 목

밤나무 노령임분 갱신 및 생산성 향상 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

밤은 단일작목으로 매년 7천만불 내외의 수출고를 기록할 정도로 농림업 분야 최고의 외화가득률을 올리는 농산촌의 주요 소득작목이다. 그러나 세계 제1의 밤 생산국인 중국이 WTO에 가입함에 따라 밤 시장관도에 변화가 예상되며, 이에 대한 능동적인 대응의 일환으로 국제경쟁력 향상을 위한 밤나무 재배 제반기반 강화가 요구되고 있다.

우리나라 밤나무림의 대부분은 현재 밤 주산지인 광양, 하동, 산청, 공주 등에 1960년대 후반부터 1970년대 중반 산지자원화의 일원으로 매년 15,000-35,000ha씩 대 규모로 조성되어 25년 이상된 밤나무림이 전체 재배면적의 약 53%를 차지할 정도로 노령화가 심각하다. 노령화된 밤나무림의 대부분은 식재후 간벌이나 정지전정이 거의 이루어지지 않았기 때문에 수고가 높고 결실부위가 수관상층부에만 국한되어 과실품질과 생산성이 떨어지며 또한 병해충 방제 등을 위한 관리작업이 곤란하다. 이러한 밤나무의 노령화와 더불어 밤 재배자의 고령화, 그리고 농산촌의 인력부족 등으로 인하여 우리나라 밤나무 재배여건은 나날이 악화되는 실정이어서 우리나라 밤산업의 안정적 성장을 크게 위협하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 이러한 밤나무 재배의 위기상황을 극복하고 고품질 밤의 안정적인 생산 공급을 위하여 노령화된 밤나무림에 대한 갱신, 재배관리기술의 개발을 통해 밤나무 재배의 경제수령 연장을 도모하고 또한 개발기술의 현장화를 통한 생산성 향상으로 국제경쟁력을 제고하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 본 연구의 주요내용은 노령목의 수형조절을 통한 갱신 및 재배기술 개발, 친환경적인 토양관리 및 병해충 방제체계 확립, 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립, 밤나무 재배 경제성 분석, 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 종합관리기술 개발 등으로 되어있다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

밤나무 노령목 재배관리기술을 개발하기 위하여 수형갱신을 위한 현장적용 및 실연을 위한 기반을 구축하고 노령목 수형조절 처리별 효과를 비교하기 위하여 갱신전정, 저수고 전정, 무처리 등 3처리로 구분하여 수형조절을 실시하였다.

수형조절효과를 구명하기 위해 처리별, 연차별로 수형변화, 생육·결실특성, 수확량 및 과실품질 변화 등을 조사·분석하였다. 또한 저수고 전정에 따른 밤나무혹벌 피해, 태풍피해 등 각종 재해 경감효과도 조사하였다.

밤 주산지 지역별 최적 재배품종 선발을 위해 주요 재배품종 및 지방품종을 대상으로 재배 제 특성을 조사하였으며, 품종식별을 위해 형태적, 분자생물학적 특성도 조사·분석하였다.

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

밤나무 재배지의 환경친화적인 토양관리 기술을 개발하기 위하여 노령목 전정처리목과 유령목에 대한 시비시험 및 제초제 대체효과 시험을 수행하였다. 또한 악화된 토양 물리성을 개량하기 위해 임산물로부터 유래된 목질칩과 목초액을 처리하여 토양 물리성 개선을 도모하고자 하였다.

전정처리목에 대한 시비시험은 관행 화학비료처리구와 비료의 양을 줄인 감비처리구 그리고 화학비료와 목초탄의 혼합처리구로 구분하여 밤 품질변화 등을 조사하였고, 유령목에 대한 시비시험은 속효성화학비료, 완효성화학비료, 화학비료와 목초탄의 혼합처리구 그리고 화학비료의 감비처리구 등으로 구분하여 처리한 후 영양생장 및 밤 품질 변화 등을 조사하였다.

제초제 대체효과 시험은 초종선발시험과 멀칭기술개발 시험으로 구분하였다. 초종재배 시험에서는 공시 8개 초종에 대해서 발아율, 피복률, 건물생중량, 토사유출량, 토양특성 변화 등을 조사하였고 멀칭기술 개발시험에서는 2종류의 제초시트처리구와 풀깎이처리구를 설치하여 대조구와 토양특성, 토사유출량 등을 비교하였다.

토양개량 시험에서는 유령목 임분에 목질칩과 목초탄을 처리하여 수고, 근원경, 수관생장량 등 영양생장량 및 토양물리성 변화를 조사하였다.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

밤나무 노령목 수형조절 처리목에 대한 병해충 관리를 위해 시기별로 주요 식염성해충과 천공성해충에 대한 발생 상황을 조사하였다. 또한 수형조절 시범지에서 주요 밤나무 해충인 복숭아명나방, 밤바구미, 밤나무혹벌 그리고 수병인 밤나무줄기마

름병에 대한 친환경적 방제제 선발 및 방제법을 개발하였다.

그리고 수형조절 후에는 나무가 쇠약해 질 수 있으므로 여기에 따라 수반되는 각종 천공성해충 종류와 시기별로 주요 해충에 대한 조사를 실시하였으며, 미끈이하늘소에 대한 생태도 조사하였다. 수형조절 처리목의 절단된 부위의 상처 치유와 상처를 통하여 감염되는 다양한 병해 조사를 수행하였으며, 아울러 이들을 치유하는 친환경적 관리 방안을 제시하였다.

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

밤나무 재배지의 경영기반 개선을 위하여 작업로에 대한 재배자의 인식조사를 실시하였고, 현재 기설 작업로의 시설현황을 조사·분석하여 작업로의 적정 관리방안을 제시하였다. 또한 작업로의 적정 노망배치를 위하여 지형경사별로 작업로를 적정하게 재배치한 후 배치효과를 분석하여 적정 노망밀도와 배치유형을 제시하였다.

기계화 작업방안 확립에 있어서는 밤나무 재배지 관리를 위하여 굴삭기를 기본차량으로 여기에 부착하여 사용할 수 있는 제조장비, 시비장치 및 방제장치를 개발하여 관리작업의 생력화 도모를 통한 밤나무 재배농가의 소득증대 및 부족한 농산촌 노동력 수급의 어려움을 해결함과 동시에 중노동인 관리작업의 노동부담 경감과 안전성을 향상시킬 수 있는 작업환경 개선을 도모하고자 하였다. 또한, 관행작업과 기계화 작업과의 경제성 비교분석을 통한 기계화 재배의 최소경영면적을 구명하여 앞으로의 밤나무 재배에 대한 지표를 제시하였다.

5. 밤나무 재배 경제성 분석

밤나무 재배의 경영성과를 분석하기 위해 공주, 부여, 충주, 순천, 광양, 진주 등 우리나라 밤 주산지에서 선정한 50농가에 대해 비용 및 수익 등을 조사하였다. 또한, 저수고 전정 투자에 대한 경제성 분석을 위하여 4개 시범지(충주, 공주, 부여, 진주지역)의 저수고 전정에 대한 추가비용과 추가편익을 산출하여 비용·편익분석을 실시하였고 밤가격의 하락과 임금의 상승에 의한 수익성의 민감성을 분석하였다.

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

밤나무해충의 효율적인 방제, 관수 및 엽면시비를 위한 스프링클러시스템을 개발하였다. 스프링클러시스템을 이용하여 약제살포법을 개발, 이를 이용하여 밤나무의 주요해충인 복숭아명나방, 밤바구미 및 밤나무혹벌을 효과적으로 방제하는 방법을 구명하였다. 한편, 밤의 생산성 증대와 고품질의 과실을 생산하고자 인공살수에 의한 토양수분 공급과 엽면시비를 통하여 밤나무의 활력을 증진시키는 등 새로운 밤나무 관리기술을 개발하고자 하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

정지전정을 통한 밤나무 노령목의 수세회복 및 노령화 촉진 방지로 경제수령 연장에 영향을 미치는 수체생장, 생리낙과, 과실품질, 수확량 및 제해경감 등 수형조절 효과를 구명하였다. 과실의 입중과 품등 등 과실품질 측면에서 저수고처리목은 수형조절 1년차부터 무처리목에 비해 과실이 크고 특대의 비율이 높아 우수하였으며, 수확량에서는 지역 및 품종에 따라 약간의 차이는 있으나 대체로 처리 3년차부터는 저수고처리목이 무처리목보다 많은 것으로 나타났다. 따라서 노령목의 생산성을 향상시키는 수형조절방법 및 관리기술의 확립으로 밤 주산지별로 기조성된 시범지를 통한 현장실연, 기술이전 및 교육강화로 고품질, 다수확 재배기술의 조기 보급 및 실용화를 위한 정부와 관련단체의 후속적인 지원이 요구된다.

한편, 주요 재배품종 및 지방품종을 대상으로 형태적 특성, 과실품질, 수확기 및 밤나무혹벌 내충성 등 다양한 농업적 제 특성을 조사·구명하였으며, 이들 특성에 대한 유용한 정보를 재배농가에 제공함으로써 재배안정성 및 생산성 향상에 기여할 수 있으리라 생각된다. 또한 DNA 지문 분석법의 확립으로 품종식별 및 품종등록을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

밤나무 노령목 전정처리목에 대한 시비처리는 기존의 화학비료 관행시비량을 줄이고 줄인 양만큼 액비로 대체하거나 토양개량제인 목초탄을 처리하여도 밤알의 평균중량이나 건전과율과 같은 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 밤나무 유령목에 대한 시비처리는 비중의 경우 양분흡수율이 높은 속효성비료가 완효성비료나 화학비료와 목초탄의 혼합처리에 비해 수고나 근원경 생장이 높은 것으로 나타났으며, 시비적정량의 경우는 기존 시비량인 관행구(N:P:K=21:17:17, 2kg/본)를 1/2 감량한 시비처리구에서 가장 높은 수고성장량을 보였고 표준구(N:P:K=1:1:1, 2kg/본)에서 가장 낮은 성장을 보였다. 비중별 유령목의 역지성장량은 UF1, 목초탄과 화학비료(1/5감비)의 혼합비료처리구에서 가장 높았으며, 시비량에서는 관행시비량보다 UF2, UF3과 관행시비량을 1/2 또는 1/5 줄인 시비처리구에서 높은 것으로 나타났다. 관행시비량을 줄이거나, 줄인 양만큼 목초탄으로 대체하여도 유령목의 역지생장에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과로부터 기존의 화학비료 관행시비량에서 1/5정도 줄이거나 줄인 양을 토양개량제인 목초탄으로 대체하여도 밤 품질 및 영양생장에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 보아 향후 밤나무 시비 시 화학비료의 악영향을 줄이고 토양을 개량

할 수 있는 시비기술에 대한 보급과 장려가 요구된다.

제조제 대체효과를 위한 초종선발 시험에서 초종의 발아율과 피복률이 높을수록 토사유출 방지 및 토양양분 고정능력이 높은 것으로 나타났다. 토사유출량은 제조제 처리구가 초종재배구보다 3배 이상 높았으며, 토양양분은 인산의 경우 제조제처리구와 초종재배구 간에 50배 정도 차이가 있었다. 밤나무 재배지에서 우수한 적응능력을 보이고 발아율, 피복률, 건물생장량이 높아 재배가 가능한 초종으로 호밀, 이탈리아 안라이그라스, 톨페스큐가 선정되었다. 또한 이들보다는 상대적으로 발아율, 피복률 등이 낮지만 적응력이 좋은 인진쑥과 고사리는 경제성이 높아 농가소득을 올릴 수 있을 것으로 사료되었다. 제조제 대체를 위한 밤나무 재배지의 멀칭처리는 토양의 물리·화학적 특성에 큰 변화를 보이지 않았다. 그러나 토사유출량은 제조제처리구에서 0.4~0.6t/ha로 제조제처리구(0.7~1.3t/ha)와 기계풀깎이처리구(1.3~2.2t/ha)에 비해 현저히 낮은 것으로 나타났다.

토양개량제인 목질칩을 유령목에 토양부피비로 20%(2t/ha) 처리했을 때 수고와 수관생장이 증가하였으며, 목초탄처리는 대조구에 비해 토양삼상과 같은 물리성을 개선시키는 효과가 큰 것으로 나타났다.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

밤나무 재배지에서 병해충의 관리는 우리가 목적하는 밤 생산에 가장 민감한 사안이다. 특히 먹거리의 생산이라는 측면에서 Well-being이 추구되는 현실을 감안할 때 기존의 약제에 의한 대면적 방제는 소비자들에게 외면당할 수 밖에 없다. 따라서 고품질의 밤을 생산하기 위해 친환경적인 방제는 필연적이라 할 수 있다.

밤나무 해충으로 가장 문제가 되는 복숭아명나방은 성페로몬을 이용한 방제법을 활용하고, 밤바구미는 현재까지 적절한 농약이 개발되지 않아 이류화탄소와 물에 침지하는 방법을 제시하였으며, 또한 식물체에서 살충활성을 조사하여 유력한 식물체를 추천하였고 효과가 뛰어난 식물체 정유를 선발하였다. 밤나무혹벌에 대해서는 저독성약제 선발과 중국긴꼬리좀벌의 방사법과 이들의 저독성농약에 의한 피해정도를 구명하였으며, 수형조절 이후 가장 피해가 우려되는 천공성해충의 발생시기와 주요 천공성해충인 미끈이하늘소에 대한 생태를 조사하여 방제를 위한 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 그리고 수형조절 시 발생하는 절단면 상처를 치유하는 다양한 방법을 제시하였으며, 여기에 수반되는 각종 병해 종류도 구명하였다. 그리고 식염성 해충에 대한 방제의 불필요성도 제시하였으며, 농민들이 노령목을 수형조절 하였을 때 고품질의 밤을 생산할 수 있는 기반을 마련하여 농가의 고소득 증대에 기여하였다.

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

임목수확작업에 있어서 작업로는 일시적인 도로로서 작업이 완료된 이후에는 복구하여야 하나, 밤나무 작업로는 영구적 시설물로 연중 이용이 가능하여야 한다는 점에서 많은 차이가 있다. 따라서 밤나무 작업로의 경우 일시적 도로가 아닌 임도와 같은 영구적 시설물이므로 이에 대한 지속적인 유지관리가 필요할 것이다.

또한 적정하게 작업로를 재배치한 이후에 평균 작업로 밀도는 완경사지는 507.1m/ha, 중경사지는 383.6m/ha로 나타났고, 간선작업로와 지선작업로의 비율은 30 : 70이 가장 적정한 것으로 나타났으며, 효율적인 작업을 위해서는 어골형 배치가 가장 양호한 것으로 나타났다. 작업로의 구조·규격은 간선인 경우 3m, 지선인 경우 2m 내외가 가장 적정하며, 측구 및 특별한 배수시설이 없다는 점을 감안할 때 횡단 배수로(토수로)를 종단기울기의 변화 및 노면상태에 따라 10~75m 간격으로 시설하는 것이 바람직하다.

지금까지의 밤나무 재배지 관리작업은 경운기, 트랙터 및 농용트럭 위주로 수행되어 생산성 저하와 노동력의 적기 수급에 어려움이 많았다. 그러나 1인 작업이 가능한 굴삭기 부착용 제초장비, 시비장치 및 방제작업용 기계를 활용함으로써 작업능률의 증가뿐만 아니라, 노동력 수급문제 해결 등 기계화 관리작업을 통하여 지금까지의 어려움을 해소할 수 있는 것으로 나타났다.

개발된 장비는 국산 소형굴삭기에 부착이 가능하며, 기타 임업기계화에 따른 별도의 기능인 양성이 필요 없이 기존 굴삭기 운전원을 활용할 수 있을 뿐만 아니라 국산화에 따라 저렴한 비용에 구입이 가능하고, A/S 측면에서도 외국장비에 비해 훨씬 효율적으로 할 수 있게 되었다.

제초장비는 굴삭기의 유압을 이용하여 로터리식으로 관목 및 초본류의 제거가 가능한 장비로서 성하기 중노동인 하예작업을 대체할 수 있고, 시비장치는 정량토출이 가능하고 구덩이 파기부터 비료주기, 흙덮기 등 일련의 작업을 연속적으로 수행할 수 있도록 제작하였다. 또한 방제장치는 노동자들의 농약중독 현상을 해결할 수 있도록 굴삭기 내부에서 약제살포를 할 수 있도록 설계 제작되었다.

기계화에 의한 효과는 기존 작업에 비해 경제적으로 10% 정도로 그다지 크지는 않지만, 노동경제 및 인간공학적 측면에서는 기존방법에 비해 월등한 것으로 나타났으나, 기계화를 위해서는 최소한의 경영면적이 10ha 정도는 확보되어야 하는 것으로 나타났다.

5. 밤나무 재배 경제성 분석

밤은 생산이나 수출 양면에서 차지하는 비중을 볼 때 단기소득임산물 중 가장 중

요한 품목이다. 그러나 밤나무림의 노령화로 생산량이 감소되고 있으며, 품질도 저하되고 있다. 수출은 감소하고 있으나 수입은 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 밤나무 재배에 대한 경영실태를 분석하였고 노령목에 대한 저수고 정지전정 재배기술의 경제적 타당성을 분석하였다.

밤 생산농가의 경영성과를 분석한 결과, 중부 주산단지(충남, 충북)와 남부 주산단지(전남, 경남) 사이에는 지역간의 격차가 매우 큰 것으로 나타났다. ha당 평균 생산비의 경우 남부 주산단지가 중부 주산단지에 비해 40%정도 낮게 나타났다. 이러한 원인은 밤나무림의 노령화에 따른 관리소홀과 투자기피 현상 때문으로 분석되었다. 이와 비교하여 중부 주산단지는 밤 생산성을 높이기 위해 유기질비료 위주 시비, 병해충 방제, 정지전정 등 집약적인 관리와 투자가 이루어져 ha당 생산비가 훨씬 높게 나타났다. 그러나 ha당 밤 생산량과 특대(特大)품의 생산비율이 더 높게 나타나 중부 지역의 소득과 순수입이 월등히 높은 것으로 분석되었다.

충주, 공주, 부여지역에서는 저수고 정지전정에 대한 투자가 경제성이 있는 것으로 분석되었으나, 진주지역은 경제성이 없는 것으로 분석되었다. 또한, 가격 하락과 임금 상승에 따른 감응도 분석결과도 진주지역을 제외한 충주, 공주, 부여지역에서 저수고 정지전정에 대한 투자가 경제적으로 타당한 것으로 분석되었다.

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

밤나무의 주요 해충인 복숭아명나방, 밤바구미 및 밤나무혹벌 방제를 위한 약제 살포와 엽면시비, 관수 등 밤나무 재배의 종합관리가 가능한 스프링클러시스템을 개발하였다. 개발된 스프링클러시스템을 이용한 약제살포 시험결과 복숭아명나방의 경우 7월 중순부터 8월 말까지 Diflubenzuron 25% WP 2,500배액을 10일 혹은 15일 간격으로 살포할 경우 93% 이상이 방제되었으며, 밤바구미의 경우 8월 초부터 9월 중순까지 Cyfluthrin 2% EC 1,000배액을 5-7일 간격으로 살포할 경우 86% 이상이 방제되었다. 밤나무혹벌도 성충의 우화 및 산란시기에 Carbaryl 50% WP 1,500배액을 2일 간격으로 살포할 경우 84.6%가 방제되어 밤나무 해충방제에 아주 효율적인 것으로 평가되었다.

밤 수확기인 9월에 10일 간격으로 3차례에 걸쳐 관수(14.4mm/회/분)시험을 실시한 결과 무처리에 비해 과실입중이 약 20% 증가되는 것을 확인할 수 있었으며, 밤나무 생장기에는 엽면시비를 할 수 있으므로 노령목의 수세와 활력 증진으로 과실의 증수 및 품질향상을 도모할 수 있어 재배자의 소득증대에 기여할 수 있는 것으로 판단되었다.

SUMMARY

I. Title

Development of Cultivation Technology for Renovation of Aged Chestnut Orchards and Productivity Improvement

II. The Needs and Objectives

Chestnut trees are economically the most important nut tree species cultivated in rural and mountainous areas of Korea. Most chestnut producing areas had been built up from late 1960s to mid-1970s by 15,000-35,000 ha per year. The main producing area has been the southern part of the Korean peninsula. More than 60% of the total production is produced in Kwangyang, Hadong, Sanchung, Gongju and Chungju.

Proper management of chestnut orchards is a challenge at the present time. Some 53% of chestnut trees in orchards all over the country are over 25 years old, and there has been no thinning or pruning after planting in most of chestnut orchards. Therefore, crowded trees tend to create excessive shading on lower branches and promote bearing only on one plane in the tops of the trees, resulting in smaller nut size and lower nut productivity than is possible on younger trees. They eventually grow to a height of 9 to 11m. Large, timber-form trees are not desirable for nut production because they are more difficult to manage and much of the tree's energy goes into wood production.

Nowadays the difficulty of finding labor for harvesting the nuts, the aging of growers, and the decline of chestnut trees though aging are becoming increasingly important constraints for chestnut production.

The prime objective of this study is to develop advanced techniques for the improvement of chestnut productivity in the aged chestnut orchards, and also to strengthen the competitiveness of domestic products against liberalization of imports of forest products. For this study, six fields cooperated for the research concerned; development of cultivation technology for prolongation of economical cultivation period through the recovery of aged chestnut trees by heavy pruning, development of technology for the environment-friendly soil management and

system for application fertilizer, development of technology for the environment-friendly control of insect pests and diseases, improvement of infrastructure and establishment of mechanized operation in chestnut orchards, economic analysis of chestnut cultivation, development of sprinkler system for economical cultivation technology of chestnut orchards.

III. The Contents and Scope

1. Development of cultivation technology for prolongation of economical cultivation period and selection of cultivars with excellent nut quality and high productivity

This study was focused on the development of cultivation technology for prolongation of economical cultivation period through the control of the crown architecture in aged chestnut trees. For this purpose, the recovery by heavy pruning has been tried as a means of the improvement of nut productivity. The pruning regimes include three treatments such as renovation pruning, low tree-form training system and conventional training system (no or minimal pruning).

Changes of the crown architecture, the characteristics of growth and fructification, yield and nut quality by the control of the crown architecture were investigated. In addition, regional adaptability test for the selection of optimal cultivars suitable to major chestnut producing areas was carried out, and molecular marker study using ISSR and microsatellite makers was conducted to develop a simple PCR-based procedure for identification of chestnut cultivars.

2. Development of technology for the environment-friendly soil management and system for application fertilizer

We have carried out a experiment on pruned and infantile trees with nature-harmonic soil management know-hows. Also we have conducted the effect of the herbicide substitution to recover devastated soil with the abuse of chemical fertilizer and herbicide. Wood chips and wood fluid have also been used to improve the physical condition of soil.

To apply fertilizer to the pruned trees, we had divided the testing area into the customary fertilized plot, reduced fertilized plot and chemical manure–Mochotan cofertilized plot, and then had surveyed the change of nut quality. Furthermore, as for the fertilizing experiment on infantile trees, we treated active manure applied plot, less active manure applied plot, chemical manure–Mochotan cofertilized plot and chemical fertilizer reduced plot, and had examined the vegetative growth and the change of nut quality.

One of the most common methods used in weed control is herbicidal chemicals. Overuse of chemicals had some problems such as health issue and ecological side effects including both effect on non–target organism and soil environment. Therefore, to reduce the herbicides in the chestnut orchard, herb cultivation and soil mulching technique were tested for its effectiveness as an alternative of herbicide. In herb cultivation experiment, germination rates, coverages, dry biomass, soil erosion mass and soil properties were investigated for eight herb plants. Two types of weeding sheets were used for the mulching experiment, and temporal variation of soil properties and soil erosion surveyed in each treatments (herbicide, weeder, mulch A, mulch B).

In soil amelioration experiment, tree height and crown growth of young chestnut tree, and soil physical properties were also investigated for the effect of wood chip and Mokchotan treatment.

3. Development of technology for the environment–friendly control of insect pests and diseases in chestnut orchards

This study was conducted for the development of environment–friendly control methods on insect pests and diseases in aged chestnut orchards. The occurrence status and kinds of phytophageous wood borer insect pests and diseases were investigated for chestnut orchard management after the control of tree–form of aged chestnut trees.

We studied an environment–friendly control methods on chestnut gall wasp, the peach pyralid moth and chestnut weevils, and an experiment for recovery of the cutting surface obtained by the control of the crown architecture in aged chestnut trees. We also studied the life cycle of *Batocera lineolata*, which was one of the most major wood borer pests in chestnut orchards.

4. Improvement of infrastructure and establishment of mechanized operation in chestnut orchards

To establish infrastructure improvement, we have carried out a questionnaire survey of grower's consciousness and the general present state survey for roads in the chestnut orchards. On the basis of analyzing effectiveness after replace of road network, we also represent optimal road density and network type respectively.

In this project, small scaled excavator including other equipment such as a rotary type clear cutter, fertilizing machine and sprayer has been designed and developed to enhance the operation productivity and to reduce the production cost in chestnut orchards.

5. Economic analysis of chestnut cultivation

This study analysed the management performance for cultivating chestnut orchards. For this purpose, costs and revenues were surveyed for 50 farmhouses selected in major chestnut producing areas such as Gongju, Buyeo, Chungju, Suncheon, Kwangju and Jinju. This study also examined the economic effects of low tree-form culture. Cost-Benefit analysis was done based on additional costs and benefits from investment in low tree-form culture. In addition, this study analysed the sensitivity of profitability due to the changes in chestnut prices and wages.

6. Development of sprinkler system for economical cultivation technology of chestnut orchards

This study was carried out to develop an useful cultivation technology for the control of insect pests, irrigation and foliar fertilization using the sprinkler system. Several regimes for the control of the chestnut gall wasp, the peach pyralid moth and chestnut weevils were examined, and the effect of irrigation and foliar fertilization by the sprinkler system was also analysed.

IV. Results and Discussion

1. Development of cultivation technology for prolongation of economical cultivation period and selection of cultivars with excellent nut quality and high productivity

Effects of heavy pruning on the control of the crown architecture in aged chestnut trees were investigated. In low tree-form training system, nut yield was sharply decreased after heavy pruning of the first year due to the elimination of branches needed for flowering. However, with subsequent pruning for a couple of years, the trees show good tree-form and nut production from the 3rd years after pruning for low tree-form culture. Nut yield and nut size of recovered trees by low tree-form training system are better than those of untreated trees of conventional training system (no or minimal pruning). Also, the ratio of extra large size nut and the length of nut bearing shoot showed the same tendency.

Therefore, low tree-form training system was more effective than conventional training system on nut productivity such as nut quality and yield. Under the low tree-form culture by canopy control, chestnut trees are maintained at 4-5 meter in height through pruning including thinning-out cuts and heading-back cuts. Pruning allows sunlight into the canopy and stimulates the formation of nut-bearing flower buds, resulting in good nut productivity.

In addition, the major agronomic characteristics of promising and local cultivars were compiled, and they will be useful for the selection and cultivation of optimal cultivars suitable to major chestnut producing areas. ISSR and microsatellite markers for identification of chestnut cultivars was also established from the molecular marker study.

From this study, a new cultivation technology for prolongation of economical cultivation period through the control of the crown architecture in aged chestnut trees was developed, and it will be useful for conversion aged orchards to renewed orchards with high productivity.

2. Development of technology for the environment-friendly soil management and system for application fertilizer

We have found out that a half reduced chemical fertilizer treatment and the

replenishment the reduced amount with liquid type manure or Mokchotan on pruned aged chestnut trees have not shown any effects on nut quality such as the average nut weight and percentage of decent nut.

Among the type of fertilizer on infantile chestnut trees, the active manure which showed high absorption rate had greatly effected on the tree height and the stem diameter growth compared with the mixed application of the less active manure, chemical fertilizer and Mokchotan. A half amount of the customary manure quantity (N:P:K=21:17:17, 2kg/tree) had shown the highest growth rate, and the lowest growth rate was in the standard plot (N:P:K=1:1:1, 2kg/tree). As for the type of fertilizer, we have found out the growth rate of the main branch was highest in the mixed plot of UF1, Mokchotan and chemical fertilizer (1/5 reduced). And as for the amount of fertilizer, the tree growth rate was higher in the UF2, UF3 and a half or a fifth reduced plot than the customary plot. Therefore, we have concluded the reduction of fertilizer or the substitution to Mokchotan had not effected on the growth of infantile trees.

In herb cultivation experiment to analyze its effectiveness as a herbicide alternative, soil erosion inhibition and soil fertility were increased as germination rate or coverage of herb. Soil erosion mass in herbicide treatment plot was three times higher than those in herb cultivation plot. Also, phosphate content within soil in herb cultivation plot was fifty times higher than those in herbicide plot. We have selected the potent herbs such as *Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*, *Secale cereale*, *Artemisia iwayomogi* and *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* in cultivation experiment, which showed good growth, germination rate, coverage and dry biomass etc. In case of the mulch treatment experiment, there was no change to be certain in a physical and chemical properties of the soil after mulching treatment. Soil erosion mass was 0.4~0.6t/ha, 0.7~1.3t/ha and 1.3~2.2t/ha for mulching, herbicide and weeder, respectively, and resulted that Mulching was remarkably lower than herbicide and weeder.

3. Development of technology for the environment-friendly control of insect pests and diseases in chestnut orchards

The present study was conducted to investigate chestnut insect fauna and kinds of diseases after the control of tree-form in aged chestnut orchards. Species and seasonal occurrence of chestnut insect pests were investigated in

Jinju, Sancheong and Gongju from 2003 to 2005. The number of species in all surveyed chestnut orchards showed the maximum in May, and the minimum in April.

The damage by chestnut gall wasp was higher in Tsukuba cultivar than Tanzawa in low tree-form culture. An annual rate of gall formation was higher in the innovation pruning trees, and the damage by gall wasp was stabilized in low tree-form culture. The insecticidal activity of four commercial insecticides was investigated against chestnut gall wasp, and they showed more than 90% mortality. Thiacloprid did not affect parasitoids (*Torymus sinensis*) which was the most effective natural enemy for the biological control of chestnut gall wasp.

24 species of wood borers were found in low tree-form plots in 2004. The seasonal dominant species in Gongju was *Xylosandrus germanus* in April and *Moechotypa diphysis* in May, *Margitus fulvidus* in June, *Macrodercas recta* in July and August, and in Jinju was *X. germanus* in April and *M. diphysis* in May, *M. fulvidus* in June, *M. recta* in July and *Lucanus maculiformoratus dybowskyi* in August and, in Sancheong was *M. diphysis* in April and May, *X. germanus* in June, *M. recta* in July and *L. maculiformoratus dybowskyi* in August.

The sex pheromone blend [(E)-10-hexadecenal: (Z)-10-hexadecenal = 75:25, 90:10] for the control of peach pyralid moth was evaluated with reference to its male attractivity in a field condition. The male attractivity of 2 blend in 1st and 2nd generation of peach pyralid moth was not significant, but the 3rd generation of peach pyralid moth males was attracted more in sex pheromone blend 75:25 than 90:10.

The most effective control method for chestnut weevils was the fumigation for 12 hours by carbon disulphur followed by a soak for 12 hours by water, which showed 96.3% mortality. Insecticidal activity of 17 plant species were tested against chestnut weevils larva. Good insecticidal activity was achieved with raw materials of *Armoracia rustica*, *Eucalytus globulus*, *Melaleuca alternifolia* and *Cinnamon camphora*. Plant essential oils obtained from *A. rustica* showed 90% mortality to chestnut weevils larva.

Chestnut blight and wood rooting fungi were frequently occurred on the cutting surface of pruned trees. O-kong bond and Topsin M paste treatment were more effective in the rate of callus formation than other treatments. Major pathogens of the chestnut tree were chestnut blight on stem and branch, *Microspheara sinensis* on young leaves, *Colletotrichum gloeosporioides* on nut.

4. Improvement of infrastructure and establishment of mechanized operation in chestnut orchards

Skid trail is an ephemeral road that is restored to the original state after harvesting, but the road in the chestnut orchard is a permanent road that is used for years. Therefore, roads within the orchard need maintenance and management like forest roads.

This study showed that road density after relocation of optimal road network was 507.1m/ha for gentle slope and 383.6m/ha for middle slope, respectively. Ratio between main and branch road was suitable to 30 and 70, and the location of road was reasonable for fish bone type among road network types. Structure and specification of road in the orchard was around 3 meter for main road and around 2 meter for branch. Soil open culverts are appropriately installed at intervals of 10~75 meter by longitudinal gradients and road surface conditions.

Until now, most of culture techniques for management of the chestnut orchards has depended on manual work or low-mechanization method. This manual work needs lots of input labor force, and ranks first among the total chestnut production operations. However, decreasing of labor force in rural region and increased wages make us realize that rational or mechanical techniques for management work should be necessary. Without rationalization and mechanization, manual working systems will disappear from the market due to losing economic competition with imported products.

In this study, equipments attached on small crawler excavator with high traveling efficiency, which is well adaptable on mountainous conditions, were designed and constructed as prototypes to enhance productivity of chestnut cultivation and grower's income. To develop the management equipments, the dimension and technical specification were setup for chestnut orchard situations in Korea. To adapt for working conditions in Korea, the selection of base machine, small scaled excavator, was determined to 5 ton overall weight to drive through the narrow main and branch roads in chestnut orchards.

Three kinds of developed equipments were clear cutter, sprayer and fertilizing machine. The clear cutter unit was powered through hydraulic system of the excavator, and fertilizing machine was discharged the fixed quantity of fertilizer in tank with hydraulic cylinder operation. From field test, it was proved that economic effect was decreased 10% in comparison with conventional manual

work, and the smallest area for mechanization culture should be over 10ha.

5. Economic analysis of chestnut cultivation

Chestnut is the most important item among non-timber forest products in terms of production and exports. However, level of nut production and quality have decreased due to aging of chestnut orchards. The exports have decreased but imports have increased continuously. To address these problems, this study analysed management conditions of chestnut cultivation and economic feasibility for applying technology of low tree-form culture to aged chestnut orchards.

The results showed that there was significant difference in management performance between central areas (Chungnam and Chungbuk) and southern areas (Cheonnam and Cheonbuk). Average production cost per ha in southern areas was 40 % lower than that in southern areas. The reason for this was that growers in southern areas did not manage the orchard intensively and make any investments because of aging of chestnut orchards. In comparison, growers in central areas managed the orchard intensively and made investments in fertilizing of organic manure, control of disease and insects, and pruning to enhance productivity and so the production costs per ha was much higher. However, the result showed that income and net revenue were much higher in central areas because of higher per ha production level and share of high-quality in production. Investment in low tree-form culture was analysed to be profitable in Chungju, Gongju and Buyeo areas but in Jinju area. Sensitivity analysis of changes in prices and wages also showed that investment in low tree-form culture was economically feasible in Chungju, Gongju and Buyeo areas except for Jinju area.

6. Development of sprinkler system for economical cultivation technology of chestnut orchards

The sprinkler system for the control of insect pests, irrigation and foliar fertilization was successfully established. In case of the control of the peach pyralid moth, a spray of Diflubenzuron 25% WP x2,500 at intervals of 10 days or 15 days during mid-July and late August was most effective showing more than 93% mortality. In chestnut weevils, a spray of Cyfluthrin 2% EC x1,000 at

intervals of 5-7 days during early August and mid-September was most effective showing more than 86% mortality. The chestnut gall wasp was also controlled by a spray insecticide (Carbaryl 50% WP x1,500) at intervals of two days, resulting in 84.6% mortality.

The effect of irrigation and foliar fertilization by the sprinkler system was also analysed. Irrigation (14.4mm/time/tree) of three times at intervals of 10 days on September resulted in about 20% of increase in nut weight compared to non-irrigation.

CONTENTS

SUMMARY (in Korean)	3
SUMMARY	10
CONTENTS	20
CONTENTS (in Korean)	22
Chapter 1. Introduction	
Section 1 The Needs and Objectives	23
Section 2 Scope of the Research	27
Chapter 2. Trends of Foreign and Domestic on Researches	
Section 1 Trends of Foreign Researches	35
Section 2 Trends of Domestic Researches	39
Chapter 3. Results and Discussion	
Section 1 Development of Cultivation Technology for Prolongation of Economical Cultivation Period and Selection of Cultivars with Excellent Nut Quality and High Productivity	44
Section 2 Development of Technology for the Environment-friendly Soil Management and System for Application Fertilizer	91
Section 3 Development of Technology for the Environment-friendly Control of Insect Pests and Diseases in Chestnut Orchards	143
Section 4 Improvement of Infrastructure and Establishment of Mechanized Operation in Chestnut Orchards	179
Section 5 Economic Analysis of Chestnut Cultivation	238
Section 6 Development of Sprinkler System for Economical Cultivation Technology of Chestnut Orchards	278
Chapter 4. The Achievement of the Goal and Contribution	
Section 1 The Achievement of the Goal	299
Section 2 The Contribution of the Research	301

Chapter 5. The Suggestions for Future Use	
Section 1 The Suggestions for Future Use	304
Chapter 6. Information of Foreign Scientific Technology	
Obtained from the research	306
Chapter 7. Reference	312

목 차

요 약 문	3
SUMMARY	10
CONTENTS	20
제 1 장 연구개발과제의 개요	
제 1 절 연구개발의 목적과 필요성	23
제 2 절 연구범위 및 연구설계	27
제 2 장 국내외 기술개발 현황	
제 1 절 국외 기술개발 현황	35
제 2 절 국내 기술개발 현황	39
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	
제 1 절 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발	44
제 2 절 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립	91
제 3 절 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발	143
제 4 절 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립	179
제 5 절 밤나무 재배 경제성 분석	238
제 6 절 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발	278
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	
제 1 절 연구개발의 달성도	299
제 2 절 대외기여도	301
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	
제 1 절 연구개발 결과의 활용계획	304
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	306
제 7 장 참고문헌	312

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적과 필요성

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

밤은 단일작목으로 매년 7천만불 내외의 수출고를 기록할 정도로 농림업 분야 최고의 외화가득률을 올리는 농산촌의 주요 소득작목이다. 그러나 농산물 시장개방과 함께 세계 밤생산 1위인 중국이 2001년 WTO 가입으로 인하여 세계의 밤수급 판도에 커다란 변화가 예상되며 밤 산업의 국제경쟁력 강화가 급선무로 대두되고 있다. 이에 대한 능동적 대처방안으로서 효율적인 재배관리기술의 개발 및 보급을 통한 생산성 향상과 밤 주산지 지역에 적합한 우량품종 선발을 통해 생산성 증대는 물론 지역별 브랜드화를 통한 고급화를 추구하여 가격경쟁력을 강화하는 방안이 강구되어야 할 것이다.

현재 우리나라 밤 재배면적의 약 72%가 수령이 18년생 이상인 노령림으로 구성되어 있으며, 간벌이나 정지전정 등 적절한 재배관리기술의 부재로 노령화와 함께 수세가 약해져 병해충 피해가 증가할 뿐만 아니라, 과실품질이 떨어지고 수확량이 감소되는 등 생산성이 크게 떨어져 재배의욕의 위축과 함께 밤 수출경쟁력 저하로 이어져 이에 대한 개선대책이 시급히 요구되고 있다.

따라서 고품질 밤의 안정적 생산·공급을 위하여 노령화된 밤나무림에 대한 갱신기술의 개발 및 개발기술의 현장화를 통한 생산성 향상이 절실하며, 또한 밤 주산지별 밤 품종의 브랜드화를 위해 그 지역 기후풍토에 적합한 품종선발이 필요한 실정이다.

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

밤나무 재배지의 토양은 과거 1960년대 후반부터 조림되어 오면서 집약적인 관리에 따라 초기에는 토양의 건전도와 생산력이 양호하였으나 시간이 흐르면서 단위 재배면적당 보다 많은 밤 수확을 하기 위하여 비료에 관한 많은 연구와 정책을 실행하였다. 이와 함께 화학비료가 대량 생산되어 농민에게 저가로 공급되어 많은 수확을 올릴 수 있었다. 그러나 값싼 비료의 공급은 적정량 시비로 그치지 않고 노동력 부족으로 인한 한 번의 다량 시비로 1년 시비를 마치는 경우가 보통이다. 이러한 시비 처리는 초기에는 생산량이 증가하였으나 점차 토양이 건조해지고 토양내 미생물환경이 변화하면서 수확량의 감소와 밤나무의 생리적 약세 현상이 나타나 밤 재배의 새로운 토양관리와 시비체계를 재편할 필요가 있었다.

현재 많은 양의 시비는 더 이상 시비투자에 비하여 밤 수확 증가에 도움을 주고 있지 못하며 오히려 토양악화 또는 토양내 생태적 변화를 일으켜 자연스러운 양료순환을 억제할 뿐만 아니라 병해충에 대한 내성을 약화시키고 있으며 많은 밤나무에서 기지현상이 나타나 갱신에 어려움을 주고 있다.

본 연구에서는 밤나무 재배지에 대한 토양관리와 시비체계에 대하여 국내외 관련 연구결과 정보를 확보하고 연구의 전문성을 최대한 발휘하여 새로운 친환경 토양관리기술 개발과 시비체계를 확립하고자 한다.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

1960년대 후반부터 정부에서는 농산촌 소득증대 방안으로 약 20만ha에 밤나무림을 조성하였다. 현재 경남, 전남, 충남을 중심으로 전국적으로 약 50,000ha 정도가 관리되고 있다. 이러한 밤나무림의 방제는 현재 정부에서 무상으로 제공하는 항공방제에 의존하고 있는 실정이나 실질적인 적기방제가 이루어지지 않기 때문에 효과는 매우 미미하다.

현재 식재된 나무의 대부분이 노령화되어 밤의 생산성은 물론 나무의 노령화로 인한 각종 병해충에 많은 피해를 받고 있는 실정이다. 그러므로 노령목을 수형조절함으로 해서 밤나무 재배의 생산성을 증대시키는 관리기술을 개발함과 동시에 여기에 따른 주요 밤나무 병해충에 대한 친환경적 방제법이 요구되고 있다. 밤나무 주요 병해충인 복숭아명나방, 밤바구미, 밤나무혹벌과 수형조절시 필연적으로 발생하는 수세 저하에 따른 천공성해충의 발생상황과 상처 치유방법 및 수형조절시 발생하는 각종 식엽성해충의 종류를 분석하여 방제 유무의 결정 등 밤 생산에 차질이 없도록 하는 새로운 친환경적방제법을 개발하여 확립함으로써 약제 방제에 따른 각종 부작용을 최소화하고 소비자들이 안심할 수 있는 먹거리가 될 수 있도록 하여야 한다.

따라서 본 연구는 노령목 수형조절지에서 친환경적인 병해충 관리를 통하여 고품질의 안전한 밤 생산을 할 수 있는 새로운 선진 친환경적 방제기술을 개발하고 발전시켜 보급하는 기초연구를 수행하고자 한다.

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

우량한 밤을 수확하기 위해서는 전정작업을 비롯하여 시비, 병충해 방제, 잡초 제거, 수확전 임상정리, 수확 등 여러 작업들이 적기에 꾸준히 이루어져야 한다. 현재 밤나무 재배는 노동집약적인 생산시스템으로 많은 노동력의 투입이 요구되지만 현실적으로 농산촌 노동력의 감소 및 고령화로 인하여 양질의 노동력 확보에 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위하여 기계화 생산시스템으로의 전환이 필요하며, 작업료는 이러한 기계화의 선결요건으로서 밤나무 재배지의 필수적인 경영기반시설이다.

우리나라의 일반기계 및 농업기계 분야의 기술수준은 세계적 수준에 도달하였으나 임업기계 분야는 극히 저조한 실정이고 또한 임업기계 제작업체도 빈약하여 기계화의 수준이 답보상태에 있는 실정이다. 농업분야의 기계화율은 수도작의 경우 거의 100%에 육박하고 있지만 임업분야 기계화율은 벌채작업이 체인톱에 의해 이루어지고 있는 이외에 부분적으로 임목수확작업의 기계화가 태동하고 있으나 최근 사회경제적인 여건의 변화로 노동인력의 고령화 및 인건비의 상승으로 인한 경영의 어려움이 농림업 분야에서 현실적으로 대두되고 있다.

밤나무 재배지에서의 기계화 촉진 및 작업로 배치의 유형화를 도모하여 인력부족을 타개하고 생산경비를 절감함으로써 밤 재배 농가의 소득증대와 국산 밤의 국제경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다. 밤나무 재배 작업비용 가운데 수집작업을 제외하고 작업비용에 대한 비율과 노동강도가 높고 힘든 작업으로 밤나무 재배자들이 시급히 기계화 하고자 하는 제초작업, 시비작업 및 방제작업을 기계화하여 작업능률의 향상뿐만 아니라 산림작업의 환경을 개선할 필요가 있다. 따라서 밤나무 재배지의 기계화 관리 방안을 모색하기 위하여 관리기계 개발 및 기반시설 개선에 대한 방법을 제시하였다.

5. 밤나무 재배 경제성 분석

우리나라 밤은 임산물 가운데 가장 중요한 품목이다. 연간 밤 생산량은 2003년에 약 6만톤, 생산액은 1,929억원으로 농산촌의 소득증대를 위한 대표적 단기소득 작목이다. 특히, 밤은 단일품목으로 2003년에 6,678만 달러의 수출고를 기록하고 있어 농림업분야 중에서도 매우 중요한 산업의 하나로 인정받고 있다.

이와 같이 국내 밤은 생산과 수출 측면에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있지만, 최근 국내외적인 여러 가지 문제들로 인해 밤나무재배 경영이 점차 위기에 직면하고 있는 상황이다. 국내적으로는 밤 재배자의 고령화로 인해 밤나무림의 정지전정(整枝剪定)과 간벌 등 관리가 불충분해지면서 병충해의 과다 발생과 토양의 산성화에 따른 지력약화를 가져왔다. 특히, 1970년대 이후 산지자원화계획의 일환으로 조성된 기존 밤나무림의 노령화에 의한 수확량 감소와 품질저하 등 밤나무재배 경영여건이 매우 어려운 환경에 직면하고 있다. 밤 주산지로 불리는 전라남도과 경상남도지역에서의 노령화는 타 지역에 비해 매우 심각한 수준에 이르고 있고, 심지어 폐원을 고려해 보아야 한다는 의견도 있는 상황이다. 이와 더불어, 국외적으로는 WTO 체제 출범과 UR 협상타결 이후 농산물 시장개방의 확대와 함께 세계 밤 생산의 제1위국인 중국의 생산량 증대가 국내 밤 재배 농가를 위협하는 요인으로 다가오고 있다. 더욱이 우리나라의 주요 수출국인 일본 시장은 최근 몇 년간 경기의 둔화와 젊은층의 소비패턴 변화로 소비가 감소하는 추세에 있다. 따라서 본 연구의 목적은 밤 재배농가의 소득 및 경쟁력 제고를 위한 저수고 전정 재배기술의 경제적 효과를 분석

하는데 있다.

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

현재 산림청에서는 국가적인 차원에서 방제수단으로 남부지방을 중심으로 연간 2-3회의 정기적인 항공방제가, 이와는 별도로 재배자의 자력방제에 의한 1-3회의 지상 약제살포가 추가로 실시되고 있으나 밤나무의 재배조건외 불리함과, 산란행동과 가해습성 등 해충의 생태적인 특성으로 인하여 방제효과는 기대에 미치지 못하고 있는 실정이다. 따라서 최근 복숭아명나방 및 밤바구미의 전국적인 평균피해율은 20-60%에 달하며 그 피해는 점차 증가추세에 있다.

한편, 현재 재배되고 있는 밤나무 품종은 대부분 일본 도입종으로 밤나무혹벌에 대한 내충성 품종으로 별 문제없이 전국적으로 재배되어 왔다. 그러나 최근 몇 년 사이에 경남 산청지방을 중심으로 남부지방의 대부분 지역에서 내충성 밤나무에 밤나무혹벌의 피해가 대발생하여 밤의 생산량 감소는 물론, 품질저하와 수목의 고사 등 밤나무에 치명적인 피해를 주고 있으며 그 피해는 급속도로 인근지역으로 확산되고 있어 현재 남부지방은 전 지역에서 초비상상태에 있다. 현재까지 밤나무혹벌의 피해에 대한 확실한 방제법은 없으며, 본 해충의 피해를 받으면 피해목을 제거하고 내충성 밤나무로 대체하는 것만이 유일한 대책으로 알려지고 있다. 따라서 이들 해충에 대한 새로운 방제기술의 개발이 시급하고도 절실히 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 밤나무 수관상부에 스프링클러를 이용한 분무장치를 고정 설치하고, 이를 이용하여 적정농도의 약제를 적기에 일시에 그리고, 대면적에 살포함으로써 밤나무 해충의 피해를 효과적으로 방제하는 한편, 관수에 의한 토양수분 관리와 엽면시비로 밤 과실의 생산성 증대와 품질향상 등 종합적인 밤나무 관리기술을 개발하여 보급코자 하였다.

제 2 절 연구범위 및 연구설계

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

가. 노령목 수형유도 및 관리기술 개발

1) 시험대상지 선정 및 현장실연기반 구축

밤나무 노령목 재배관리기술을 개발하기 위하여 수형갱신을 위한 현장적용 및 실연을 위한 기반을 구축하는 것이 중요하다. 이를 위하여 밤 주산지인 중부지방의 충주, 공주, 부여 및 남부지방의 광양, 진주, 산청 등지를 대상으로 현지조사를 통하여 본 시험에 적합한 시범지를 선정하여 현장실연기반을 구축하였다.

노령목 수형갱신 효과를 비교하기 위하여 갱신전정, 저수고 전정, 무처리 등 3처리로 구분하여 실시하였으며, 갱신전정은 지상 1.5m 내외에서 일시에 수간을 절단한 후 발생하는 맹아로부터 새로운 수형을 유도하였다. 저수고 전정은 수형 및 당년수확을 고려하여 2~3년에 걸쳐 수관의 일부 가지(주지, 아주지, 측지)를 절단하고 과밀한 가지는 솎음전정을 실시하여 최종적으로 수고를 4.0m 내외의 저수고형으로 유도하였으며, 무처리는 해당 지역별로 관행의 방법으로 간벌 및 정지전정을 실시하였다. 정지전정은 휴면기인 2월초~3월초에 실시하였으며, 갱신전정시 발생한 맹아의 솎음전정을 위하여 하계전정은 필요에 따라 6월~7월에 실시하였다.

2) 노령목 수형조절효과 검정

수형조절효과를 조사하기 위해 처리별, 연차별로 수형변화, 생육·결실특성, 수확량 및 과실품질 변화 등을 조사·분석하였다. 또한 저수고 전정에 따른 밤나무혹벌 피해, 태풍피해 등 각종 제해 경감효과도 조사하였다.

나. 밤 주산지 지역별 최적 재배품종 개발

1) 품종식별 및 재배특성 구명

주요 재배품종 및 지방품종을 대상으로 형태적 특성은 물론 재배 제 특성을 조사하였으며, 품종식별을 위해 분자생물학적 특성도 조사·분석하였다.

2) 지역별 최적 재배품종 선발

밤나무는 입지환경에 적응력이 높은 수종으로 해안이나 일부 고산지역을 제외하고는 우리나라 전역에서 재배가 가능하나 입지환경에 따라 품종특성의 발현이 달라질 수 있으므로 밤 생산과 직간접적으로 관련된 여러 가지 특성조사를 통하여 주산지별로 최적 재배품종을 선발하고자 하였다. 현재 재배하고 있거나 재배가 유망시되는 30품종을 대상으로 밤 주산지 지역별 품종 적응성 검정립을 조성하여 과실특

성, 동해피해, 밤나무혹벌 피해 등을 조사하였다.

본 연구의 품종내역은 다음과 같다.

- 신품종(6): 광은, 평기, 이대, 은산, 주옥, 대보
- 재배품종(13): 축과, 이취, 국건, 상림, 은기, 단택, 이평, 유마, 순성, 옥광, 석추, 산대, 광주조울
- 지방품종(11): 축과변이, 유마변이, 신옥광, 세일, 신이평, 만성, 덕명, 부림, 공주1호, 창방감울, 광덕

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

가. 비종선택 및 시비적정량 구명

1) 노령목 수형조절에 따른 비종선택 및 적정량 구명

밤나무 노령목의 전정시험목에 대해 비종 및 적정시비량을 구명하고자 화학비료 처리구와 화학비료와 목초탄을 혼합한 처리구, 화학비료와 액비를 혼합하여 처리한 시험구 그리고 관행시비량을 1/2, 1/5로 줄인 시험구를 조성한 다음 처리별 결실특성, 수확량 및 과실 품질 변화 등을 조사하였다.

2) 유령목의 비종선택 및 적정량 구명

유령목(5년~10년)에 대한 적정시비량을 구명하여 유령목 초기 단계에서부터 건전한 밤나무를 관리하여 지속적인 수확을 기대하며 병해충으로부터 내성이 강한 밤나무를 재배할 수 있도록 충남 청양군 청양읍 청수리에 시험지를 조성하였다. 처리 후 비종선택과 적정량에 따른 밤 품질 및 밤 성분 등에 대한 조사를 실시하였다.

나. 제초제 대체효과 시험

1) 초종선택 시험

과다한 화학비료의 살포와 무분별한 제초제 사용으로 척박해진 밤나무 재배지에 대해 제초제 살포를 줄일 수 있는 초경재배를 위한 적정 초종을 선발한다. 이를 위한 시험지를 충남 공주시 정안면 어물리에 조성하고 시험초종으로 뜯새풀, 자운영, 호밀, 인진쑥, 고사리, 꽃콩, 이탈리아안라이그라스, 툴페스큐 등 8개 초종을 공시 초종으로 하여 파종 후 발아율, 피복률, 건물생중량, 토사유출량, 토양특성 변화 등을 조사하였다.

2) 멀칭효과 시험

기존에 개발된 제초시트를 이용하여 제초효과 및 토양특성 변화를 조사하였다. 제초시트의 종류는 미국 듀폰사에서 개발한 폴리에스텔 부직포와 국내에서 개발한 부직포를 이용하고 이와 비교할 수 있는 예초기를 이용한 풀깎이 효과와 관행의 제

초제 살포에 따른 토사유출량 및 토양특성을 조사하고 경제적 비용을 검토하였다.

3) 토양개량제 시험

척박해진 밤나무 재배지 토양의 물리성을 개량할 목적으로 유령목 임분에 목질칩과 목초탄을 처리하여 수고, 수관생장 및 토양의 물리성 변화를 조사하고 적정 처리량을 구명하였다.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

가. 수형조절별 해충상 조사

경남 진주, 산청, 충남 공주의 밤나무 수형조절지를 대상으로 밤나무 수형조절별로 이들에 피해를 주는 해충상을 조사하기 위해 2003년부터 2005년까지 시기별로 해충상을 조사하여 이들의 발생상황과 주요 해충의 종류를 조사 분석하였다.

나. 밤나무혹벌 피해와 기생봉의 기생율 조사

지역 및 품종에 따른 밤나무혹벌 피해정도를 조사하였으며 신초 길이에 따른 충영 형성조사와 수형조절별 피해정도, 수형조절후 년차별 밤나무혹벌 형성 정도를 조사하였다. 또한 2004년 4월 16일 경남 산청군 신안면 갈전리에서 중국기꼬리좀벌을 방사하여 이들에 대한 효과를 검정하였다. 그리고 밤나무혹벌 약제인 저독성약제도 선발하여 기생봉에 미치는 정도도 조사하였다.

다. 밤나무혹벌 유전변이 조사

전남 및 경남지역 밤 주산지의 내충성 밤나무에 큰 피해를 주고 있는 밤나무혹벌의 유전적 변이를 구명하기 위하여 제1세부와 공동으로 I-SSR (Inter-simple sequence repeats) 표지자를 이용하여 지역권역 및 밤나무혹벌 내성품종으로 인식되었던 은기 등 6개 품종을 대상으로 유전변이의 양과 분포양상을 조사하였다.

라. 노령목에서 주요 천공성해충 조사

2004년에 수형조절목을 대상으로 4월부터 8월까지 월별 천공성 해충상을 조사하였으며 지역별로 우점종을 조사하였고 수형조절별 천공성해충의 피해정도도 조사하였다.

마. 주요해충에 대한 생태 및 방제법 구명

1) 미끈이하늘소 생태조사

2003년 고사한 고사목을 대상으로 2004년부터 2005년까지 미끈이하늘소의 발생상황을 조사하였으며, 또한 각 층태별 생물적 특성조사와 생활사를 조사하였다.

2) 주요해충에 대한 방제법 개선 시험

2003년과 2004년에 걸쳐 복숭아명나방 성페로몬을 이용한 예찰 및 방제법과 복숭아명나방 화기별 적정 미끼성분의 조성을 조사·분석하였다. 또한 밤바구미 방제법으로 이류화탄소에 의한 훈증법 개선과 물침지법에 대한 살충율을 조사하였으며, 밤바구미 살충활성을 검정하기 위해 17개의 식물체 실내검정을 실시하였으며 여기에 활성이 높은 정유를 실험하여 활성이 있는 식물체 정유를 선발하였다.

바. 절단부위별 도포효과 및 병해조사

1) 절단부위별 도포효과 시험

수형조절지인 순천, 산청, 충주의 재배지를 대상으로 절단 부위에 도포제인 페인트, 도포접착제, 톱신페스트, 진흙, 페인트 수화제 등을 조합하여 처리한 후 년차별로 이해 대한 유합정도 및 상처 치유 상황을 조사하였다.

2) 노령목 절단부위 병해조사

2003년부터 2005년까지 수형조절 시험지에서 발생하는 각종 병해 종류 및 피해정도를 조사하였으며 이들에 대한 일반적인 생태를 조사하였다.

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

가. 밤나무 재배지 경영기반 개선

합리적인 작업로 시설을 위하여 현행 밤나무 노동력 수급과 같은 재배자들의 애로점 및 작업종별 작업로의 활용행태에 대하여 중부지방(충북, 충남)과 남부지방(전남, 경남)을 대상으로 현지 설문조사를 실시하였다.

적정 작업노망 배치를 위하여 현행 작업로 시설에 대한 작업로의 종류 및 특징, 그리고 작업로 배치유형 및 특징 등을 조사·분석을 실시하였다. 또한 현행 작업로 시설의 문제점을 개선하기 위하여 작업로 배치 기준을 설정하고, 지형분석을 통하여 각 재배지를 완경사지(경사 0~30%), 중경사지(경사 31~60%)로 구분하고, 경사급별로 유형화한 후 적정 작업노망 배치를 실시하였다.

작업로 시설 및 적정 관리방안을 제시하기 위하여 노면상태(노퍽, 노면형태, 노면재료 등), 종단기울기 및 횡단기울기, 사면길이 및 경사, 배수구조물 등을 조사·분석하였다.

나. 기계화 작업방안 확립

밤나무 재배지 관리작업 중 기계화가 가장 필요한 작업을 조사하여 이에 필요한 관리장비의 기계화 및 국산화를 통해 생산성 향상 및 밤나무 기계화 재배의 최소경영면적 등을 구명하였다. 또한 현재 밤나무 재배지의 시설현황 조사를 통하여 여기에 적합한 기본차량의 선정과 관리작업의 난이도 및 필요한 관리용 기계를 개발하고자 하였다. 여기에 부합되는 관리용 장비로서는 성하기 고강도 작업인 제초작업, 능률과 시비효과가 떨어지는 기존 인력 작업의 효율성을 증대시키기 위한 시비작업과 작업원의 농약중독을 해결하기 위한 방제작업을 목표로 하여 작업로의 주행에 문제가 없는 기본차량으로 선정된 굴삭기의 유압을 활용할 수 있는 제초장비, 시비장치 및 방제장치를 개발하고자 하였다.

한편, 기계화 작업을 통한 작업능률 비교, 관리비용 절감을 통한 소득증대와 기계화에 필요한 최소경영면적 등을 구명하고자 하였다.

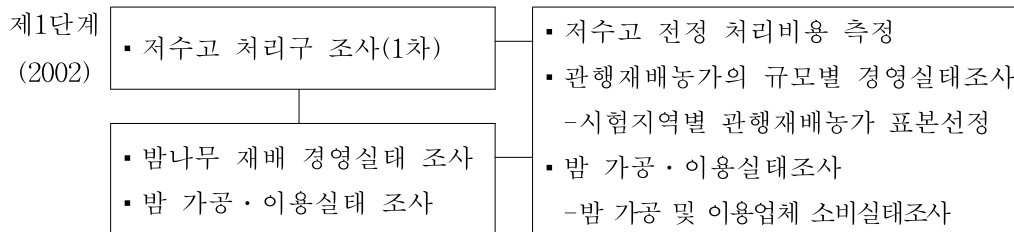
5. 밤나무 재배 경제성 분석

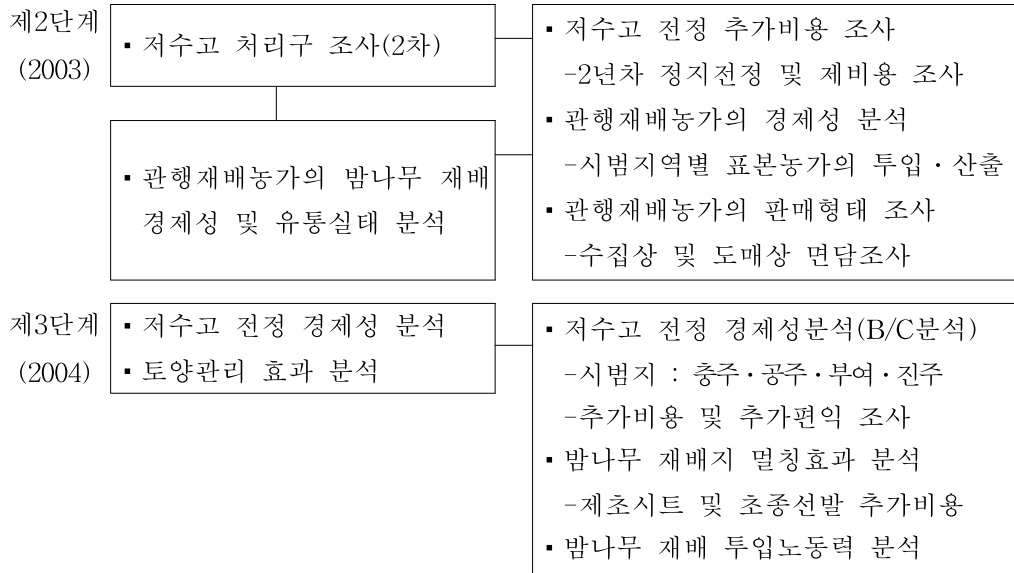
가. 연차별 접근방법

밤나무 재배 경제성 분석에 대한 연차별 연구개발 방법론(접근방법)은 아래 그림에서 보는 바와 같다.

제1차년도(2002년)에는 ①저수고 처리구 조사(저수고 처리비용 측정), ②밤나무 재배 경영실태 분석(관행 재배농가의 경영실태 조사), ③밤 가공·이용조사 등을 실시하였다. 제2차년도(2003년)에는 ①저수고 처리구 조사(저수고 중간 투입비용 조사), ②관행 재배농가의 밤나무 재배 경제성 및 유통구조 분석(관행 재배농가의 경제성 분석 및 판매형태 조사) 등을 실시하였다. 제3차년도(2004년)에는 ①저수고 전정 경제성 분석(시범지별, 품종별), ②토양관리 효과 분석(밤나무 재배지 멀칭효과 분석), ③밤나무 재배에 소요되는 노동력 등을 측정하여 기계화 성능 분석 등에 기초자료를 제공하였다.

「연구개발 접근방법」





나. 연구방법 및 내용

국내 밤 수급 및 가격과 관련한 자료는 기존의 연구결과와 산림청 및 산림조합 등에서 발표되는 자료를 이용하였다. 밤 가공·이용실태에 관한 연구는 대구·진주 지역에 위치한 밤 가공업체 5개소를 대상으로 사례조사를 실시하였다. 밤 유통구조 및 비용분석은 주요 생산지역인 순천, 하동, 진주, 공주·부여지역 등을 중심으로 하여 유통주체인 농협과 수집상, 수출업체 등을 방문하여 개별청취조사를 실시하였다. 또 임산물의 주요 소비처인 대도시 시장의 중도매상과 소매상을 중심으로 판매형태·가격·물량 흐름·유통비용 등 전반적인 유통실태에 대해 조사하였다.

밤나무 재배의 경영성과 분석은 공주·부여·충주·순천·진주지역 등의 밤 주산지 농가를 대상으로 실시하였다. 각 지역별로 10개소씩 총 50농가를 표본농가로 선정하였고, 표본농가에 대해 「밤나무 재배 생산비 조사표」를 갖고 면접설문조사를 실시하였다. 각 개별 농가의 재배면적·재배본수·수령·생산량·경영비와 생산비 등 생산 및 투입에 관한 횡단자료를 이용하여 밤나무 재배에 대한 경영실태를 분석하였다.

저수고 전정에 대한 경제성 분석은 4개 시범지(충주·공주·부여·진주)의 저수고 전정 처리구와 무처리구를 대상으로 실시하였다. 저수고 전정 시범지의 연차별 추가비용과 추가편익을 조사하여, 이를 기초로 순현재가치(Net Present Value; NPV), 편익·비용비율(Benefit-Cost Ratio, B/C율), 내부투자수익율(Internal Rate of Return; IRR) 등을 분석하였다. 또한 국내 밤 판매가격의 하락과 임금의 상승에 따른 감응도 분석을 실시하였다.

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

가. 스프링클러시스템의 적정모델 개발

복숭아명나방, 밤바구미 및 밤나무혹벌 등 밤나무의 문제해충들을 효율적으로 방제하는 한편, 밤 수확기에 있어서의 관수에 의한 적절한 토양수분관리와 수목생장기의 엽면시비를 통하여 밤나무의 수세회복 및 활력증진을 도모할 수 있는 밤나무의 종합관리를 위한 스프링클러시스템의 개발을 탐색한다.

검토된 스프링클러시스템(모델)을 중심으로 해충방제와 관수 및 엽면시비 등의 시험을 반복적으로 실시하고 미비점을 보완·수정하여 밤나무 재배의 종합관리에 가장 적합한 스프링클러시스템을 개발한다.

나. 밤 종실해충 방제법 개발

1) 시험지 선정

스프링클러시스템의 설치와 급수 및 전원의 공급이 가능하며, 해충방제 연구를 수행하는데 있어서 가장 중요한 요소인 공시해충의 충분한 제공과 인공강수에 의한 관수 및 엽면시비 시험에 적합한 2ha 이상 규모의 밤나무 재배지 2개소를 시험지로 선정한다.

2) 연구방법

가) 스프링클러시스템의 시설

수원(水源)으로부터 산정부까지 급수가 가능한 위치에 스프링클러시스템을 설치하고, 이와 연계하여 약제살포와 관수 및 엽면시비에 적당하도록 밤나무 개체목마다 수관상부 약 50-100cm 높이에 분당 1개씩의 mini-sprinkler(Israel제품)를 고정 설치한다.

나) 약제살포에 의한 해충별 방제시험

스프링클러를 이용하여 복숭아명나방, 밤바구미 및 밤나무혹벌 등 3종에 대한 약종별·시기별·살포간격별 및 살포횟수별로 수관살포한 후 각 처리별로 살충 및 방제효과를 분석한다. 효과분석 방법으로 밤 종실해충은 밤나무 수관하에 6m²(2x3m) 크기의 트랩을 설치하고 성숙 후 자연 낙하된 밤을 수집, 복숭아명나방은 현장에서 직접, 밤바구미는 실내사육을 통한 유충탈출 및 절개방법으로, 그리고 밤나무혹벌은 신초에 출현하는 충영형성율에 의하여 피해율을 조사하여, 무처리구를 포함한 처리별로 효과를 비교분석한다.

다. 관수 및 엽면시비법 개발

해충방제시험에서 이용된 sprinkler system을 별도의 변형 없이 관수 및 엽면시비시험에 적용한다. 스프링클러시스템을 이용한 관수 및 엽면시비시험을 실시하고 과실의 품등과 수목의 활력도에 의하여 효과를 분석한다.

라. 밤나무 종합관리기술 체계 확립

“스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발” 과제를 수행하여 얻어진 결과를 종합적으로 분석·검토하여 효과적인 해충방제법과 관수에 의한 토양수분관리 및 엽면시비법 등 밤나무의 종합관리체계를 수립한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국외 기술개발 현황

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

밤나무 재배기술은 일본이 가장 앞서 있으며, 단지정비, 저수고 재배, 시비 및 토양관리방법의 개선 등 생력 안정재배기술 개발을 통하여 경제수령 연장 및 생산성을 향상시키고 있다. 재배기술 개선분야의 연구는 주로 생력화와 재배자의 노령화 및 부녀자화에 대비하여 밤나무의 수형관리를 일반저수고(3.5-4.0m)에서 초저수고 재배(3.5m)로 전환하기 위한 노력(기술의 이론화, 수체의 생리생태 구명, 방법의 간소화 및 manual화)에 중점을 두고 있다. 효고현의 경우 밤나무 동해방지 기술 및 내동성 묘목의 조기육성법 개발, 초저수고 정지전정법의 확립, 하계 토양건조 방지기술 개발 등을 통하여 고품질 다수확 재배시스템을 운영하고 있다. 이바라키현에서는 고령자가 작업하기에 용이하도록 정지전정 및 수체제어 기술개발에 의한 밤나무의 수고를 2.5m 내외로 조절하는 초저수고 밀식병목식 재배방식을 개발(2003년)하여 보급하고 있다.

중국은 생산량 증대를 위해 왜성품종을 이용한 일부 초밀식 재배법을 도입하고 있으나 대부분 조방적 재배이며, 고집을 통하여 야생 밤나무림을 생산성이 높은 개량 신품종으로 갱신하고 있다. 한국이나 일본으로의 밤 수출을 위하여 집단화된 생산단지에서는 정지전정을 통한 수형조절, 시비, 관수 등 집약적인 재배를 시도하고 있다.

밤나무 품종육성은 주로 일본, 중국, 이태리 등 주요 밤 생산국가들이 대립성 고품질 밤, 병해충 저항성을 지닌 품종육성에 주력하고 있다. 일본의 경우 1990년대부터 해충저항성에서 고품질 밤품종 육성으로 전환하여 수행 중이며, 21세기 소비자의 요구(식품 건강성, 안정성 등)를 만족시키는 기능성 연구에 중점을 두고 있는데, 효고현의 경우 고품질 조생품종, 이바라키현에서는 대립계통의 밤품종 개발에 주력하고 있다. 중국은 한국과 일본 수출시장을 겨냥하여 대립품종을 육성하기 위한 육종 연구를 수행하고 있으며, 미국은 줄기마름병에 약한 미국밤나무의 복원을 통한 용재 생산을 위하여 줄기마름병 저항성 육종에 중점을 두고 연구를 수행하고 있다.

유럽에서는 잉크병 및 동양에서 유입된 줄기마름병으로 인해 많은 유럽밤나무 재배지가 피해를 입게 됨에 따라 줄기마름병과 잉크병에 대한 저항성 및 과실형질 개량을 위하여 유럽밤과 일본밤과의 중간교잡을 통한 내병성 품종개발을 실시해오고 있다. 현재 재배되고 있는 주요 재배품종들은 이들 중간교잡을 통해 개발된 품종들이 많다.

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

밤나무 시비기술은 이미 오래전 일본에서 처음 개발되었으며, 대립과실을 생산하기 위한 육종기술을 바탕으로 대립과 생산과 지속적인 생산성 유지를 위한 시비기술을 개발하고 있다. 최근 일본에서는 밤나무 노령임목을 전정기술을 통하여 밤 생산을 연장하고자 저수고 전정법을 개발하였다. 그러나 갑자기 많은 양의 가치를 슈아 줌으로써 발생하는 스트레스를 줄이고 빠른 치유를 위한 토양관리 일환으로 시비기술을 발전시켜왔다.

중국에서는 밤 품종을 적극적으로 개발하여 일본과 한국을 겨냥하여 재배하고 있다. 또한 재배기술을 일본과 한국으로부터 직접 수입하여 적용하고 있으며 생산성도 높은 것으로 알려졌다. 그러나 품종개발은 앞서 나아가고 있으나 토양관리 기법과 시비방법 및 시비기술은 아직 개발되지 않은 상태이다.

구미지역의 토양관리 기법은 우리나라와 달리 인위적인 관리방식보다는 자연적인 토양관리 기법을 채택하고 있다. 부족한 양분을 비료를 통하여 공급하지 않고 시간이 많이 소요되더라도 자연적인 순환을 통한 양분공급 방식을 사용하고 있다. 밤 수확에서도 생산성을 높여 소득을 증대하기보다는 자연결실과 결실된 밤 종자를 육안으로 선별하여 수확하고 있어 생산성은 낮은 것으로 평가된다. 그러나 목재생산을 기본으로 하고 있어 적지분석을 통한 적지선정과 숲가꾸기를 통한 간제적을 높여 밤 수확에 의한 소득보다 매우 높은 수익을 올리고 있는 실정이다.

일본에서는 화학비료 사용을 줄이고 또한 제초제 사용을 억제하고 대체하기 위한 방법으로 초경재배를 실시하고 있다. 그러나 밤 재배지에서 주로 외국 초종을 사용하고 있어 생태적인 문제가 대두되고 있다. 이를 개선하기 위하여 국내종으로 대체할 수 있는 초종을 선발하고 있다.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

밤나무에 대한 병해충 관리는 집약적으로 경영하는 일본에서 많이 연구되었다. 특히 병해충에 대한 저항성 품종 개발에 많은 투자와 노력을 하였다. 그리고 밤나무 흑별에 대한 기생봉 종류 조사 및 이용연구 등을 집중적으로 연구한 바 있다. 그리고 지금은 중국에서 밤나무 재배 면적이 폭발적으로 증가되므로 해서 많은 생물학적 연구가 수행되고 있다.

일본에서 수형조절목에 있어서 밤나무 병해충에 대한 연구로는 천공성해충인 털두꺼비하늘소와 나무좀류에 대해 연구한 실적이 있으나 성과는 미미한 편이다. 그리고 각종 주요해충에 대한 약제방제로 30여 가지의 약종이 선정되어 사용하고 있으나 현재 생물적 방제 추세에 밀려 큰 호응을 받지 못하고 있는 실정이다. 일본에서는

노동력 저하와 생산단가의 상승으로 밤나무 재배면적이 점진적으로 감소하고 밤산업이 하향추세를 이루고 있으므로 병해충 관리기술의 발전은 답보 상태라 할 수 있다. 상대적으로 중국에서는 한국과 일본을 겨냥하여 생산성을 높이기 위해 유기인계 및 염소계 농약을 많이 사용하는 것으로 고찰되었다.

따라서 친환경적인 방제법을 이용한 밤나무 병해충관리 시스템은 일본이나 중국에서 보다 우리나라에서 오히려 선진기술을 개발하여 습득함으로써 원천기술을 보유하는 것이 중요하다고 하겠다.

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

작업로는 효율적인 산림경영을 하기 위하여 일시적으로 시설되는 통로로서 사용이후에 복구를 원칙으로 하나 밤나무 재배지의 경우 일시적인 도로가 아닌 영구적인 시설이다. 그러나 우리나라의 경우 이에 대한 규정이 아직 미흡한 실정으로 이에 대한 법적인 정비가 필요한 실정이다.

일본의 경우 임도, 작업도가 명확하게 구분되어 활용되고 있으며, 작업도의 경우 폭이 1.8~3m로 규정되어 있다. 또한 작업로 시설시 활용기계의 특성 및 지형특성을 고려하여 작업로를 시설하고 있으며, 최소의 비용으로 최대의 효과가 나타날 수 있도록 작업로에 적용할 수 있는 방법들을 제시하고 있다.

미국의 경우 환경적인 문제를 최소화하기 위하여 최적관리치침(Best Management Practices, BMPs)를 마련하여 산지훼손 및 수질보호 등 환경적인 측면에서의 문제를 최소화할 수 있는 장치를 마련하고 있다. 특히 수질보호 측면에서 계류를 통과하는 작업로는 토사가 하천에 유입되지 않도록 여러 가지 장치를 마련하여 적용하고 있는 실정이다.

외국의 임업기계화는 일부 국가를 제외하고는 평지 또는 구릉지 임업이 대부분으로 차량형 장비의 활용이 보편화되어 있다. 특히 스칸디나비아 지역의 스웨덴은 기계화 등급이 최상급인 1등급으로 임업의 기계화가 가장 진전된 국가이다. 또한 유럽 등 선진임업국의 대부분이 우리가 지금 겪고 있는 노동력 수급과 고임금을 타개하기 위한 기계화 노력은 단순한 임업기계의 차원을 뛰어 넘어 메카트로닉스를 응용한 경사지에서 주행이 가능한 로봇형 보행식 차량을 기본차량으로 하여 여기에 각종 유압식 부속장비를 장착하여 활용하고 있는 실정이다.

기계화를 위한 전제조건인 임도 및 작업로 시설 측면에서도 현재 우리나라의 임도밀도는 ha당 2m에 불과하지만, 독일에서는 임도, 작업로, 기계로 등 다양한 기능과 용도를 지닌 임내도로망 시설을 ha당 80m까지 확대하여 모든 작업을 기계화, 생력화하고 있다. 또한, 농업용 트랙터 위주에서 벗어나 임업전용 트랙터 또는 전용 기본차량을 개발하여 경사지 주행시의 안정성과 주행성능 향상 등에 주력하여 산림 내에서 실행되는 기계화 비율을 계속적으로 제고시키고 있는 실정이다.

5. 밤나무 재배 경제성 분석

관련사항 없음

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

중국과 일본은 주로 내병충성 품종육성과 과실의 증수 및 품질향상 등 경제적인 밤나무 재배기술 개발에는 주력하고 있으나 밤 종실해충 방제에 대한 기술개발 연구는 미흡한 실정이다.

제 2 절 국내 기술개발 현황

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

우리나라 밤나무 재배기술 연구는 1970년대 초반 산지에 대규모로 밤나무 접목묘가 보급되면서 조림지에서 동상피해가 나타남에 따라 동해피해 양상 및 품종별 내동력(耐凍力) 구명을 위한 연구가 수행되었다. 또한 접목증식시 발생하는 접목불화합성을 조사하였으며 적정 화분수 선정을 위한 수분결실성 구명도 이루어져 주요 품종별 적정 수분수 품종을 선정 보고하였다(임업연구원, 2002). 밤나무혹벌 피해경감을 위하여 품종별로 혹벌피해율을 조사하였으며, 간벌, 전정, 시비 등 경종법(耕種法)에 의한 밤나무혹벌 피해방제 효과를 조사한 결과 간벌과 강전정을 실시하고 6월초 조기에 시비할 경우 혹벌피해율이 무처리에 비해 91-96%나 감소되어 매우 효과적인 것으로 나타났다.

밤나무 육종연구는 1958년 충북 제천지방에서 밤나무에 치명적인 피해를 주는 밤나무혹벌이 발생되어 전국으로 확산됨에 따라 이를 계기로 1960년대 초반부터 밤나무혹벌에 내충성이고 과실이 크며 풍산성인 품종육성을 목표로 선발 및 교잡육종을 통하여 대립다수성, 내피박피성 등의 특성을 지닌 신품종(옥광, 대보 등 8품종)을 개발·보급하였으며, 최근에는 소비형태의 다양화와 고급화 추세에 부응하여 고품질다수확, 고감미성, 가공용이성 등 기능성 품종 육성에 주력하고 있다.

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

현재 우리나라의 밤나무 시비기술은 체계적으로 이루어진 것이 아니라 농업분야의 결과를 그대로 인용해 사용한 것으로 현실과 맞지 않았다. 최근 밤나무 재배농가는 수확량 증대를 위한 시비기술에 대해 관심이 높아졌으나 적당한 비료의 종류나 시비량에 대한 정보가 충분하지 않다. 더구나 환경친화적인 시비와 농산물 인증으로 저공해 약제사용과 저농도비료 사용이 요구되는 실정으로 이에 대한 연구의 중요성이 높아졌다. 따라서 다량의 비료를 주는 방식에서 소량의 화학비료와 토양 환경친화적인 보조재를 함께 사용하여 화학비료의 부작용을 줄이고 토양의 물리성을 개량하며 토양환경을 개선하여 줌으로서 토양생물의 증대와 땅 힘을 증대시키는 방향으로 연구가 진행 중이다.

한편, 밤나무 재배지에서 이루어지는 제초제 살포는 토양환경의 악화와 밤나무의 생리적인 쇠퇴를 가속화시키는 주 원인으로 알려져 있다. 최근 과수재배지를 중심으로 친환경농법의 실천을 위해 초경재배나 멀칭기법이 다양하게 시도되고 있으며 그 성과 또한 다양하게 증명되고 있다. 밤나무 재배지에서는 아직 초기 단계이지만 과

수재배지와 마찬가지로 건강한 토양을 유지하기 위해 다양한 초경재배나 멀칭기법의 도입이 절실히 필요하다.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

현재 우리나라에서 밤나무해충 중으로 기록된 것은 한국곤충명집과 수목해충명집 등에 약 200여종으로 보고되고 있다. 밤나무해충에 대하여는 년 2-3회 항공방제를 실시하고 있으며 이에 따른 방제효과 및 부작용에 대해 간략하게 조사된 바 있다. 그리고 대부분의 밤나무해충에 대한 방제는 돌발적으로 발생하는 각종 해충에 대해 약제방제를 실시하고 있으며, 항공방제에 사용하는 약제도 농민이 임의로 선택하여 사용하고 있어 각종 산림생태계에 부정적인 영향을 미치고 있다.

복숭아명나방 페로몬으로는 E10-hexadecenal과 이성질체인 Z10-hexadecenal이 주성분이라는 것이 밝혀져 있으며, 밤바구미 방제약제로서 품목고시된 약종은 인화늄 정제와 메칠브로마이드가 등록되어 있으나 실제 농민이 사용하기에는 많은 제약이 수반되므로 현실성이 없어 밤바구미에 대한 방제는 농민들의 자율에 맡기고 있는 실정이다. 또한 밤나무혹벌은 현재 경남, 전남 지역을 중심으로 저항성 품종에서 발생되어 많은 피해를 주고 또한 중부지역으로 확산되는 경향을 보이고 있어 천적을 이용한 방제가 요구되는 바, 중국긴꼬리좀벌이 유력한 천적이라는 것이 밝혀져 있다. 밤나무병해로는 밤나무줄기마름병에 대한 간략한 생태 및 방제법이 소개되어 졌다.

그러나 노령목 수형조절시 발생하는 각종 병해충 종류 및 천공성해충의 피해와 방제, 그리고 천적을 이용하는 친환경적방제 등은 연구가 전무한 실정이다.

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

밤나무 재배지 관리 및 수확작업은 주로 인력위주의 조방적인 경영으로 생산비가 많이 소요되어 밤의 수익성을 저하시키고 있는 실정이다. 이에 산림청에서는 매년 재배농가에 대해 1998년부터 2004년말 현재까지 총 밤나무 재배지 작업로 6,067km에 대해 98억 6천 3백만원의 예산을 지원하고 있으며, 향후 지속적인 지원을 계획하고 있다.

우리나라의 밤나무 재배지 경영상 가장 큰 애로사항은 노동력 부족인 것으로 나타나고 있으며, 기술적인 애로사항으로는 병해충 방제, 밤 수확의 어려움 등인 것으로 나타나고 있다(김의경 외, 1993). 따라서 노동생산성 향상을 위하여 적극적인 해결방법인 밤나무 재배지의 생산기반시설의 확보와 관리 및 밤 생산을 위해 기계화, 생력화 노력이 절실한 실정이다. 또한 임도와 달리 작업로는 명확한 시설기준 없이 계획되고 시공되어져 집중호우시 토사유출 및 차량주행의 곤란 등 여러 가지 문제점이 발생되고 있는 실정이다. 따라서 일시적인 일반 작업로와는 달리 영구적인 시설

물인 밤나무 재배지 작업로는 적절한 시설기준을 마련하여 효과적인 유지관리가 이루어지도록 함으로써 제 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하여야 할 것이다.

우리나라에서 활용되고 있는 밤나무 재배단지용 관리장비는 대부분 인력 의존도가 높은 휴대용 장비 및 농용트랙터 또는 경운기 부착용, 농업용 소형트럭의 동력을 이용하는 것이 대부분으로써, 전용 임업기계를 활용하는 경우는 최근 임목수확작업에 일부 도입 활용되고 있는 실정이다.

5. 밤나무 재배 경제성 분석

밤과 관련한 사회경제학적인 연구는 수급동향 및 유통구조 분석, 시장개방에 따른 영향 분석, 경영실태분석 등을 중심으로 주로 진행되어 왔으나, 밤나무 재배기술에 대한 경제적인 타당성 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구와 관련하여 그동안 이루어진 주요 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 김의경·윤여창(1995)은 국내수요와 수출수요, 그리고 중국으로부터의 수입량을 종합적으로 검토하여 국내 밤 수요전망을 추정한 결과, 국내외 밤 수요를 종합적으로 판단할 때 국내 밤 생산량은 최소한 10만톤 정도는 유지되어야 하나 농촌의 노동력 부족과 밤나무림의 노령화를 감안할 때 현재와 같은 밤 생산수준을 유지한다는 것이 매우 어려울 수 있다고 지적하였다.

손철호·장철수(2001)는 국내생산, 수입의 공급측면과 국내소비, 수출의 수요측면으로 구분하여 밤의 수급전망을 추정한 결과, 최근 밤 생산을 둘러싼 제반 경영환경의 악화로 중·단기적으로 수급구조의 불안정을 가져올 것으로 예측하였다. 따라서 국내 밤 생산의 안정화를 도모할 수 있도록 노령목 교체나 철저한 관리로 생산량 유지와 품질의 향상이 필요하다고 지적하였다.

김사일·주린원(1987)은 밤 생산농가의 소득증대방안을 위하여 전국(4개도·81호)을 대상으로 경영성과를 분석한 결과, 단위면적당 생산량의 증대와 높은 판매가격의 취득이 농가소득을 증대시키는 주요 인자이므로 적절할 시비와 철저한 병해충 방제에 대한 기술 지도를 강화하고 밤나무림의 집약경영을 유도하여 단위면적당 생산량 증대가 필요하다고 지적하였다.

전준현·이상식(1993)은 밤 생산농가(7개도·145호)의 경영실태를 분석한 결과, 밤나무 경영규모의 영세성이 경영정상화를 이루지 못하는 주요 원인이라고 지적하였고, 밤나무 경영에 대한 애로사항으로는 노동력 부족(38.5%), 병해충 구제의 어려움(24.8%), 낮은 경제성(15.2%), 관리의 어려움(11.7%) 등의 순으로 분석하였다.

김의경 등(2000)은 밤을 포함한 주요 단기소득임산물 7개 품목에 대한 유통경로 및 산지유통체계에 관한 실태조사에서 밤의 유통경로는 도로망의 확충, 운송 및 통신수단의 발달로 인하여 다양해지고 있으며 대형소매유통업체를 경유한 유통비중이

증가하고 있어 밤의 유통단계가 축소되고 있다고 분석하였다. 또한, 산지유통체계는 생산자 단체나 지역조합의 산지유통시설이 취약하여 직거래 및 공동출하율이 낮고, 등급 및 포장의 규격화에도 많은 문제점이 있다고 지적하였다.

김재성 등(2004)은 밤 주산지(5개도·50농가)의 재배농가를 대상으로 밤 유통구조 및 경제성 분석을 실시한 결과, 전체 재배농가의 ha당 평균 생산량은 1.2톤에 평균 조수입은 2,852천원이었고 경영비는 1,299천원으로 농가소득이 1,553천원, 소득율이 54%라 분석하였다. 또한, 밤의 판매형태는 농협과 수집상에 90% 이상을 판매하는 것으로 분석하였다.

손철호 등(2004)은 전국 밤나무 재배실태(총 재배자수 30,214명)를 조사한 결과, 재배면적과 재배자의 지속적 감소로 인한 생산량 감소와 영세한 재배규모를 밤나무 재배의 문제점으로 지적하였다. 아울러 우리나라 밤 산업의 경쟁력 확보를 위한 정책방향으로 각 지역별 대책 수립 및 밤나무 재배의 종합정책 마련, 생산비용을 절감하기 위한 다양한 정부지원 방안의 강구, 밤 품질 개선을 통한 경쟁력 확보를 위한 친환경적인 제품의 생산, 밤 관련 연구기능의 강화 등을 제시하였다.

정병현(2002)은 우리나라 밤 산업의 경쟁력을 유지하기 위해서는 노령림의 관리를 통한 재배면적의 유지와 노동력 부족을 해소하기 위해서는 기계화가 필요하다고 지적하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 기존의 선행연구는 밤나무 재배에 대한 전반적인 경영실태를 분석하였으나, 경영성과에 대해서는 심층적인 연구가 실시되지 않았다. 또한, 밤나무 저수고 정지전정 재배 등 새로운 기술의 적용에 따른 경제적 타당성에 관한 연구도 실시된 바 없었다.

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

밤나무 해충방제 기술개발에 관한 연구는 1970년대 초부터 최근까지 학계 및 연구기관에 의하여 지속적으로 수행되어 왔으며, 그 결과를 근거로 현재 정부에서는 남부지방을 중심으로 복숭아명나방과 밤바구미의 방제를 위하여 연간 2회의 정기적인 항공방제가, 그리고 재배자의 자력방제에 의한 1-3회의 지상 약제살포가 추가로 실시되고 있으나 해충의 생태적인 특성으로 인하여 방제효과는 기대에 미치지 못하고 있는 실정이며 그 피해는 점차 증가추세에 있다.

한편, 밤나무의 치명적인 해충인 밤나무혹벌은 1958년 최초발견 이후 전국적으로 확산됨에 따라 1960년대 중반 이후 내충성 품종을 장려하게 되었다. 현재의 밤나무 재배품종은 대부분 일본으로부터의 도입종이며, 밤나무혹벌에 대한 내충성 품종으로 별 문제없이 전국적으로 재배되어 왔다. 그러나 최근 몇 년 사이에 경남 산청지방을 중심으로 남부지방의 대부분 지역에서 내충성 밤나무에 밤나무혹벌의 피해가 대발생하여 밤의 생산량 감소는 물론 품질저하와 수목의 고사 등 밤나무에 치명적인 피해

를 주고 있으며, 그 피해는 급속도로 인근지역으로 확산되고 있다. 현재까지 밤나무
혹벌의 피해에 대한 확실한 방제법은 없으며, 본 해충의 피해목은 제거하고 내충성
밤나무로 대체하는 것만이 유일한 대책으로 알려지고 있다. 따라서 이들 해충에 대
한 새로운 방제기술의 개발이 시급하고도 절실히 요구되고 있는 실정이다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

1. 노령목 수형유도 및 관리기술 개발

가. 수형조절 시범지 조성

현재 남부지방 밤 주산지의 많은 면적이 1970년대에 식재된 수령이 30년생 내외의 노령림으로 식재 후 간벌 또는 정지전정이 미흡하여 주위의 나무와 수관이 겹쳐지는 울폐화 현상이 나타나고 있다. 이러한 밤나무 노령림에서는 일조량 부족, 통풍 불량 등으로 인해 수관내부 및 밑가지들이 고사함에 따라 수고가 높으며, 또한 식재 후 반복된 화학비료에 의존한 시비와 제초제 남용으로 재배지 토양환경이 불량해져 나무의 세력이 점차 쇠약해지고 병해충 피해가 증가하여 수확량 및 과실품질이 떨어지고 생산성이 저하되는 현상이 나타나고 있다.

따라서 노령화된 밤나무림의 생산성을 향상시키기 위한 일환으로 밤나무 노령목 수형조절 시험연구 및 현장실연을 통한 개발기술의 조기 보급과 실용화를 위한 기반 구축을 위하여 표 1-1과 같이 2001년 밤 주산지인 충주, 공주, 부여, 광양, 진주 등 5개 지역에 0.2ha씩 시범지를 조성하였고, 노령림 비율이 높은 남부지역의 순천과 산청에는 2002년과 2003년에 각각 신규로 추가 조성하였다(그림 1-1, 1-2, 1-3, 1-4).

표 1-1. 밤나무 노령목 수형유도 시범지 조성내역

지역	조성연도	소재지	면적 (ha)	품종구성	수형조절 내역	관리자 (소유자)
공주	2001	충남 공주 정안 어물리 산25	0.2	단택 등 3품종	갱신, 저수고	이내현
부여	2001	충남 부여 구룡금사리 106	0.2	유마	저수고	김홍구
충주	2001	충북 충주 소태 가청리 산20-1	0.2	이평 등 2품종	갱신, 저수고	이규진
광양	2001	전남 광양 옥곡 수평리 산20-1	0.2	축과 등 3품종	갱신	조봉구
진주	2001	경남 진주 미천 오방리 산180	0.2	축과 등 3품종	갱신, 저수고	어상용
순천	2002	전남 순천 주암 행정리 889	0.2	축과 등 3품종	저수고	이기호
산청	2003	경남 산청 단성 방목리 산82-1	0.2	유마 등 3품종	갱신, 저수고	권영복

수형조절 처리내용은 갱신전정, 저수고 전정, 무처리로 휴면기인 1-2월에 실시하였으며, 절단면이 4cm 이상 큰 곳은 절단부위로부터의 병해충 침입 및 서식을 방지하고 절단부의 유합을 촉진시키고자 톱신페스트 또는 공업용분드를 도포하였다.

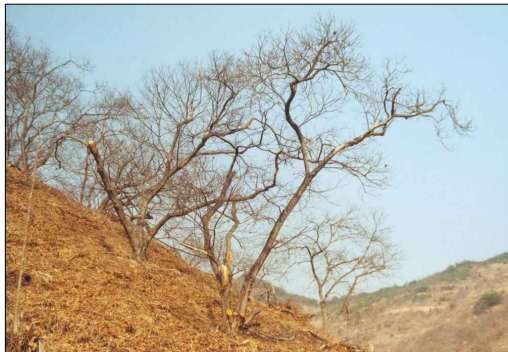


갱신전정 2년차



갱신전정 4년차 결실상황

그림 1-1. 갱신전정에 의한 수형유도(공주시범지)



1년차 저수고 전정 전



1년차 저수고 전정 후



3년차 저수고 전정 전



3년차 저수고 전정 후

그림 1-2. 밤나무 노령목 저수고 수형유도(진주시범지)



1년차 저수고 전정 전



1년차 저수고 전정 후



2년차 저수고 전정



완성된 수형(3년차)

그림 1-3. 밤나무 노령목 연차별 저수고 수형유도(산청시범지)



그림 1-4. 저수고 수형으로 유도된 밤나무림(경남 합천)

나. 노령목의 저수고 수형조절 효과

1) 수형 및 수세변화

가) 수고 및 수관폭

2001년에 조성된 충남 공주 등 5개소, 2002년에 조성된 순천 및 2003년에 조성된 산청 시범지의 밤나무 노령목을 대상으로 갱신전정 및 저수고 전정을 통한 수형조절을 실시하고 연차별 수고 및 수관폭을 조사한 결과는 표 1-2, 1-3과 같다.

2001년에 조성된 충남 공주 등 5개소 시범지의 경우 처리전의 수고가 6.4-8.8m (평균수고 7.4m), 수관폭이 5.4-9.3m (평균 수관폭 7.6m) 인 밤나무가 5년간 절단전정 및 솎음전정에 의한 수형조절을 통해 저수고의 경우 평균수고가 4.9m, 평균 수관폭이 6.6m 내외로 각각 66.2%, 87.3%로 축소되었으며, 갱신전정의 경우 수고가 3.8m, 수관폭이 4.8m로 각각 51.7%, 62.6%로 축소되었다. 반면에 거의 전정을 하지 않은 관행재배의 무처리의 경우 수고가 8.6m, 수관폭이 8.1m로 증가하였다.

노령목의 저수고 전정은 최종적으로 전정 후 수고를 4.5m 내외로 유지하고 주위 나무와의 간격(0.7m 이상)을 일정하게 유지하는 것으로 본 연구의 시범지 조성 당시 충주를 제외한 모든 시범지의 공시목들은 식재 후 간벌이나 정지전정을 거의 하지 않아 수고가 매우 높고 수관내부의 가지가 대부분 고사되어 줄기의 끝부분에만 결실 가능한 결과모지가 살아 있는 상태였다. 따라서 1년차에 원하는 높이까지 저수고 전정을 완료할 경우 결과모지가 모두 제거되어 과실 수확을 기대할 수 없는 단점을 보완하기 위해 연차적으로 수고 및 수관폭을 축소하였다.

정지전정은 지상부 수체의 분열조직(meristem)의 수를 감소시키는데, 이는 식물 호르몬의 공급(source) 혹은 수용부위(sink)를 제거하는 것과 같아 여러 가지 호르몬의 균형은 물론 뿌리에서 공급되는 호르몬과 지상부와와의 균형을 일시에 깨뜨리는 결과를 초래한다. 지상부를 제거하면 뿌리에 영향을 끼쳐 T/R률을 변화시킨다고 알려져 있는데(Randolph and Wiest, 1981), 사과나무(Haas and Hein, 1973)와 배나무(Head, 1968)의 경우 전정강도와 적엽이 뿌리생장에 악영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 새가지를 제거함으로써 뿌리의 성장도 비례적으로 억제되기 때문에 과도하게 강한 전정을 실시한 경우 T/R률 등 생장의 균형에 큰 변화를 미칠 수 있다.

수간의 전체를 일시에 제거하는 갱신전정의 경우 일부 처리목에 있어서 나무전체가 고사하는 경우가 있었는데 이는 앞서 언급한 바와 같이 지상부의 모든 가지를 일시에 제거함으로 인해 T/R률 등 성장 균형에 큰 변화 및 지상부와 지하부의 호르몬 균형의 교란에 그 원인을 찾을 수 있을 것이다.

표 1-2. 시범지별 수형조절에 따른 년차별 수고 변화

(단위: cm)

지역	처리	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
		처리전	처리후	처리후	처리후	처리후
충주	갱신전정	714.3	329.2	347.1	410.0	450.0
	저수고	642.9	453.3	436.3	483.8	518.1
	무처리	657.1	481.7	512.4	538.7	566.9
공주	갱신전정	760.0	277.5	277.5	346.3	385.0
	저수고	700.0	482.5	465.0	492.5	471.0
	무처리	725.0	765.0	785.0	807.5	762.0
진주	갱신전정	840.0	215.0	266.7	333.9	353.3
	저수고	875.0	464.0	442.0	493.3	478.8
	무처리	750.0	792.0	805.6	829.4	810.5
부여	저수고	733.3	523.3	458.3	468.3	457.5
	무처리	864.2	878.3	911.7	961.7	915.8
광양	갱신전정	625.0	235.0	269.9	305.6	318.8
순천	저수고	830.0	478.2	480.0	503.0	-
	무처리	930.0	915.2	895.8	911.3	-
산청	갱신전정	1,035.0	300.3	332.7	-	-
	저수고	875.6	510.5	511.5	-	-
	무처리	908.8	754.4	765.6	-	-

표 1-3. 시범지별 수형조절에 따른 년차별 수관폭 변화

(단위: cm)

지역	처리	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
		처리전	처리후	처리후	처리후	처리후
충주	갱신전정	671.4	259.2	327.1	424.2	501.4
	저수고	814.3	638.3	650.6	692.5	769.4
	무처리	775.7	600.0	629.4	654.8	671.3
공주	갱신전정	760.0	268.8	302.5	372.5	466.5
	저수고	716.3	746.3	792.5	787.5	899.2
	무처리	985.0	1,006.3	1,008.8	1,057.5	901.5
진주	갱신전정	535.0	190.6	228.1	262.8	297.7
	저수고	925.0	583.5	556.4	535.8	512.5
	무처리	688.9	705.0	733.3	618.9	606.0
부여	저수고	757.5	427.5	471.7	523.3	560.3
	무처리	762.4	775.8	806.7	739.2	847.7
광양	갱신전정	662.5	211.3	246.4	305.6	388.8
순천	저수고	899.1	577.7	598.2	624.0	-
	무처리	767.2	831.4	909.0	981.6	-
산청	갱신전정	1,107.6	250.1	348.8	-	-
	저수고	880.6	558.8	642.9	-	-
	무처리	911.9	790.0	824.8	-	-

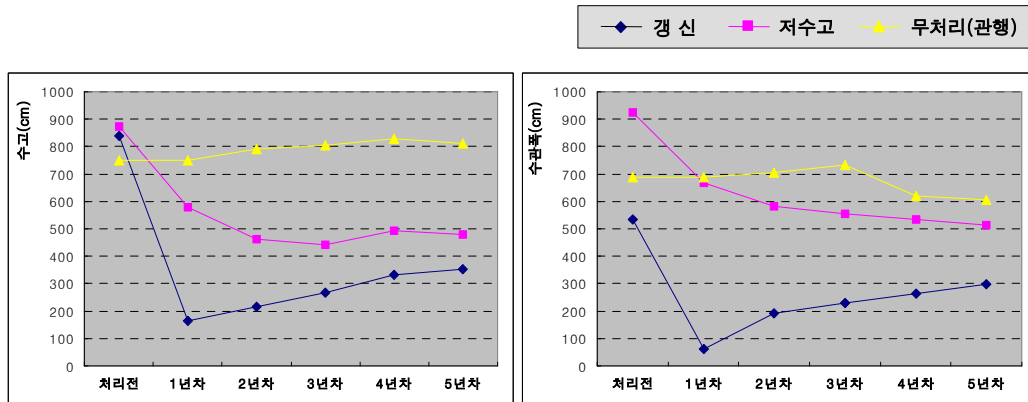


그림 1-5. 연차 및 처리별 수형변화(진주시범지)

경남 진주시 미천면에 위치한 진주시범지에 있어서 조성 당시 수령 34년생을 대상으로 갯신전정과 저수고전정을 실시하고 4년차에 무처리(관행적인 정지전정)와 수고 및 수관폭 생장을 비교한 결과, 그림 1-5와 같이 무처리로 재배한 나무는 수고가 8m 내외로 높게 유지되고 있으나 갯신전정을 실시한 나무는 수고 3m 내외로 축소되었고 저수고전정을 실시한 나무는 수고 5.0m 내외, 수관폭 6.0m 내외로 축소·유지되고 있어 저수고전정 목적이 달성되었다고 판단된다.

나) 가지생장 및 결실특성

수형조절 후 4년이 경과한 충주, 공주, 진주, 부여시범지의 품종별 결과모지 생육 특성을 보면 결과모지 및 결과지의 길이 및 직경 모두 저수고 처리목이 무처리목 보다 생육이 우수한 것으로 나타났다(표 1-4). 또한 저수고 처리목은 무처리목에 비해 결과모지당 결과지수도 많았으며, 결과지당 착구수에 있어서도 무처리목보다 많아 전체적으로 수확량의 증가에 직접적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

이러한 저수고 처리목과 무처리목간의 결과모지 및 결과지 생장의 차이는 정지전정을 통한 노령목의 수세회복 효과에서 찾아볼 수 있다. 수형조절 과정에서 저수고 처리목은 매년 솎음전정을 통하여 수관내의 중복지나 쇠약지를 제거함으로써 가지밀도를 적절히 조절하여 결과모지수를 제한하여 남아있는 수체에 대한 눈의 비율을 감소시키므로 수체내 저장된 한정된 저장양분을 효과적으로 이용할 수 있다. 또한 과도하게 성장한 맹아지 등을 대상으로 절단전정을 통하여 수고를 낮추고 무결실 부위 공간을 줄이므로 수관내부로의 햇빛이 잘 투과하여 수관내 광조건을 개선하기 때문에 결과지의 길이생장 및 비대생장이 왕성하다. 이에 반하여 무처리목은 전혀 전정을 하지 않으므로 가지밀도가 높고 결과모지수도 많아 수체내 저장양분이 모든 가지

에 배분되므로 생장이 저조하며 수관내부의 광조건도 불량하므로 하부의 가지는 점차 고사된다.

표 1-8. 수형조절에 따른 품종별 결과모지 및 결과지 생육특성

품종	지역	처리	결과모지			결과지					
			길이 (mm)	기부 직경 (mm)	결과지 수 (개)	착구수 (개)	길이(mm)			직경(mm)	
							총길이	기부- 착구부	착구부- 정아	기부 직경	착구위 직경
이평	충주	저수고	348.9	13.7	2.7	1.8	363.2	175.7	187.5	8.31	5.53
		무처리	230.2	9.0	1.6	1.3	254.4	131.4	123.0	6.40	4.06
단택	공주	저수고	350.1	11.2	2.6	1.4	341.5	138.2	203.3	6.70	4.55
		무처리	220.6	8.3	1.7	1.3	215.1	92.5	122.6	5.76	3.59
단택	진주	저수고	401.1	12.0	2.4	1.8	337.6	135.0	202.6	6.72	5.34
		무처리	133.1	6.9	1.4	1.7	135.1	69.2	65.9	5.34	3.74
유마	부여	저수고	438.1	11.3	2.2	1.3	362.7	122.1	240.6	6.73	4.44
		무처리	159.5	7.0	1.5	1.1	124.0	72.3	51.7	4.76	2.69
축파	진주	저수고	471.0	13.0	2.1	1.6	468.6	174.1	294.6	7.86	5.69
		무처리	134.3	6.5	1.2	1.6	148.5	68.6	79.9	4.94	3.60

2) 수확량 및 과실품질의 변화

충남 공주 등 6개 시범지의 연차별 수확량의 변화는 표 1-5에 나타난 바와 같다. 2005년 수확량 자료는 본 과제가 과실수확전인 9월초에 종료되는 관계로 8월 중순에 조사된 공시목별 착구수에 최근 2-4년간 조사된 함과수 및 입중자료의 평균치를 적용하여 본당 수확량을 산출하였다. 충주시범지를 제외하고는 전체적으로 처리 당년(1년차)에는 수고가 높고 가지 분지가 적은 나무를 저수고 수형으로 유도하고자 수고를 낮추는 과정에서 주간과 주지의 절단으로 결실부위인 수관면적이 크게 축소되어 수관을 구성하는 가지가 적고 결과모지가 적어 저수고 처리가 무처리에 비해 수확량이 낮았으나 이후 수관폭이 확대되면서 점차 증가하는 경향을 보여주고 있다. 2001년에 조성된 충주, 공주, 부여, 진주 시범지에서는 수형조절처리 4년차인 2004년부터는 품종과는 무관하게 저수고처리가 무처리보다 수확량이 모두 상회하는 것으로 나타났다.

충주지역은 이평을 주품종으로 재배하고 있는데 현재 밤 주산지 중 단위면적당 가장 많은 수확량을 올리고 있으며, 이는 타 지역보다 밤나무의 수령이 상대적으로 어린 영향도 있으나 1980년대 후반 몇몇 선도농가에 보급된 저수고 전정기술이 지역 나름대로 정착이 되어 일반 재배농가로 기술이 전수된데 기인한다고 볼 수 있다. 2001년 시범지 조성 당시 소유주가 정지전정은 물론 재배관리를 잘하여 공시목들의 생육상태가 우수하고 수관내부에 있는 주간, 주지 및 아주지로부터 발생된 가지가

건전하게 살아 있어 결실에 양호한 수관을 지니고 있었다. 따라서 2001년 시범지 조성 후 건전한 결과모지 생육을 유도하고 결실효율을 최대한 끌어올리는 체계적인 저수고 정지전정 방법의 영향으로 인해 충주시범지는 타 시범지와는 달리 처리 1년차부터 저수고처리가 무처리보다 수확량이 많았으며, 4년차에는 약 1.8배로 크게 증가하였다. 그러나 5년차인 2005년에는 모든 처리목에서 착구수가 적어 전반적으로 수확량이 떨어지는 경향을 보였는데 이는 2004년 과다결실로 인한 후유증인 해걸이(격년결실) 현상으로 판단되나 자세한 원인규명을 위해서는 지속적으로 결실패턴을 조사해봐야 할 것으로 사료된다.

표 1-5. 지역 및 품종에 따른 년차별 본당 수확량

지역	수령	품종	처리	본당 수확량(kg)					
				2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	
충북 충주	23	이평	갱신전정	-	1.2	3.2	8.9	4.3	
			저수고	10.1	11.1	12.1	24.4	16.2	
			무처리	8.9	8.6	9.3	13.6	9.1	
			대비(%)*	113.5	129.1	130.1	179.5	178.0	
충남 공주	21	단택	갱신전정	-	3.0	4.1	6.1	10.3	
			저수고	10.5	17.0	27.5	26.9	35.6	
			무처리	22.2	21.6	22.3	22.7	28.8	
			대비(%)	47.3	78.8	123.4	118.6	123.6	
충남 부여	31	유마	저수고	4.5	7.8	6.4	10.8	13.5	
			무처리	6.3	2.5	3.7	6.0	5.1	
			대비(%)	71.5	312.1	173.0	180.1	264.7	
경남 진주	38	축과	갱신전정	-	1.4	1.6	2.5	4.4	
			저수고	5.8	11.8	6.7	8.7	14.4	
			무처리	12.4	10.9	8.1	8.4	7.7	
			대비(%)	46.7	108.3	82.8	103.6	187.0	
	38	단택	갱신전정	-	0.9	0.8	2.1	1.6	
			저수고	4.9	6.9	10.8	7.4	14.8	
			무처리	11.3	12.7	5.9	4.6	6.1	
			대비(%)	43.4	54.4	183.1	160.9	242.6	
전남 순천	23	축과	저수고	-	12.1	9.8	13.4	11.3	
			무처리	-	4.8	12.8	15.8	10.8	
			대비(%)	-	252.1	76.6	84.9	104.6	
		38	단택	저수고	-	5.1	2.4	7.6	3.0
				무처리	-	13.3	11.0	9.6	14.6
				대비(%)	-	38.4	21.9	79.2	20.5
경남 산청	38	축과	저수고	-	-	1.5	12.4	16.1	
			무처리	-	-	8.5	17.6	12.6	
			대비(%)	-	-	17.7	70.4	127.8	
		38	유마	저수고	-	-	5.6	10.2	12.7
				무처리	-	-	10.7	6.4	15.1
				대비(%)	-	-	52.4	159.4	84.1

*; 무처리 대비 저수고 처리효과

공주시범지의 단택 품종은 수형조절 2년차까지는 저수고 처리목이 무처리목보다 수확량이 적었으나 3년차부터는 무처리목을 상회하기 시작하였으며 본당 수확량에 있어 타지역보다 훨씬 많았다. 이러한 이유는 지역적인 입지환경조건, 품종, 수령이 각기 달라 동일한 척도로 비교하기에는 무리가 있지만 공주시범지의 공시목들은 생육상태가 우수하고 타 지역의 노령목에서 흔히 보이는 밤나무 주간에 미끈이하늘소 등의 천공성 해충이나 병해가 거의 없으며, 토양조건이 양호하고 시범지 소유주가 재배관리를 철저히 한데 기인한다고 볼 수 있다. 특히 5년차에는 저수고와 무처리목 모두 수확량이 크게 증가하였는데(그림 1-6), 이는 소유주가 기존의 시비관행과는 달리 유기질비료 위주로 시비하면서 시비량을 늘리고 무처리목의 일부 주지를 솟아낸 데 기인한다고 볼 수 있다.

부여시범지 유마 품종의 경우 처리 2년차에 무처리목의 수확량이 크게 감소하였는데 이는 무처리목이 수고가 9m 내외로 높아서 2002년 중남부 지역을 강타한 태풍 루사의 직접적인 피해(가지절단, 낙엽 및 낙과 등)를 받았기 때문이며, 3년차에도 수확량의 증가가 미미한 것도 전년도의 태풍피해의 여파로 생각된다. 이에 반해 저수고 처리목은 2년차에 상대적으로 수고가 낮은 관계로 태풍의 피해를 적게 받아 무처리목보다 수확량이 많아 저수고 수형유도가 바람에 의한 피해를 줄이는 효과를 보여주었다. 3년차에 저수고처리목의 수확량이 약간 감소한 것은 수고를 연차적으로 낮추는 과정에서 주지의 절단으로 수관 결실면적이 축소된데 기인하며, 4년차부터는 무처리에 비해 수확량이 크게 증가하는 경향을 보여주었다.

진주시범지는 타 시범지와는 달리 저수고 수형유도 후 품종에 관계없이 4년차까지는 모든 공시목의 수확량이 저조한 것으로 나타났으나 5년차에는 크게 회복되는 양상을 보여주었다. 진주시범지는 퇴적암 지대의 경사지에 위치하고 토심이 얇아 정상적인 생육을 기대하기 어려운 지역으로 시범지 조성당시 대부분의 공시목들은 노령화로 수세가 쇠약해진 상태에서 주간의 수피조직 일부가 괴사되고 밤나무혹벌 및 천공성 해충의 피해를 많이 받고 있었다. 2001년 시범지 조성 후 저수고 처리목들은 강전정의 효과로 맹아가 많이 발생하는 등 영양생장이 촉진되었으나 앞서 언급한 바와 같이 수령이 많고 토양환경이 불량하여 수관확장이 더디게 진행되고 있었으며, 특히 처리 3년차인 2003년 태풍 매미의 피해를 받아 축과 품종의 경우 수확량이 저수고 및 무처리목 모두 크게 감소하였으나 4년차에는 점차 회복되는 경향을 보여 주었다. 5년차에는 정지전정의 효과로 수세가 회복되면서 축과, 단택 모두 저수고 처리목에서 수확량이 크게 증가하였으나 무처리목은 수확량의 증가세가 미미하거나 오히려 감소하는 경향을 나타내었다.

순천시범지에 있어서 축과 품종의 경우 처리 3년차까지는 저수고 처리목이 무처리목보다 수확량이 적은 것으로 나타났으나 처리 4년차인 2005년에는 대등한 것으로 나타났다. 그러나 저수고 처리구의 단택 품종은 일부 공시목의 주간에 천공충 등의

피해를 받아 수세가 쇠약해지면서 수확량이 크게 감소하였다.

산청시범지에서는 유마품종이 2년차지만 저수고 처리목이 무처리목보다 수확량이 많은 것으로 나타났는데 이는 시범지 조성당년(1년차)인 2003년 태풍 매미의 영향으로 수고가 높은 무처리목의 경우 주지와 가지의 일부가 절단(풍절피해) 되는 등 피해를 크게 받는데 기인한다고 여겨진다.

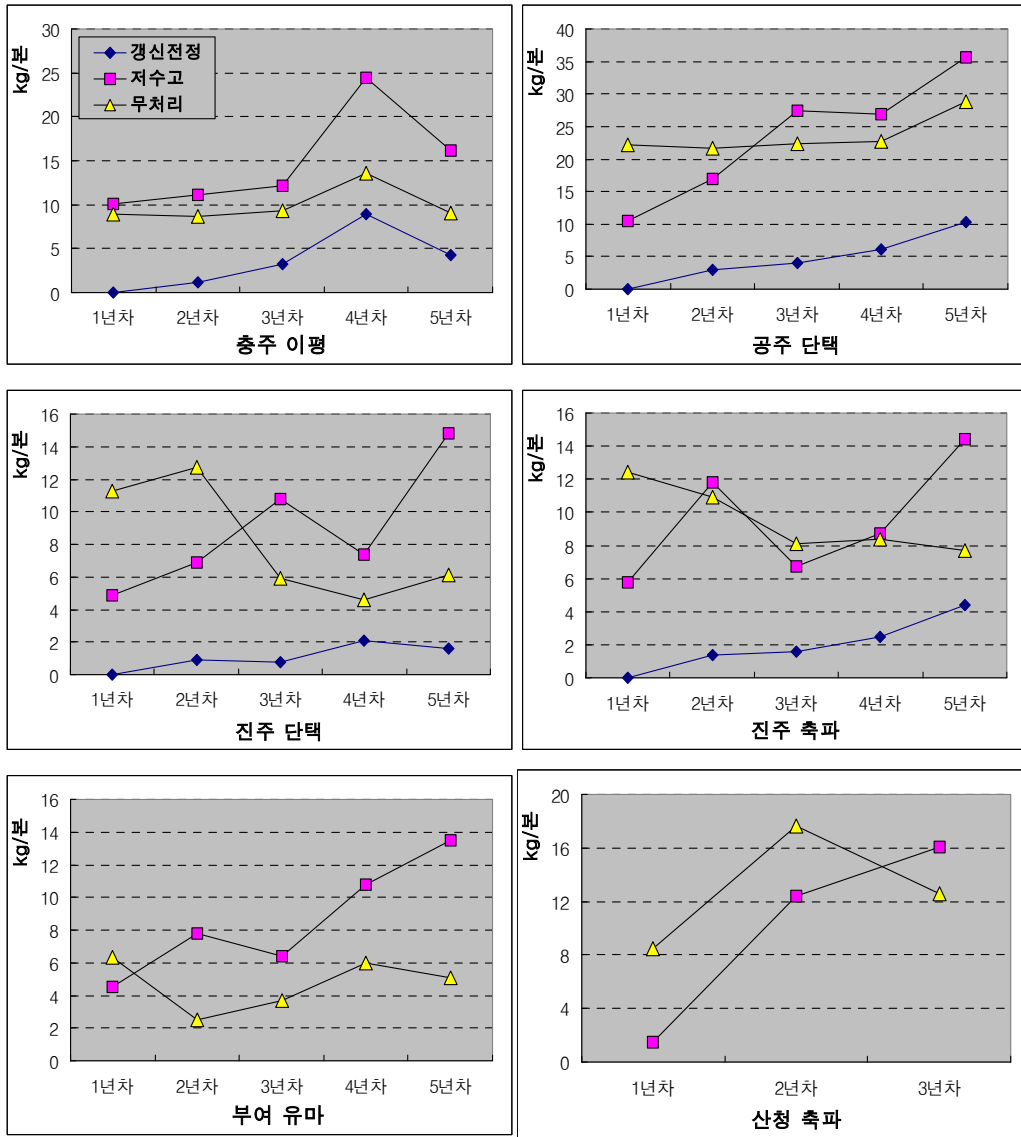


그림 1-6. 연차별 품종별 본당 수확량 변화

표 1-6. 품종별 처리별 본당 및 수관점유 단위면적당 수확량

품종	수령	본당수확량(kg)		수관점유면적당 수확량(kg/m ²)		조사지	비고
		저수고 (집약재배)	무처리 (관행재배)	저수고 (집약재배)	무처리 (관행재배)		
단택	8	4.4±0.6	-	0.39±0.09	-	경기 화성*	수형조절 4년차 수형조절 3년차 수형조절 4년차
	21	26.9±6.0	22.7±3.4	0.42±0.03	0.36±0.08	공주시범지	
	23	7.6±0.1	9.6±0.9	0.35±0.16	0.11±0.05	순천시범지	
	38	7.4±1.4	4.6±3.6	0.18±0.04	0.10±0.04	진주시범지	
유마	9	8.0±5.3	-	0.62±0.20	-	경기 화성*	수형조절 4년차
	15	15.8±5.0	-	0.48±0.17	-	경기 화성*	
	31	10.8±3.3	6.0±1.3	0.40±0.05	0.11±0.03	부여시범지	
은기	9	10.2±1.0	-	0.49±0.05	-	경기 화성*	수형조절 3년차
	23	11.5±3.8	14.4±5.5	0.30±0.09	0.22±0.15	순천시범지	
이평	9	8.7±3.3	-	0.51±0.05	-	경기 화성*	수형조절 4년차
	23	24.4±5.8	13.6±6.3	0.47±0.06	0.35±0.10	충주시범지	
축과	9	10.2±2.5	-	0.61±0.10	-	경기 화성*	수형조절 3년차 수형조절 4년차
	23	13.4±5.9	15.8±10.6	0.53±0.10	0.20±0.08	순천시범지	
	38	8.7±3.0	8.4±2.2	0.19±0.04	0.18±0.04	진주시범지	

* ; 국립산림과학원 품종보존원

수형조절을 통한 결실효율을 구명하기 위하여 단택 등 5개 품종에 대해 각 시범지의 공시목 및 경기도 화성시에 위치한 국립산림과학원 품종보존원내 식재된 나무들을 대상으로 수관점유 단위면적당 수확량을 조사하였다(표 1-6). 품종 및 수형조절 처리 방법에 따라 수관점유 단위면적당 수확량에 차이가 나타났으며, 저수고 처리목이 무처리목보다 결실효율 측면에서 볼 때 우수함을 인정할 수 있었다. 풍산성 품종인 유마와 축과가 타 품종보다 수관점유 단위면적당 수확량이 많았으며, 동일한 품종내에서도 수령이 낮을수록 높은 결실효율을 나타내었다. 입지여건 및 공시목들의 수체상태가 양호한 공주시범지의 단택 및 충주시범지의 이평 품종은 저수고와 무처리목 모두 타 시범지에 비해 높은 결실효율을 보여주었으며, 특히 저수고 처리는 정지전정을 통한 집약적인 수체관리로 결실부위를 효과적으로 조절함으로써 공시목간의 처리내 편차가 적어 균일한 결실효율을 보여주고 있으나 무처리목들은 대체로 편차값이 커 결실효율이 상대적으로 불균일하고 떨어짐을 알 수 있었다. 진주시범지의 단택과 축과 품종은 타 시범지에 비해 저수고 처리목 및 무처리목 모두 수관점유 단위면적당 수확량이 적어 결실효율이 크게 떨어지는 것으로 나타났는데 이는 앞서 언급한 바와 같이 입지여건이 불량하고 수령이 많으며 천공성 해충의 피해 등에 의한 수세감소에 그 원인을 찾아볼 수 있을 것이다.

과실생산에 있어 광의 중요성은 오래전부터 인식되어 왔다. 밤나무는 성장하고

개화결실을 하는데 많은 광선을 필요로 하는 양수(陽樹)이고, 가지 끝 겨울눈(동아)에서 결과지가 성장하며, 새로 성장한 결과지 끝에서 암꽃(雌花)이 착생하는 정아우세(頂芽優勢)현상의 생리적 특성을 가지고 있다. 일조량이 15% 이하인 수관 내부에서는 잎이 착생될 수 없고, 개화결실을 하는 데는 일조량이 20~30%가 한계인 것으로 알려져 있어 정상적인 개화결실을 위해서는 최소한 일조량이 30% 이상 되어야 한다. 따라서 밤나무 과원 경영측면에서 가장 중요하게 고려해야 할 사항은 광의 이용 및 수광상태이다. 나무에 의해 이용될 수 있는 빛의 비율을 수광률이라 하는데 수광률은 재식거리와 정지전정 방법에 의해 증가시킬 수 있으며, 일반적으로 수확량은 수광률이 증가함에 따라 증가한다(Barritt 등, 1991 ; Robinson and Lakso, 1991).

수형은 태양광선에 수관이 얼마나 노출됨으로써 잎의 수광 및 수관내 광 투과에 효과적이어서 각 잎의 광합성 작용이 최대로 이루어지게 하는가가 가장 중요하다. 그러므로 수형관리의 목적은 수관내에서 빛의 분포가 균일하도록 하여 높은 수광률을 유지하는데 있으며 이것은 품질 좋은 과실의 결실량 증대로 이어진다. 그러므로 충주를 제외한 모든 시범지의 무처리 공시목들은 식재 후 정지전정을 거의 하지 않았기 때문에 수관상태가 불량하고 수고가 높아 수관상부는 그 나무의 하부와 인접한 나무의 하부 혹은 인접열의 하부를 질게 그늘지게 하는 경향이 있어 수광률이 낮아 결실효율이 떨어지는 것으로 사료된다.

수관점유 단위면적당 수확량은 결실효율을 비교하는 것 외에도 토지생산성과 밀접한 관계가 있는 재배 단위면적당 수확량을 예측할 수 있는 좋은 지표가 될 수 있다. 밤나무 과원 경영측면에서 볼 때 수확량은 ha당 생산된 과실무게로 나타내는데 수관점유 단위면적 m^2 당 수확량이 0.5kg이고 수관점유비율이 90%라면 ha당 수확량은 4.5톤으로 추정할 수 있다. 예를 들어 공주시범지의 저수고처리 21년생 단택 품종의 경우 수관점유 단위면적 m^2 당 수확량이 0.42kg으로 조사되었는데 수관점유비율이 90%라고 가정하고 ha당 수확량으로 산정하면 약 3.8톤이 생산되는 것으로 추정 가능하다. 수관점유 단위면적당 수확량은 다수확성의 지표로써 품종고유의 유전적 특성에 따라 좌우되기도 하지만 수령 및 재배관리상태에 따라서도 달라질 수 있다. 풍산성 품종인 측파의 경우 국립산림과학원 품종보존원(9년생)에서 수관점유 단위면적 m^2 당 수확량이 0.61kg으로 조사되었는데 수관점유비율이 90%라고 가정하고 ha당 수확량으로 산정하면 약 5.5톤이 생산될 수 있다. 현재 산림청으로부터 밤나무 재배 신지식인으로 위촉된 충남 부여에 거주하는 조영호씨의 경우 30년생 이상의 측파가 주품종인 밤나무 과원에서 ha당 연간 6톤 이상의 수확량을 올리고 있음을 상기해 볼 때 이러한 가정은 상당한 설득력을 가진다고 하겠다.

과실의 평균중량인 입중은 조사년도마다 약간의 차이는 있으나 대체로 모든 품종에서 저수고 처리목이 무처리목보다 우수한 것으로 나타났다. 품종별 입중의 변화에 있어서는 풍산성 품종인 측파에서 수형조절 처리효과가 뚜렷하게 나타나 무처리에

비해 저수고 처리시 입증이 크게 증가하였으나 결실성이 보통인 이평 품종에서는 무처리와 큰 차이가 없어 결과모지당 결과지수도 많고 착과량이 많은 풍산성 품종에서 정지전정을 통한 수형조절효과가 뚜렷함을 알 수 있었다.

표 1-7. 지역 및 품종에 따른 년차별 입증

지역	수령	품종	처리	입증(g)			
				2001년	2002년	2003년	2004년
충북 충주	23	이평	갱신전정	-	27.2	24.6	27.1
			저수고	24.2	25.3	23.1	26.8
			무처리	23.0	26.6	21.8	26.0
			대비(%)*	105.3	97.4	105.9	103.1
충남 공주	21	단택	갱신전정	-	21.7	16.7	19.0
			저수고	25.7	26.1	22.5	21.8
			무처리	21.4	21.5	20.9	21.1
			대비(%)	120.1	121.4	107.7	103.4
충남 부여	31	유마	저수고	22.2	21.1	22.2	21.1
			무처리	17.3	16.7	19.4	17.6
			대비(%)	128.4	126.4	114.5	119.9
			경남 진주	38	축과	갱신전정	-
저수고	23.4	25.6				21.2	25.4
무처리	19.0	18.4				15.0	18.9
대비(%)	123.2	139.2				141.4	134.4
단택	갱신전정	-		20.1	15.5	21.0	
	저수고	26.2		23.3	20.2	24.9	
	무처리	24.2		24.3	18.1	22.3	
	대비(%)	108.3		96.2	111.7	111.7	
전남 순천	23	축과	저수고		21.5	19.1	20.0
			무처리		15.1	15.6	15.1
			대비(%)		142.4	122.5	132.5
		단택	저수고		22.1	17.9	22.4
	무처리			17.3	18.1	18.5	
	대비(%)			127.8	98.9	121.1	
	은기	저수고		24.3	21.1	22.3	
		무처리		22.3	19.4	19.9	
대비(%)			109.0	108.8	112.1		
경남 산청	38	축과	저수고			20.6	24.1
			무처리			21.0	20.9
			대비(%)			95.4	115.4
		유마	저수고			19.6	21.5
			무처리			19.0	27.2
			대비(%)			103.2	79.1

*; 무처리 대비 저수고 처리효과

또한 연차별, 품종별로 생산된 과실을 임산물 출하규격인 4개 등급(특대, 대, 중, 소)으로 분류하여 과실품등을 조사한 결과는 표 1-8과 같다. 품종에 관계없이 조사년

도에 따라 과실품등 비율에 차이가 있었으며, 저수고 처리목이 무처리목에 비해 밤나무 재배의 수익성을 좌우하는 특대율 및 대율의 비율이 높고 중율과 소율의 비율은 낮아서 과실품질에 있어 수형조절효과가 뚜렷한 것으로 나타나 저수고 처리가 재배생산성 향상에 직접적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 전정에 의해서 수관내 광 투과가 좋아짐으로써 광합성 효율이 향상되어 과실당 저장 및 동화양분의 배분이 증대되어 유과(幼果)의 세포수가 증가하기 때문이다. 일반적으로 유과기(幼果期)에 비대(肥大)가 좋은 과실일수록 대과(大果)로 수확된다(Lakso 등, 1989). 그 뿐만 아니라 정지전정은 남아 있는 가지의 생장을 촉진하여 엽과비(葉果比)를 증가시키므로 과실당 엽면적이 증대되어 과실비대가 보다 촉진되는데 기인한다고 볼 수 있다.

임중에서와 마찬가지로 저수고 수형조절시 단택, 유마, 축과 등 풍산성 품종은 특대율의 비율이 크게 높아지는 반면, 결실성이 보통인 이평 품종에서는 무처리와 큰 차이가 없었다(그림 1-7).

표 1-8. 품종별 처리별 과실품등* 비율

품종	년차	저수고(%)				무처리(%)			
		특대	대	중	소	특대	대	중	소
단택	1년차	66.2	29.1	4.3	0.4	25.3	27.3	38.0	9.4
	2년차	76.8	35.0	0.8	0.0	24.2	28.3	38.4	9.1
	3년차	33.7	35.0	27.0	4.3	30.3	25.4	32.3	11.9
	4년차	22.0	57.5	18.0	2.4	15.3	61.7	19.5	3.6
	평균	49.7	36.1	12.6	1.7	23.8	35.7	32.1	8.5
유마	1년차	36.3	42.7	18.6	2.4	14.1	35.4	33.0	17.5
	2년차	32.6	42.8	22.3	2.3	14.7	31.5	31.5	22.2
	3년차	72.4	23.0	2.6	1.3	34.2	39.3	21.0	5.4
	4년차	47.7	45.4	6.5	0.3	11.9	45.3	37.5	5.3
	평균	47.3	38.5	12.5	1.6	18.8	37.9	30.8	12.6
이평	1년차	63.5	29.2	7.3	0.0	60.6	24.5	12.2	2.7
	2년차	64.7	29.7	5.6	0.0	69.3	22.1	8.7	0.0
	3년차	62.6	32.2	5.2	0.0	38.7	54.3	4.3	2.7
	4년차	94.5	3.5	2.1	0.0	91.8	4.7	3.1	0.4
	평균	71.4	23.7	5.1	0.0	65.1	26.4	7.1	1.5
축과	1년차	53.6	41.0	5.5	0.0	20.1	40.8	34.4	4.7
	2년차	42.2	43.6	14.1	0.0	20.1	40.8	34.4	4.7
	3년차	44.2	28.1	25.1	2.6	2.9	18.9	68.3	9.9
	4년차	76.1	15.6	8.2	0.0	24.2	42.7	23.0	10.1
	평균	54.1	32.1	13.3	0.7	16.9	35.9	40.1	7.3

* ; 과실횡경 기준(특대 : 38mm 이상, 대 : 33-38mm, 중 : 30-33mm, 소 : 30mm 이하)

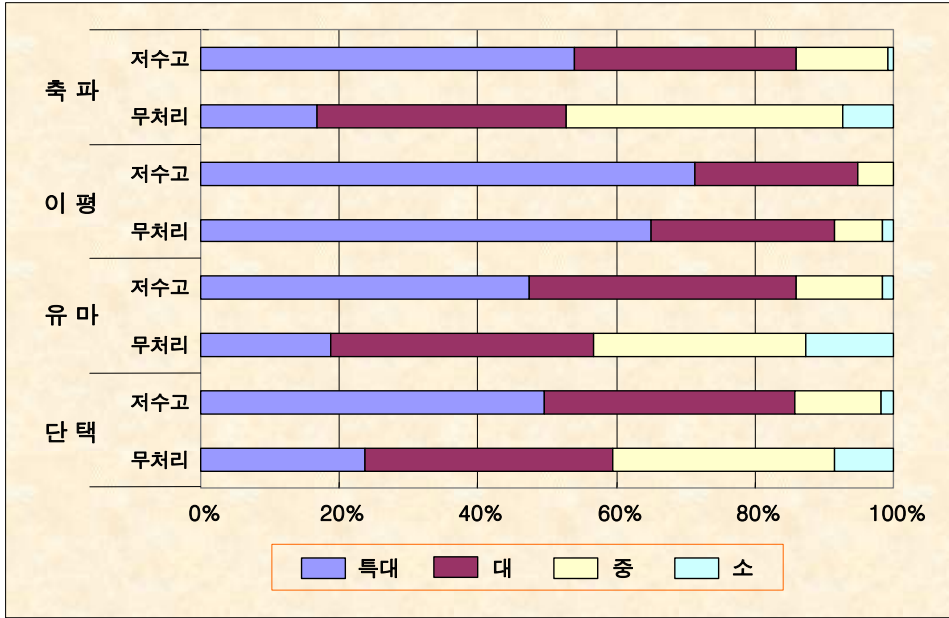


그림 1-7. 품종별 및 처리별 과실등급(1~4년차 평균등급 적용)

밤나무 재배관리의 기본목표는 잎, 가지, 뿌리생장이라는 영양생장과 결실이라는 생식생장과의 관계를 이상적으로 만드는 것이다. 이는 결실을 적절히 시키면서도 과실의 비대생장과 꽃눈분화에 필요한 양분을 공급해 줄 수 있는 수체생장이 확보되도록 하는 것이다. 이러한 균형적 성장을 위하여 시비, 정지전정, 적과, 관수 등의 관리가 필수적인데 그중에서도 정지전정은 이러한 균형을 유지시키는 기본이 된다. 즉 정지전정이란 제한된 토지내에 식재된 나무가 입체적 공간을 최대로 활용할 수 있도록 수관을 구성하고, 매년 안정적으로 고품질 과실을 생산할 수 있도록 결가지, 결과모지 및 결과지를 솎아 내거나 잘라내어 영양생장과 생식생장 간의 균형을 유지시켜 주는 것을 말한다.

따라서 정지전정을 통한 수형조절의 가장 중요한 목적은 나무의 크기, 수관 내부구조, 결실부위의 분포 등을 조절함으로써 빛의 이용을 개선하여 투광(透光)이 더 좋아지고 햇빛에 노출되는 면적이 더 많아지도록 하여 광합성 효율을 증진시켜 주는 데 있다(고광출 등, 1999). 즉 정지전정은 수관내 광투과를 최대가 되도록 하면서 결실량을 최대가 되게 하는 관리작업으로 전정한 나무는 전정하지 않은 나무에 비해 수량이 더 많은데, 이는 본 연구에서 노령목을 대상으로 한 저수고 수형조절이 적절한 강전정으로 수세를 회복시켜 저수고 처리목이 무처리목보다 수확량도 많고 과실 품질이 우수한 결과와 일치한다.

충주를 제외한 대부분 시범지의 공시목들은 식재 후 간벌이나 정지전정을 거의

하지 않아 노령화와 함께 울폐화되어 수관 내부 및 하단부 가지의 대부분이 고사되어 결과모지로서의 역할을 할 수 있는 가지는 수관 상단부의 가지 끝에만 착생되어 있다. 이러한 노령목에서는 영양생장보다 생식생장이 왕성하며 꽃눈의 착생이 용이한데, 강한 전정을 통하여 꽃눈의 형성은 다소 억제시키고 세력이 좋은 새가지의 발생이 많도록 하여 나무의 활력을 증진시키는 것이 필요하다.

본 연구에서 수고가 높은 노령목의 저수고 수형조절과정에서 주지의 절단 등 적절한 강전정은 세력이 좋은 새가지의 발생이 많도록 하여 수세를 회복시켜 과실의 비대를 촉진시키고 결과부위도 증대되어 수관점유 단위면적당 수확량을 증가시키는 효과를 가져왔으며, 또한 목질부위 부피를 많이 감소시켜 호흡에 의한 광합성 산물의 소비를 줄임으로써 결국 광합성 효율을 높이는 부수적인 효과도 얻을 수 있었다.

정지전정을 통한 어느 정도의 영양생장은 수세유지, 엽면적 확보, 새로운 결실부위의 확보라는 측면에서 절대 필요하다. 그러나 과도한 영양생장은 과실발육과 경쟁하기 때문에 필요 이상의 목질부 발육을 초래하여 오히려 결실을 억제시킨다. 그림 1-6에서처럼 갱신전정의 경우 처리 후 발생한 맹아를 이용, 새로이 수관을 형성하여 확장해가는 3-4년차까지는 영양생장이 우세하여 수확량의 증가가 미미하였으나 5년차 이후부터는 영양생장과 생식생장간 균형상태가 유지될 것으로 보여 저수고 처리목과 같은 정상적인 결실효율을 보일 것으로 사료된다.

단위면적당 수확량을 공시목의 수관면적으로 환산하여 추정해 본 결과는 표 1-9와 같다. 처리 4년차(2004년)에서 ha당 추정수확량은 저수고 처리가 3.78~4.08톤으로 관행의 무처리 1.71~3.54톤에 비해 많았으며, ha당 조수익은 해마다 밤가격의 차이에 따라 달라질 수 있으나 4년차에 저수고 처리가 무처리에 비해 500~4,700천원 증대된 것으로 나타났다.

표 1-9. 품종별 단위면적당 추정수확량(4년차)

품종	지역	수령	수확량/본(kg)		추정수확량(톤/ha)*	
			저수고	무처리	저수고	무처리
단택	공주	21	25.5	24.3	4.08	2.19
이평	충주	23	24.4	13.6	4.39	3.54
유마	부여	31	10.8	9.5	3.78	1.71

* 수관면적으로 단위면적당 본수 환산

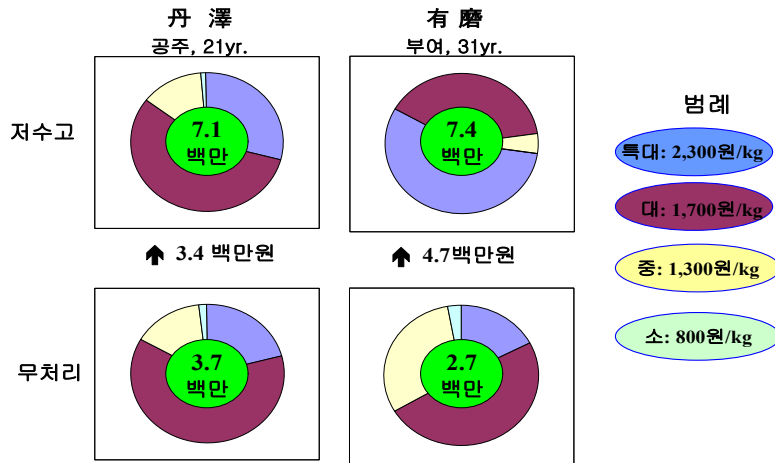


그림 1-8. 종별 소득효과(단위면적당 조수익)

생산성이 저조한 노령화된 밤나무림을 대상으로 갱신조림을 실시할 경우 기존작업, 식혈 및 식재, 풀베기(유령목의 경우 2회) 등 초기비용이 많이 소요되는 반면 새로 식재된 나무는 결실기에 이르는 기간동안 소득을 기대할 수 없거나 미미하다. 따라서 현존목의 품종이 재배목적에 적합하고 나무의 생육상태가 양호한 노령화된 밤나무림의 경우에는 가급적 간벌을 하지 않고 현존목을 대상으로 저수고형 유도를 위한 갱신전정 또는 저수고전정을 실시하는 것이 바람직하다고 생각된다.

3) 수형조절에 따른 수체생장, 과실품질, 수확량간 통계분석

수형조절처리가 수체생장(결과모지 및 결과지의 생육, 수관면적), 과실품질(입중, 특대 비율 등) 및 수확량(총수확량 및 수관면적 1㎡당 수확량)에 미치는 영향을 추정하기 위하여 상관분석 및 다중회귀분석을 실시하였다. 분석에 사용된 형질자료는 경남 진주, 충남 부여와 공주, 충북 충주 등 4개 시범지의 시험목을 공시목으로 이용하여 저수고처리와 무처리 등 2처리로 구분하여 조사하였으며, 품종구성은 축과, 단택, 유마, 이평 등 4품종이다.

수형조절 처리별 상관분석을 위한 조사형질은 수체생장에 있어 결과모지 길이, 결과모지 기부직경, 결과모지당 착구수, 결과모지 결과지수, 결과지 길이, 결과지당 착구수, 결과지 기부직경, 수관면적 등 8개 항목이며, 과실품질은 입중, 특대비율, 대비율 등 3개 항목, 수확량은 총수확량 및 수관면적 1㎡당 수확량 등 2개 항목으로 전체 13개 항목이다.

상관분석에 사용된 형질들을 대상으로 형질간 상호관계를 구명하기 위하여 다중회귀분석(Multiple regression analysis)을 실시하였다. 단계적 진입법(stepwise inclusion)을 통하여 설명력이 우수한 변수, 즉 유의미한 변수를 선정하였으며 통계분

석은 SAS 통계패키지를 이용하였다.

상관분석 결과 저수고 처리시 수관면적 1m²당 수확량은 결과모지 직경과 결과지의 직경을 제외한 모든 항목들과 상관계수는 작지만 고도의 유의성을 나타냈다. 특히 총수확량은 수관면적 1m²당 수확량과의 상관계수가 0.7243으로 가장 높은 정의 상관관계를 나타내었으며, 또한 수관면적과도 높은 상관관계를 보여 수관면적이 커질수록 총수확량이 증가함을 알 수 있었다. 입중은 다른 모든 항목들과의 유의적인 상관관계가 인정되었으며, 특히 특대비율과의 상관계수가 0.7481로 가장 높았다. 특대비율은 대비율과 상관계수가 -0.9453으로 가장 높은 부의 상관관계를 나타내어 저수고 수형조절 효과로 과실의 특대비율이 증가하게 되면 반대로 대비율이 감소함을 알 수 있었다. 한편, 특대비율에 대한 대비율의 상관계수 절댓값이 0.9 이상으로 나타나 다중회귀분석시 over fitting 될 수가 있어 분석 시 대비율의 항목을 제외시키는 것이 타당하였다.

표 1-10. 저수고 처리시 수체생장, 과실품질 및 수확량간 단순상관분석

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X2	0.5103**											
X3	-0.0292	0.1813**										
X4	0.1299**	0.4113**	0.0818*									
X5	0.3571**	0.4497**	-0.1266**	-0.0212								
X6	0.0117	0.1496**	0.1636**	0.0517	0.1479**							
X7	0.1396**	0.5868**	0.1327**	0.0203	0.5913**	0.3379**						
X8	-0.1952**	0.0423	0.1538**	0.1400**	-0.0299	0.1350**	0.0871*					
X9	-0.2445**	-0.0503	0.1494**	0.1343**	-0.1477**	-0.1288**	0.0430	0.1796**				
X10	-0.2846**	0.0276	0.2052**	0.2075**	-0.0784*	0.0214	0.1109**	0.7887**	0.7243**			
X11	0.1142**	0.3623**	0.2722**	-0.0582*	0.2260**	0.2874**	0.3436**	0.0668*	-0.3623**	-0.1583**		
X12	0.2063**	0.3052**	0.2316**	-0.1208**	0.1877**	0.2268**	0.2751**	-0.0593*	-0.2511**	-0.2346**	0.7481**	
X13	-0.2138**	-0.2799**	-0.2018**	0.1356**	-0.1760**	-0.2166**	-0.2462**	-0.0384	0.2969**	0.1994**	-0.6431**	-0.9453**

X1-X4: total length, basal diameter, number of burr and number of fruiting branch of fruiting mother branch, respectively. X5-X7: total length, number of burr and basal diameter of fruiting branch, respectively. X8: area of crown, X9: yield per 1m² in area of crown, X10: total yield, X11: average of nut weight, X12-X13: rate of extra large and large, respectively.

*, ** : significance at 0.05% and 0.01% level, respectively.

수형조절이 수체생장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 결과모지와 결과지 생장 특성을 대상으로 다변량 분산분석을 실시한 결과 수형조절 처리 및 품종간 모두 고도의 유의성을 나타내어 수형조절은 물론 품종간에도 결과모지와 결과지 생장특성에 있어 차이를 인정할 수 있었다.

다중회귀분석을 실시한 결과, 저수고 처리시 수관면적 1m²당 수확량은 총수확량

과 수관면적의 R^2 가 각각 0.5242, 0.4060로 나타나 설명력이 가장 높은 변수로 나타났으며(표 1-11)결과지의 총길이와 입중도 1% 유의수준에서 다소 기여하는 것으로 나타났다. 이는 저수고처리에 따라 수관이 소개되면서 수광량 및 유효수관면적이 증가됨에 따라 생육상태가 양호해져 처리 당년 발생하는 결과지 개수 및 과실입중이 증가되어 결국 수관의 단위면적당 수확량에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 반면 무처리의 경우, 수관면적 1m²당 수확량은 저수고처리와 유사하게 총수확량의 R^2 가 0.7849로 설명력이 가장 높은 변수이었으며, 수관면적, 평균입중, 대비율, 결과지당 구과수 순으로 설명력이 높게 나타났다.

표 1-11. 수관면적 1m²당 수확량에 영향을 미치는 요인

Step	Variable Entered ^a	Variable Removed	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F	Pr >F
1	X9	-	0.5242	0.5242	10429.7	1245.81	<.0001
2	X8	-	0.4060	0.9301	569.8	6567.84	<.0001
3	X5	-	0.0034	0.9335	489.7	57.41	<.0001
4	X11	-	0.0039	0.9374	397.2	70.06	<.0001
5	X10	-	0.0152	0.9526	31.0	360.20	<.0001
6	X4	-	0.0010	0.9535	9.9	23.10	<.0001
7	X3	-	0.0001	0.9536	9.4	2.48	0.1159

^a X1-X4: total length, basal diameter, number of burr and number of fruiting branch of fruiting mother branch, respectively. X5-X7: total length, number of burr and basal diameter of fruiting branch, respectively. X8: area of crown, X9: total yield, X10: average of nut weight, X11-X12: rate of extra large and large nut, respectively. Y(Dependant variable): yield per 1m² in area of crown.

총수확량은 저수고 처리시 수관면적과 수관면적 1m²당 수확량의 R^2 가 0.6227, 0.3501로 나타나 총수확량에 가장 크게 기여하는 것으로 조사되었다(표 1-12). 즉, 총수확량은 수관면적과 가장 밀접한 관계를 갖고 있으며, 특대비율 및 평균 입중과 결과지의 총길이 순으로 총수확량에 기여하는 것으로 조사되었다. 또한 표 1-12에서와 같이 결과모지의 길이보다 결과지의 길이가 총수확량에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 이는 앞서 언급한 수관면적 및 수관의 단위면적당 수확량이 총수확량과 밀접한 관계가 있으므로 적절한 정지전정을 통한 수형조절로 일정한 수관면적을 확보함과 동시에 수관내부의 구성을 변화시켜 수광량을 높임으로서 수확량이 증가됨을 확인할 수 있었다.

입중은 저수고 처리시 특대비율의 R^2 가 0.5598로 가장 크게 기여하였으며 수관면적, 총수확량, 수관면적 1m²당 수확량 순으로 기여하는 것으로 나타났다(표 1-13). 그 밖에 결과모지당 착구수와 결과모지의 길이, 기부직경 및 결과지의 기부직경 등도 평균 입중에 다소 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

표 1-12. 총수확량에 영향을 미치는 요인

Step	Variable Entered	Variable Removed	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F	Pr >F
1	X8^a	-	0.6227	0.6227	22090.7	1866.62	<.0001
2	X9	-	0.3501	0.9728	549.2	14523.4	<.0001
3	X11	-	0.0020	0.9747	429.2	88.63	<.0001
4	X10	-	0.0051	0.9799	115.3	287.77	<.0001
5	X4	-	0.0010	0.9808	58.1	56.54	<.0001
6	X4	-	0.0006	0.9814	25.6	33.96	<.0001
7	X3	-	0.0002	0.9816	14.1	13.39	0.0003
8	X1	-	0.0001	0.9817	12.0	4.09	0.0433
9	X2	-	0.0001	0.9818	8.1	5.99	0.0145

^a X1-X8: see Table 1- , X9: yield per 1m² in area of crown, X10: average of nut weight, X11-X12: rate of extra large and large nut, respectively. Y(Dependant variable): total yield.

표 1-13. 평균 입중에 영향을 미치는 요인

Step	Variable Entered	Variable Removed	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F	Pr >F
1	X11^a	-	0.5598	0.5598	622.0	1438.07	<.0001
2	X9	-	0.0328	0.5925	493.7	90.89	<.0001
3	X10	-	0.0422	0.6347	327.9	130.34	<.0001
4	X8	-	0.0573	0.6920	102.1	209.79	<.0001
5	X3	-	0.0071	0.6991	75.7	26.72	<.0001
6	X7	-	0.0071	0.7062	49.4	27.25	<.0001
7	X1	-	0.0052	0.7114	30.8	20.23	<.0001
8	X2	-	0.0040	0.7154	16.8	15.89	<.0001
9	X4	-	0.0014	0.7169	13.1	5.68	0.0174
10	X6	-	0.0010	0.7178	11.3	3.84	0.0503
11		X7	0.0004	0.7175	10.7	1.43	0.2316

^a X1-X8: see Table 1- , X9: yield per 1m² in area of crown, X10: total yield, X11-X12: rate of extra large and large nut, respectively. Y(Dependant variable): average of nut weight.

과실의 특대비율은 입중의 R² 가 0.5598로 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다으며, 수체생장을 나타내는 결과모지의 길이와 결과지 개수도 특대비율에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다(표 1-14). 특대비율은 과실의 외부크기로 판단하지만 실질적으로 입중과도 밀접한 관계가 있어 입중을 설명하는 가장 유의미한 변수로 작용하였다.

표 1-14. 특대비율에 영향을 미치는 요인

Step	Variable Entered	Variable Removed	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F	Pr >F
1	X11 ^a	-	0.5598	0.5598	515.3	1438.07	<.0001
2	X1	-	0.0149	0.5746	461.7	39.55	<.0001
3	X4	-	0.0092	0.5838	429.5	24.84	<.0001
4	X8	-	0.0050	0.5888	412.9	13.66	<.0001
5	X9	-	0.0062	0.5950	391.8	17.24	<.0001
6	X10	-	0.0984	0.6934	26.3	361.21	<.0001
7	X1	-	0.0025	0.6958	19.0	9.23	<.0001
8	X2	-	0.0018	0.6977	14.2	6.83	<.0001
9	X4	-	0.0014	0.6991	10.8	5.38	0.0174
10	X6	-	0.0007	0.6999	10.0	2.73	0.0503

^a X1-X8: see Table 1., X9: yield per 1m² in area of crown, X10: total yield, X11: average of nut weight, X12: rate of large nut. Y(Dependant variable): rate of extral large nut.

4) 제해 경감 효과

가) 생리낙과

태풍피해를 받지 않은 공주 및 부여 2지역에서 품종별로 생리낙과율을 조사한 결과 공주지역의 저수고처리 단택 품종은 18.7%로 무처리의 36.4%보다 낮았으며, 부여 지역 저수고처리의 유마 품종도 28.9%로 무처리의 42.9%에 비해 역시 낮았다. 저수고처리시 이러한 생리낙과율의 감소는 수형조절과정에서 정지전정을 통하여 결과모지의 수를 제한함으로써 수체내 저장된 양분을 적절히 이용하는데 기인하는 것으로 나타났다(그림 1-9).

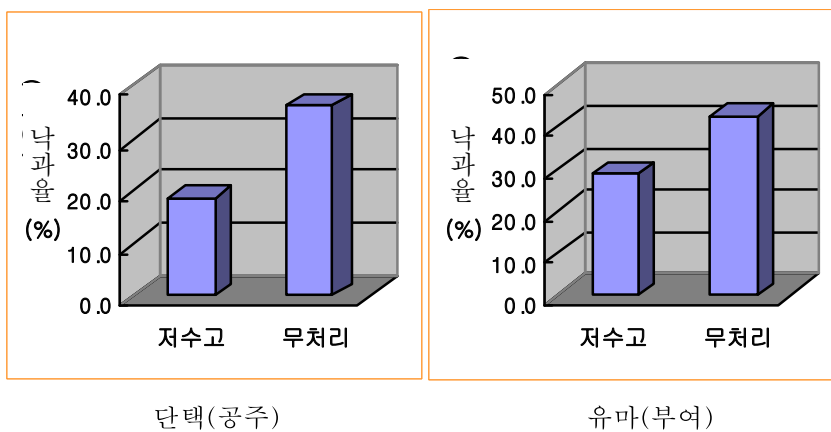


그림 1-9. 수형조절 처리별 생리낙과율

나) 밤나무혹벌 피해

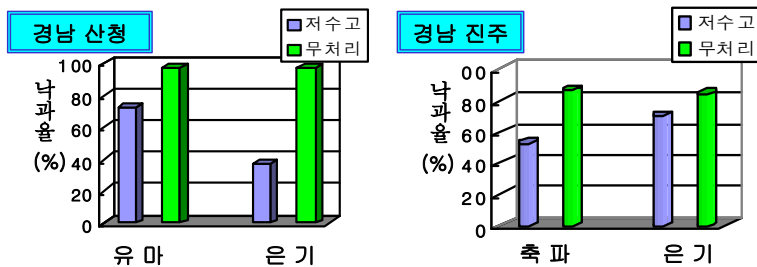
밤나무혹벌 피해가 심한 진주시범지에서 수형조절 처리별 결과지에 대한 밤나무 혹벌 피해를 조사한 결과 단택 품종에서는 저수고처리와 무처리간 혹벌피해율에 큰 차이가 없으나 축파 품종에서는 저수고 처리가 무처리보다 피해율이 낮은 것으로 나타났다.

표 1-15. 수형조절에 따른 결과지 혹벌피해율

품종	처리	피해율(%)
축파	저수고	16.3±26.4
	무처리	39.0±41.8
단택	저수고	45.2±36.2
	무처리	37.9±43.7
평균	저수고	30.8
	무처리	38.5

다) 바람피해

2003년 경남 산청 및 진주시범지에서 남부지방을 강타한 태풍 '매미'에 의한 바람 피해로 나무가 넘어지는 풍도피해 및 가지가 부러지는 풍절피해를 조사한 결과 저수고처리목에서는 수고가 낮아 그 피해가 극히 경미하였으나 무처리목에서는 큰 피해를 보였다.



풍도피해(산청)



풍절피해(진주)

그림 1-10. 태풍(매미, 2003년도)에 의한 낙과 및 풍도·풍절피해

바람에 의한 낙과피해 역시 경남 산청시범지의 경우 유마품종에 있어 저수고처리 목의 낙과율이 72.3%로 무처리목의 97.0%에 비해 낮았으며, 은기품종도 저수고처리가 36.7%로 무처리의 97.0%에 비해 훨씬 낮았다. 진주시범지의 축과나 은기품종도 산청시범지와 유사한 경향을 나타내어 저수고 수형조절이 바람에 의한 낙과피해를 줄일 수 있었다(그림 1-10).

2. 밤 주산지 지역별 최적 재배품종 개발

밤나무는 입지환경에 적응력이 높은 수종으로 해안이나 일부 고산지역을 제외하고는 우리나라 전역에서 재배가 가능하나 입지환경에 따라 품종특성의 발현이 달라질 수 있으므로 과거의 조방재배와는 달리 상업적인 경영목적으로 집약재배를 하기 위해서는 입지환경에 적합한 품종선택이 우선되어야 품질 및 생산성 향상으로 큰 소득을 올릴 수 있다. 특히 과실형질을 포함한 품종별 재배 제 특성은 생산성, 상품성, 가공수율 등과 직접적인 관계가 있고 또한 재배의 안정성을 높이는데 매우 중요한 사항이므로 새로 밤나무림을 조성하거나 기존의 밤나무를 품종갱신 하고자 할 때에는 품종의 여러 가지 특성을 고려하여 품종 선택에 신중을 기하여야 한다. 과신품질과 직접적으로 관련된 과육의 당도, 경도, 내피박피성 등 과실특성은 이용적 측면에서 볼 때 생식용, 군밤용 등 소비유형과도 직결되는 문제다.

따라서 본 연구의 목적은 현재 재배되고 있는 주요 품종 및 국립산림과학원에서 육성된 신품종, 그리고 민간에서 육성되어 일부 재배가 되고 있는 지방품종을 대상으로 생장특성, 개화결실, 과실형질, 밤나무혹벌 저항성 등 밤 생산과 직간접적으로 관련된 여러 가지 특성조사를 통하여 주산지별로 최적재배품종을 선발하는데 있다.

가. 시험검정림 조성

현재 우리나라에서 재배되고 있는 주요 품종으로는 국내에서 육성된 옥광, 대보, 광은, 이대, 은산 등과 일본에서 도입된 단택, 축과, 이평, 은기, 석추, 병고57 등이 있다. 그러나 이 중 몇몇 품종은 내한성이나 밤나무혹벌에 대한 저항성이 약하여 일부 밤 주산지에 국한되어 식재되어 있으며, 민간에서 개인육종가가 개발한 지방품종들은 기존 품종과는 달리 생장특성, 과실형질 및 수확량 등 재배 제특성이 미 검정된 채로 유통되고 재배되는 실정이라 재배안정성에 적신호를 던져주고 있다.

따라서 본 연구는 밤 주산지에서 재배하기에 적합한 최적 품종을 선발하기 위하여 2002-2003년 충북 충주 등 전국 7개 지역에 현재 재배품종 및 재배가 유망시 되는 신품종, 그리고 지방품종 등 30품종을 대상으로 검목묘를 양성하여 표 1-16과 같이 시험림을 조성하였으며, 그 내역은 표 1-17에 나타난 바와 같다.

품종별 재배 제 특성을 조사하기 위하여 국립산림과학원 밤나무 품종보존원(경기

표 1-16. 지역별 최적 재배품종 선발 김정립 조성내역

지역	조성 년도	소재지	면적 (ha)	품종수	소유주
충북 충주	2003	충북 충주 소태북단리 산 163-1	0.2	30	김의중
충남 부여	2002	충남 부여 충화 오덕리 산 1-1	0.2	30	이건훈
청양	2003	충남 청양 청양 청수리 산 80	0.2	30	김천호
전남 광양	2002	전남 광양 옥곡 수평리 산 5	0.2	30	조봉구
순천	2003	전남 순천 외서 장산리 산 79	0.2	30	박명규
경남 산청	2003	경남 산청 단성 오방리 산 82	0.5	30	권영복
합천	2002	경남 합천 삼가 문송리 493	0.2	29	이길영

표 1-17. 지역별 최적 재배품종 선발 김정립 품종 내역

구분	품종명	비고
국내 육성품종 (11품종)	광은 광주조율 대보 산대 상림 순성 옥광 은산 이대 주옥 평기	1988년 임목육종연구소(현 국립산림과학원)에서 개발 1965년 임업시험장(현 국립산림과학원)에서 개발 1998년 임목육종연구소(현 국립산림과학원)에서 개발 1965년 임업시험장(현 국립산림과학원)에서 개발 " 1988년 임목육종연구소(현 국립산림과학원)에서 개발 1965년 임업시험장(현 국립산림과학원)에서 개발 1988년 임목육종연구소(현 국립산림과학원)에서 개발 " " "
일본 도입품종 (9품종)	국견 단택 석추 유마 은기 이취 이평 창방감율 축과	1981년 일본 원예시험장에서 개발 1959년 일본 원예시험장에서 개발 1968년 일본 원예시험장에서 개발 자연실생묘에서 선발 1802년 자연실생묘에서 선발 1959년 일본 원예시험장에서 개발 1950년 중국밤과 일본밤 자연실생묘에서 선발 일본 육성품종 (비공식 도입) 1959년 일본 원예시험장에서 개발
지방 품종 (10품종)	공주1호 광덕 덕명 만성 부림 세일 신옥광 신이평 유마변이 축과변이	충남 논산 김지현씨 선발 충남 공주 김만태씨 선발 충남 유성 송희열씨 선발 충남 공주 김만태씨 선발 충남 부여 이건훈씨 선발 충북 충주 이낙백씨 선발 " " 충남 부여 이건훈씨 선발 충남 부여 이건훈씨 선발

도 화성시 매송면 어천리)에 조성되어 정지전정, 시비 등에 있어 집약적으로 관리되고 있는 7-9년생 광은 등 주요 재배품종을 본 조사에 이용하였다. 이 중 품종보존원에 보존되어 있지 않은 광덕 등 10개 지방품종들은 2002년 봄 10년 이상된 대목에 갱신고접하였으며, 정상적인 성장과 결실이 이루어진 2004-2005년 2년에 걸쳐 외부 형태적 특성, 개화결실 및 과실형질 등을 조사하였다.

표 1-18. 품종별 동아 및 휴면지 특성

품종	동아							휴면지				
	형태			털				형태		털		
	길이/폭	모양	색	유무	종류	위치	밀도	색	피복형태	유무	종류	밀도
공주1호	0.84	등근오각	흑적	무				적갈	종타+원	무		
광덕	0.90	등근오각	흑적	유	단모	상	소	황갈	종타+원	무		
광은	0.90	등근오각	적갈	유	성모	상	중	적황갈	종타+원	무		
국견	1.20	오각	흑적	유	단모	상	중	적갈	종타+원	무		
단택	1.00	등근오각	흑적	유	단모	상	소	적갈	종타+원	무		
대보	1.20	오각	흑적	유	성모	중상	밀	황갈	종타+원	유	단모	중
덕명	0.80	등근오각	적갈	유	단모	상	소	적갈	종타+원	무		
만성	0.94	오각	적갈	유	단모	상	중	적갈	종타+원	무		
부림	1.05	오각	흑적	유	단모	중상	소	황갈	종타+원	무		
산대	1.20	오각	흑적	유	성모	중상	밀	황갈	종타+원	유	성모	소
상림	1.20	등근오각	적갈	유	단모	상	소	황갈	종타+원	무		
석추	1.20	오각	적황갈	유	단모	상	소	황갈	종타+원	무		
세일	0.99	오각	흑적	유	단모	중상	소	황갈	원형	무		
순성	1.20	오각	흑적	유	단모	상	중	적갈	원형	무		
신옥광	0.91	오각	흑적	유	단모	중상	소	황갈	원형	무		
신이평	0.93	오각	흑적	유	단모	상	밀	황갈	원형	무		
옥광	1.20	등근오각	흑적	유	단모	상	밀	황적갈	종타+원	무		
유마	1.00	등근오각	흑적	유	단모	상	중	황적갈	종타+원	무		
유마변이	1.04	오각	흑적	유	단모	중상	중	황갈	종타+원	무		
은기	1.10	오각	흑적	유	단모	상	중	적갈	종타+원	무		
은산	1.10	오각	흑적	유	단모	상	중	적갈	원형	무		
이대	1.40	오각	흑적	유	단모	상	밀	황갈	원형	무		
이취	1.20	오각	적갈	유	단모			황적갈	원형	무		
이평	1.00	삼각	흑적	유	성모	전체	밀	회백	원형	유	성모	밀
주옥	1.20	등근오각	흑적	유	단모	중상	중	황갈	종타+원	무		
창방감울	0.84	등근오각	흑적	유	단모	상	밀	회백	횡타+원	무		
축과	1.20	오각	흑적	유	단모	중상	중	적회갈	종타+원	무		
축과변이	1.03	오각	흑적	유	단모	하	중	적갈	종타+원	무		
출운	1.20	오각	흑적	유	단모	상	중	적갈	종타+원	무		
평기	1.10	오각	흑황	유	성모	전체	중	황갈	원형	유	성모	소

나. 품종별 재배 제 특성

1) 동아, 휴면지 및 엽특성

가) 동아 및 휴면지 특성

지역별 최적 재배품종 선발을 위하여 단택 등 30품종을 대상으로 품종식별을 위한 기초자료를 확보하고자 동아 및 휴면지의 특성을 조사한 결과는 표 1-18에 나타난 바와 같다.

동아특성에 있어 동아 끝부분의 형태는 대부분 오각형 내지 둥근오각형이었으며, 길이/폭 비율에 있어 공주1호, 광덕, 광은, 덕명, 창방감울 등은 0.90 이하로 작아 납작한 형태를 지니는 반면에 이대품종은 1.40으로 가장 높아 길쭉한 형태를 나타내었다. 공주1호를 제외하고는 모든 품종에 있어 동아표면에 털이 나 있었으며, 광은, 대보, 산대, 이평, 평기품종은 성모가 존재하는 것으로 관찰되었고 털의 밀도는 품종에 따라 다르게 나타났다.

휴면지상에 털의 유무를 조사한 결과 대보, 산대, 이평, 평기품종은 동아에서와 마찬가지로 단모 혹은 성모가 존재하는 것으로 나타났다. 일반적으로 일본밤(*Castanea crenata*) 계통은 동아 및 휴면지상에 털이 거의 없거나 간혹 단모가 나타나는데 반해 중국밤(*C. mollissima*) 계통은 성모가 밀생한다(구교상 등, 2001). 일본밤과 중국밤과의 인공 중간교잡으로 생겨난 대보, 이평, 평기품종은 중국밤의 특성을 이어받아 털이 존재하는 것으로 여겨지며, 우리나라 토종밤나무에서 선발된 산대품종도 동아 및 휴면지상에 성모가 존재하는 것으로 보아 일본밤과 중국밤의 자연교잡으로 여겨지는 약밤나무 계통에 속하는 것으로 사료된다.

나) 엽특성

표 1-19는 품종별로 엽특성을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 엽기부 형태는 대부분의 품종에서 심장저와 둔저가 혼재하는 것으로 조사되었는데, 4-5월에 자란 잎의 엽저는 심장저의 형태를 보이나 6월 중순 이후 2차 성장한 줄기의 잎에서는 둔저의 형태가 우세하게 나타났다. 엽거치 형태는 대개 치아형이었으나 광덕 등 몇몇 품종은 거치가 얇고 작은 미철형으로 나타났다. 엽맥수에 있어서는 공주1호와 대보가 16.9개로 가장 적었으며, 광은과 출운이 24.8개로 가장 많아 품종에 따라 심한 변이를 확인할 수 있었다.

잎이 안쪽으로 말리는 엽말림 특성은 수관외부의 햇볕을 많이 받는 양엽에서 주로 관찰되는데, 토양내 수분함량에 따른 수분스트레스와는 무관하게 유전적인 소질에 좌우된다. 광은, 신옥광, 신이평을 제외한 모든 품종에서 정도의 차이는 있으나 엽말림 현상이 관찰되었으며, 특히 은기품종은 심하게 잎이 말리는 특성을 보여주어 타 품종과는 뚜렷하게 구분되므로 품종식별의 중요한 특성이 될 수 있었다.

표 1-19. 품종별 엽특성

품종	엽거치 형태	엽맥수	엽말림	성엽 길이 (cm)	성엽 폭 (cm)	성엽 길이/폭	유엽 착색	엽병 길이 (cm)	엽길이/엽병길이
공주1호	치아	16.9	중	16.3	5.6	2.89	약	2.4	7.40
광덕	미철	19.8	중	15.8	4.0	3.96	무	3.1	5.15
광은	치아	24.8	무	19.3	4.6	4.25	약	2.2	8.78
광주조울	치아	21.7	중	15.0	3.6	4.19	심	2.1	7.24
국견	미철	20.5	중	12.9	3.5	3.67	약	2.3	5.73
단택	미철	20.4	약	13.8	3.6	3.87	무	2.6	5.41
대보	치아	16.9	약	20.3	6.5	3.14	약	2.3	8.99
덕명	치아	20.2	중	15.3	4.3	3.58	무	2.2	6.97
만성	치아	21.5	약	13.5	4.3	3.19	약	1.8	7.76
부림	미철	22.0	중	13.3	3.6	3.69	무	2.0	7.64
산대	치아	24.4	약	25.7	5.8	4.40	약	2.2	11.70
상림	치아	20.6	중	22.2	5.4	4.10	무	2.4	9.20
석주	미철	20.4	중	16.4	4.5	3.66	약	2.7	6.20
세일	치아	21.4	약	18.6	5.1	3.65	약	1.9	10.30
순성	치아	20.9	강	21.7	5.7	3.80	무	2.4	9.10
신옥광	치아	20.2	무	17.3	5.7	3.04	약	2.3	7.76
신이평	미철	19.0	무	19.0	6.6	2.92	약	2.9	7.05
옥광	미철	21.7	약	22.2	5.8	3.90	심	2.4	9.20
유마	치아	23.5	중	19.2	4.5	4.24	약	2.4	8.10
유마변이	치아	23.6	약	18.0	5.3	3.40	무	2.6	7.05
은기	치아	23.5	강	17.5	4.4	3.99	무	2.7	6.43
은산	치아	22.3	약	19.4	4.5	4.30	약	2.5	7.75
이대	미철	22.8	약	15.0	3.7	4.14	무	1.9	7.98
이취	치아	19.9	중	13.9	4.2	3.36	무	2.3	6.10
이평	치아	19.8	중	26.5	7.7	3.40	심	2.9	9.10
주옥	미철	21.1	약	16.1	4.4	3.66	약	2.3	7.11
창방감울	치아	18.7	중	15.3	5.8	2.65	약	1.9	8.22
축파	미철	20.4	중	17.7	4.1	4.34	심	2.7	6.57
축파변이	미철	20.4	약	18.5	4.2	4.46	무	2.6	7.27
출운	치아	24.8	약	19.4	4.2	4.62	무	2.1	9.20
평기	치아	23.7	약	22.0	5.6	3.92	심	2.5	8.95

성엽의 길이/폭 비율의 경우 출운이 4.62로 가장 높았으며, 창방감울이 2.65로 가장 낮았다. 일본밤나무 잎의 형태는 대체로 엽폭이 좁은 피침형인데 반해 중국밤나무는 잎이 크고 타원형으로 엽폭이 넓다. 전형적인 일본밤나무 계통인 유마, 축파, 출운 등이 4.0 이상으로 높고 중국밤나무와의 중간잡종인 대보, 창방감울 등이 낮게 조사된 것으로 보아 이를 뒷받침한다고 볼 수 있다. 어린잎의 끝부분이 안토시아닌

색소의 착색으로 붉은색을 띠는 유엽착색 현상은 대부분의 품종이 없거나 있어도 약한 반면, 광주조율, 옥광, 이평, 축과 및 평기품종은 유엽착색이 뚜렷한 것으로 나타나 품종구분의 중요한 특성이 될 수 있었다. 엽병길이에서는 만성이 1.8cm로 가장 짧았으며, 광덕이 3.1cm로 가장 길었다.

2) 개화 및 결실특성

품종별 개화 및 결실특성은 표 1-20에 나타난 바와 같다. 자·응화의 개화 만개 시기는 품종에 따라 달랐으며, 대부분의 품종에 있어 자화가 응화보다 빨리 개화하는 경향을 나타내었다. 응화만개일은 출윤이 6월 13일로 가장 빨랐으며, 대보, 만성, 유마가 6월 23일로 가장 늦었고, 자화만개일은 석추가 6월 9일로 가장 빨랐으며 만성이 6월 22일로 가장 늦게 개화하였다.

밤나무는 대부분의 과수와 마찬가지로 타가수분을 하며, 자가수정시 결실율이 크게 떨어진다. 따라서 본 연구에서 나타난 주요품종의 개화기 자료는 밤나무 재배지 신규 조성시 개화기가 일치하는 적정 화분수의 선정에 참고가 될 수 있을 것으로 생각된다. 일반적으로 개엽시기나 개화시기, 성숙기 등은 당년의 기후인자의 영향을 많이 받는다. Goulão 등(2001)은 포르투갈에서 재배되고 있는 유럽밤 6품종을 대상으로 5년간 나무의 성장과 밀접한 관계가 있는 강수량, 적산온도 등 기후인자와 엽형태, 개화특성 및 과실의 크기 등 형태적인 특성간에 다변량 및 회귀분석을 실시한 결과 성장 당년의 기상조건에 따라 변이가 나타나는 phenetic variation을 보고한 바 있어 품종고유의 형태적 특성을 파악하기 위해서는 반복적인 조사가 필요한 것으로 사료되었다.

밤나무 품종별 개화량에 있어 결과지당 응화수량은 5.1~16.2개로 변이가 많았는데, 신옥광이 5.1개로 가장 적었고 이평이 16.2개로 가장 많았다. 응화수 길이는 광주조율이 9.4cm로 가장 짧았고 창방감율이 21.8cm로 가장 길었다. 결과지당 자화수량은 석추가 2.24개로 가장 많았고 광덕이 1.22개로 가장 적었다. 일반적으로 결과지에 달리는 자화는 대자화수 상에 대개 1~3개 정도 착생되는데, 표 1-13에서 보는 바와 같이 결과지당 달리는 자화수량은 품종마다 변이가 심한 것으로 나타났다.

밤나무의 수확량은 결과모지당 발생하는 결과지의 수 및 결과지당 자화수량에 주로 좌우되나 최종적으로는 결과모지당 구과수량에 크게 영향을 받는다. 왜냐하면 자화가 수분이 이루어진 후 착과된 어린 구과가 수확이 가능한 완숙구과로 성장하는 과정에서 수정이 제대로 되지 않았거나 유전적, 생리적인 이유로 낙과현상이 발생하기 때문이다. 품종별로 결과모지당 구과수량을 조사한 결과 풍산성 품종인 석추가 5.8개로 가장 많았고 이대가 1.7개로 가장 적었다. 우리나라 주요 재배품종 중 풍산성 품종으로 알려진 축과와 이취가 각각 4.9개, 4.3개로 높았으며, 수확량이 다소 적은 품종으로 알려진 옥광은 2.5개로 비교적 낮게 나타나 결과모지당 구과수량이 수확량과 직접적으로 관련이 있음을 알 수 있다.

표 1-20. 품종별 개화 및 결실특성

품종	응화만개일	자화만개일	응화수 길이(cm)	결과지당 응화수량	결과지당 자화수량	결과모지당 구과수량
공주1호	6. 19	6. 17	17.71	9.90	1.27	2.5
광덕	6. 19	6. 16	17.02	9.00	1.22	2.6
광은	6. 21	6. 21	21.05	7.32	1.28	2.1
광주조울	6. 17	6. 14	9.42	8.80	1.53	3.3
국견	6. 18	6. 15	13.03	8.67	1.53	3.7
단택	6. 19	6. 14	13.24	8.45	1.36	3.8
대보	6. 23	6. 16	14.67	8.18	1.78	3.5
덕명	6. 17	6. 16	16.17	10.40	1.23	2.3
만성	6. 23	6. 22	17.71	-	-	1.9
부립	6. 18	6. 16	-	-	-	3.0
산대	6. 20	6. 18	18.57	8.70	1.78	2.9
상림	6. 20	6. 18	14.72	8.97	1.29	1.8
석추	6. 14	6. 09	15.77	8.03	2.24	5.8
세일	6. 20	6. 17	17.70	10.20	1.81	4.3
순성	6. 15	6. 15	15.83	8.90	1.53	3.0
신옥광	6. 19	6. 20	16.95	5.10	1.80	-
신이평	6. 19	6. 18	20.08	11.20	1.72	3.9
옥광	6. 20	6. 18	13.64	10.67	1.34	2.5
유마	6. 23	6. 16	15.94	9.70	1.33	2.6
유마변이	6. 18	6. 16	20.78	9.30	1.76	4.6
은기	6. 18	6. 16	13.33	8.82	1.45	2.6
은산	6. 20	6. 18	19.35	8.78	1.25	2.0
이대	6. 22	6. 17	11.68	9.14	1.31	1.7
이취	6. 18	6. 20	9.89	7.88	1.83	4.3
이평	6. 21	6. 18	16.13	16.17	1.51	3.4
주옥	6. 19	6. 17	13.09	8.43	1.55	3.8
창방감울	6. 22	6. 18	21.75	11.85	2.12	5.3
축과	6. 18	6. 14	17.58	9.88	1.60	4.9
축과변이	6. 20	6. 18	14.18	9.55	1.62	2.9
출운	6. 13	6. 10	19.88	8.85	2.19	4.2
평기	6. 19	6. 19	18.74	9.38	1.74	4.0

결과모지당 구과수량의 차이는 품종고유의 유전적인 소질에도 좌우될 수도 있겠지만 수체의 영양상태와 葉果比 등 생리적인 요인에도 또한 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Westwood, 1993; 고광출 등, 1999). 품종에 따라서는 해걸이 현상(격년결실)이 나타나기도 하는데 이는 구과가 예년보다 많이 착생된 해에는 수체의 영양상태가 부실하게 되어 이듬해 자화수량이 줄어들거나 구과가 착생되더라도 낙과현상으

로 이어서 결국 결과모지당 구과수량은 떨어지게 된다. Famiani 등(2000)은 유럽밤 품종인 Santa Restituta를 대상으로 엽과비를 조사한 바, 정상적인 과실발육을 위해서는 구과당 최소한 10장의 양엽(陽葉, sun leaf)이 필요하다고 보고한 바 있어 위의 사실을 뒷받침해 준다.

표 1-21. 품종별 성숙시기, 구과 낙과특성, 함과수 및 과형

품종명	성숙 최성기	구과 낙과특성	함과수	과 형
광은	9.18	밤알	2.1	삼각형
광주조울	9.14	밤알	-	삼각형
국건	9.11	송이	2.2	원형
단택	9.02	밤알+송이	2.2	삼각형
대보	9.28	밤알	1.9	삼각형
만성	10.10	밤알+송이	2.2	삼각형
산대	9.30	밤알+송이	1.8	장타원형
상립	9.29	밤알+송이	2.3	타원형
석추	9.28	밤알+송이	2.0	타원형
순성	9.27	밤알+송이	1.8	삼각형
옥광	9.24	밤알	1.7	원형
유마	9.22	밤알+송이	2.2	원형
은기	9.28	밤알+송이	2.3	장타원형
은산	9.29	밤알+송이	2.3	타원형
이대	9.25	밤알	2.1	타원형
이취	9.12	송이	2.1	삼각형
이평	9.21	밤알+송이	1.9	타원형
주옥	9.12	밤알	2.2	원형
축과	9.18	송이	2.4	삼각형
평기	9.25	송이	2.0	삼각형

주요 재배품종에 대해 과실성숙 최성기 및 구과 낙과특성 등을 조사한 결과 품종간에 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다(표 1-21). 밤 과실이 성숙하여 떨어지는 낙과형태에 있어서 대보, 옥광 등은 밤송이에서 밤알이 분리되어 알밤형태로 떨어지나, 국건, 이취, 축과 품종은 대부분 밤알이 분리되지 않고 밤송이에 들어있는 상태에서 밤송이 채로 떨어지는 특성을 보여주었으며 그 외에 유마, 석추 등 나머지 품종들은 이들의 혼합형태인 밤알과 밤송이가 함께 낙과되는 특성을 나타내었다. 밤의 낙과형태는 수확당시의 강수량 등 밤나무 수체의 수분생리에 따라서도 어느 정도 영향을 받을 것으로 생각되나 표 1-21에서 나타난 바와 같이 품종간에 낙과형태가 뚜렷하게

차이가 나타남을 볼 때 유전적인 영향을 많이 받음을 인정할 수 있었다. 앞서 언급한 바와 같이 밤알로 떨어지는 type은 수확시 밤송이로부터 밤알을 분리하여야 하는 수고를 덜 수가 있어 수확시 인건비를 절감할 수 있는 이점이 있으며, 또한 알밤형태로 자연낙과한 과실은 광택과 외관이 우수하고 미숙과가 섞일 염려가 없는 등 과실품질이 우수하기 때문에 저장시 유리할 것으로 판단된다.

국립산림과학원 밤나무 품종보존원에 식재된 주요 재배품종을 대상으로 과실품질에 직접적인 영향을 미치며 상품성을 좌우하는 입중, 당도, 과실경도, 열과율 및 다배율을 2002-2004년 3년간 조사한 결과 품종간에 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었으며, 동일품종에서도 조사년도에 따라 차이가 있었다(표 1-22, 1-23). 이러한 차이는 당해연도의 온도, 강수량, 과실비대기의 일조량 등 환경인자 뿐만 아니라 결실정도 등 수체의 생리상태에도 기인하는 것으로 여겨진다. 입중의 경우 2003년에는 과실비대기인 8월과 9월에 강수량이 많고 일조량이 적어 전반적으로 예년에 비해 과실이 작은 경향을 보였으나 2004년에는 8~9월에 충분한 강수량과 일조량으로 대부분의 품종이 예년보다 입중이 증가하였지만 이취의 경우 과다결실로 평년에 비해 과실이 작았다.

수확직후의 당도에 있어서 숙기에 따른 차이는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나 품종간에는 상당한 차이를 확인할 수 있었으며, 1988년 임목육종연구소 (국립산림과학원 전신)에서 과실의 맛개량 목적으로 개발된 광은, 주옥, 이대, 은산, 평기 품종은 단택, 은기 등 일본에서 도입된 재배품종에 비해 당도가 높은 경향을 보여주었다.

과실경도, 열과율 및 다배율은 유전적인 영향을 많이 받는 것으로 나타나고 있으나 당년의 기후적 요인에 의해서도 약간의 차이는 있는 것으로 사료되며, 과실경도는 만생종이 조·중생종보다 높은 경향을 나타내었다. 열과율이 비교적 높은 것으로 알려진 단택, 이취, 옥광, 이평 품종의 2003년 열과율은 예년에 비해 낮게 나타났는데 이는 2003년 과실비대기인 8월과 9월에 강수량이 많은데 기인한 것으로 사료되며, 이러한 결과로부터 열과율은 과실비대기의 토양수분함량과 상당한 관련이 있다는 것을 간접적으로 추론할 수 있었다.

밤의 상품성을 좌우하는 전술한 입중 등 5개 주요 과실형질자료를 토대로 종합적으로 판단하건데 1998년 신품종으로 개발되어 현재 널리 보급되고 있는 대보 품종이 과실이 대립과이면서 당도 및 과실경도가 우수하고 다배율 및 열과율이 낮아 생식용 및 간밤용으로 가장 우수한 것으로 나타났다.

표 1-24는 밤 주산지를 중심으로 일부 재배되고 있는 공주1호 등 10개 지방품종의 과실특성을 나타낸 것이다. 과실 입중에 있어 신옥광을 제외한 모든 품종이 대립과의 일반적인 기준인 20g을 상회하여 대립성 품종이었으며, 광덕이 28.0g으로 가장 컸다. 당도에 있어서는 광덕이 10.4%로 가장 낮았으며, 신옥광이 15.7%로 가장 높아 감미가 우수한 것으로 나타났다. 과육경도는 세일이 10.6 kg/cm³로 가장 높아 과육이 단단하여 식미가 우수한 것으로 생각되었다. 열과율에 있어서는 신옥광과 신이평이

표 1-22. 주요 재배품종의 연차별 입중 및 당도 변화

구분		입중(g)			당도(%)*		
숙기	품종	2002	2003	2004	2002	2003	2004
조생종	국건	21.0	21.1	20.3	10.6	11.3	10.3
	단택	21.9	19.1	22.5	10.2	11.6	12.4
	이취	20.5	18.3	14.9	10.9	12.3	12.4
	주옥	17.6	14.0	15.6	10.9	13.4	12.8
	출운	23.3	21.6	25.2	9.6	11.0	10.7
중생종	광은	19.3	16.0	17.6	14.8	14.5	10.6
	대보	20.6	17.2	22.4	12.0	13.5	13.6
	옥광	15.9	14.0	19.3	12.5	10.5	10.7
	유마	17.5	15.3	18.1	12.0	10.2	12.8
	이평	22.8	14.1	21.7	11.3	12.4	12.9
	축과 평기	18.9 18.3	14.3 18.2	21.4 18.8	12.8 -	13.0 15.1	13.2 16.1
만생종	만성	23.6	21.6	21.9	13.9	-	13.5
	산대	18.4	15.2	21.3	14.1	13.7	13.4
	석추	22.0	15.8	23.4	13.3	14.7	11.6
	은기	24.7	19.7	21.7	11.5	11.4	11.7
	은산	20.6	17.8	18.0	12.5	14.3	13.9
	이대	19.4	19.4	19.6	13.0	14.8	13.0

* ; 수확직후 48시간내 조사

표 1-23. 주요재배 품종의 연차별 과육경도, 열과율 및 다배율 변화

구분		경도(kg/cm ²)			열과율(%)			다배율(%)		
숙기	품종	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
조생종	국건	6.3	7.1	8.3	0.0	0.4	0.5	2.2	2.7	3.2
	단택	7.1	8.0	8.2	6.6	1.0	10.6	5.2	2.2	3.0
	이취	8.2	8.4	8.3	18.1	7.7	5.4	1.1	2.9	5.2
	주옥	9.2	9.2	10.3	13.9	26.2	15.5	5.0	0.0	2.0
	출운	8.6	7.0	8.4	2.9	0.0	5.0	2.2	1.3	3.1
중생종	광은	9.2	9.8	8.5	2.9	5.4	2.0	0.0	5.0	2.2
	대보	10.5	10.2	10.1	5.7	4.2	3.7	0.0	0.0	0.4
	옥광	8.2	8.0	8.8	10.6	6.8	4.3	0.0	0.0	0.5
	유마	8.6	8.1	8.4	1.3	0.7	0.1	0.0	0.6	0.0
	이평	8.1	8.5	8.8	18.6	0.6	2.8	0.0	0.0	0.6
	축과 평기	9.9 11.6	9.4 10.9	8.9 10.4	0.0 5.7	0.4 7.7	1.3 11.8	0.0 -	0.0 0.0	0.6 1.0
만생종	만성	10.9	9.3	9.6	1.8	4.6	3.7	3.0	1.3	3.1
	산대	10.4	10.4	9.2	11.8	15.4	15.0	0.0	3.5	9.3
	석추	9.3	9.2	9.2	2.9	1.5	3.3	0.0	0.0	0.5
	은기	9.0	10.0	9.2	2.9	5.2	2.5	0.8	1.4	4.6
	은산	8.1	9.8	9.9	3.3	17.3	4.9	3.8	1.4	4.7
	이대	10.3	9.9	9.9	10.8	14.4	12.1	0.0	0.0	3.1

20% 이상으로 나타나 저장시 과실외피의 갈라진 틈으로 종실탄저병 등 과실부후균의 발생을 조장할 우려가 있어 저장성 및 상품성이 떨어지는 것으로 판단되었다. 쌍밤인 다배과실의 비율은 대부분의 품종이 5% 이하로 양호한 것으로 나타났으나 부림, 유마변이, 광덕 품종은 각각 8.4%, 7.3%, 6.2%로 나타나 생식 및 가공시 불리한 것으로 나타났다.

표 1-24. 지방품종의 과실특성

품종	입중 (g)	당도 (%)	경도 (kg/cm ²)	열과율 (%)	다배율 (%)
공주1호	23.2	13.4	9.3	4.7	1.1
광덕	28.0	10.4	8.0	19.3	6.2
덕명	21.9	13.8	9.6	1.7	3.6
만성	23.0	13.9	9.9	3.8	2.5
부림	23.1	10.6	8.7	5.7	8.4
세일	20.1	12.1	10.6	15.9	5.0
신옥광	18.4	15.7	10.0	22.6	0.0
신이평	21.3	12.2	9.7	26.5	1.5
유마변이	22.6	12.0	8.5	3.2	7.3
축과변이	22.9	13.8	8.0	0.8	0.0

이상의 지방품종 과실형질 조사결과로부터 공주1호, 덕명, 만성, 축과변이 품종은 입중이 22g 내외의 대립과를 생산하고 열과율 및 다배율이 5% 미만으로 낮아 생식용 및 간밤용 등으로 상품성이 우수한 것으로 판단되었다. 다만 광덕 품종은 비록 열과율이 19.3%로 높아 과실의 외관이 떨어지고 과실의 장기저장에는 불리하나 평균 입중이 28.0g으로 특대과에 속하기 때문에 간밤이나 가공용으로 적합할 것으로 사료된다. 본 지방품종 과실형질 조사결과는 국립산림과학원 밤나무 시험지에서 갱신고접한 지 3년차 및 4년차 2년간 조사된 자료이므로 품종별 결과특성 및 결과모지당 수확량 등 풍산성과 관련된 수확잠재력을 구명하기 위해서는 보다 장기간의 조사가 필요할 것으로 생각되었다.

표 1-25는 우리나라의 많은 면적을 차지하고 있는 주요 재배품종을 대상으로 수확량 예측을 위한 수확지표로써 결과특성 및 결과모지당 수확량을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 풍산성 품종으로 널리 알려진 축과가 265g으로 가장 많았으며, 이취와 석추 품종이 각각 246g, 244g으로 결과모지당 수확량이 높게 나타난 반면, 수확량이 적은 것으로 알려진 옥광 품종이 82g으로 가장 낮았다. 그러나 공시목의 수령이 7-9년생으로 생리적으로 성숙단계인 장령목에 이르지 않았고 품종마다 수령에 따른 수확잠재력이 다를 것으로 생각되므로 다양한 수령을 가진 공시목으로 대상으로 계속

적인 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

표 1-25. 주요 재배품종의 결과특성 및 결과모지당 수확량

품종	결과모지당 결과지수*	결과모지당 착구수	합과수	입중 (g)	결과모지당 수확량(g)**
단택	2.7	3.9	2.2	20.4	175
대보	2.7	4.0	1.9	20.1	153
병고57	2.3	3.2	2.6	22.4	186
석추	3.1	5.8	2.0	21.0	244
옥광	2.2	2.8	1.7	17.2	82
유마	2.7	3.8	2.2	17.5	146
은기	3.1	4.1	2.3	22.5	212
이취	3.4	6.3	2.1	18.6	246
이평	2.5	4.6	1.9	20.2	177
축과	3.1	6.0	2.4	18.4	265

※ 최근 3년간(2002-2004년) 조사자료 이용

* ; 기부직경 8mm 이상, 길이25cm 이상, ** ; 결과모지당 착구수×합과수×입중

다. 품종식별을 위한 분자생물학적 특성 조사

신품종 등록에 관한 국제기구인 국제식물신품종보호동맹 (UPOV)은 DUS test를 통하여 통계적으로 기존의 품종과 확연히 다르며, 형질 발현이 지속적으로 이루어지며, 동시에 환경적 요인에 큰 영향을 받지 않는 외부 표현형을 품종 등록을 위한 비교 기준으로 사용할 것을 권고하고 있다.

그러나 외부 표현형은 실제로 환경적 요인에 큰 영향을 받고 있어 통계적 신뢰도를 높이기 위해 ① 대규모의 균일한 포지에 ② 각 품종마다 무성변식으로 유도된 클론을 통계적 시험 배치 방법에 의해 배치하여야 하며, ③ 이를 일정 기간동안 지속적으로 관측하는 등의 시간적, 노동적 노력을 해야 한다. 이러한 방법은 1년생의 농작물의 경우에는 그런 대로 가능하겠지만, 밤나무 등 대부분의 특용수는 실제 품종 구분을 위해 중요하게 사용될 표현형이 3년생 이상의 성숙목에서 충분히 발현되기에 UPOV가 제시하고 있는 DUS test는 오히려 품종 등록을 원하는 품종 육성가에게 장기간의 시간을 기다려야 한다는 불편을 주어 육종 노력을 저하시킨다는 측면에서 심한 비판을 받고 있다.

최근 분자생물학 및 유전학에서 유전변이 분석을 위해 다양한 DNA 지문 분석법이 개발됨으로써 무성번식으로 보급된 품종의 등록에 환경적 영향을 전혀 받지 않는 DNA 지문을 DUS test를 위한 비교 기준으로 삼자는 의견이 세계 각국에서 제시되고 있다. 이에 따라 UPOV의 기술 분과의 하나인 BMT (Biochemical and Molecular Techniques)는 2003년 9월까지 8회에 걸친 모임을 통해 2005년 6월 20일 미국에서 각 식물 품종별로 ① 어떠한 종류의 DNA 표지를 사용할 것인가? ② DNA 표지에 의한 품종간 DNA 지문 분석시 어떠한 종류의 통계적 방법을 사용할 것인가? ③ DNA 지문분석의 신뢰성을 높이기 위해 국제 공인된 Standard protocol의 지역별 확립 및 이를 위한 국가간 협력 network 구성에 관한 논의를 할 예정이다.

이러한 국제 사회의 변화에 능동적으로 대처하기 위해 현재 품종식별에 많이 활용되고 있는 Microsatellite (SSR) 표지 분석법을 이용하여 국립산림과학원이 현재 수집, 보유하고 있는 밤나무 품종에 대한 지문분석을 수행함으로써 DNA지문에 근거하여 전국적으로 재배되고 있는 주요 재배 품종 및 지방품종에 대한 인식기준을 정립하고자 한다. 또한 확인된 DNA지문에 근거하여 각 품종간 유전적 유연관계를 구명하여 유전적 유연관계에 근거한 향후 적정 화분수 품종 선정에 이용하고자 한다.

1) I-SSR 표지자를 이용한 품종간 유전적 유연관계 분석

가) I-SSR (Inter-simple sequence repeats) 표지자 분석

대보, 광주조울 등 158개 품종에 대한 DNA지문을 작성하고, 관찰된 DNA지문에 근거하여 전국적으로 재배되고 있는 주요 품종의 인식기준을 정립하고, 각 품종간 유전적 유연관계를 파악하여 향후 품종간 교배에 의한 신품종 육성시 교배목 선정에 기초자료로 활용하기 위해서 I-SSR 표지자 분석을 수행했다. 전체 158개 품종의 밤나무 엽조직을 곱게 마쇄한 뒤 Nucleospin® kit (MACHEREY-NAGEL, Germany)를 사용하여 total DNA 분리하고, UBC #817, #830, #835 등 3개 I-SSR primer를 이용하여 PCR을 수행했다.

PCR 반응용액의 조성은 각 sample별로 20 μ l당 template DNA 7.5ng, 0.375 μ M I-SSR primer, 0.6 unit Taq DNA polymerase (Advanced Biotechnologies Ltd.), 20mM (NH₄)₂SO₄, 75mM Tris-HCl (pH8.8), 1mM MgCl₂, 100 μ M dNTP, 0.0025% BSA가 포함되도록 했으며, PCR 증폭반응은 PTC_200 Thermal cycler (MJ research Inc.)를 이용, 94 $^{\circ}$ C 5분의 전처리후 94 $^{\circ}$ C 30초, 52 $^{\circ}$ C 30초, 72 $^{\circ}$ C 1분의 과정을 45회 반복한 뒤 72 $^{\circ}$ C에서 10분간 최종 증폭시키는 것으로 하였다. PCR 증폭산물은 0.5 μ M Ethidium Bromide가 포함된 1.5% agarose gel 상에서 165mV로 3시간 전기영동 시킨 후 (1 \times TBE buffer pH8.0) UV transilluminater 상에서 촬영한 사진을 통해 관찰되었으며, 100bp DNA size marker (MBI fermentas)를 기준으로 특정 bp에서 증폭산물의 유무에 따라 '1'과 '0'으로 data를 입력하였다.

표 1-26. 밤나무 158 품종별 DNA 지문 코드

품종명/표지자	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0														
2	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0													
3	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0													
4	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
5	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0													
6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0												
7	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0												
8	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0													
9	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0											
10	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0												
11	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
12	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0										
13	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0										
14	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
15	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0										
16	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0										
17	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0										
18	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0									
19	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0										
20	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0											
21	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0											
22	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0										
23	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0									
24	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0											
25	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0									
26	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0									
27	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0									
28	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0										
29	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0										
30	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0										
31	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0										
32	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0									
33	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0										
34	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0																															

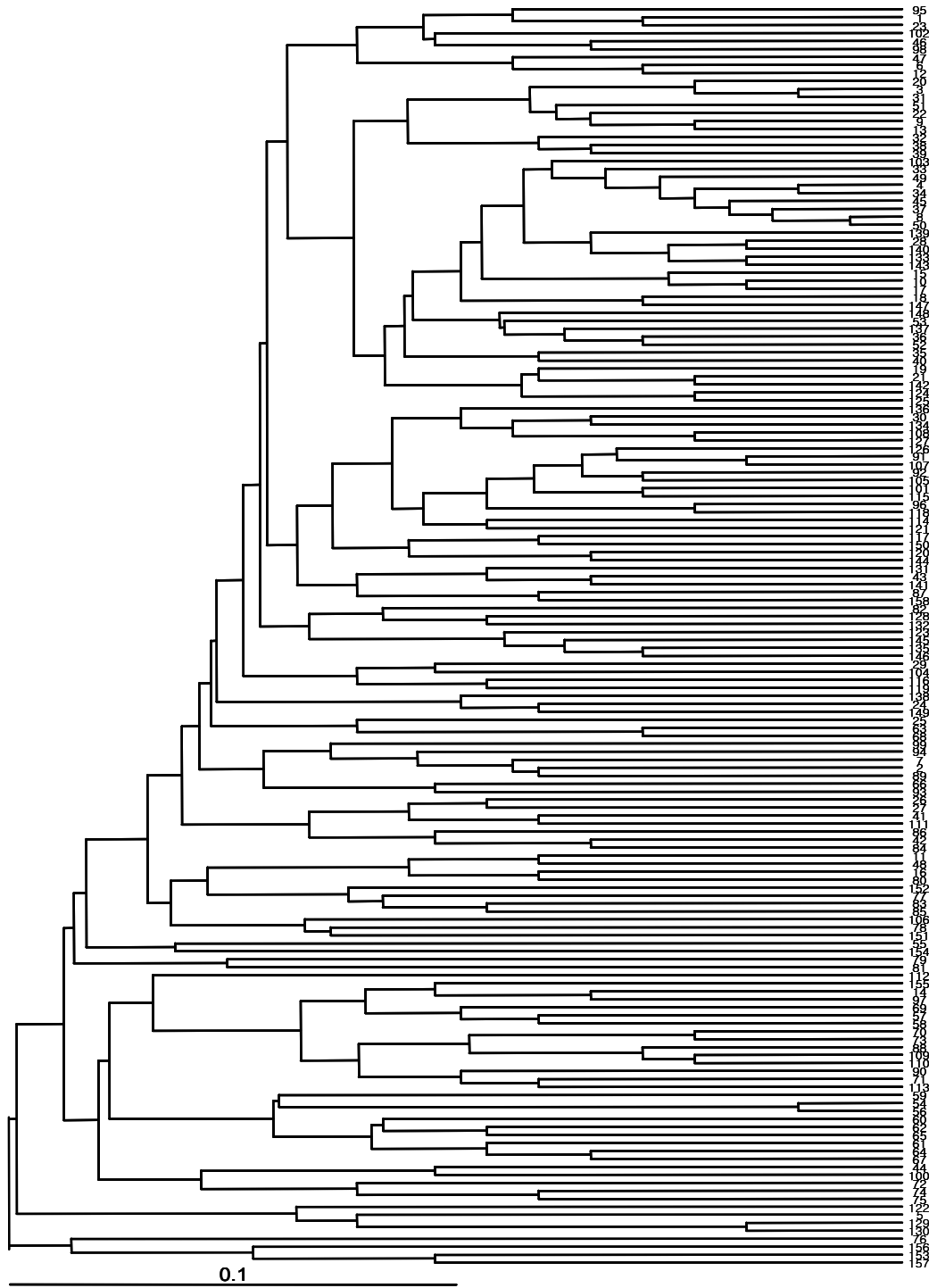


그림 1-11. UPGMA법에 의해서 재구성된 밤나무 158개 품종간 유전적 유연관계도

전체 비교 가능한 비교조합 중 품종간에 유전적으로 매우 유사하며, 유전적 유연관계의 통계적 신뢰도가 매우 높은 것으로 나타난 129번 품종과 130번 품종간(유전적 거리=0.0698, 통계적 신뢰도=97%)의 교배와 54번 품종과 56번 품종간(유전적 거리=0.0465, 통계적 신뢰도=99%)의 교배는 절대적으로 피해야 할 것으로 생각되며, 50번 품종과 8번 품종간(유전적 거리=0.0233, 통계적 신뢰도=70%)의 교배도 비록 통계적 신뢰도는 약간 낮은 경향이 있으나 이들 품종간에 가장 높은 유전적 유사성(97.7%)이 관찰되었기 때문에 이들 품종간 교배도 절대적으로 피하는 것이 바람직하다. 3번 품종과 31번 품종간(유전적 거리=0.0465, 통계적 신뢰도=60%)에도 비교적 높은 유전적 유사성이 관찰되었기 때문에 가급적 이들 품종간의 교배를 피하는 것이 바람직하며, 9번 품종과 13번 품종간(통계적 신뢰도=53%), 70번 품종과 73번 품종간(통계적 신뢰도=63%), 그리고 108번 품종과 127번 품종간(통계적 신뢰도=52%)에도 공히 유전적 거리가 0.093으로 계산되어 비교적 유전적으로 유사한 것으로 나타났기 때문에 이들 조합간의 교배도 바람직하지 않은 것으로 생각된다. 63번 품종과 68번 품종간(유전적 거리=0.1163)과 42번 품종과 84번 품종간(유전적 거리=0.1395)에도 50% 이상의 통계적 신뢰구간에서 유전적 유연관계가 유지되는 것으로 볼 때 이들간의 교배 역시 피하는 것이 바람직할 것이다.

2) Microsatellite 표지자를 이용한 지문 작성

가) Microsatellite 분석을 위한 PCR primer 선정

2003년 이태리의 Marinoni 등(2003)은 유럽밤나무(*Castanea sativa*)의 Garrone Nero 등 20여개 품종에 대해 Microsatellite DNA 지문 분석을 수행하기 위한 33개 primer를 개발하고, 이로부터 얻어진 24개 SSR 표지 중 14개 표지가 99.9%의 확률로 20개 밤품종을 완벽하게 구별할 수 있음을 보고한 바 있다.

Marinoni 등(2003)이 보고한 CsCAT-01 등 33개 SSR 분석용 primer와 Barrenncxhe 등(2004)이 개발한 QpZAG-01 등 43개 primer를 이용하여 이중 어느 primer가 국립산림과학원이 보유하고 있는 일본밤 계통 품종(*C. crenata*), 중국밤 계통 품종(*C. mollissima*), 유럽밤 계통 품종 및 이들 종간의 잡종에 대해 재현성 있는 PCR 증폭 결과를 보일 수 있는 지 조사하였다(그림 1-12).

연구결과 CsCAT 계열 primer에서는 CsCAT-01 등 18개 primer가 QpZAG 계열 primer에서는 QpZAG-58 등 3개 primer가 모든 품종에 공통적으로 적용 가능(Cross-amplification)한 것으로 확인되었다.

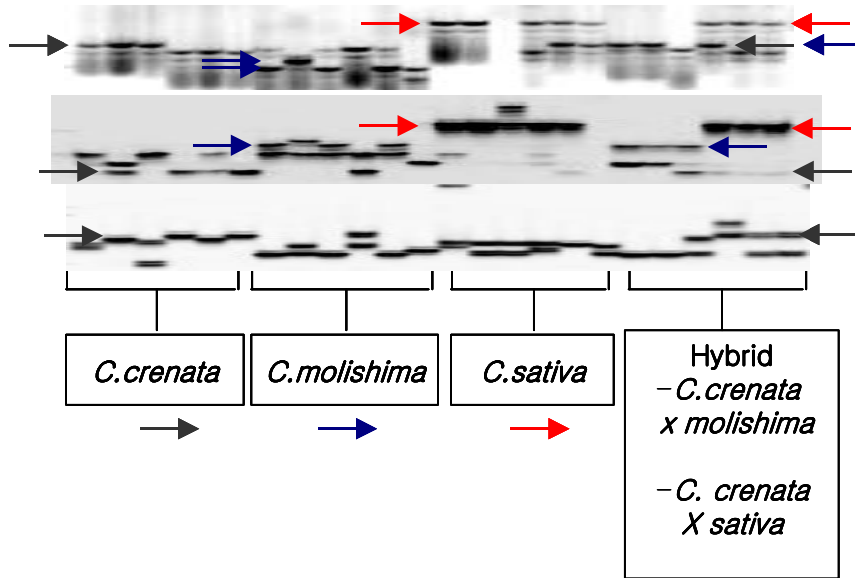


그림 1-12. 76개 SSR 증폭용 primer를 이용한 microsatellite 분석 결과

나) 밤나무 4개 계열 품종에 대한 Microsatellite 표지자 분석

Cross-amplification이 가능한 상기 21개 primer를 이용하여 일본밤 계통 품종, 중국밤 계통 품종, 유럽밤 계통 품종 및 한국에서 육성된 품종에 대해 실제 Microsatellite 지문 분석을 수행하여 각 품종 계열에서 특이하게 존재하는 대립유전자가 있는 지를 조사하였다(그림 1-13).

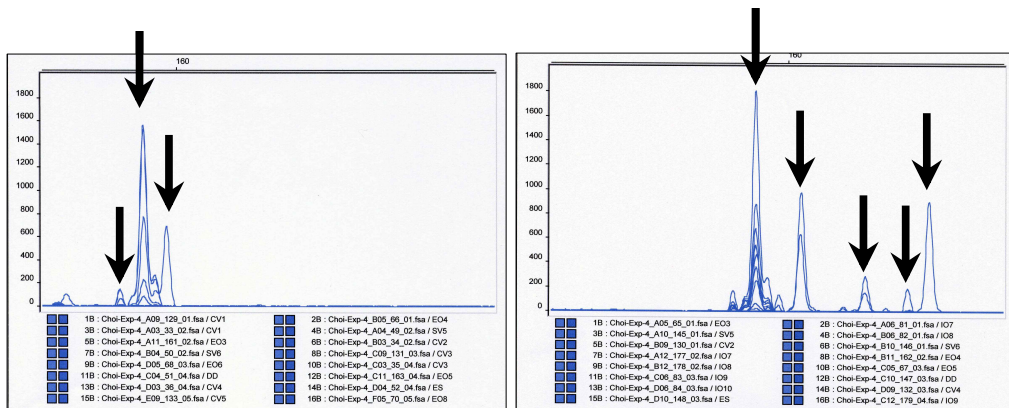


그림 1-13. 밤나무 24개 품종에 대하여 CsCAT-04(좌) 및 CsCAT-17 primer(우)를 이용하여 수행한 microsatellite 분석 결과(화살표 : 대립유전자)

표 1-27. Microsatellite 분석에 사용된 밤나무 4계열 24품종 내역

종 (계 통)	품종명	비 고
일본밤 (<i>C. crenata</i>)	옥광	모계 일본, 중부18호
	단택	을조×대정조생
	유마	일본 자연선발
	은기	일본 자연선발
	축과	안근×방양옥
	대단과	일본 자연선발
중국밤 (<i>C. mollissima</i>)	Duanza	중국밤 접목묘 양성
	Nanking	중국밤 실생도입
	방사	중국밤 계통선발
	북관	중국밤
	관을	중국밤
	북경	-
유럽밤 (<i>C. sativa</i>)	Primato	일본밤×유럽밤
	Gioviasca	유럽밤 접목묘
	Maddonna	유럽밤 접목묘
	Carrarese	유럽밤 실생도입
	Cuneo	유럽밤 실생도입
	Marrone	유럽밤 실생도입
국내 육성 밤	은산	은기×산대, 차대선발
	산대	자연 선발
	이대	이취×산대, 차대선발
	주옥	광주조율×산대, 차대선발
	광주조율	자연 선발
	광은	광주조율×은기, 차대선발

연구결과 21개 microsatellite SSR 표지자는 총 148개의 대립유전자를 나타냈으며, SSR 표지자 당 평균 7.05개의 대립유전자를 보유하는 것으로 나타났다(표 1-28). 가장 많은 대립유전자를 보유하는 SSR 표지는 CsCAT-07로서 총 15개였으며, 이에 따라 이론적으로 생성될 수 있는 유전자형은 120개인 것으로 나타났다. 일본밤 품종계열은 총 65개(평균 3.1개)의 대립유전자를 보유하였으며, 중국밤은 62개(2.95개)였고, 유럽밤 품종이 93개(4.43개)로 가장 많은 대립유전자를 가지고 있었다. 국내에서 육성된 밤 품종의 경우는 가장 적은 61개(2.9개)의 대립유전자를 가지고 있었다. 총 148개의 대립유전자 가운데, 일본밤 품종에서 특이하게 나타나는 대립유전자는 17개였고, 중국밤이 21개, 그리고 유럽밤이 44개였으며, 국내 육성 밤에서도 9개의 특이한 대립유전자가 존재하는 것으로 확인되었다.

표 1-28. 21개 Microsatellite marker를 이용한 4개 밤 품종 계열에 대한 변이분석 결과

SSR Primer				일본밤(C.crenata)		중국밤(C.moloshima)		유럽밤(C.sativa)		한국 육성 밤 품종	
Maker name	Repeat Type	전체 대립유전자 개수	기대 유전자형 개수	Product (bp)	대립유전자 개수	Product (bp)	대립유전자 개수	Product (bp)	대립유전자 개수	Product (bp)	대립유전자 개수
CsCAT01	(TG) ₅ TA(TG) ₂₁	7	28	184, 186	2	182, 184, 188	3	184, 186, 192, 204, 220	5	184, 186	2
CsCAT04	(CA) ₂₃	2	3	None	0	None	0	None	0	132, 140	2
CsCAT06	(AC) ₂₅ AT(AC) ₄	11	66	130, 138, 154, 156	4	156	1	130, 154, 158, 160, 164, 172, 192, 194, 196	9	138, 144	2
CsCAT07	(TG) ₈ CG(TG) ₄	15	120	202, 204, 214, 216, 222, 230, 236	7	204, 212, 224, 236	5	190, 202, 204, 208, 210, 214, 218, 224	8	202, 204, 214, 216, 222, 230	6
CsCAT08	(GT) ₇ (GA) ₂₀	11	66	178, 198, 202	3	178, 200, 208, 220	5	178, 188, 198, 200, 202, 204, 208, 212	8	178, 198, 202, 204, 226	5
CsCAT14	(CA) ₃₀	7	28	136, 138, 148	3	134, 136, 138	3	132, 134, 140, 148, 150	5	132, 134, 136, 138, 140, 150	6
CsCAT15	(TC) ₁₂	11	66	114, 118, 124, 128, 132, 132, 134	7	118, 120, 124, 128, 132, 138	6	114, 124, 128, 134, 154	5	122, 124, 128, 130, 132	5
CsCAT17	(CA) ₁₀ A(CA) ₂ AA(CA) ₃	8	36	82, 84, 134	3	82, 130, 132, 134	4	82, 134, 138, 144, 160	5	82, 134	2
CsCAT18	(CA) ₁₂ CG(CA) ₁₀	10	55	156, 166, 168, 170	4	162, 164, 166, 174	4	162, 164, 166, 168, 198	5	156, 158, 166, 168, 172	5
CsCAT19	(TG) ₁₀ CG(TG) ₁ TT(TG) ₁	3	6	44	1	42, 44	2	42, 44, 50	3	42, 44	2
CsCAT20	(AC) ₄ (AT) ₅ A(AT) ₃	2	3	142, 166	2	142	1	142	1	142	1
CsCAT24	(AG) ₁₇	3	6	None	0	88	1	104, 110	2	None	0
CsCAT26	(CT) ₂₅	7	28	96, 104, 106, 110	4	88, 96, 106, 116	4	96, 104, 110	3	100, 104	2
CsCAT31	(TG) ₈ TT(TG) ₁₇	7	28	70, 72, 76, 80	4	64, 72, 78	3	64, 72, 80, 94	4	72, 80	2
CsCAT32	(AC) ₁ TC(AC) ₃	4	10	122, 124, 132, 136	4	122, 124, 136	3	122, 124, 136	3	122, 124, 132, 136	4
CsCAT34	(GT) ₂₃	8	36	158, 160, 162	3	152, 158, 160, 162, 168	5	142, 158, 162, 168, 170, 174	6	158, 160	3
CsCAT35	(AC) ₅	8	36	236, 238, 244, 248	4	236, 238, 242	3	232, 236, 238, 240, 246, 248	6	236, 238, 244, 248	4
CsCAT37	(CA) ₁₂	5	15	210, 212	2	210	1	190, 192, 194, 210	4	210, 212	2
QpZAG110	(AG) ₃ AA(AG) ₁₃	9	45	216, 218, 220, 222, 224	5	218, 220, 222, 224, 228	5	206, 210, 216, 218, 222, 224, 226	7	216, 218, 222, 224, 228	5
QpZAG119	(GA) ₂₁	2	3	None	0	None	0	194, 210	2	None	0
QpZAG38	(GA) ₃₀	8	36	160, 164, 180	3	154, 168, 176	3	160, 172	2	138	1
합 계		148			65		62		93		61
평균		7.05	34.29		3.10		2.95		4.43		2.90
복이대립유전자개수		91	:	17		21		44		9	

이 결과는 비록 비교적 국한된 24개 품종에 대한 비교로 국한되나 Marinoni 등 (2003)의 결과(20개 품종 90개 대립유전자)와 비교하여 높은 수치였으며, 따라서 보다 많은 품종을 대상으로 조사할 경우 더 많은 대립유전자와 특히 품종 특이 대립유전자가 확인될 가능성이 높아 궁극적으로 과학원이 현재 보유하고 있는 밤 품종의 분류에 많은 도움을 줄 수 있는 것으로 사료된다.

최근 BMT 등 UPOV에서는 기본유래 품종(EDV)에 대한 육종가의 권리를 인정하는 방향으로 신품종보호법이 개정되는 추세이며, 따라서 DNA 지문분석의 연구 방향도 이러한 EDV를 우선적으로 분석하고 이로부터 교배에 의해 유래된 다양한 품종의 족보를 만들고 있다. 국내에서 육성된 밤 품종도 따져보면 일본밤 품종을 부친 또는 모친으로 하고 있기에 이에 대한 DNA 지문 분석이 시급하다고 생각되며, 현재 이를 수행 중에 있다. 특히 차후의 연구에서는 전체 보유 밤 품종을 DNA 지문 분석

에 이용할 것이며, 이러한 연구를 통해 평균대립유전자수, heterozygosity 추정, SSR 표지별 대립유전자의 빈도 및 Paternity analysis를 위한 판별 확률(paternity exclusion probability) 등을 추정할 것이며, 표현형에 의해 얻어진 판별분석 결과와 DNA 지문 분석에 의한 판별분석 결과를 상호 비교하는데도 활용할 예정이다.

라. 동해피해 및 밤나무혹벌 내충성 검정

2002~2003년에 조성된 지역최적품종선발 검정림 7개소 중 중부권인 충주 및 청양시험지에서만 동해피해가 나타났으며, 남부지역 시험지에서는 동해피해가 관찰되지 않았다. 동해피해를 받은 품종으로서는 측과와 측과변이가 각각 55.6%, 62.5%로 가장 심한 것으로 나타났다.

밤나무혹벌 피해를 조사한 결과 중부권인 부여, 청양, 순천, 충주 등 4개소에서는 모든 품종에서 혹벌 피해가 관찰되지 않았으나 남부권의 광양, 합천 및 산청 검정림에서는 대부분의 품종에서 혹벌피해가 나타났다. 특히 남부권의 밤 주산지인 진주, 광양, 합천 등지에는 기존의 내충성 밤나무 재배지에도 밤나무혹벌이 만연하여 심각한 피해를 주고 있는데, 본 과제의 최적품종선발 검정림이 위치한 광양, 합천, 산청 시험지에서도 현재까지 밤나무혹벌에 대한 내충성이 강하다고 알려진 은기, 유마 등에도 혹벌피해가 나타나 이를 뒷받침하고 있다. 과거에 볼 수 없었던 내충성 밤나무 품종에 대한 혹벌피해는 밤나무혹벌의 생리·생태적인 요인뿐만 아니라 밤나무혹벌 집단의 유전적인 요인에도 관련이 있을 것으로 생각되어 병해충 분야 연구진과 공동으로 밤나무혹벌에 대한 유전변이를 구명하기 위한 시험을 실시하였다.



그림 1-14. 밤나무혹벌 피해

전술한 바와 같이 밤나무혹벌 피해가 심각한 광양, 산청, 합천시험지를 대상으로 30품종에 대해 지역별 밤나무혹벌 내충성 검정을 실시하였다. 밤나무혹벌 피해조사는 생육상태가 양호한 개체를 대상으로 개엽 후 자화의 형태가 육안으로 관찰되는 시점인 6월 상순에 지역별 및 품종별로 각각 실시되었다. 조사방법은 각 품종의 개체별로 결과모지 3개를 선택한 후, 전체 동아수, 전체 충영가지수, 소약지수, 충영소약지수, 결과지수, 충영결과지수 등으로 구분하여 조사하였으며 전체 혹벌피해율 및 소약지 혹벌피해율, 결과지 혹벌피해율 등을 지역별로 구분하여 조사하였다.

밤나무 품종별 밤나무혹벌 피해조사 결과는 표 1-29와 같다. 광은, 산대, 은산, 이대 등 국내에서 육성된 신품종에는 혹벌피해가 나타나지 않아 밤나무혹벌에 대한 내충성이 강한 품종으로 조사된 반면, 지방품종인 신이평과 세일의 피해율은 각각 68.6%와 49.4%로 나타나 가장 약한 것으로 나타났다. 한편 과실 생산에 직접적인 영향을 미치는 결과지의 혹벌피해는 광은, 산대, 은산, 이대, 옥광, 평기 등 국내 육성품종과 석추, 유마, 은기, 출운 등 일본 도입품종 및 지방품종인 신옥광에서는 전혀 나타나지 않은 반면, 신이평, 이평, 이취품종은 각각 34.6%, 32.5%, 25.0%로 피해가 많은 것으로 각각 조사되었다.

표 1-29. 품종별 소약지, 결과지 및 전체 혹벌피해율(%)

품종	전체 피해율	소약지 피해율	결과지 피해율	품종	전체 피해율	소약지 피해율	결과지 피해율
공주 1	23.37	32.98	0.40	신이평	68.56	74.05	34.63
광덕	39.48	47.78	0.62	옥광	15.35	18.23	0.00
광은	0.00	0.00	0.00	유마	1.38	2.28	0.00
광주조율	20.46	24.64	7.56	유마변이	35.24	43.25	1.39
국건	3.00	4.17	1.00	은기	10.08	16.50	0.00
단택	44.28	53.04	16.53	은산	0.00	0.00	0.00
대보	22.57	27.41	3.17	이대	0.00	0.00	0.00
덕명	29.76	44.33	5.75	이취	37.48	41.91	25.00
만성	9.25	10.07	5.80	이평	45.19	52.86	32.45
부림	23.71	30.38	3.89	주옥	23.76	28.55	2.78
산대	0.00	0.00	0.00	창방감율	38.90	45.40	15.56
상림	8.69	14.04	1.33	축과	17.97	34.34	2.78
석추	0.49	0.76	0.00	축과변이	8.83	10.62	3.70
세일	49.36	54.99	17.14	출운	4.50	5.19	0.00
순성	18.80	26.03	4.76	평기	32.14	44.06	0.00
신옥광	40.77	52.06	0.00	평균	21.72	27.09	6.01

혹벌피해가 있는 것으로 조사된 모든 품종에 있어 소약지의 피해율(27.1%)이 결과지의 피해율(6.0%)보다 약 4.5배가 높았으며 전체 평균 피해율(12.6%)의 2배 이상이었다. 결과지의 피해율이 소약지보다 낮게 나타난 것은 밤나무혹벌의 산란기인 전년도 6-7월 이후에 2차 생장이 이루어진 것에 기인한다고 볼 수 있다.

지역별 전체 혹벌피해율은 합천시험림(27.6%)이 광양시험림(25.4%)와 산청시험림(14.2%)보다 높은 것으로 나타났으며, 특히 과실생산과 직접 관련이 있는 결과지의 피해율도 합천시험림(11.4%)이 광양시험림(4.2%) 및 산청시험림(2.2%)보다 높게 조사되었다. 소약지의 경우도 그 피해율이 광양과 합천이 각각 35.6%, 32.8%로 산청

(16.2%)보다 높아 전반적으로 합천지역이 현재 밤나무혹벌 피해가 가장 심각함을 알 수 있었다.

표 1-30. 지역별 혹벌피해율(%)

품 중	전체피해율(%)			소약지피해율(%)			결과지피해율(%)		
	광양	산청	합천	광양	산청	합천	광양	산청	합천
공주 1	17.24	17.99	34.88	31.91	21.51	45.51	1.19	0.00	0.00
광덕	75.00	24.61	18.84	85.71	27.43	30.20	0.00	0.00	1.85
광은	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00
광구조율	26.92	13.99	-	35.29	13.98	-	11.11	4.00	-
국견	-	6.00	0.00	-	8.33	0.00	-	2.00	0.00
단택	62.96	32.38	37.50	71.43	34.75	52.94	33.33	16.27	0.00
대보	17.86	11.10	38.77	20.27	13.60	48.35	0.00	0.00	9.52
덕명	49.27	21.60	18.41	86.40	24.71	21.89	4.76	0.00	12.50
만성	11.84	4.82	11.08	12.50	6.11	11.59	10.00	0.00	7.41
부림	23.85	14.30	32.98	30.95	15.73	44.44	3.33	8.33	0.00
산대	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
상림	14.61	5.90	5.56	27.08	6.72	8.33	1.61	0.00	2.38
이취	0.00	1.47	0.00	0.00	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00
세일	49.81	32.94	65.33	59.00	35.01	70.97	5.00	0.00	46.43
순성	52.50	2.38	1.52	73.08	3.10	1.92	14.29	0.00	0.00
신옥광	41.18	7.32	73.81	58.99	8.64	88.57	0.00	0.00	0.00
신이평	56.33	58.88	90.45	63.52	64.64	94.00	23.33	0.00	80.56
옥광	0.00	34.50	11.54	0.00	38.89	15.79	0.00	0.00	0.00
유마	2.94	1.19	0.00	5.00	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00
유마변이	36.17	19.18	50.36	46.73	22.77	60.26	0.00	0.00	4.17
은기	12.07	6.80	11.36	25.93	8.38	15.19	0.00	0.00	0.00
은산	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
이대	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
이취	-	1.04	73.91	-	1.47	82.35	-	0.00	50.00
이평	23.76	38.90	72.90	37.00	44.57	77.01	5.56	25.00	66.79
주옥	0.00	1.09	70.19	0.00	1.35	84.31	0.00	0.00	8.33
창방감율	36.67	42.15	37.88	47.83	47.90	40.48	0.00	13.33	33.33
축과	27.45	0.00	26.47	66.67	0.00	36.36	0.00	0.00	8.33
축과변이	0.00	11.00	15.48	0.00	15.08	16.78	0.00	0.00	11.11
출운	-	7.68	1.32	-	8.86	1.52	-	0.00	0.00
평기	46.90	21.65	27.87	75.27	22.96	33.93	0.00	0.00	0.00
평균	25.38	14.22	27.61	35.58	16.15	32.76	4.20	2.22	11.42

결론적으로 광은, 산대, 은산, 이대 등의 국내 육성품종이 3개 지역 모두에서 피해율이 전혀 나타나지 않아 밤나무혹벌에 대한 내충성이 매우 강한 품종임을 알 수 있었다. 지역별로는 광양지역의 경우 옥광, 산대, 은산, 이대, 주옥, 석추, 축과변이가 내충성이 강한 품종으로 나타났으며, 산청지역의 경우 광은, 산대, 은산, 이대, 축과품종, 합천지역의 경우 광은, 국건, 산대, 석추, 유마, 은산, 이대 품종이 내충성이 강한 것으로 구분될 수 있었다. 밤나무혹벌은 현재 남부지방 밤나무 재배에 치명적인 해충으로 밤나무의 생장을 저해함은 물론 과실수확 및 품질에 직접적인 영향을 미치는 결과지에 피해를 주기 때문에 본 시험결과를 통하여 얻어진 내충성이 강한 품종들은 지역별 최적 재배품종을 선정하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 절 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

1. 비종선탄 및 시비적정량 시험

가. 조사지 개황

1) 노령목 수형조절목 시비시험지

우리나라 남부지역 밤 생산지인 전남과 경남 지역의 밤나무는 대부분 수령이 30년~35년 정도로 밤 수확을 위한 나무로서는 노령화 되어있다. 경남 산청군 단성면 방목리의 밤나무 재배지에서 노령목을 전정처리한 후 밤 품질과 수확량 변화를 조사하기 위해서 시험지를 조성하였으며 개황은 표 2-1과 같다. 시험지의 면적은 약 1ha로 시험구는 갱신전정 처리구, 저수고전정 처리구, 그리고 아무 처리를 하지 않은 대조구로 구분하였다.

표 2-1. 노령목 전정시험지 개황

지역	모 암	표 고	경 사	지 형	침 식 상태	기 후 대	방 위	경 사 형태	퇴 적 양 식	풍 노출도
경남 산청	변성암 퇴적암	400~500m	20°~25°	산록	없다	온대 남부	북서 (NW)	평행 사면	포행토	보통



그림 2-1. 시험지의 위치 및 산림입지도

시험지는 온대 남부지역에 속하며 모암은 풍화되면 미사함량이 비교적 많이 함유되는 사암이다. 산림토양형은 갈색의 약건한 산림토양(B₂)과 회갈색의 약건한 산림토

양(GrB₂)이다. 시험지는 경사가 20~25°이며, 방위는 북서방향으로 약간 수광량이 부족한 조건이며, 지형은 산록으로 토심이 깊고 수분 조건이 비교적 양호하다. 작업로는 등고선 방향으로 잘 조성되어 산림관리 작업을 통한 토양의 인위적인 교란이 비교적 적다.

2) 유령목 시비시험지

유령목에 대한 비중선발과 적정시비량 구명을 위하여 2003년 충남 청양군 청양읍 청수리에 시험지를 조성하였다(표 2-2). 시험지 토양은 변성암에서 생성된 토양으로 갈색산림토양과 적색계 갈색산림토양이다. 지형은 남서향의 표고 100m 이하의 낮은 산지이고 평균 경사가 완만하며 퇴적양식은 포행토로서 토양내 자갈이 많다.

표 2-2. 유령목 시험지의 입지환경

지역	모암	표고	경사	지형	침식 상태	기후대	방위	경사 형태	퇴적 양식	풍 노출도
충남 청양	변성암	100m 미만	15° 미만	산록	없다	온대 중부	남서 (SW)	평행 사면	포행토	보통

주) 조성면적: 1ha, 주요품종: 측과



그림 2-2. 유령목 비중선발 및 적정량 구명 시험지 전경

나. 시비시험

1) 노령목 수형조절목 시비시험

깻신 및 저수고전정 처리구 각각에 대하여 비중 선발시험으로 화학비료처리구, 화학비료와 목초탄을 혼합한 처리구, 화학비료와 액비를 혼합한 처리구로 구분하여 배치하였다(표 2-3). 현재 시비수준인 관행처리구를 대조구로 하였으며, 관행시비량의 1/2과 1/5를 줄이고 줄인 양만큼 목초탄과 액비를 혼용하여 시비하였다.

표 2-3. 전정처리 시험구 배치도

구 분*	저수고 전정 처리구			갱신 전정 처리구			대조구
화학비료 (N:21,P:17, K:17)	관행	관행 1/2	관행 1/5	관행	관행 1/2	관행 1/5	관행
화비+목초탄 (목탄8: 목초액2)	관행	관행 1/2	관행 1/5	관행	관행 1/2	관행 1/5	관행
화비+액비(0.2%N)	관행	관행 1/2	관행 1/5	관행	관행 1/2	관행 1/5	관행

*; 관행시비: 5kg/본, 관행시비 1/2: 2.5kg/본, 관행시비 1/5: 1kg/본
 화비+목초탄: 줄인 양만큼 목초탄을 첨가하여 혼합
 화비+액비: 줄인 양만큼 액비를 살포

밤나무 노령임분은 대부분 조림 후 25~30년이 경과된 재배지로서 필수양분은 물론 미량원소가 부족한 상태로 추측된다. 특히 밤 낙과가 미량원소 붕소의 부족으로 알려져 있을 정도로 미량원소에 대한 재배자의 관심은 높다. 더욱이 장기간 밤을 재배한 농가에서는 밤 수확이 감소되는 원인을 미량원소의 결핍으로 추정하고 임의로 미량원소를 비료와 함께 시비하고 있는 실정이다. 따라서 이에 대한 원인과 결핍원소를 구명하고자 25년 이상 경과된 밤나무 재배지와 재배지에 인접한 일반 임지의 산림토양을 채취하여 토양내 미량원소를 분석하였다. 또한 제초제를 살포한 재배지와 제초제를 살포하지 않은 재배지의 토양을 채취하여 제초제에 의한 미량원소의 영향을 분석하였다. 미량원소 분석은 XRF분석기를 이용하여 정성분석을 하였다.

2) 유령목 시비시험

밤을 지속적으로 생산하고 유목에서 성목으로의 생육 단계를 건진하게 유지하기 위한 비종선발과 시비적정량 시험을 밤나무 유령목(5-10년생)을 대상으로 실시하였다. 유령목 시비시험지는 산정 일부분을 제외한 동일한 사면을 시험지로 선정하였으며 시험지내에서 시비처리를 위하여 10m×20m크기로 구획하였다.

비중에 따른 시비효과 시험은 관행시비(21:17:17, 2kg/본), 표준시비(1:1:1, 2kg/본), UF1(11:11:10, 2kg/본), UF2(12:8:4, 2kg/본), UF3(12:8:8, 2kg/본), 목초탄혼합처리구(관행시비량 1/5줄이고 줄이 양 만큼 목초탄을 혼합)로 처리하였다. 또한 시비적정량 시험은 대조구를 관행시비구(21:17:17, 2kg/본)로 하고 관행시비량의 1/5 감비처리구(21:17:17, 1.6kg/본)와 1/2 감비처리구(21:17:17, 1kg/본)로 구분하여 처리하였다. 시비 처리는 2004년 4월에 실시하였으며, 시비처리에 따른 생장량 변화를 알아보기 위해 밤나무의 수고와 근원경을 측정과 가지(역지)의 생장량을 4방위(동, 서, 남, 북)로 구분하여 조사하였다. 또한 시비처리에 따른 밤 품질 변화를 조사하고자 개체목 당 30

구과를 채취하여 밤알 수를 조사하고 밤알의 크기와 중량을 조사하였으며 일부는 한국식품연구원에 의뢰하여 밤의 성분함량을 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 노령목 수형조절목 시비시험

가) 토양 특성

(1) 토양단면 특성

밤나무 재배지의 토양은 대부분 토양수분이 부족한 갈색건조산림토양(B₂)이며, 토양단면 형태는 표토가 인위적인 교란으로 표토의 유기물층이 파괴되고 여름철 집중 강우에 의한 침식으로 신선한 낙엽층(L: litter layer)은 형성되고 있지만 낙엽분해층(F: fermentation layer)과 유기물층(H: humus layer)은 표토에 거의 남아 있지 않았다. 또한 밤나무뿌리는 대부분 표토에 집중되어 있는 상태이다(그림 2-3).



그림 2-3 시험지의 토양단면 형태
(좌: 적황색산림토양, 우: 갈색산림토양)

(2) 토양의 물리적 특성

밤나무 재배지의 토양 물리성은 토양의 화학성만큼 중요한데, 특히 토양의 삼상은 토양의 가장 기본적인 성질을 구분하는 척도로서 고상과 액상 그리고 기상으로 구분한다. 대부분의 밤 재배지의 토양삼상을 보면 토양수분인 액상은 우리나라의 평균값에 비하여 5~6% 낮으며, 기상은 10% 내외 높은 것으로 나타나 일반 산림토양과 비교할 때 불균형한 삼상비율을 나타냈다.

토양가비중은 산림토양(0.9~1.0g/cm³)에 비하여 약간 높은 것으로 나타났다(표 2-4). 가비중이 높은 이유는 밤 재배지에서 잦은 전정작업과 비료주기 및 약제 살포 등과 같은 밤나무 관리 작업이 반복적으로 이루어졌기 때문인 것으로 판단된다. 일반적으로 산림토양에서는 낙엽의 분해와 유기물화가 원활히 진행되어 잘게 분해된

유기물이 토양공극 사이로 유입되어 수분의 이동과 보수 및 보비력이 향상되고 낮은 가비중을 유지한다.

(3) 토양의 화학적 특성

토양의 전질소, 유효인산 등 밤나무 생육에 필요한 양분이 대체적으로 낮은 것으로 나타났다(표 2-5). 특히 토양산도는 이미 산성화되어 건전한 밤나무 육성 및 병해충에 대한 내성을 높이기 위해서는 반드시 토양개량작업이 필요하다. 밤나무 재배지에서 토양의 산성화는 토양내 미생물의 활동과 번식을 억제하고 결국은 지표에 쌓여 있는 낙엽의 분해를 지연시키게 된다. 따라서 토양개량을 통해 토양내 산도를 개선하여 자연스럽게 원활한 양분공급이 이루어지도록 하여야 한다. 또한 토양의 산성화는 토양내 미생물 활동 뿐만 아니라 토양내 용해되어 있는 양분이 식물이 흡수할 수 있는 형태로 전환될 수 있도록 양분의 유리화 및 이온화 등 화학반응을 일으키는 촉매 역할을 하게 되는데 산성화된 토양에서는 이러한 양분의 이온화가 이루어지지 않아 밤나무가 흡수할 수 없는 형태로 전환되어 시비 효과를 기대할 수 없게 된다. 그러므로 밤 재배지의 산성토양의 개량은 비료를 주는 만큼이나 매우 시급하다.

표 2-4. 토양 물리성

처리	액상	고상	기상	가비중
무처리표토평균	23.5	28.8	47.7	0.99
무처리심토평균	22.1	29.5	48.4	1.00
저수고표토평균	24.0	28.7	47.3	0.99
저수고심토평균	23.1	29.0	47.9	1.00

표 2-5. 토양 화학성

층위	산도 (pH)	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
					(me/100g)				
표토	4.83	3.04	0.14	141.7	13.9	0.42	0.18	1.60	0.61
심토	4.95	2.06	0.09	19.1	13.6	0.33	0.2	1.66	0.63

밤나무의 수확연령은 일반적으로 식재 후 30년을 정점으로 감소하는 것으로 알려져 있는데, 밤 수확 감소는 물론 병해충 그리고 동해에도 내성이 약하다는 보고가 있다. 밤나무의 입지환경과 재배지의 특성을 조사한 결과 대부분의 밤나무 연령은 35년생으로 조사되었으며, 이러한 밤나무의 노령임목을 전정을 통하여 생리적으로 활성을 높이고 밤 수확도 증대시킬 수 있는 처리와 처리에 따른 노령임목의 회복을

위한 토양관리 기법 개발이 필요하다. 더욱이 시비를 통한 양분공급과 비료의 적정량을 공급하여 경제적으로 그리고 건전한 토양환경을 유지하기 위한 기법 개발이 필요하다.

나) 비종별 시비효과

일반적으로 밤의 품질을 평가하는 항목으로 건전과율과 밤알의 평균중량(입중)이 이용되고 있다. 밤나무 노령임목의 갱신전정 처리에 따른 비종별 시비효과 가운데 밤 품질을 분석한 결과 건전과율은 축파의 경우 비종에 관계없이 80%~85%로 유사한 것으로 나타났다. 유마품종에서는 화학비료를 줄여서 살포한 처리구의 건전과율이 지면살포구(대조구)에 비하여 양호하였으며, 화비 1/5로 줄인 감비처리구에서 성적이 가장 낮은 것으로 나타났다(그림 2-4).

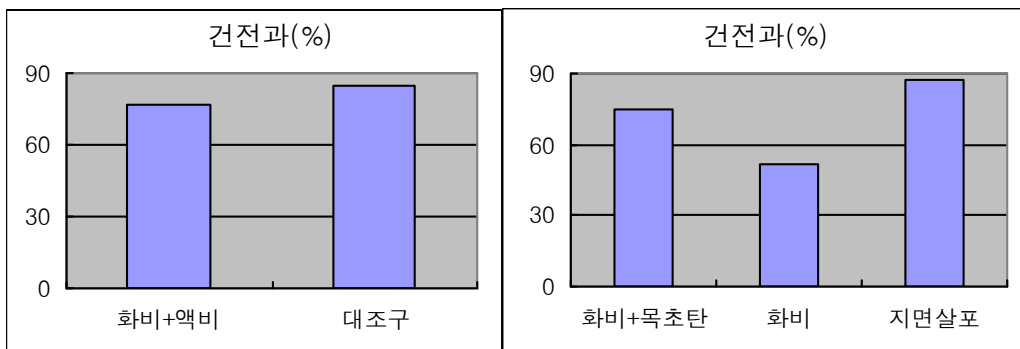


그림 2-4. 비종별 밤 품질(건전과율) 변화(좌: 축파, 우: 유마)

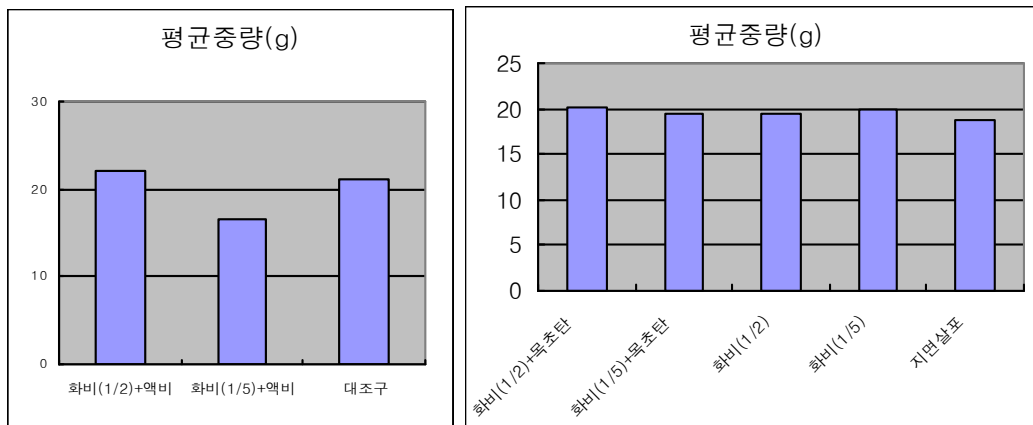


그림 2-5. 시비량에 따른 입중(평균중량) 변화(좌: 축파, 우: 유마)

과실 입중에서는 대조구에 비하여 처리구에서 모두 양호한 것으로 나타났다(그림 2-5). 또한 입중은 품종에 관계없이 대조구와 유사하여 화비와 목초탄, 화비와 액비를 혼합하여 시비하여도 입중에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 비료의 양을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 연구결과로부터 갱신전정목의 시비처리에 따른 밤 건전과율이나 평균중량은 기존의 관행시비처리(대조구)에 비해 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 기존의 화학비료의 시비량을 감량 또는 줄인 양만큼을 액비로 대체하거나 토양개량제인 목초탄으로 대체하여도 밤 품질에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 그러나 이러한 결과가 일시적인 생리현상인지 비중에 의한 영향인지는 지속적으로 관찰하여야 할 것으로 사료된다.

2) 유령목에 대한 비중선발 및 적정시비량

가) 토양특성

(1) 토양단면

유령목 시비시험지의 토양은 변성암이 주로 풍화되어 생성된 토양이며 일부 지역은 퇴적암을 모암으로 풍화되어 생성된 토양이다. 토양은 대체로 생산력이 양호한 토양이었으며, 토양형은 수분이 부족한 적색계갈색건조~약건산림토양(rB_1 , rB_2), 토심은 평균 50~65cm 이었으며 자갈을 약간 함유하고 있다. 토양단면형태로 표토는 인위적인 교란으로 유기물층이 상당량 유실되었거나 유실된 후 A_0 층이 약간 형성되고 있는 불안정한 상태로 판단된다. 밤나무의 뿌리는 주로 표토(10cm 부근)에 분포하고 있다.

(2) 토양 물리성

일반적으로 산림토양의 삼상조성비는 고상 40~45%내외, 액상 25~30%내외, 기상 20~25%가 정상적인 비율로 알려졌다. 유령목인 밤나무 재배지의 삼상 조성비는 34.1~36.8%로 비교적 고상이 낮고, 토양수분인 액상은 22.5~33.5%로 지역에 따라서 수분이 부족하거나 다소 많았다. 한편 토양공극인 기상은 29.9~35.9%로 다소 높아 약간 건조한 상태이다. 삼상과 함께 토양의 성질을 판정할 수 있는 인자인 토양가비중은 $0.90\sim 1.02g/cm^3$ 으로 산림토양과 유사하였다(표 2-6). 본 시험지는 보수력과 보비력이 다른 시험지의 토양과 비교하여 비교적 양호한 토양이었고 생산력 향상과 지력증진을 위한 토양개량은 필요하지 않는 지역으로 판단된다.

(3) 토양 화학성

시험지의 토양 화학적 성질 가운데 토양 pH는 4.6 내외였다. 유기물과 전질소 함량은 대체적으로 낮은 것으로 나타났으나 유효인산은 현저히 높은 것으로 분석되었

는데, 이는 토양의 산도와 관계가 깊다. 일반적으로 토양내 수소 이온농도나 알루미늄 이온 농도가 높아 산도가 떨어지게 되면 토양내 양분은 식물이 흡수할 수 있는 상태에서 흡수할 수 없는 불용성으로 변화된다. 특히 인산의 경우는 제조당시 토양내에서 쉽게 용해되어 식물이 흡수 이용할 수 있는 가용성 상태에서 불용성 인산으로 전환되어 식물에 흡수되지 않고 토양내에 잔존되기 때문에 인산의 농도가 높다(표 2-7).

표 2-6. 유령목 시비시험지 토양의 물리성

처리별	고상	액상	기상	가비중 (g/cm ³)
	(%)			
관행시비	34.1	33.3	32.6	0.90
표준시비	35.8	32.6	31.5	0.95
관행시비1/2	36.6	33.5	29.9	0.97
관행시비1/5	36.8	31.8	31.4	0.98
UF1	36.6	31.8	31.6	0.97
UF2	38.6	25.5	35.9	1.02
UF3	36.5	28.2	35.3	0.97
관행1/5+목초탄	36.7	28.1	35.3	0.97

표 2-7. 유령목 시비시험지 토양의 화학성

층위	산도 (pH)	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
					(me/100g)				
표토	4.65	3.55	0.16	264.28	12.94	0.49	0.2	0.69	0.42
심토	4.71	1.84	0.09	58.88	11.92	0.34	0.2	0.37	0.27

나) 비중에 따른 생장량 변화

유령목의 비중에 따른 근원경의 생장은 관행구(복합비료)가 가장 양호하였으며 관행시비량을 줄이고 목초탄을 혼합하여 시비한 처리구 그리고 완효성 비료처리구 순으로 생장이 좋았다. 연구 결과 속효성의 비료가 완효성 또는 토양의 물리성을 개량하는 비료보다 생장에 직접적인 영향을 주는 것으로 나타났다(그림 2-6). 유령목의 시비는 완효성비료 그리고 목초탄을 혼합한 비료와 같이 비료의 효과가 서서히 나타나는 것보다는 빠르게 토양 속에 용해되어 식물로 흡수될 수 있는 속효성 비료가 유리한 것으로 나타났다. 따라서 완효성비료와 같이 비료의 성분이 서서히 식물에 흡수되는 비료는 유령목 단계에서 보다는 성숙목 단계에 접어들면서 그리고 잦은 시비

와 산림작업에 의한 토양의 물리성 개량을 목적으로 목초탄을 혼합한 비료를 함께 시비하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

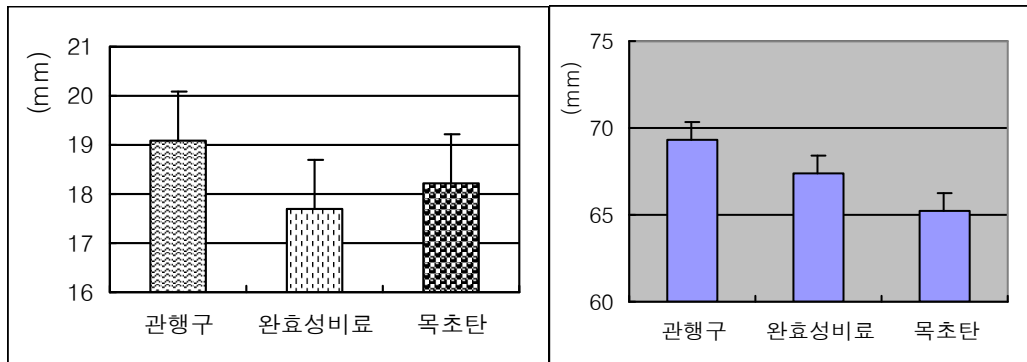


그림 2-6. 비종처리별 근원경(좌) 및 수고생장(우)

수고생장은 근원경 성장과 마찬가지로 관행시비구 처리에서 가장 양호하였다. 그러나 완효성비료처리구와 목초탄혼합처리구의 수고생장은 근원경 성장과는 반대로 목초탄 혼합처리구가 완효성비료 처리구에 비하여 생장이 좋은 것으로 조사되었다(그림2-6). 수고생장과 근원경 성장의 결과에서 밤나무 유령목은 속효성 비료가 완효성에 비하여 성장반응이 빠르게 나타났는데, 이는 밤나무가 비료 요구도가 높은 수종임을 감안 할 때 유령목과 같이 성장 초기에는 비료성분이 빠르게 분해되어 식물에 흡수될 수 있는 형태로 분해되는 것이 유리하며, 성숙목 단계로 접어들면서 밤나무의 비료 요구도가 낮아짐에 따라 완효성 비료를 사용하는 것이 좋다. 일반적으로 속효성의 비료성분 가운데 질소질 비료는 빛과 온도에 매우 민감하여 대기중으로 휘산되어 시비효율이 낮아질 수 있다. 그러므로 완효성비료는 토양 내에 오랫동안 비료성분이 잔존되어 장기적으로 영양공급을 할 수 있기 때문에 유령목보다는 성숙목에 유리할 것으로 판단된다.

나) 시비적정량 구명

속효성비료인 화학비료를 관행구(N:P:K, 21:17:17, 2kg/분)와 관행구 시비량의 1/2 처리, 관행구 시비량의 1/5처리구, 시비수준이 낮은(N:P:K, 1:1:1) 표준구와 완효성 비료인 UF처리구 1, 2, 3, 그리고 목초탄을 혼합한 처리구에 대한 밤나무 유령목 근원경 생장은 비종선발시험에서와 같이 속효성비료처리구가 완효성비료처리구에 비하여 양호하였으며 완효성비료처리구와 목초탄혼합처리구와는 거의 유사한 성장을 보였다. 한편 속효성비료처리구 내에서 시비량에 따른 성장량 변화는 표준구(N:P:K, 1:1:1)시비량(2kg/분)의 성적이 가장 낮았으며 관행시비량의 1/2처리에서 근원경 성장

이 가장 양호하였다(그림 2-7). 본 시험에서 속효성비료인 복합화학비료가 완효성에 비하여 식물에 빠르게 흡수되어 나타난 현상으로 판단된다. 그러나 완효성 비료는 효과가 단기간에 나기보다는 서서히 효과가 나타나므로 지속적인 관찰이 요구된다. 한편, 속효성비료의 시비량은 관행의 1/2까지 줄여도 유령목의 근원경 성장에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 일반적으로 화학비료의 지속적인 시비는 토양의 산성화를 유발할 수 있으며 토양산성화는 토양내 미생물 생육환경과 토양내 양분의 이온화를 저해할 수 있어 식물생육에 커다란 장애를 일으킬 수 있으므로 시비량을 줄이는 것은 건강한 밤나무 육성은 물론 건강한 토양환경을 유지할 수 있는 방법이라고 생각한다.

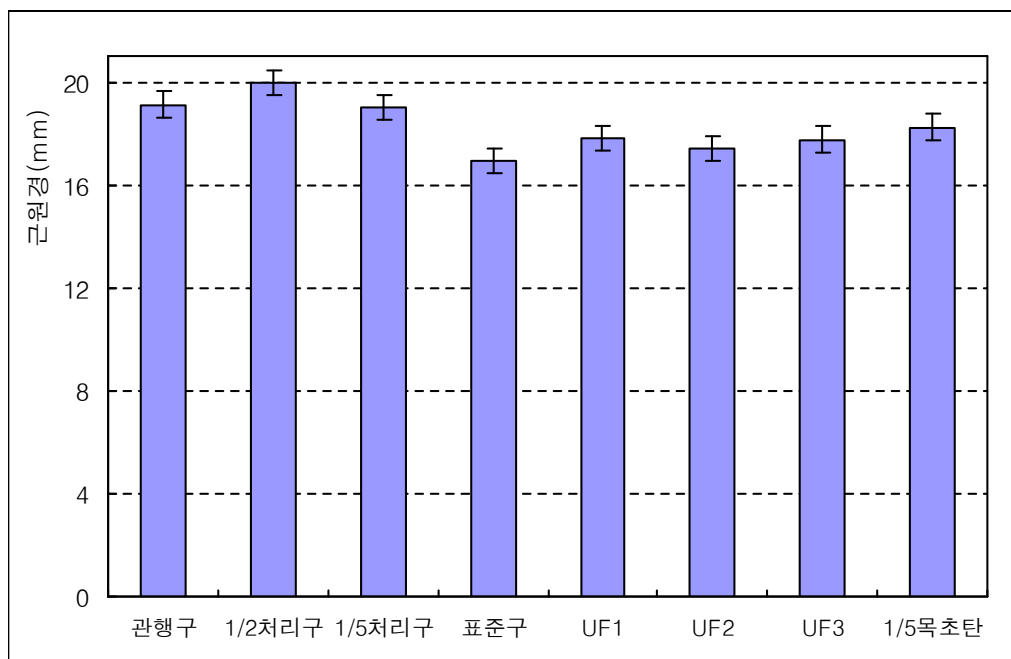


그림 2-7. 시비량에 따른 근원경 성장

다) 비종과 시비량에 따른 유령목의 역지 성장량

일반적으로 밤나무 성목은 대부분 수광량이 좋은 남향과 서향에서 밤 생산량이 좋고 상대적으로 수광량이 적고 토양내 수분환경이 양호한 북향과 동향에서는 임목 생장이 양호하다고 보고되었다. 본 연구에서 유령목의 역지 생장은 기존의 결과와는 상반되는 동향이 48.1~73.5cm, 북향이 47.4~72.0cm로 남향 41.0~58.6cm와 서향의 48.1~69.2cm 보다 양호하였으나 통계적인 유의성은 없었다(표 2-8). 비종과 시비량에 따른 역지성장량은 UF2처리구에서 가장 높았으며 다음으로 UF3처리구, 목초탄혼

합처리구, 관행1/2처리구 등의 순으로 높았고 관행구와 표준구에서 가장 낮아 기존의 관행구와 표준구 시비는 유통목의 생장에 적합하지 않은 것으로 나타났다. 밤나무 유통목은 식재 후 광에 대한 경쟁보다는 양분에 대한 경쟁이 크며, 수고나 근원경 생장보다는 수관을 확장하기 위한 역지 생장에 많은 투자를 하게 된다. 따라서 수고 생장이나 근원경 생장보다는 역지생장이 비료에 대해 효과적으로 반응을 한 것으로 사료된다.

표 2-8. 비종과 시비량 처리에 따른 역지(주가지)의 성장량

처 리 내 용	방 향				평 균
	동	서	남	북	
관행구	59.5	48.2	47.4	52	51.8
관행1/2	59.9	59.0	47.6	65.3	58.0
관행1/5	59.3	56.0	44.4	57.6	54.3
표준구	48.1	45.4	41.0	47.4	45.5
UF1	67.3	69.2	58.7	68.1	53.1
UF2	68.5	57.3	46.9	72.0	61.2
UF3	73.5	51.2	50.1	61.8	59.2
목초탄혼합	63.5	58.7	55.6	61.8	59.9

표 2-9. 시비처리에 따른 밤 성분 변화

항 목	표준구	관행시비	관행시비1/5	UF1	백미(맷쌀)
수분(%)	66.4	66.3	65.3	64.6	10.8
단백질(g/100g)	1.6	1.9	2.3	2.4	6.4
Ca(g/100g)	15.5	18.0	17.0	16.6	4.0
P(g/100g)	46.3	46.3	56.8	61.5	140.0
K(g/100g)	538.9	511.1	573.0	600.1	163.0
Fe(g/100g)	0.7	0.6	0.8	0.9	0.4

라) 시비처리에 따른 밤 성분 변화

시비처리별 밤 성분 변화를 분석한 결과는 표 2-9와 같다. 밤에 포함된 수분은 처리에 따라 큰 변화가 없었으며, 단백질은 관행시비1/5처리구와 UF1처리구에서 높았다. 인산의 함량은 UF1처리구와 관행시비1/5처리구, 관행시비구, 표준구의 순으로 높았다. 칼륨은 UF1처리구, 관행시비1/5처리구 순으로 높았으나 철은 차이가 없었다. 밤 성분을 백미와 비교했을 때 단백질과 인산을 제외한 칼륨, 칼슘, 철과 같은 미네

랄 성분이 높은 것으로 나타났다. 결국 관행적으로 시비되고 있는 비료의 양보다 적은 양을 시비하여도 밤 품질이나 성분에는 영향이 없는 것으로 나타났다.

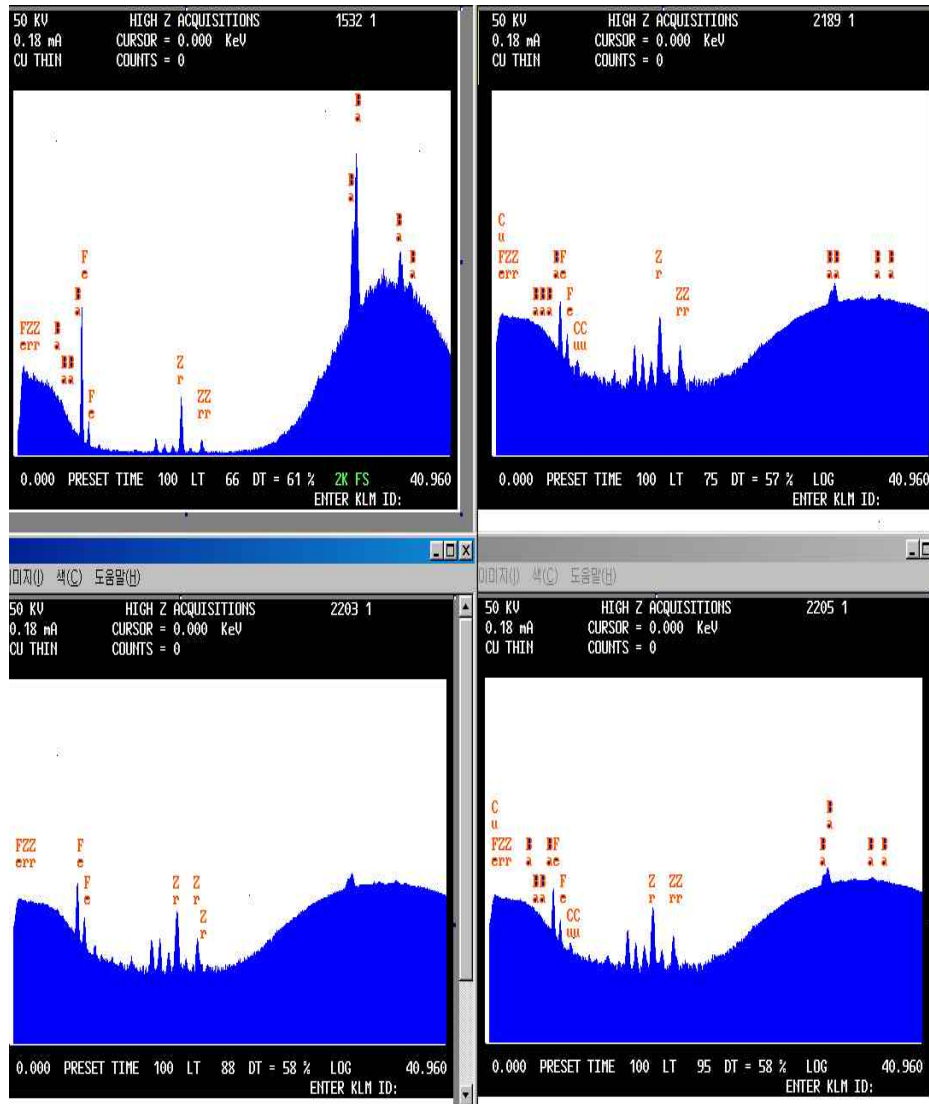


그림 2-8. 밤나무 재배지의 토양내 미량원소 분석

4) 밤나무 재배지의 미량원소 분석

밤나무의 노령 임지에서는 그림 2-8과 같이 Zr, Cu의 함량이 높은 것으로 분석되었으며, 제초제를 지속적으로 살포한 임지에서는 Ba, Cu의 함량이 높은 것으로 나타났다. 장기간 미량원소를 공급하지 않고 재배한 재배지에서는 Cu와 같이 중금속이

토양내 잔존되는 것으로 나타났다. 이는 모암에서 생성된 미량원소로 판단되며 밤 재배지에서 검출된 구리는 인체에 유해하지 않을 정도의 극히 미량인 것으로 나타났다. 미량원소 분석은 2002년부터 실시되었으며 앞으로 재배지의 특성과 작업방법 및 관리에 따라 구분하여 정성분석과 함께 정확한 정량분석이 필요할 것으로 생각된다.

2. 제초제 대체효과 시험

가. 초종선발 시험

밤나무 재배지에서 흔히 이루어지는 제초제 살포는 토양환경의 악화뿐만 아니라 밤나무 세근에도 피해를 주어 정상적인 생장과 결실을 방해하기 때문에 밤 수확량에도 많은 영향을 주며, 갱신이 원활하게 이루어지지 않는 원인 중에 하나로 의심되고 있다. 또한 세계적으로 먹는 음식에 대한 잔류농약 규제가 강화되고 있으며 우리나라에서 생산된 밤의 주요 수입국에서도 잔류농약 성분 규제를 강화하고 있는 추세이기 때문에 제초제의 살포는 밤 과실에 농약성분이 축적될 우려가 있으므로 사용억제를 위해 많은 노력을 해야 한다. 따라서 제초제 사용에 대한 문제점을 구명하고 이를 대체할 수 있는 친환경적인 토양관리기법의 개발이 필요하다.

한편, 최근 다양한 과수 재배지에서는 제초제 사용을 줄이는 대신 제초발생을 억제하고 수목의 건전성을 유지하기 위해 다양한 종류의 초경재배가 이루어지고 있다. 일반적으로 초경재배의 장점은 토양에 유기물 공급으로 인한 지력회복, 토양침식 방지, 지온의 안정화 등이 알려져 있다. 안성농업기술센터의 보고에 의하면 배 과수원에 호밀을 파종하고 잡초 발생량을 조사한 결과 대조구에 비해 잡초발생이 현저히 줄었으며, 각종 병해충(응애류, 진딧물, 탄저병, 흑성병, 갈반병, 적성병 등)의 발생빈도도 현저히 줄어드는 것으로 나타났다. 이밖에도 과수재배지에 자운영, 헤어리베치, 톨페스큐, 이탈리아라이그라스 등 많은 초종들에 대한 초경재배가 시도되었으며 그 효과가 일부 실험적으로 입증되었다.

본 연구는 밤나무 재배지의 제초제 사용을 억제하기 위해 이를 대체할 수 있는 친환경적 토양관리기법 개발의 일환으로서 밤나무 재배지에 적응능력이 우수한 초종을 선발, 재배하여 토양침식 및 양분유실을 방지하고 황폐화된 밤나무 재배지 토양의 회복효과를 기대하고자 실시하였다.

1) 재료 및 방법

가) 시험초종 선발

(1) 초종선발 기준

밤나무 재배지에 적용 가능한 시험초종의 선정은 현장조사와 문헌조사를 통해 이루어졌으며, 일부는 재배 농민들의 의견을 반영하였다. 특히 현장조사는 환경변이가

심한 밤나무 재배지 특성을 고려할 때 적응력이 우수한 자생식물을 선발하기 위해 실시하였다. 일반적으로 선발초종은 다양한 밤나무 재배지의 기상인자와 지형 및 토양조건 등에 잘 적응하고 관리가 용이해야 한다. 따라서 시험초종은 가능한 밤나무 재배지에서 적응력이 우수하고 다른 문제점을 발생시키지 않도록 다음과 같은 기준을 마련하였다.

- 자생식물을 우선적으로 고려한다.
- 밤재배지의 이질적인 환경(광, 온도, 토양조건 등)에 적응력이 좋아야 한다.
- 개체의 확보 및 증식이 용이해야 한다.
- 파종 또는 이식의 경우 초기 성장속도가 빨라야 한다.
- 개체의 증식속도가 빨라야 하나 키가 지나치게 크지 않아야 한다.
- 엽 면적이 넓어서 피복효과가 좋아야 한다.
- 토양 수분스트레스(건조)에 대한 저항력이 커야 한다.
- 밤나무와 양분이나 수분에 대한 경쟁이 크지 않아야 한다.
- 특별한 시비관리가 필요 없어야 한다.
- 병해충을 옮기지 않아야 한다.
- 사료작물이나 부수적인 수입을 올릴 수 있는 종이면 좋다.
- 관리(시비, 풀베기 등)작업이 용이하고 비용이 적게 들어야 한다.

(2) 식생조사 방법

밤 재배지의 하층식생 조사는 2003년 8월부터 9월초까지 중부지역 4개소와 남부지역 5개소를 대상으로 하였으며, 출현하는 하층식생을 모두 기재하고 입지환경에 따른 출현종의 우점도에 대해서 조사하였다.

중부지역 밤 재배지의 하층식생 조사는 최근 재배면적이 증가하고 있는 공주시 정안면, 사곡면, 우성면과 부여군 대산면 일대를 중심으로 그리고 남부지역 밤나무 재배지의 하층식생 조사는 과거부터 밤 주산단지로 알려진 광양, 순천 일대를 중심으로 실시하였다.

나) 초종 재배시험

(1) 조사지 개황

본 연구 대상지는 공주시 정안면 어물리 산 25번지에 위치하고 있으며, 시험지 면적은 전체 10ha 가운데 0.5ha에 이르고 시험지 내에 존재하는 밤나무 품종은 단택 등 3품종으로 이루어져 있다. 밤나무의 수령은 대략 20-30년 정도며, 쇠퇴한 밤나무의 하층에 수하식재로 일부 유령목이 존재한다. 밤나무의 밀도는 ha당 300-400본 정도이다.

(2) 조사구 설치 및 파종

조사구는 2003년 3월에 각 초종별로 10m×10m 크기로 3반복으로 설치하였으며 조사구간의 영향을 최소화하기 위해 5m 간격을 두었다. 조사구 설치시 파종을 위해 조사구 내에 쌓여있는 큰가지나 낙엽을 제거하였으며, 부분적인 요철의 지형은 고르게 펴는 작업을 실시하였다. 각 초종의 파종은 매년 4월초에 실시하였으며 파종량은 기존문헌을 토대로 계산하였다. 본 연구에 사용된 초종들의 종자 특성 및 파종량은 표 2-10과 같다.

2003년도 시험에 사용한 초종의 파종량은 자운영의 경우 2kg/100m², 뚝새풀은 1kg/100m², 호밀은 2kg/100m²이었으며, 2004년에는 뚝새풀, 자운영, 호밀의 경우 전년도와 동일하게 처리하였고, 신규로 추가된 콩은 1.5kg/100m², 이탈리아라이그라스 2kg/100m², 톨페스큐 2kg/100m²로 하였다. 고사리와 인진쑥은 근주이식을 실시하였는데, 시험에 사용한 고사리 근주는 주변 산림에서 채취하였으며, 인진쑥은 강원도 인제의 재배농가에서 구입하여 사용하였다. 한편 호밀은 파종시기에 따라 성장특성이 달라지는데, 가을에 파종했을 경우에는 봄철에 결실이 이루어지지만 봄에 파종했을 경우에는 결실이 이루어지지 않는다. 가을에 파종한 종자는 다음해 봄에 신장생장을 하고 결실이 이루어지기 때문에 피복효과는 크지 않다. 따라서 본 연구의 2년차(2004)에는 호밀을 가을에 파종하여 봄철 파종 결과와 비교하였다.

2005년에는 밤나무 재배지에서 적응능력이 떨어지는 자운영, 뚝새풀, 풋콩을 제외하고 호밀 등의 5개 초종에 대해서 연속 실험을 실시하였으며, 호밀의 파종량은 전년도와 동일하게 그리고 이탈리아라이그라스와 톨페스큐는 증량하여 파종하였으며, 고사리와 인진쑥은 새로운 조사구를 추가로 설치하였다.

표 2-10. 시험초종의 종자특성 및 파종량

종	종자 형태	개수/100ml	개수/g	파종량/100m ²	기타사항
자운영	반원형	23,022	330	2kg	
뚝새풀	편평한 선형	-	1200	1kg	
호밀	긴 타원형	2,392	30	2kg	
콩	원형	184	3	1.5kg	
이탈리안 라이그라스	긴타원형	16,918	350	3kg	2003년 2kg 파종
톨페스큐	긴타원형	13,048	355	3kg	2003년 2kg 파종
고사리	근주	-	-	250	
인진쑥	근주	-	-	250	

(3) 시험초종의 발아율, 피복률 및 건물생중량 조사

시험초종의 파종 후(4월)부터 생장이 최대가 되는 시기인 8월까지 매 2주 간격으로 발아율(활착률) 및 피복률을 조사하였다. 발아율 및 활착률은 조사구 내에 50cm×50cm의 소조사구를 설치한 후 발아한 개수 또는 생존한 개수를 조사하였으며, 피복률은 발아한 초본이 지표를 덮고 있는 면적을 백분율로 나타냈다. 또한 건물생산량은 대부분의 초본이 최대 생장을 보이는 8월에 50cm×50cm 소조사구를 설치하고 그 안에 포함되는 지상부 모두를 베어 건중량 측정에 이용하였다.

(4) 토사유출량 및 토양 물리·화학적 조사

식생피복도와 토사유출량과의 관계를 밝히기 위한 토사유출량 시험구는 일부 초종에 대해서만 실시하였다. 1, 2차년도에는 자운영, 호밀, 뚝새풀, 대조구(제조제처리)에 대해서 그리고 3차년도에는 호밀, 이탈리아안라이그라스, 톨페스큐, 대조구에 대해서 시험을 수행하였다. 토사유출량 조사구는 가로 2m, 세로 4m 크기로 제작된 조사구를 이용하였는데, 조사구의 아래쪽에는 유출된 토사가 모이고 물은 흘러나갈 수 있는 플라스틱의 빗물받이로 구성되어 있으며, 가로 윗부분과 세로의 옆부분은 너비 20cm의 판자를 땅속에 5cm가량 묻어 주변 토양으로부터의 토사 및 물의 유입이 없게 하였다(그림 2-9). 토사유출량 조사구는 파종 직전에 설치하고, 이후 강우 발생시 마다 유출된 토사를 수거하여 건조한 다음 토사유출량 계산에 사용하였다.

토양조사는 1차년도에서 3차년도까지 모든 초종 조사구에 대해서 8월중 실시하였다. 분석항목은 토성, 토양삼상, 가비중의 토양물리성 항목과 pH, 유기물, 전질소, 유효인산, CEC, 칼슘, 칼륨, 나트륨, 마그네슘의 토양화학적 항목을 분석하였다.



그림 2-9. 초경재배 조사구내 토사유출량 시험구 설치

2) 결과 및 고찰

가) 밤나무 재배지의 하층식생

밤나무 재배지는 주로 산림의 개벌 후에 조성된 경우가 많기 때문에 조성 초기에는 산림식생의 하층구조와 비슷한 경향을 나타낸다. 그러나 밤나무는 재배과정에서 낮은 식재밀도를 유지하고 화학비료나 유기질비료를 다량 시비 및 작업기계의 빈번한 출입 때문에 산림토양과는 현저히 다른 토양특성을 보이므로 종구성이나 구조에서 산림식생과 큰 차이를 나타낸다. 일반적으로 밤나무 재배지의 하층식생은 농경지에서 주로 출현하는 식물(잡초)들과 유사한 경향을 보인다. 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 밤 재배지의 잡초발생 특성을 이해하고 이 가운데 재배지에서 우수한 생장을 보이며 재배 가능성이 있는 초종을 선발하고자 남부지방(광양, 순천), 중부지방(공주, 부여)으로 구분하여 하층식생을 조사하였으며 일부 초종을 선발하여 재배시험에 이용하였다.

표 2-11. 밤나무 재배지내 하층식생 조사지역의 입지환경 및 재배 현황

지역		위치정보	방위	지형 (경사)	고도 (m)	수령 (년)	수고 (m)
중부 지역	충남 부여군 대산면 운치리	N 36° 16' 09.7" E 126° 47' 41.3"	W	산록 (23°)	63	20	8-10
	충남 공주시 정안면 어물리	N 36° 34' 38.1" E 127° 09' 16.0"	SW	산복 (20°)	250	20-30	6-8
	충남 공주시 사곡면	N 36° 28' 48.7" E 127° 00' 53.3"	NW	산록 (25°)	100	20	4-5
	충남 공주시 우성면 상서리	N 36° 28' 26.4" E 127° 05' 43.2"	NNW	산록 (25°)	100	10	1-2
남부 지역	전남 순천시 주암면 행정리	-	NW	산록 (15°)	185	20-30	12
	전남 광양시 진상면 신원리	N 35° 03' 59.2" E 127° 43' 18.5"	E	산복 (25°)	500	20-30	7
	전남 광양시 진상면 어치리	N 35° 03' 26.3" E 127° 42' 76.1"	SE	산록 (30°)	500	15-20	5
	전남 광양시 진상면 황죽리	N 35° 02' 94.4" E 127° 41' 59.2"	N	산복 (30°)	200	20	6-8

부여군 대산면 운치리의 밤 재배지는 서사면의 산록에 위치하며, 경사가 23°, 해발고는 63m, 밤나무의 수령은 20년 정도이다. 밤나무의 밀도는 약 300~400본/ha 정도이며, 수고는 8-10m 정도로서 비교적 하층에 유입되는 광이 풍부하다. 토양은 점판암(퇴적암)을 모재로 하는 토양으로서 투수성이 불량하기 때문에 견밀하고 건조한 토양조건을 가지고 있다.

조사결과 이 지역에 출현하는 하층식생은 주로 서사면에는 망초, 뿌리뱅이, 쇠별

꽃, 고들빼기, 여뀌, 지칭개, 개미자리, 뚝새풀, 점나도나물, 환상덩굴, 머느리밑씻개, 애기똥풀, 둥굴레, 쑥, 왕고들빼기, 닭의장풀, 고사리, 청미래덩굴과 같은 종들이 분포하고 있으며(표 2-12), 이 가운데에서 망초, 뿌리뱅이, 고들빼기, 여뀌 등이 우점도가 현저히 높았다. 반면, 동사면에는 땡땡이덩굴, 고들빼기, 망초, 떡쑥, 미국자리공, 여뀌, 뿌리뱅이, 애기풀, 고사리, 쑥, 머느리배꼽, 쇠별꽃 등이 분포하고 있으며 서사면에 비해 상대적으로 광유입량이 적어 내음성 종들이 우점하고 있고 피도도 높지 않았다.

공주시 정안면 어물리의 밤나무 재배지는 남서사면의 산록에 위치하며, 경사는 30°, 해발고는 250m이며, 밤나무의 수령은 20-30년생, 수고는 6-8m, 임목밀도는 300-400본 정도이다. 수관층은 중간 중간에 고사목을 제거하고 유령목을 수간 식재하였기 때문에 하층에 유입되는 광은 면이가 매우 심한 편이다. 이 지역에서 조사된 하층식생은 뚝새풀, 망초, 뿌리뱅이, 여뀌, 쑥, 지칭개, 떡쑥, 고들빼기, 고사리 등으로 다른 지역의 식생과 기본적으로 출현하는 종은 비슷하지만 뚝새풀의 우점도가 높은 것이 특징이다. 뚝새풀은 주로 수분이 적당히 유지되는 평탄지(논)에서 우점하는 식물인데, 이 지역의 일부에서 우점도가 높은 이유는 과거 벼농사를 위한 경작지가 밤나무 재배지로 전환되었기 때문으로 판단된다.

공주시 사곡면의 밤나무 재배지는 북서사면의 산록에 위치하며, 경사는 25°이다. 토양은 화강편마암을 모재로 하는 갈색의 적윤(약습)한 산림토양이고 암석노출도 10%로 비교적 높다. 밤나무의 수령은 20년 내외로서 수고는 4-5m, 수관층의 피도는 70% 이상이고 하층에 유입되는 광량이 비교적 적은 편이다. 조사결과 하층식생은 땅비싸리, 뚝새풀, 점나도나물, 개미자리, 고들빼기, 삼주, 밀나물, 쑥, 닭의장풀, 여로, 우산나물, 명아주, 뿌리뱅이 등이 분포하고 있다.

공주시 우성면 상서리의 밤나무 재배지는 북서사면의 산록에 위치하며 경사는 25°이다. 이 지역의 밤나무는 유령목으로서 30-40년생 밤나무를 개벌 후 대보 품종을 2001-2002년에 순차적으로 식재하였으며, 면적은 3ha이고 무성한 잡초를 처리하기 위해 매년 제초제 처리(1회/년, 5월중 처리)를 한 지역이다. 이 지역에 출현하는 하층식생은 닭의장풀, 락, 쑥, 애기수영(피도 60% 이상), 박주가리, 미국자리공, 애기똥풀, 청미래덩굴, 철쭉, 산딸기 등으로 나타났으며 잦은 제초제 살포로 인하여 제초제에 내성이 강한 애기수영의 우점도가 매우 높은 것으로 나타났다.

이상과 같이 중부지역 4개소를 대상으로 하층식생을 조사한 결과 주로 교란된 지역이나 농경지에 분포하는 잡초인 망초, 뿌리뱅이, 바랭이 등이 우점도가 높은 것으로 나타났다. 하층식생 가운데 재배가능성이 검토된 종으로는 고사리, 뚝새풀, 은방울꽃, 둥굴레, 왕고들빼기, 비비추 등 이었다. 이들 초종들은 조사지역에서 고르게 분포하며 재배했을 경우 적응력이 우수하여 피복효과가 양호할 것으로 판단된다.

전남 순천시 주암면 행정리의 밤나무 재배지는 북서사면의 산록에 위치하며 경사

는 15°이다. 이 지역은 해발고가 300m이며, 밤나무의 수령은 20-30년, 수고가 12m으로 비교적 높은 편이다. 임목밀도는 ha당 300본으로 하층에 투과하는 광량이 비교적 많다. 조사결과 하층식생에 출현하는 종에는 바랭이, 고사리, 무릇, 모시물통이, 자귀풀, 고사리삼, 큰황새냉이, 각시마, 뿌리뱅이, 땡땡이덩굴, 닭의장풀, 둥굴레 등이 분포하는 것으로 나타났다. 이 지역에 출현하는 종들은 대체로 교란이 심한 지역에서 많이 출현하는 종류가 많았으며, 국소적으로 광조건이 좋은 지역에서는 관목인 산딸기의 우점도가 높았다. 또한 조사지 전체에 둥굴레, 무릇, 뿌리뱅이가 고르게 분포하였으며, 고사리는 일부 자연적으로 군집을 이루며 높은 우점도를 보이고 있어 밤나무 재배지에서 재배 가능성이 높은 초종으로 판단되었다.

전남 광양군 진상면 신원리의 밤나무 재배지는 동사면의 산복에 위치하며 경사가 25°로 약간 급한 편이다. 이 지역의 해발고도는 500m 정도의 준산악지이며, 과거 밤 재배 이전에 계단식 논 또는 밭의 흔적이 있었다. 또한 재배지 내에 노출된 암석의 비율이 20%정도로 높다. 밤나무의 수령은 20-30년, 수고는 7m정도로서 밀도가 400-500본이다. 상대적으로 밤나무의 밀도가 높고 수관이 울창하기 때문에 하층에 유입되는 광량이 낮았다. 출현하는 하층식생으로는 질경이, 마삭줄, 무릇, 쑥, 닭의장풀, 새콩, 뱀딸기, 망초, 고사리, 주름조개풀 등이 출현하였으며 임간 재배작물로 감나무, 매실, 차나무, 초피나무 등이 식재되어 있는 상태이다. 하층식생의 특징은 수관층의 발달로 인하여 유입되는 광량이 적기 때문에 피도가 높지 않았다. 이 가운데서도 마삭줄, 주름조개풀, 쑥, 강아지풀 등의 우점도가 높으며 마삭줄은 전체 밤나무 재배지에 고르게 분포하며 우점도가 높고 수간 및 바위 등에도 부착되어 있었다.

전남 광양시 진상면 어치리의 밤나무 재배지는 남동사면의 산복에 위치하고 있으며 경사가 30°로 급경사 지역이고 해발고는 500m로서 준산악지이다. 밤나무의 수령은 15-20년으로서 성숙단계로 진입한 임분이며, 밤나무의 수고는 4-5m에 이른다. 밤나무의 밀도는 500본 정도로서 수관층의 밀도가 높아 하층으로 투과되는 광량이 낮다. 조사지역의 하층식생은 짚레꽃, 자귀풀, 쥐꼬리망초, 매듭풀, 쑥, 억새, 산딸기, 새콩, 마삭줄, 여뀌, 아까시나무, 고사리 등이 나타나고 있으며, 식생은 다양하지 못하고 마삭줄, 주름조개풀, 쑥, 강아지풀 등의 우점도가 높다. 이 지역의 임분은 급경사지에 위치하고 있음에도 유기물 보존상태가 양호한데 이것은 마삭줄이 유기물의 고정하는 네트효과를 일으키기 때문으로 판단된다.

전남 광양시 진상면 황죽리의 밤나무 재배지는 북사면의 산복에 위치하고 있으며 경사가 40° 이상으로 매우 급한 지형이다. 밤나무의 수령은 20년 내외이며, 수고는 6-8m, 밀도는 300본 정도이다. 특기사항으로는 현재 밤나무 아래에 고사리를 재배하고 있으며 고사리의 피복도가 80% 이상 되며 다른 초종의 침입이 거의 없었다. 일부에서는 밤 수확을 위해 일부는 예취 작업을 실시한 상태이나 다른 초종의 침입은 낮은 수준 이었다. 조사결과 하층식생으로는 고비, 고마리, 대사초, 쇠무릅, 여뀌, 쑥, 질

경이, 산딸기, 민바랭이, 닭의장풀 등이 나타나고 있으며 출현빈도나 피복도는 매우 낮았다.

표 2-12. 밤나무 재배지의 하층식생 목록

출현종	중부지역				남부지역			
	부여 대산	공주 정안	공주 사곡	공주 상서	순천 주암	광양 진상1	광양 진상2	광양 진상3
각시마					●			
강아지풀						●		●
개미자리	●	●	●			●		●
개미취						●		
개웃나무					●			
거북꼬리					●	●		
계요등					●	●		
고들빼기	●	●	●					
고마리								●
고비								●
고사리	●	●			●	●	●	
고사리삼					●			
괭이밥						●		
그늘사초							●	
까마중					●			
까치수영			●					
꼭두서니	●	●						
넓은잎외잎쭈						●		
노박덩굴								●
닭의장풀	●	●	●	●	●	●	●	●
담쟁이덩굴					●		●	
대사초								●
댕댕이덩굴	●						●	
돌나물					●			
둥굴레	●		●		●			
등근털제비꽃					●			
들깨						●		
들깨풀						●		
땅비싸리		●	●					
떡갈나무					●			
떡쭈		●						
뚝새풀	●	●	●					
띠				●				
마삭줄					●	●	●	
망초	●	●	●		●	●		
매듭풀							●	
맥문동			●					
머위						●		

출현종	중부지역				남부지역			
	부여 대산	공주 정안	공주 사곡	공주 상서	순천 주암	광양 진상1	광양 진상2	광양 진상3
명석딸기		●			●	●	●	
머느리밑씻개	●							
머느리배꼽	●					●	●	
명아주		●	●					
모시물통이					●			
무릇					●	●	●	
물참대			●					
미국자리공	●			●	●	●	●	●
미역취			●					
민바랭이								●
밀나물			●					
바랭이	●	●	●	●	●	●	●	●
박주가리				●	●			
반하						●		
뽕딸기						●		
붓꽃						●		
비비추			●					
비짜루			●					
뽕리뱅이	●	●	●		●	●		
뽕나무							●	
사위질빵						●		
산피불주머니						●		
산딸기		●		●	●		●	●
삼주			●					
새콩						●	●	
송악						●		
쇠무릅						●		●
쇠별꽃	●				●	●		
쭈	●	●	●	●	●	●	●	●
아까시나무							●	
애기똥풀	●			●				●
애기수영				●				
애기풀	●							
양지꽃	●	●					●	
억새	●					●	●	
영경취	●		●					
여뀌	●		●		●	●	●	●
여로			●					
여우구슬					●		●	
오이풀	●							
왕고들빼기	●		●					

출현종	중부지역				남부지역			
	부여 대산	공주 정안	공주 사곡	공주 상서	순천 주암	광양 진상1	광양 진상2	광양 진상3
왕쌈바귀						●		
우산나물			●					
원추리		●	●		●			
으름						●		
은방울꽃	●	●						
이고들빼기			●					
인동					●	●		
자귀풀					●		●	
절굿대							●	
짐나도나물	●		●					
제비꽃						●		
조릿대					●			
족도리			●					
주름조개풀					●	●	●	
귀꼬리망초					●	●	●	
귀손이풀					●			
지칭개	●	●	●			●		
질경이						●		●
짚레꽃			●		●		●	
참취							●	
철쭉				●				
청가시덩굴					●			
청미래덩굴	●	●		●	●		●	
춘란							●	
취					●		●	
큰까치수영					●			
큰황새냉이					●	●		
토끼풀						●		
파리풀					●			
괭콩					●			
피					●			
피막이						●		
홀아비꽃대					●			
화살나무			●					
환삼덩굴	●		●					
황새냉이	●	●	●					
회잎나무					●			

※ ● 표시는 그 지역에 나타난 종을 의미함

조사결과 중부와 남부지역 밤나무 재배지에서 출현하는 총 종수는 116종 이었으며, 이 가운데 중부지역의 출현종수는 52종, 남부지역의 출현종수는 85종 이었다. 중부지역과 남부지역의 공통종수는 23종으로서 개미자리, 고사리, 닭의장풀, 땃땃이덩굴, 둥굴레, 망초, 명석딸기, 머느리배꼽, 미국자리공, 바랭이, 박주가리, 뿌리뱅이, 산딸기, 쇠별꽃, 쑥, 애기똥풀, 양지꽃, 억새, 여뀌, 원추리, 지칭개, 짚레꽃, 청미래덩굴 등이 출현하였다. 이들 공통종들은 대부분 민가 주변의 교란된 지역에서 주로 출현하는 식물들로서 대부분 산발적으로 분포하거나 우점도가 높을 경우 예취가 곤란하고 다른 관리 작업에 방해가 되는 식물들이 대부분이다.

조사한 하층식생 목록을 토대로 재배에 필요한 번식재료 확보, 파종 후 초종식물의 유지 및 관리를 고려한 결과 재배에 적합한 초종은 많지 않은 것으로 나타났다. 그러나 이 가운데 상기한 초경재배 요건에 부합하는 몇 가지 초종을 나열하면, 고사리, 뚝새풀, 둥굴레, 은방울꽃, 왕고들빼기, 참취를 들 수 있으며 이 가운데는 과거 다른 과수 재배지나 농경지에서 초경재배 시험을 거쳤거나 현재 재배중인 초종들이 포함되어 있다. 특히 밤나무 재배지에서 자생하는 고사리는 광양지역에서 성공적인 재배 사례가 있어 본 연구에서 시험초종으로 선발하였으며, 뚝새풀은 몇몇 조사지에서 높은 우점도를 보이고 있어 시험 초종으로 선발하였다.

한편, 다양한 과수 재배지에서 적용되고 있는 초종들로는 툴페스큐, 이탈리아라이그라스, 헤어리베치, 자운영, 호밀, 토끼풀 등이 있으며, 본 연구에서는 식생조사와는 별도로 비교적 과수 재배지에서 적응성이 높은 툴페스큐, 이탈리아라이그라스, 호밀, 자운영을 시험초종으로 추가 선정하였으며, 과거에 적용사례가 없었던 초종 가운데 질소고정식물인 콩(팻콩)과 고소득 작물로 재배면적이 증가하고 있는 인진쑥을 추가로 선정하였다.

최종적으로 본 연구에 시험초종으로 선발된 종은 뚝새풀, 자운영, 호밀, 이탈리아라이그라스, 툴페스큐, 팻콩, 인진쑥, 고사리 총 8종이다.

나) 선발초종의 재배시험 결과

(1) 시험초종의 발아율 및 활착률

연구결과 밤나무 재배지에서 자운영의 발아율은 2003년 19.3%, 2004년 2.7%로 매우 낮았다(그림 2-10). 일반적으로 자운영은 경작지(논)에서 50%이상의 발아율을 보이는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 2년 연속 매우 낮은 발아율을 보였는데, 이는 밤나무 재배지가 경사가 급한 산림지역에 위치하고 있어 농경지에 비해 수분조건이 좋지 않고 초장이 낮기 때문에 다른 잡초와의 경쟁력이 없기 때문으로 판단된다. 따라서 자운영은 밤나무 재배지에서 재배가 어려운 초종으로 판단된다.

뚝새풀의 발아율은 2003년 71.3%, 2004년에 26.3%로 심한 변이를 나타냈다. 이러한 차이는 파종 직후 기상조건에 따른 차이로 판단되는데, 1차년도에는 파종 후 잦은

강우로 인하여 비교적 수분조건이 적절히 유지되었으나 2차년도에는 오랜 기간 가뭄이 지속되어 발아개체가 도중에 고사하는 현상을 나타냈다. 따라서 특수풀은 자운영과 마찬가지로 생태적 특성상 비교적 수분조건이 잘 유지되는 평탄지에서 우점도가 높은 식물로서 급경사지의 밤나무 재배지에는 적합하지 않은 초종으로 판단된다. 그러나 밤나무 재배지의 일부 산록부분이나 평탄지에서 높은 밀도로 우점하고 있는 점을 고려하면 수분조건이 적절히 유지되는 장소에 재배가 가능할 것으로 판단된다.

꽃콩은 경제성 작물로서 질소고정을 하는 식물이기 때문에 토양을 비옥하게 한다. 이러한 점에 착안하여 비교적 광 조건이 풍부한 밤나무 재배지에 파종을 한 결과 81%라는 높은 발아율을 보였으며, 발아한 개체는 초기에 우수한 생장을 보이기도 했다. 그러나 이후 토끼, 노루와 같은 야생동물의 섭식작용으로 인해 대부분 지상부가 피해를 입었고 피해를 입은 꽃콩은 회복기간 중 다른 병해충의 피해를 입어 대부분 고사 또는 활력이 낮은 상태를 유지하였다. 결과적으로 꽃콩은 야생동물의 피해, 병해충 발생 그리고 잡초제거와 같은 집중 관리가 필요한 식물로서 밤나무 재배지에서 재배 가능성은 낮은 초종으로 판단된다.

호밀은 2년생으로 파종시기에 따라 생장 특성이 달라진다. 일반적인 호밀의 파종은 가을철에 실시하며 발아한 상태에서 겨울을 보내게 된다. 겨울을 보낸 호밀은 봄철에 생식생장을 하기 때문에 초장이 1m에 이른다. 전체생장 가운데 영양생장에 투자하는 비율보다 생식생장을 위해 투자하는 비율이 높기 때문에 피복효과는 크지 않다. 반면에 봄에 파종한 호밀은 발아 후 영양생장을 하기 때문에 초장은 30cm 이하로 낮고 잎의 개수가 많아 피복효과가 매우 크다. 본 연구에서는 1차년도와 3차년도에는 봄에 파종을 하였으며, 2차년도에는 가을에 파종을 하여 파종시기에 따른 발아율을 비교하였다. 연구결과 파종시기에 따른 호밀의 발아율은 현저한 차이를 나타내 봄에 파종한 호밀의 발아율이 88.0%와 84.7%인데 반해, 가을에 파종한 호밀의 발아율은 47.0%로 현저히 낮았다. 가을에 파종한 호밀 종자의 발아율이 낮았던 것은 발아 직후 서릿발의 영향과 발아한 개체들이 월동하면서 일부 고사하였기 때문으로 판단된다. 또한 호밀종자는 야생조류의 먹이가 될 수 있어 이로 인한 종자의 손실도 낮은 발아율의 한 가지 원인으로 생각된다.

외래초종인 이탈리아라이스라스와 톨페스큐의 발아율은 이미 다른 문헌에서도 보고된 바 있지만 본 연구에서도 높은 발아율을 나타냈다. 이탈리아라이스라스의 발아율은 2004년도와 2005년도에 각각 69.7%, 86.0%로 나타났으며, 톨페스큐는 66.3%, 81.0%로 나타났다. 두 초종에서 2004년도의 발아율이 낮았는데 이는 위에서 상기한 바와 같이 파종 후 가뭄기간이 있었기 때문으로 판단된다.

한편, 근주이식을 실시한 고사리의 활착률은 2004년과 2005년에 각각 46.0%, 43.7%로 비교적 낮았으며 연도별 차이는 크지 않았다. 자연식생인 고사리의 활착률이 낮은 것은 이식에 따른 수분스트레스 때문으로 판단된다. 그러나 같은 근주이식

방법을 이용한 인진쑥은 활착률이 2004년과 2005년에 각각 87.7%, 84.0%로 매우 높아 이식에 따른 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다.

결과적으로 밤 재배지에서 발아율 및 활착률이 높은 초종으로는 호밀, 이탈리아 라이그라스, 톨페스큐, 인진쑥 등이며, 풋콩은 발아율은 높았으나 이후 초식동물의 피해와 병해충 발생 등으로 인하여 생장이 불량하였고, 뚝새풀은 수분환경에 따른 변이가 매우 컸으며, 자운영은 수분요구도가 매우 큰 초종으로서 밤나무 재배지에 적응력이 매우 떨어지는 초종으로 조사되었다.

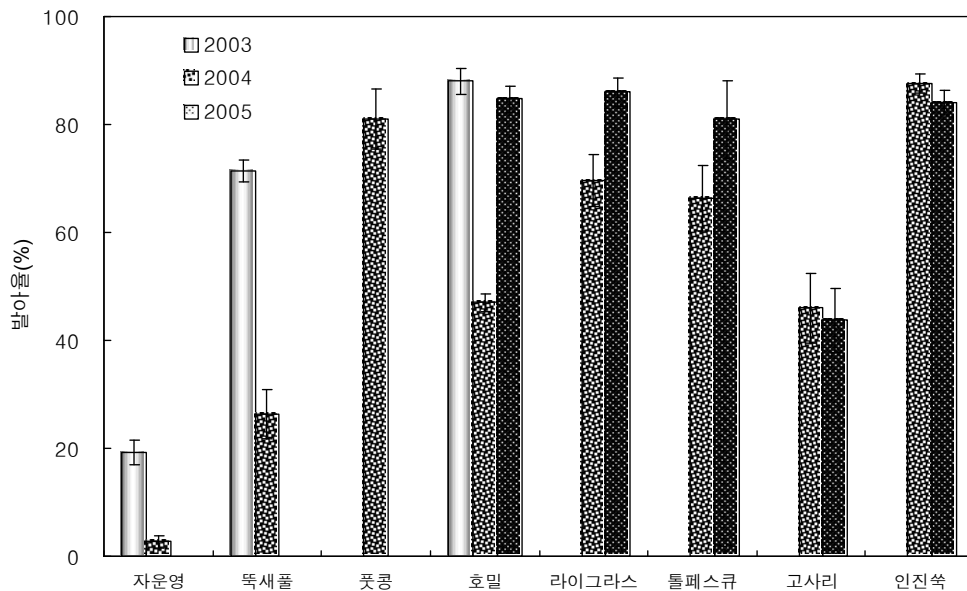


그림 2-10. 시험초종의 발아율 및 활착률(%)

(2) 시험초종별 피복률

초종별 피복률은 그림 2-11과 같으며, 일반적으로 초종의 발아율이 높을수록 피복률도 높은 경향이였다. 재배초종 가운데 피복률이 높은 초종으로는 호밀(봄철 파종), 이탈리아라이그라스, 톨페스큐로 나타났으며, 인진쑥과 고사리는 이식 당년보다 2년차에 높은 피복률을 나타냈다. 그러나 뚝새풀, 풋콩, 자운영은 낮은 피복률을 보여 적응력이 낮았다. 한편 아무처리가 없었던 무처리구는 다양한 잡초의 생장에 의해 피복률이 45%로 나타났으며, 4월과 6월 2차례 제초제 살포를 실시하였던 대조구의 피복률은 조사기간 동안 5%내외로 나타났다.

한편, 피복률이 가장 높았던 호밀과 이탈리아라이그라스 그리고 국소적으로 피복률이 높았던 뚝새풀은 다른 초종들의 생장이 최대가 되는 시기인 6월말에 고사하기 시작하여 7월 중순에는 전 개체가 고사하였다. 이들 초종이 고사한 후에는 바랭이,

여뀌와 같은 잡초의 침입이 무성하였는데, 이는 밤 줍기가 시작되는 9월초까지 식생의 피복이 유지되지 않는 문제점을 나타냈다. 그러나 3종 초종의 고사체는 지표를 피복하고 있어 대조구에서 일어났던 토사유출이 발생하지 않았으며, 고사체의 빠른 분해로 인하여 유기물이 토양에 공급되는 효과를 나타냈다. 밤나무 재배지의 초경재배는 선택 초종의 피복도가 밤 수확 시기까지 유지되어야 그 효과를 발휘할 수 있다. 그러나 호밀과 뚝새풀 그리고 이탈리아라이그라스는 이러한 점에서 약간의 문제점을 내포하고 있는 종들로 판단된다.

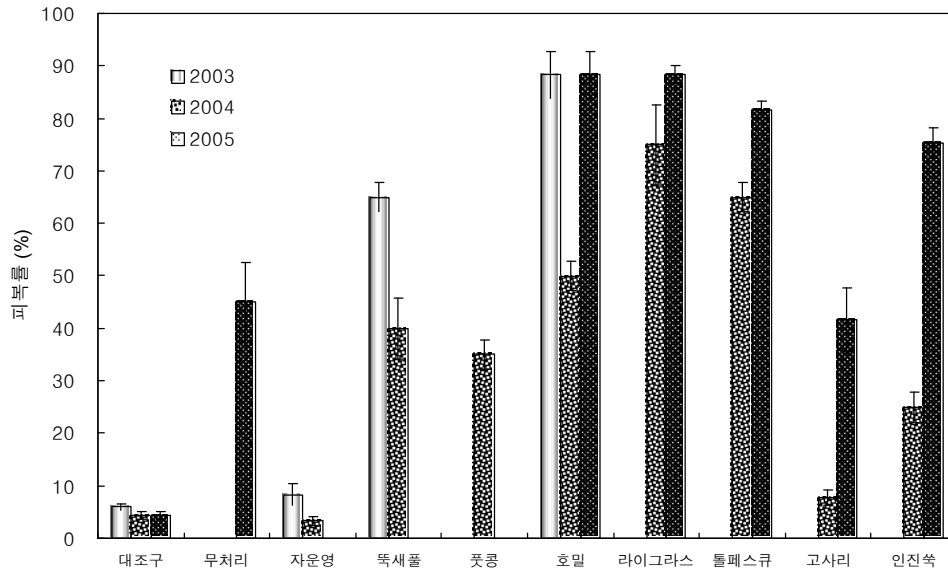


그림 2-11. 시험초종의 피복률(8월)



<제초제처리구>

<무처리구 : 잡초발생>

그림 2-12. 제초제처리구와 무처리구(잡초발생)의 피복상태



<자운영처리구>



<뚝새풀처리구>



<꽃콩처리구>



<고사리처리구>



<인진쑥처리구>



<호밀처리구>



<이탈리아안라이그라스처리구>



<톨페스큐처리구>

그림 2-13. 시험초종의 성장 및 피복 상태

(3) 시험초종의 건물생산량

시험초종의 건물 생산량은 인진쑥이 가장 많고 다음으로 이탈리아라이그라스, 톨페스큐 등의 순으로 나타났으며 제초제 처리구에서 가장 낮은 것으로 나타났다(그림 2-14). 이러한 경향은 시험초종의 발아율 및 피복도와 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 건물생산량이 높을수록 임지에 유기물로 공급되는 양이 많고 토사 유출을 억제하는 효과가 좋다. 본 연구에서는 인진쑥, 호밀(봄철 파종), 이탈리아라이그라스, 톨페스큐의 건물생산량이 현저히 높았는데, 인진쑥의 경우는 다년생 초본으로서 목질화된 부분이 많고 생장이 좋았기 때문이며, 호밀(봄철 파종), 이탈리아라이그라스와 톨페스큐는 밤나무 재배지에서 비교적 우수한 적응력을 보여 성장상태가 좋았기 때문으로 판단된다. 그러나 무처리구, 뚝새풀, 고사리, 호밀(가을철 파종), 풋콩 등은 상대적으로 낮은 건물생산량을 보였는데, 뚝새풀의 경우는 건조 스트레스에 민감한 초종으로서 생육초기에 건기가 지속되어 양호한 성장을 보이지 못했으며, 고사리는 이식 후 활착이 비교적 어렵고 초기에는 성장속도가 느리기 때문이며, 가을에 파종한 호밀은 다음해에 영양성장보다는 생식생장이 우세하기 때문으로 판단된다. 또한 풋콩은 비교적 밤나무 재배지에서 생육초기에 양호한 성장을 보였으나 이후 야생동물에 의한 피해가 계속돼 낮은 건물생중량을 보였다.

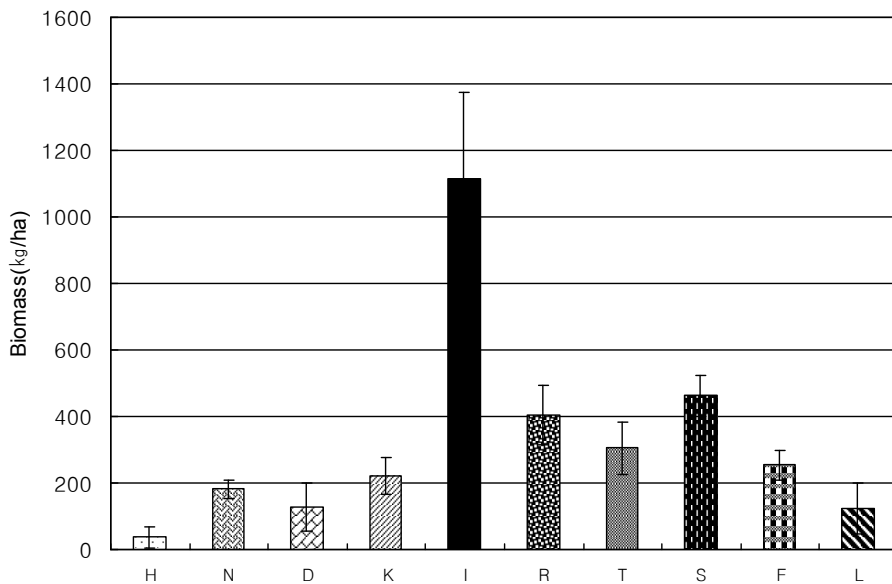


그림 2-14. 시험초종의 건물생산량

주; H: 제초제처리구, N : 무처리구(잡초), D: 뚝새풀, K: 고사리, I: 인진쑥,
R: 이탈리아라이그라스, T: 톨페스큐, S: 호밀(봄철 파종), F: 호밀(가을 파종), L: 풋콩)

다) 초경재배지의 토사유출량 및 토양 물리·화학적 특성

(1) 토사유출량

시험초종별 피복도 및 발아율과 토사유출량과의 관계를 밝히기 위해 2003-2005년 까지 일부 초종에 대해서 조사를 실시하였다. 연구에 사용된 초종은 2003년에서 2004년까지는 자운영, 뚝새풀, 호밀이었으며, 2005년에는 최종적으로 선발된 초종 가운데 호밀, 이탈리아라이그라스, 툼페스큐와 제조제를 처리한 대조구로 구분하여 토사유출량을 조사하였다.

토사유출량은 식생의 피복률과 밀접한 관련을 보여 피복률이 높을수록 토사유출 억제효과가 큰 것으로 나타났다. 특히 피복률이 높았던 이탈리아라이그라스, 툼페스큐, 호밀의 토사유출량은 1.0t/ha이하로 나타나 지속적으로 제조제를 처리한 대조구에 비해 현저히 낮은 토사유출량을 기록하였다(그림 2-15).

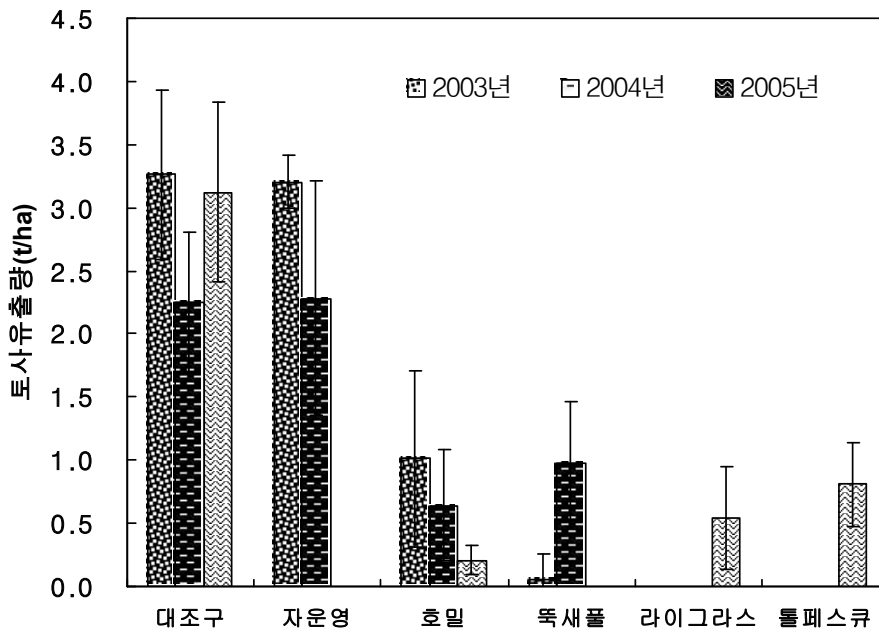


그림 2-15. 초경재배별 토사유출량 변화

토사유출량은 식생피복률 및 건물생산량과 부의 상관관계가 있었는데, 식생의 피복률 및 건물생산량이 낮아질수록 토사유출량이 급격히 증가하는 것으로 나타났다(그림 2-16). 토사유출량과 식생피복률 그리고 토사유출량과 건물생산량과의 상관관계에서 각각 결정계수는 각각 0.96, 0.79로 높은 상관관계가 있었다. 결과적으로 초

경제배시 토사유출을 효과적으로 방지하기 위해서는 높은 피복률과 건물생산량을 유지하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

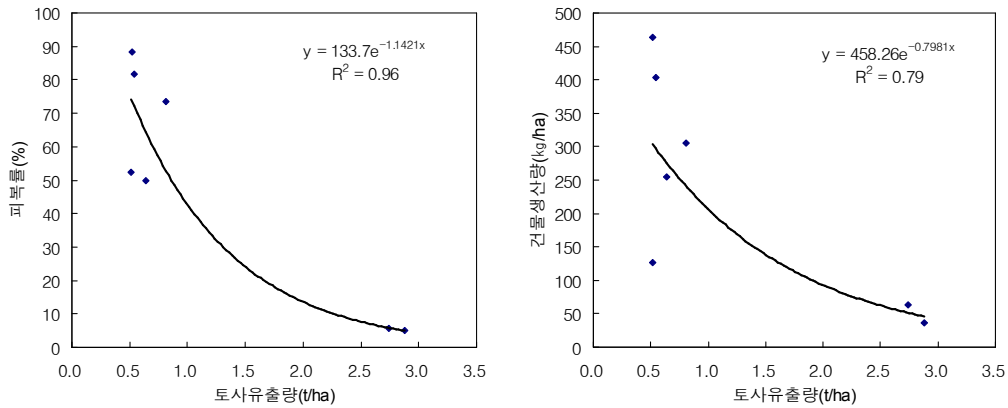


그림 2-16. 토사유출량과 피복률 및 건물생산량과의 상관관계

(1) 토양 특성 변화

초종재배지의 연차별 토양특성 변화를 조사하였다. 1년차(2003년)의 8월에 조사한 토양물리성에 있어 지속적으로 제초제를 처리한 대조구와 발아율 및 피복도가 낮아 토사유출이 많은 자운영처리구는 모래의 함량이 상대적으로 높고 미사나 점토의 함량이 낮은 것으로 나타났다(표 2-13). 이는 가벼운 입자인 미사와 점토가 빗물의 침식작용에 의해 쉽게 유출되었기 때문으로 판단된다. 또한 토양의 가비중 역시 피복도가 낮은 대조구와 자운영 처리구에서 높았고 비교적 피복률이 양호한 호밀처리구와 뚝새풀처리구에서 낮았다. 이러한 결과는 피복률이 높은 호밀처리구와 뚝새풀처리구는 토양에 세근의 생장, 일부 고사개체에 의한 유기물 유입 그리고 식생의 회복에 따른 다양한 미생물의 활동 등에 의한 것으로 판단된다.

토양의 화학성은 토사유출이 심한 대조구에서 유기물, 전질소, 유효인산을 비롯한 치환성양이온 함량이 매우 낮았으며, 비교적 피복도가 높았던 호밀처리구에서 높았다. 특히 인산의 경우 대조구와 호밀처리구에서 50배정도 차이가 있었으며 이는 토사유출과 함께 많은 양의 양분이 유출이 있었음을 의미한다. 따라서 지속적인 제초제 처리는 토사유출과 함께 많은 양의 양료가 유출되어 토양의 비옥도를 현저히 떨어뜨리는 것으로 나타났다.

표 2-13 . 초경재배 시험지 토양의 물리·화학적 특성(2003년)

처리	입도분석(%)				삼상(%)			가비중 (g/cm ³)
	모래	미사	점토	토성	액상	고상	기상	
대조구 (제초처리)	56.0	31.4	12.5	SL	34.1	51.2	14.7	1.36
호밀	36.0	45.7	18.3	L	39.8	48.4	11.8	1.28
자운영	48.7	36.5	12.9	L	37.7	49.3	13.0	1.31
뚝새풀	49.3	37.8	12.9	L	35.8	47.8	16.4	1.27

처리	pH	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
대조구	4.84	1.26	0.06	2.75	7.04	0.51	0.07	0.34	0.44
호밀	4.91	3.67	0.14	169.33	11.22	0.71	0.07	1.16	0.97
자운영	4.83	3.97	0.15	85.38	10.56	0.76	0.06	0.99	0.52
뚝새풀	4.78	2.82	0.13	155.44	9.68	0.47	0.07	0.55	0.56

2차년도에는 대조구, 호밀, 자운영, 뚝새풀처리구에 추가하여 고사리, 인진쑥, 톨페스큐, 이탈리아라이그라스의 4개 초종 처리구의 토양분석을 실시하였다(표 2-14). 토양물리성은 1차년도와 마찬가지로 대조구에서 가장 불량한 것으로 나타났으며, 피복도가 낮을수록 모래의 함량이 높고 미사나 점토의 함량이 낮으며, 토양가비중이 높은 경향을 나타냈다. 이와는 반대로 상대적으로 식생의 피복도가 높은 톨페스큐, 이탈리아라이그라스처리구는 다른 처리구에 비해 미사나 점토의 함량이 높았으며, 토양가비중도 산림토양에 근접한 수치를 보이고 있다. 톨페스큐와 이탈리아라이그라스 처리구의 토양가비중이 산림토양에 근접한 수치를 보이는 것은 높은 식생피복도에 의한 토사유출방지와 식물뿌리에 의한 토양으로의 유기물 유입이 중요한 역할을 했기 때문으로 판단된다.

한편, 토양화학성은 대조구와 고사리처리구에서 1차년도와 마찬가지로 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성양이온 등에서 현저히 낮은 것으로 나타났다. 이는 이들 처리구가 식생의 피복도가 낮기 때문에 토사유출과 함께 많은 양의 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성양이온 등이 빗물과 함께 용탈되었기 때문으로 판단된다. 또한 비교적 식생의 피복도가 낮았던 무처리구, 호밀, 뚝새풀처리구도 대조구보다는 심하진 않지만 낮은 양분함량을 보였다. 반면에 톨페스큐와 이탈리아라이그라스는 비교적 높은 유기물함량과 양분함량을 보였는데, 이는 높은 발아율과 성장속도가 토사유출을 효과적으로 방지하고 토양내 양분의 보전이 양호하였기 때문으로 판단된다.

표 2-14. 초경재배 시험지 토양의 물리·화학적 특성(2004년)

처리	입도분석(%)				삼상(%)			가비중 (g/cm ³)
	모래	미사	점토	토성	액상	고상	기상	
대조구 (제초처리)	56.84 (1.22)	22.22 (1.72)	20.94 (2.94)	SCL	23.26 (2.31)	52.41 (1.59)	24.33 (2.22)	1.41 (0.23)
자운영	43.51 (4.48)	38.74 (3.00)	17.75 (2.35)	L	27.25 (1.59)	48.99 (1.11)	23.76 (1.42)	1.22 (1.11)
뚝새풀	42.16 (3.46)	31.20 (3.87)	26.63 (3.92)	L	26.44 (3.15)	49.23 (3.47)	24.33 (3.28)	1.25 (0.89)
호밀	35.98 (4.41)	45.97 (3.34)	18.05 (1.74)	L	24.12 (3.33)	49.48 (3.17)	26.40 (3.56)	1.14 (0.23)
고사리	52.43 (7.69)	30.81 (6.13)	16.77 (1.96)	SL	23.15 (0.87)	50.14 (0.77)	26.71 (0.54)	1.31 (0.12)
인진쑥	54.13 (4.47)	23.42 (5.10)	22.46 (1.46)	SCL	25.78 (4.21)	47.68 (3.88)	26.54 (3.68)	1.19 (0.21)
이탈리안 라이그라스	48.88 (4.11)	36.61 (2.91)	14.51 (1.21)	L	28.55 (1.11)	45.44 (1.32)	26.01 (2.01)	0.98 (0.18)
튤페스큐	31.07 (2.42)	43.13 (1.13)	25.79 (1.32)	L	27.34 (3.41)	44.28 (3.69)	28.38 (4.01)	1.03 (0.24)

처리	pH	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
대조구 (제초처리)	4.61 (0.03)	1.98 (0.42)	0.11 (0.02)	98.71 (60.73)	10.89 (0.33)	0.42 (0.03)	0.05 (0.00)	0.44 (0.05)	0.31 (0.06)
무처리구 (잡초)	5.37 (0.19)	2.24 (0.20)	0.12 (0.02)	153.08 (66.91)	12.54 (0.50)	0.45 (0.16)	0.05 (0.01)	1.05 (0.18)	1.10 (0.03)
뚝새풀	4.95 (0.04)	2.04 (0.23)	0.18 (0.02)	194.33 (46.04)	12.65 (0.56)	0.69 (0.08)	0.05 (0.01)	0.94 (0.12)	0.60 (0.09)
호밀	5.14 (0.04)	2.25 (0.36)	0.16 (0.01)	133.02 (48.42)	11.49 (0.80)	0.44 (0.03)	0.05 (0.00)	0.94 (0.04)	0.85 (0.04)
고사리	4.83 (0.06)	1.11 (0.48)	0.09 (0.02)	78.23 (70.05)	11.40 (0.62)	0.43 (0.03)	0.05 (0.00)	0.58 (0.19)	0.58 (0.14)
인진쑥	5.35 (0.25)	2.32 (0.50)	0.14 (0.02)	339.52 (212.59)	13.16 (0.16)	0.58 (0.14)	0.05 (0.01)	1.79 (0.45)	0.79 (0.07)
이탈리안 라이그라스	5.08 (0.08)	3.49 (0.59)	0.20 (0.02)	401.15 (256.38)	14.71 (0.52)	0.52 (0.05)	0.04 (0.00)	1.27 (0.32)	0.89 (0.29)
튤페스큐	4.76 (0.09)	2.62 (0.51)	0.17 (0.03)	613.15 (241.30)	15.92 (1.33)	0.50 (0.09)	0.05 (0.00)	1.52 (0.20)	0.89 (0.04)

주: 괄호안은 표준오차

연구 3년차에는 연구 2년차에서 발아율 및 피복도가 낮았던 자운영, 뚝새풀을 포함시키지 않았다. 연구결과 1, 2년차의 결과와 비교해볼 때 초종의 피복도와 더욱 명확한 연관성을 나타내 피복도가 높았던 호밀, 이탈리아라이그라스, 톨페스큐처리구에 서 양호한 물리성을 나타냈다(표 2-15). 특히 이들 초종은 모두 피복도가 80%이상을 유지하며 토사유출방지에 매우 효과적이었으며, 일반적인 산림토양의 토양물리적 특성과 유사한 경향을 나타냈다.

토양의 화학적 성질은 연구 1, 2년차와 유사한 경향을 나타냈다. 지속적으로 제초제를 처리한 대조구는 유기물공급의 차단과 토사유출이 심하여 낮은 비옥도를 나타내고 있다. 또한 제초제를 처리하지는 않았지만 식생의 활착률과 피복도가 낮았던 고사리처리구 역시 낮은 비옥도를 보였다. 그러나 고사리처리구는 활착 후 지하경을 통한 번식속도가 매우 빠르기 때문에 지속적인 관찰이 요구된다. 한편, 피복도가 높았던 톨페스큐, 이탈리아라이그라스, 호밀은 높은 유기물과 전질소, 유효인산을 비롯한 양분이온이 대조구나 다른 초종처리구에 비해 현저히 높았다.

식생의 피복도와 토양의 물리화학적 성질 간에는 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 특히 초종의 발아율 또는 활착율이 높고 높은 피복도를 유지할 때 이러한 경향이 뚜렷하였는데, 이는 초종의 피복도가 높을수록 강우에 의한 토양침식을 효과적으로 방지하며 고사한 초종의 일부가 빠르게 분해되어 토양에 유입되기 때문으로 판단된다. 따라서 밤나무 재배지에서의 초경재배는 토양의 물리화학적 성질을 건전하게 유지하는데 중요한 역할을 담당할 것으로 판단된다.

표 2-15. 초경재배 시험지 토양의 물리·화학적 특성(2005년)

처리	입도분석(%)				삼상(%)			가비중(g/cm ³)
	모래	미사	점토	토성	액상	고상	기상	
대조구 (제초처리)	58.17 (4.32)	28.52 (3.47)	13.31 (0.86)	SL	24.12 (2.12)	53.87 (2.56)	22.01 (1.57)	1.38 (0.25)
무처리구 (잡초)	37.97 (4.03)	37.73 (2.61)	24.30 (2.14)	L	28.53 (0.58)	45.43 (0.67)	26.04 (0.21)	1.21 (0.19)
고사리	57.52 (8.52)	23.74 (5.20)	18.74 (3.32)	SL	26.32 (0.68)	48.25 (0.24)	25.43 (0.14)	1.25 (0.14)
인진쑥	54.17 (3.65)	29.47 (5.12)	19.70 (1.60)	SL	28.14 (0.14)	46.71 (0.33)	25.15 (0.24)	1.11 (0.35)
이탈리안 라이그라스	44.61 (2.94)	35.26 (2.10)	26.34 (1.02)	L	30.35 (2.15)	44.21 (1.59)	25.44 (1.66)	0.88 (0.51)
톨페스큐	36.29 (3.59)	36.84 (3.14)	26.12 (1.44)	L	29.64 (3.02)	45.99 (2.98)	24.37 (2.03)	0.91 (0.71)
호밀	39.18 (3.80)	36.52 (3.70)	24.30 (0.21)	L	31.28 (2.88)	43.88 (3.12)	24.84 (2.77)	0.85 (0.34)

주: 괄호안은 표준오차

처리	pH	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
대조구 (제조처리)	4.62 (0.07)	0.92 (0.06)	0.17 (0.01)	2.23 (1.29)	10.84 (0.30)	0.83 (0.06)	0.08 (0.01)	0.41 (0.02)	0.32 (0.02)
무처리구 (잡초)	4.52 (0.10)	2.16 (0.32)	0.27 (0.07)	6.66 (5.42)	11.81 (0.19)	0.73 (0.07)	0.07 (0.00)	0.40 (0.04)	0.36 (0.03)
고사리	4.58 (0.02)	2.04 (0.50)	0.46 (0.11)	65.99 (54.06)	11.37 (1.15)	0.78 (0.04)	0.09 (0.02)	0.78 (0.20)	0.67 (0.12)
인진쑥	4.50 (0.11)	2.27 (0.36)	0.26 (0.04)	177.41 (39.22)	11.44 (0.22)	0.86 (0.17)	0.08 (0.01)	0.88 (0.13)	0.87 (0.10)
이탈리안 라이그라스	4.87 (0.25)	3.33 (0.36)	0.21 (0.02)	287.56 (196.45)	12.69 (0.39)	1.09 (0.17)	0.10 (0.01)	1.50 (0.57)	1.07 (0.24)
톨페스큐	4.67 (0.07)	2.16 (0.10)	0.18 (0.01)	97.63 (63.28)	13.05 (0.82)	0.78 (0.02)	0.07 (0.01)	0.83 (0.17)	0.68 (0.17)
호밀	4.64 (0.02)	2.17 (0.17)	0.19 (0.02)	69.00 (19.73)	11.73 (0.15)	0.85 (0.06)	0.08 (0.00)	0.58 (0.16)	0.38 (0.03)

다) 초종별 재배 및 관리방안

8개의 시험초종 가운데 밤나무 재배지의 이질적인 환경에 잘 적응하고 번식력이 좋아 토양개선 효과가 큰 종으로는 호밀, 이탈리아라이그라스, 톨페스큐, 고사리, 인진쑥의 5종으로 나타났다. 특히 발아율 및 피복률이 높아 토사유출 방지효과가 크고 유기물 공급효과가 큰 호밀, 이탈리아라이그라스, 톨페스큐는 밤나무 재배지의 초경 재배에 적합한 초종으로 사료된다. 또한 인진쑥과 고사리는 활착은 비교적 느리지만 활착만 되면 번식속도가 매우 빠르기 때문에 호밀 등과 같은 토양보전 효과를 낼 수 있을 것으로 판단되며, 부수적으로 농가소득을 올릴 수 있는 종이기 때문에 밤나무 재배지의 초경재배에 적합하다. 그러나 뚝새풀은 수분요구도가 높은 초종으로 밤나무 재배지의 수분이 잘 유지되는 지형에서만 가능한 초종으로 분류되었으며, 풋콩은 재배는 가능하나 작물 특성상 집약관리가 필요한 종으로, 자운영은 밤나무 재배지에서 재배가 어려운 초종으로 분류되었다. 현재까지의 연구결과와 인용문헌을 토대로 각 초종의 재배 및 관리방안은 다음과 같다.

(1) 고사리

고사리의 재배는 파종보다는 근주이식이 일반화 되어 있으며, 가을에 근경을 채취하여 이용하지만 여의치 않을 때는 봄철 고사리 싹이 올라오기 전에 채취하여 이식하여도 좋다. 고사리의 채취는 전년도에 죽은 지상부를 확인하여 땅을 파서 근주를 채취하며 반드시 마디가 포함되도록 한다. 고사리 이식은 깊이 10-15cm의 구덩이를 파고 식재하며, 식재 간격은 가로 20-30cm 세로 40-60cm 간격을 유지한다. 고사리

는 화학비료보다는 유기물이 풍부한 곳에서 활착 및 생장이 좋으므로 식재시 유기물을 혼합한 토양으로 덮어주는 것이 좋다. 연구결과 고사리는 식재 후 활착하는데 시간이 많이 걸리며 밤나무 재배지에서 활착률도 낮은 편이다. 따라서 잡초관리가 필수적인데, 이식 후 잡초발생 상황에 따라 잡초를 제거해야 한다. 보통 이식 후 5월과 7월 2회에 걸쳐 잡초를 제거하며 제거한 잡초는 고사리 주변에 뿌려 다른 잡초의 발생과 토양의 침식을 어느 정도 억제할 수 있다.

고사리에 비료를 줄때 특히 주의할 것은 화학비료 중 요소나 염화가리를 사용하면 부패되기 쉬우므로 사용하지 말 것이며, 주로 유기물비료를 이용한다. 비료 주는 요령은 다음과 같이 퇴비, 계분, 유기질비료의 50%는 전 밭에 흩어뿌리고 밭을 깊게 간다. 슈음질이나 물대기 등은 거의 필요하지 않으나 6월 하순까지 잡초제거를 하고 장마철에 배수작업을 잘 해주지 않으면 줄기가 부패한다. 월동관리로 가을철에 짚이나 낙엽을 10cm정도 멀칭해 주면 좋다. 수확은 봄철 땅의 온도가 15℃이상 되면 땅속줄기를 마디에서 새 잎순이 솟아 나오기 시작하며, 대체로 봄비가 많은 해는 수량이 많아지는 경향이 있다. 수확량은 지난해 성장상태에 따라 차이가 있으나 10a당 이주심기 2년차에 200-400kg, 3년차부터 500kg이상 가능하며 수확적기는 어린잎이 피기 직전이다. 고사리의 수확은 성장기간 전 기간 동안 가능하다. 본 연구에서는 계절별로 고사리를 수확하기 보다는 증식에 초점을 맞췄기 때문에 수확량에 대한 자료가 없지만 이식 후 3년차부터는 본격적인 고사리의 수확이 가능할 것으로 판단된다.

고사리는 안정적인 활착 후에 지하경을 통한 번식속도가 빠르다. 그러나 첫해의 낮은 활착률을 감안하면 다음해 약간의 추가 보식작업(전년도 이식 개수의 20-30%)이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 인진쑥

인진쑥은 파종 및 이식 두 가지 방법이 모두 가능하다. 그러나 파종은 종자의 확보가 어렵기 때문에 다른 재배자를 통한 근주 확보가 용이하다. 식재는 고사리와 마찬가지로 채취한 근주를 깊이 10-15cm의, 식재 간격은 가로 20-30cm 세로 40-60cm 간격을 유지하여 이식한다. 인진쑥은 활착률이 높기 때문에 재배에 큰 어려움은 없다. 또한 성숙한 종자가 밤 재배지에 떨어지면 다음해에 많은 수의 새 개체가 발아하기 때문에 번식속도가 현저히 빠르다. 인진쑥은 활착 후 성장속도가 빠르지 않기 때문에 다른 잡초의 침입이 발생한다. 그러므로 고사리와 마찬가지로 5월과 7월 2회에 걸쳐 제초작업을 해주는 것이 좋다. 2차년도에는 높은 피복률을 유지하기 때문에 간단한 제초작업 1회만 실시하면 된다. 시비관리에 대한 자료는 충분치 않기 때문에 지속적인 연구가 필요한 사항이다. 수확은 밤 줍기가 시작되는 9월경에 한다. 가능하면 다음해 맹아경신에 필요한 부분을 남겨놓기 위해 지상부를 5-10cm정도 남겨놓고 수확한다.

(3) 호밀

호밀은 파종에 의하며, 가을철과 봄철 두 시기에 종자로 파종이 가능하다. 가을에 파종했을 경우는 봄에 피복도가 낮은 것이 문제지만 종자를 수확할 수 있다는 장점이 있다. 봄철에 파종한 호밀은 종자를 수확할 수 없지만 영양생장으로 인한 높은 피복도 유지로 토사유출방지에 매우 효과적이다. 그러나 호밀은 생활사가 6월말이면 끝나기 때문에 이후 다른 잡초의 침입이 있을 수 있다. 호밀의 파종량은 보통 2kg/100m² 정도이고 산파 후 종자가 덮이도록 지표층을 약간 긁어주면 좋다.

호밀(봄철 파종)은 발아율이 높고 성장속도가 매우 빠르기 때문에 지표층을 피복하는 속도가 매우 빠르다. 따라서 제초작업은 다른 초종에 비해 적은 노력이 소요된다. 그러나 6월말이면 호밀이 고사하기 때문에 수확 시기에 맞춰 기계 예초작업이 필요하다. 일반적으로 밤나무 재배지에는 양분이 과잉 존재하는 경우가 많기 때문에 특별한 시비관리가 필요 없을 것으로 사료된다.

(4) 이탈리아라이그라스

이탈리아라이그라스의 파종은 봄철 4월초에 실시하며 파종량은 2-3kg/100m² 가 적당하다. 이 식물은 1년생이기 때문에 매년 같은 양의 파종이 필요하다. 발아율이 높고 성장속도가 매우 빠르기 때문에 다른 잡초의 침입이 거의 없다. 따라서 제초작업은 다른 초종에 비해 적은 노력이 소요되며, 부분적으로 잡초가 우세한 지역에 한해 제초작업이 필요하다. 6월말이면 호밀처럼 생장이 줄어들고 일부가 고사하기 때문에 수확 전에 기계 예초작업이 필요하다. 일반적으로 이탈리아라이그라스는 양분 요구도가 높은 식물로 알려져 있지만 연구결과 밤나무 재배지에서는 좋은 생장을 보이는 것으로 보아 특별한 시비관리가 필요 없을 것으로 사료된다.

(5) 톨페스큐

톨페스큐는 이탈리아라이그라스와 생태적 습성이 비슷한 초종으로서 파종은 봄철 4월초에 실시하며 파종량은 2-3kg/100m² 가 적당하다. 톨페스큐는 다년생이기 때문에 매년 파종이 필요 없다. 다만 다음년도에 재생되는 톨페스큐의 생육상황에 따라 부분 파종하는 작업이 필요하다. 일반적으로 높은 발아율과 빠른 생장으로 피복이 잘 되는 초종이지만 이탈리아라이그라스나 호밀에 피해 피복도가 낮기 때문에 일부 잡초의 침입을 받는다. 따라서 생육기간 동안 2회 정도의 제초작업이 필요하다. 양분 요구도가 높은 식물로 알려져 있지만 연구결과 밤나무 재배지에서는 좋은 생장을 보이는 것으로 보아 특별한 시비관리가 필요 없을 것으로 사료된다.

(6) 뚝새풀

뚝새풀의 파종은 6월 종자가 성숙하는 시기에 바로 채취하여 파종하는 것이 좋

다. 또한 1년생이기 때문에 매년 반복하여 과중한다. 뚝새풀은 수분요구도가 높은 식물이기 때문에 밤나무 재배지 가운데 수분이 적절히 유지되는 평탄지에 과중한다. 뚝새풀은 지형조건에 따라 생육정도가 현저히 달라진다. 따라서 잡초발생 상황을 파악하면서 예취작업을 실시한다. 보통 1년에 2회 정도 실시한다. 뚝새풀은 다른 초본류와 마찬가지로 특별한 시비관리가 필요 없다.

나. 멀칭효과시험

밤나무 재배지에서는 조성시부터 제초작업이 큰 비중을 차지하고 있고 성목의 경우 효과적인 밤 줍기를 위하여 제초작업에 많은 노력을 기울이고 있다. 제초방법으로는 인력에 의한 제거와 예초기에 의한 기계작업, 제초제를 이용한 방법을 병행하여 실시하고 있으나 인력수급에 많은 어려움을 겪고 있을 뿐만 아니라 경비절감을 위하여 손쉬운 제초제를 살포하고 있으며 일부 농가에서만 인력에 의한 기계풀깎이를 실시하고 있다. 제초제 살포는 토양의 물리화학적 악화, 토양유실, 환경오염 등 많은 문제점을 일으키고 있을 뿐만 아니라 인체에도 각종 호흡기 질환과 농약중독 등 악영향을 미치기 때문에 인력을 어렵게 구해도 서로 기피하는 현상이 나타나고 있으며, 또한 제초제 피해로 인하여 밤나무의 세근발달이 나빠져 밤 생산량이 줄고 심지어는 고사하는 나무도 점차 늘어나고 있는 실정이다. 이러한 제초제의 여러 가지 피해를 줄이기 위해서 사과, 배, 복숭아 등 과수를 비롯한 농작물 재배 농가에서는 오래전부터 멀칭(mulching)을 도입하여 실시하고 있으나 밤 재배농가에서는 멀칭에 대한 이해가 부족하고 관행적으로 제초제를 사용하고 있다.

멀칭은 토양의 표면을 피복하여 토양수분 유지, 지온조절, 잡초억제 및 토양침식 방지를 목적으로 하는 토양관리의 한 가지 방법으로 피복자재의 종류로는 예로부터 벧짚, 보릿짚, 목초, 왕겨, 골판지, 작물의 잔사 등이 쓰여 왔으며 최근에는 폴리에틸렌이나 염화비닐 필름의 이용이 급속히 증가하고 있다. 외국의 경우 멀칭은 광범위하게 보편적으로 사용하고 있어 일반 수목식재지에도 목질칩을 이용하여 화단, 정원, 공원, 녹지대 및 가로수 등 수목 식재지의 토양관리에 많이 사용하고 있는 것을 볼 수 있으며, 최근에는 물과 액체비료를 통과시킬 수 있는 수목용 polypropylene 부직포를 개발하여 사용하고 있다. 수목 식재지나 과수 재배지에 대한 멀칭의 효과로는 ① 강우로 표토가 씻겨 나가는 토양의 유실 방지, ② 잡초발생의 억제, ③ 수분 증발을 억제하여 한해를 방지, ④ 과실 착색 촉진, ⑤ 당도 향상, ⑥ 동절기 지온 유지, ⑦ 수목 성장 및 생산성 증진 등을 들 수 있다. 앞으로는 점차 과수 재배지의 경우 잔류 농약에 의한 과수의 질적인 문제가 강화되고 있고 제초제 과용으로 인한 재배지 토양의 염류 집적, 토양의 산성화, 인근 호소의 오염 등의 환경적인 문제가 심각하게 거론되고 있다.

따라서 본 연구는 제초제 과용으로 인한 밤나무 재배지 토양의 물리화학적 성질

의 악화를 방지와 토양수분을 유지함으로써 밤나무 성장과 수확량 증진효과를 구명하고 친환경적이며 경제성이 높은 관리기술의 도입이 필요하여 멀칭효과시험을 실시하였다.

1) 재료 및 방법

가) 연구 대상지

연구 대상지는 충청남도 공주시 정안면 어물리 산 25번지 소재 밤 재배지 14ha 내의 일부 지역을 이용하여 실시하였다.

나) 시험지 배치

밤나무 재배지내 서쪽 사면에 경사가 20° 내외로 비슷하고 지형이 비교적 평탄한 지역을 선정하여 각 처리별로 3반복씩 그림 2-17과 같이 설치하였다.

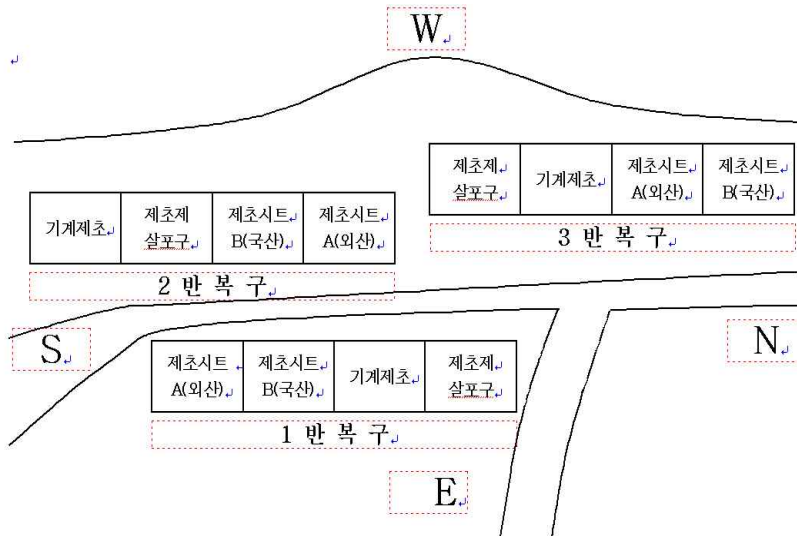


그림 2-17. 시험지 배치도

다) 조사방법

멀칭처리에 의한 제초제 살포 대체효과를 구명하기 위하여 2종류의 멀칭처리구와 관행적으로 행해지고 있는 제초제 살포 및 기계제초 구간에 토양환경 변화와 연간 소요되는 인력 및 경비를 비교하여 경제성 검토를 실시하였다.

제초시트A 처리구는 미국 듀폰사가 개발한 polypropylene 부직포를 원료로 만든 멀칭재이고 제초시트B 처리구는 이와 비슷한 재질로 국내에서 만든 멀칭재이다. 조사구 당 크기는 가로 10m, 세로 20m의 직사각형이며 단위면적당 소요되는 경비와

인력을 산출해 내기 위하여 제초시트는 조사구내 200m² 전 면적에 피복하였다. 제초제처리구와 기계풀깎이구는 6월 초순 및 8월 초순과 밤 줍기 전인 9월 초순에 연간 3회 관행대로 제초제 살포와 기계 풀깎이를 실시하였고 이때 소요되는 인력과 비용을 조사하였다.

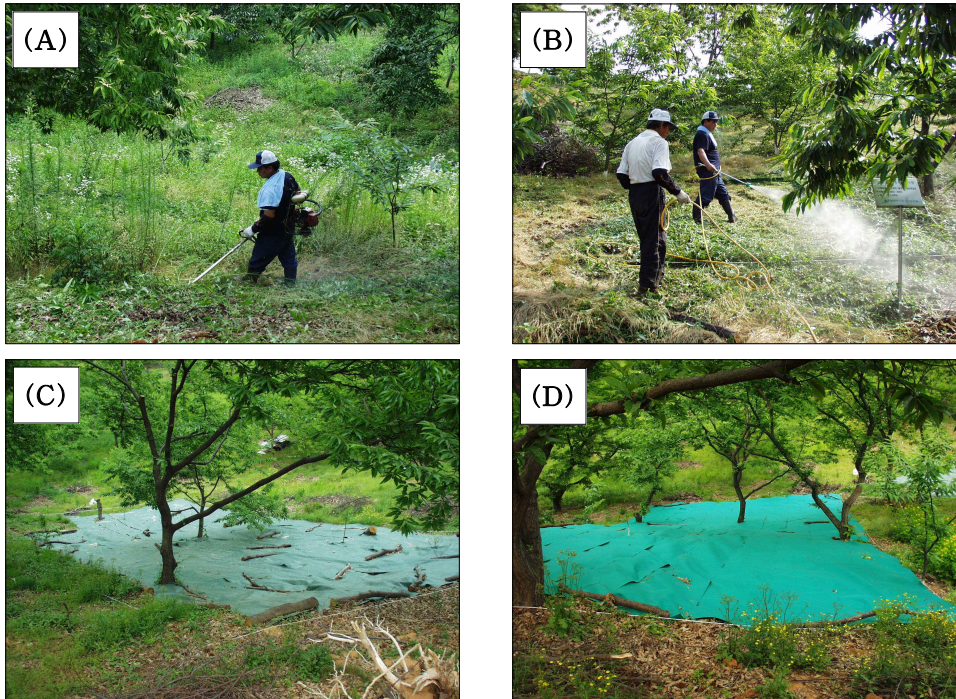


그림 2-18. 멀칭효과시험지 처리구 조성
A: 기계제초, B: 제초제 살포, C: 시트A(외산), D: 시트B(국산)

(1) 처리별 토양특성 분석

각 처리별 토양의 물리화학적 특성 및 경시적 변화를 비교 분석하기 위해 토양시료를 채취하였다. 토양시료는 낙엽층을 걷어내고 표층으로부터 10cm 깊이까지 시료 1kg을 채취하여 풍건시킨 다음 2mm 체를 통과한 시료를 사용하였으며, 토양의 물리적 성질인 토성은 U.S.D.A.(미농무성)의 Hydrometer법으로 토양삼상 및 가비중은 100cm 원통 can을 이용한 건조법으로 측정하였다. 토양의 화학적 성질인 토양산도는 토양시료와 증류수의 비율을 1:5로 섞어 pH meter로 측정하였고 유기물(O.M)은 Tyurin 적정법, 유효인산은 Lancaster 비색법, 질소는 Kieldahl법, 양이온치환용량(C.E.C)은 Brown법, 치환성양이온인 K, Na, Ca, Mg은 1N-NH₄OAc로 침출하여 여과한 후 ICP로 측정하였다.

(2) 처리별 미생물 밀도 측정

조사구내에 교차되는 5지점을 임의로 선정하고 낙엽층을 걷어낸 표층으로부터 0~5cm에 이르는 토양을 cake 모양으로 잘라 채취한 즉시 Icebox에 담아 실험실로 운반하였다. 채취된 토양시료는 각각 Tryptic Soy Agar Media, Rose Bengal media를 이용하여 호기성 토양세균, 토양사상균을 정량하였으며, 토양의 생화학적 특성 파악을 하기 위하여 3% TTC 용액 첨가 후 24시간 배양하여 생성된 TPF를 측정하는 방식으로 탈수소효소의 활성을 측정하였다.

(3) 토사 유출량 조사

각 처리별 토사 유출량을 조사하여 토양유실 방지효과를 구명하기 위하여 조사구내 가로 2m, 세로 4m 크기의 lysimeter를 설치하였다. 연 3회에 걸쳐 각 처리구별로 설치된 lysimeter에 수집된 유출 토사를 채취하여 실험실로 옮긴 후, 105°C의 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시킨 다음 시료의 건조량을 측정하여 각 처리별 토사 유출량을 비교하였다.

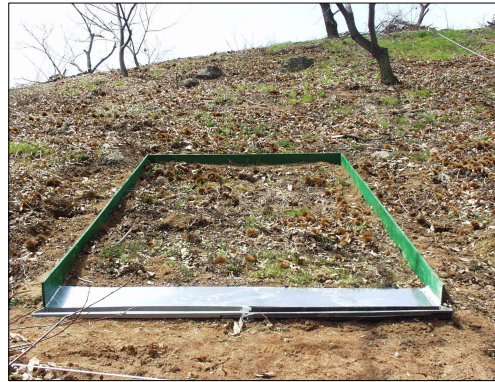


그림 2-19. 멀칭효과 시험지내 lysimeter 설치 전경
(좌: lysimeter 설치 장면, 우: lysimeter 설치 후)

2) 결과 및 고찰

가) 시험지 입지환경

시험지는 남동사면으로 경사는 급경사지(25~30°)이나, 작업로가 있어 관리가 양호한 입지이다. 토양은 적색계 갈색약건한 산림토양(rB₂)으로 토색은 대부분 5YR 5/6~5/8이고 7.5YR 4/6도 나타났으며 전 토심은 59cm, 유효 토심은 27cm이었다. 시험지내 토양은 입상의 토양구조를 가지고 있으며 견밀도는 연으로 조사되었다.

시험지내 표토는 모래, 미사 및 점토의 함량이 각각 42.2%, 35.4% 및 22.4%인 양토(Loam)이며 가비중이 1.20g/cm³이었고 심토의 경우는 모래, 미사 및 점토의 함량

이 각각 41.4%, 29.7% 및 28.9%인 식양토(Clay Loam)이며 가비중이 1.30g/cm³이었다(표 2-16). 토양 내 유기물과 전질소가 표토에서 각각 2.9% 및 0.2%, 심토에서 각각 1.3% 및 0.1%로 밤나무 생육에 필요한 양분이 대체적으로 낮은 것으로 평가되었으며, 특히 토양산도를 측정된 결과 표토와 심토에서 각각 pH 4.9 및 pH 4.8로 이 지역의 토양은 이미 산성화가 어느 정도 진행되었다(표 2-17).

표 2-16. 멀칭효과시험지 조성 전 토양의 물리적 특성

층 위	입 도 분 석 (%)				삼 상 (%)			가비중 (g/cm ³)
	모래	미사	점토	토성	액상	고상	기상	
표 토	42.2	35.4	22.4	L	32.0	45.4	22.6	1.20
심 토	41.4	29.7	28.9	CL	32.6	49.1	18.3	1.30

표 2-17. 멀칭효과시험지 조성 전 토양의 화학적 특성

층 위	산도 (pH)	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
표 토	4.9	2.9	0.2	772.5	11.79	0.76	0.10	0.57	0.44
심 토	4.8	1.3	0.1	101.8	10.84	0.51	0.10	0.23	0.23

표 2-18. 멀칭효과시험지 처리 3년 후 토양의 물리성 변화

처 리	입 도 분 석 (%)				삼 상 (%)			가비중 (g/cm ³)
	모래	미사	점토	토성	액상	고상	기상	
기계제조	43.7	39.8	16.5	L	27.2	38.8	34.0	1.03
제조제	47.5	38.2	14.3	L	30.1	42.3	27.6	1.12
시트A	43.3	42.0	14.7	L	29.0	40.5	30.5	1.07
시트B	46.8	38.2	15.0	L	28.5	38.1	33.4	1.01

표 2-19. 멀칭효과시험지 처리 3년 후 토양의 화학성 변화

처 리	pH (1:5)	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
기계제조	4.9	4.3	0.2	453.9	14.37	1.01	0.08	1.01	0.67
제조제	4.8	3.6	0.2	358.8	13.42	0.74	0.07	0.86	0.61
시트A	4.7	4.7	0.2	553.0	14.89	0.83	0.09	1.48	0.80
시트B	4.5	4.3	0.2	537.1	14.96	0.64	0.07	0.81	0.73

나) 토양의 물리화학적 변화

시험지내 기계제초, 제초제 살포 및 멀칭(시트 A, 시트 B)처리를 수행한 후 3년이 경과한 2005년에 그 변화를 알아보기 위하여 처리별로 토양시료를 채취하여 분석한 결과, 본 시험에서는 토양개량제나 비료와 같은 토양에 직접적인 영향을 주는 처리를 하지 않았기 때문에 2~3년이 경과했지만 처리에 따른 토양환경의 변화는 나타나지 않았다.

기계제초 및 제초제살포 처리구보다 멀칭처리구에서 토양환경 개선효과가 높을 것으로 예상되었지만 오히려 멀칭처리구인 시트A 및 시트B 처리구의 토양산도가 시험처리 전보다 낮아졌을 뿐만 아니라 기계제초 및 제초제살포 처리구에 비해서도 다소 낮은 경향을 나타냈다. 본 시험에서는 처리구 내 전면을 피복하는 방법을 선택하였는데 이로 인해 발생한 토양으로 흡수되는 광량 저하 및 통기성 불량이가장 큰 요인인 것으로 판단되었다. 따라서 멀칭처리를 할 경우, 대상지의 전면을 피복하는 것 보다는 단목멀칭(그림 2-20)과 같은 방법들을 선택하는 것이 토양개량효과와 밤생산성 증대에 도움이 되리라 생각된다.



그림 2-20. 밤나무 단목멀칭 처리 전경(왼쪽: 성목, 오른쪽: 유목)

다) 처리별 토사 유출량

토양유실 방지 및 지표고정 효과를 알아보기 위하여 처리별 토사유출량을 2003년에는 1회 조사하였고 2004년과 2005년에는 각각 2회 조사하였다. 2003년의 토사유출량은 1회 조사하였는데도 연간 2회 조사한 2004년 및 2005년 보다 많았는데, 기계제초구의 경우 ha당 2.2t이 유출되어 2003년의 1.3t보다 59%가 많았다(그림 2-21). 이러한 원인은 lysimeter를 설치하기 위하여 지표면이 교란되어 토사유출량이 많았기 때문이다.

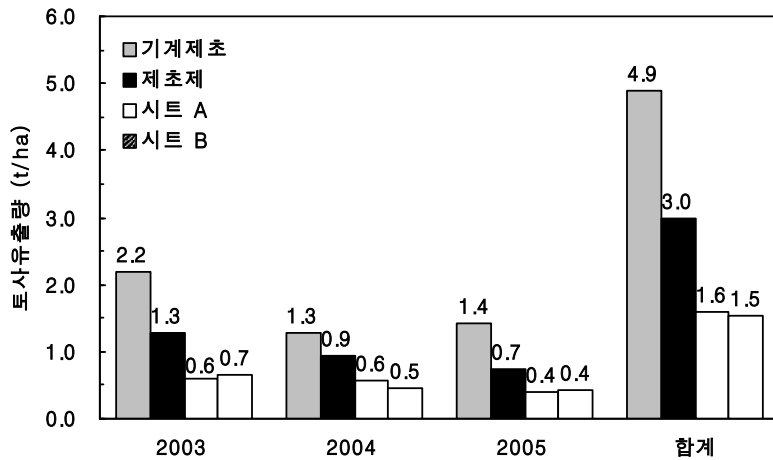


그림 2-21. 멀칭효과시험지 처리별 토사유출량

2004년의 처리별 토사유출량은 기계제초 > 제초제살포 > 제초시트B > 제초시트 A 순이었으나, 2005년에는 기계제초 > 제초제살포 > 제초시트A > 제초시트B 순으로 제초시트 A와 B의 순이 바뀌었지만 0.1t/ha의 미세한 차이로 나타났다.

토사유출량은 기계제초구를 제외한 나머지 3개 처리구는 약간 줄어드는 경향이었으며, 유출량이 가장 많은 기계제초구의 경우 ha당 1.3t~1.4t이 유출되었는데 이러한 원인은 밤 재배지에 풀을 깎기 위하여 사람이 돌아다니면서 지표면이 약간 교란되어 유실이 많았던 것으로 생각된다. 조사기간 동안 총 토사유출량은 기계제초 > 제초제살포 > 제초시트 A > 제초시트 B 순이었으나 제초시트 A와 B는 비슷하였다. 토사유출량이 가장 높은 기계제초구는 ha당 4.9t이 유출되어 제초제살포구와 제초시트처리구의 3.0t 및 1.6t에 비하여 각각 1.6배 및 3.1배 높았다.

라) 처리별 토양미생물상 변화

시험지 지하부의 활성도를 알아보기 위하여 처리별로 토양 샘플을 채취하여 토양 산도, 토양세균, 사상균 및 탈수소효소를 조사하였다. 토양시료 채취는 각 처리구별로 열십자로 교차되는 5개 지점과 대조구로 시험지와 인접된 비슷한 곳 5개소를 선정된 뒤 토양 샘플을 채취하였고 동일 항목에 대하여 분석하였다.

토양환경 중에 존재하는 미생물의 수가 많이 측정되었다고 해서 단순히 좋고 나쁨을 평가하는 데는 어려운 점이 있으나 탈수소효소(dehydrogenase)의 활성도가 높다는 것은 미생물의 대사작용이 왕성하다는 것을 뜻하며 이것은 바로 토양이 건강하다는 것이다. 또한 탈수소효소는 전반적인 미생물의 활력이나 유기물 분해력과 밀접한 관계가 있어서 각종 물질처리에 따른 미생물상 변화를 파악할 때 지표로 활용된다.

토양산도, 탈수소효소, 토양세균 및 사상균 개체수 모두 대조구에 비해 낮은 경향을 나타내어 인위적인 토양관리가 토양미생물상에는 나쁜 영향을 미치는 것으로 나타났다. 토양사상균은 양분순환에 관여하고 셀룰로이스를 분해하며 산림토양의 밀도가 높으며 낙엽이 있는 곳에 많다. 토양산도, 토양세균 개체수는 대조구 > 기계제초 > 시트 B > 제초제 > 시트 A 처리구의 순이었으며, 사상균의 경우 대조구 > 시트 B > 기계제초 > 시트 A > 제초제 처리구, 탈수소효소 활성의 경우 대조구 > 시트 B > 기계제초 > 제초제 > 시트 A 처리구 순으로 나타났다.

토양세균 및 사상균 개체수와 탈수소효소 활성은 토양산도와 밀접한 상관성을 보여 토양산도가 낮아질수록 감소하는 경향을 보였으며 수분함량과도 유사한 관계를 보였다. 토양미생물의 경우 활성도 측정을 하지 않았기 때문에 총 개체수만을 가지고는 절대적인 지표로 사용할 수는 없을 것으로 생각되나 제초제 처리구는 전반적으로 다른 처리구에 비하여 낮은 경향을 보였다. 제초시트의 경우 잡초는 성장하지 못하지만 물과 비료성분은 통과할 수 있도록 설계된 것으로 지표면을 덮고 있어 수분보전과 온도상승으로 미생물의 양적인 증가와 다양성 증가에 도움이 될 것으로 예상하였으나 미생물상 개체수가 줄어드는 것으로 나타났다. 이는 자연적인 유기물 유입이 부족하여 전반적으로 유기물 분해력의 지표로 사용되는 탈수소효소의 활성과 토양미생물의 수에서도 감소된 것으로 보이거나 향후 지속적인 관찰이 필요하다.

표 2-20. 멀칭효과시험의 처리전과 처리후의 미생물상 변화

처 리	토양산도 (pH)	토양세균	사상균	탈수소효소 ($\mu\text{g TPF/g soil}$)
		(Cfu g ⁻¹ dry)		
대조구	4.82	12.2E+05	6.1E+04	64
기계제초	4.62	9.9E+05	5.0E+04	49
제초제	4.44	6.0E+05	2.0E+04	25
시트 A	4.39	4.3E+05	2.7E+04	21
시트 B	4.60	8.9E+05	5.5E+04	54

마) 처리에 따른 소요인력 비교

밤 재배지에서 제초작업을 위하여 연간 3회 기계풀깎기와 제초제를 살포했을 때 소요되는 인력을 비교하였다(표 2-21). 소요시간은 2인이 1개 처리당 200m²에 대하여 기계로 풀을 깎거나 제초제를 살포할 때 소요되는 시간을 기록한 것이며, 소요인원은 기계풀깎이는 1인이 1일에 6시간을 작업한다고 가정했을 경우이고 제초제 살포 처리구는 물, 약제투입, 살포기설치 및 이동 등에 소요되는 시간을 감안하여 1일에 4시간을 작업했을 경우에 필요한 인력을 산출한 것이다. 기계풀깎이의 3년간 평균 소

요인력은 1ha당 3.87인으로 제초제 살포 2.53인에 비하여 약 1.5배 더 소요되는 것으로 나타났으나 작업인부 개개인의 능력에 따라 소요되는 시간 차이는 많았다. 한편 제초제를 살포할 경우에는 제초제, 호스, 노즐, 살포기 등 투입되는 소모품과 약제비용을 감안한다면 기계풀깎이에 비하여 소요되는 경비는 그다지 높지 않은 것으로 나타났다.

표 2-21. 기계풀깎이와 제초제살포의 소요시간 및 소요인원

처리	연도	소요시간 (200㎡당)	소요인원 (ha당)	비고
기계풀깎이	2003년	18분 42초	5.2인	1인/1일/6시간 작업
	2004년	12분 19초	3.4인	
	2005년	10분 48초	3.0인	
	평균	13분 56초	3.87인	
제초제살포	2003년	5분 13초	2.2인	1인/1일/4시간 작업
	2004년	6분 37초	2.8인	
	2005년	6분 05초	2.6인	
	평균	5분 58초	2.53인	

바) 처리에 따른 경제성 분석

(1) 분석방법

밤나무 재배지에서 제초제를 살포하지 않고 기계풀깎이와 제초시트를 사용하였을 때 투입비용을 크게 3가지 형태로 나누어 분석하였다. 제초시트는 지표면에 밤나무 수령에 따라 지표면에 피복하는 면적이 다르므로 A형, B형, C형으로 구분하여 투입비용을 측정하였다. 일반 관행재배지는 식재 후 10년차까지 연간 제초작업을 2회하는 것으로 하였으며, 11년차부터는 수확 전에 제초를 1회 하는 것으로 하였다.

A형 처리구는 밤나무 재배지 조성 시 묘목을 식재하였을 경우 1년차에 피복하여 5년간 관리하는 투입비용, B형의 경우는 15년차 이상 성목에 멀칭 할 때의 투입비용이다. 또한 C형의 투입비용은 1년차에 어린나무에 1차 피복하고 8년차에 2차로 확대 피복하였으며, 15년차에 3차례 피복하는 유형이다. C형도 밤나무가 수령에 따라 수관 폭이 달라지는 정도에 따라 점차 피복면적을 확대한 것이다. 제초시트 처리에 의한 토양관리 효과분석은 작업방법별 할인율로 할인한 비용의 현재가치의 합을 계산한 후 여기에서 비용의 현재가치의 합이 가장 적은 작업방법이 가장 효율적인 것으로 판단하였다.

(2) 작업종별 연간 제초작업 횟수

관행재배농가의 연간 풀베기 작업횟수를 측정하기 위해 충북·충남·전북·전남·경남 5개권역의 50개 고정표본 농가를 대상으로 실시한 경영실태조사 결과를 보면 표 2-22에 나타난 바와 같다.

표 2-22. 작업종별 연간 제초작업 횟수

구분	연간 제초작업	연간 제초제 살포	(제초+병충해) 연간 약제살포
1회	62.7	84.0	26.7
2회	35.3	16.0	37.8
3회	0.0	0.0	24.4
4회 이상	2.0	0.0	11.1
계	100.0	100.0	100.0

관행적으로 밤나무를 재배하는 농가에서의 연간 풀베기작업 횟수는 수확전에 1회만 하는 재배자가 62.7%이었고, 춘기와 수확전에 2회 실시하는 재배자는 35.3%를 나타냈다. 풀베기작업을 하지 않고 제초제만 살포하는 재배자는 연간 1회 살포가 84%이었고, 2회까지 살포하는 재배자는 16%를 나타냈다. 밤 재배자가 제초제와 병해충방제 약제를 동시에 살포하는 횟수는 1회 살포가 26.7%, 2회 살포가 37.8%, 3회 살포가 24.4%로 나타나 전체 응답자의 88.9%가 3회 이내의 약제살포를 하고 있었으나 11.1%의 농가에서는 4회 이상을 살포하는 것으로 나타났다.

(3) 연차별 노동력 투입비용

연차별 횟수에 따라 노동력 투입정도가 달라지기 때문에 각각의 인자별로 분리하여 일반 관행재배지와 멀칭처리구의 3가지(A, B, C) 형태로 구분하였다(표 2-23). 식재년수는 통상적인 밤나무 경제수령 25년을 기본으로 하였으며, 8년차에 1차 간벌(30%) 후 잔존본수는 280본/ha, 15년차에 2차 간벌(30%) 후 잔존본수는 200본/ha으로 하였다.

일반 관행 풀베기 작업은 ha당 2.4인이 소요되며, 1일 임금은 부식비 및 연료비 포함하여 115천원/인으로 하였다. 제초시트 비용은 1차 피복에 600천원, 2차 피복에 2,100천원, 3차 피복에 6,000천원을 기준으로 하였으며, 교환 및 관리에 투입되는 노동력 비용을 보통인부 1인당 39천원으로 하였다.

표 2-23. 일반 관행재배와 멀칭에 의한 토양관리 투자비용 비교

(단위: 원/ha)

식재연수 (년차)	일반관행재배	제조시트		
		A형	B형	C형
1	552,000	678,000	552,000	678,000
2	552,000	39,000	552,000	39,000
3	552,000	39,000	552,000	39,000
4	552,000	39,000	552,000	39,000
5	552,000	39,000	552,000	39,000
6	552,000	552,000	552,000	39,000
7	552,000	552,000	552,000	39,000
8	552,000	552,000	552,000	2,451,000
9	552,000	552,000	552,000	39,000
10	552,000	552,000	552,000	39,000
11	276,000	276,000	276,000	39,000
12	276,000	276,000	276,000	39,000
13	276,000	276,000	276,000	39,000
14	276,000	276,000	276,000	39,000
15	276,000	276,000	6,780,000	6,780,000
16	276,000	276,000	39,000	39,000
17	276,000	276,000	39,000	39,000
18	276,000	276,000	39,000	39,000
19	276,000	276,000	39,000	39,000
20	276,000	276,000	39,000	39,000
21	276,000	276,000	39,000	39,000
22	276,000	276,000	39,000	39,000
23	276,000	276,000	39,000	39,000
24	276,000	276,000	39,000	39,000
25	276,000	276,000	39,000	39,000

- 주 : 1. A형 : 식재 후 5년차까지 멀칭재배를 실시하고 6년차부터는 관행재배 실시
 2. B형 : 14년까지 관행재배를 실시하고 15년부터 제조시트를 활용한 멀칭재배
 3. C형 : 경제수령 25년간 제조시트를 사용하여 재배

(4) 효과 분석

관행 재배방식에 비하여 멀칭에 대한 투자비용 효과를 분석하기 위하여 할인율은 현재의 시중금리 4%와 현재보다 금리가 2배 이상 높은 10% 경우를 적용하였으며 결과는 표 2-24와 같다. 현재 할인율 4%에서 제조시트 A형이 관행재배, 제조시트 B, C형 재배방법보다 비용효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 할인율 4%에서 관

행재배 비용의 현재가치 합은 6,812천원/ha이었고, 제조시트 A형의 비용의 현재가치 합은 5,076천원/ha으로 관행재배에 비하여 1,736천원/ha이 적게 소요되는 것으로 나타났다. 그러나 할인을 4%에서 제조시트 C형의 비용의 현재가치 합은 6,998천원/ha으로 관행재배의 비용의 현재가치 합 6,812천원/ha에 비하여 약간 비싼 186천원/ha으로 나타났다. 이와 같이 제조시트 C형 재배가 관행재배와 큰 차이가 없는 것으로 나타나 장기적으로 볼 경우 토사유출방지로 인한 양분손실 감소 등 부차적인 효과가 클 것으로 예상된다.

표 2-24. 작업종별 현재가치의 합

(단위: 천원/ha)

할인율	4%				10%			
	작업종	관행	제조시트			관행	제조시트	
A형			B형	C형	A형		B형	C형
비용 계	6,812	5,076	9,458	6,998	4,621	3,121	5,951	4,041

- 주 : 1. A형 : 식재 후 5년차까지 멀칭재배를 실시하고 6년차부터는 관행재배 실시
 2. B형 : 14년까지 관행재배를 실시하고 15년부터 제조시트를 활용한 멀칭재배
 3. C형 : 경제수령 25년간 제조시트를 사용하여 재배
 4. 비용 계는 비용의 현재가치의 합을 나타냄.

다. 밤나무 재배지의 토양개량시험

밤나무 재배지의 토양은 장기간 화학비료와 집약적인 밤나무 관리 등으로 토양이 단단하여 빗물이 토양으로 침투되지 못하고 표토 위로 흘러버리는 현상이 자주 나타나고 있다. 토양 유실은 토양내 양분도 함께 손실되므로 표토를 보전하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 숲가꾸기 등으로 산림에서 부산물로 생산된 목질칩을 가축축사의 깔개로 활용한 후 다시 수거하여 완전히 부숙된 퇴비로 활용하기 위하여 밤나무 재배지에 살포하였다. 퇴비화된 축사 목질칩의 성분은 대부분 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스로서 토양내에서 유기물로 전환될 수 있는 성분이다. 또한 목초탄은 목탄에 목초액을 혼합하여 제조한 숯으로서 다공질이기 때문에 토양물리성을 개량하는 효과가 기대된다. 따라서 밤나무 재배지 토양에 처리하여 토양 물리성 개량효과를 구명하고자 하였다.

1) 재료 및 방법

목질칩 처리효과 및 적정량을 구명하기 위하여 2003년 4월 공주시 정안면 어물리의 5년생 밤나무 재배지에 목질칩을 살포하였다. 살포량을 토양부피비로 계산하여 목질칩 10%, 20%, 30%, 40%에 화학비료를 500g을 균등하게 혼합 살포하고 밤나무

의 길이생장이 종료가 되는 시기인 8월에 수고생장량과 역지생장량을 조사하였다.

목초탄은 목탄 80, 목초액 20의 비율로 조제하였다. 목초탄 처리에 따른 밤나무 재배지의 토양물리성, 특히 토양삼상을 변화시킬 목적으로 목초탄을 토양부피비로 10%, 20%, 50%를 처리하였다. 처리 후 2003년 8월에 토양시료채취용 캔(100cc)으로 토양을 채취하고 토양삼상을 분석하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 목질칩 처리효과

밤나무 재배지에서 적절한 목질칩의 양은 10%, 20% 처리구에서 대조구와 비교하여 수고생장량이 뚜렷하게 차이가 있었다. 그러나 30%와 40% 처리구는 대조구에 비하여 수고생장이 양호하였으나 10%와 20% 처리구에 비하여 오히려 생장량이 낮게 나타났다. 따라서 밤나무 유령목에 대한 목질칩처리는 20%가 적당한 것으로 나타났다(그림 2-22).

목질칩 살포가 수관폭 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수관폭생장을 4방위로 나누어 조사한 결과 목질칩을 살포하지 않은 대조구에 비하여 목질칩을 살포한 처리구의 생장이 모두 양호하였다(그림 2-23). 또한 수고생장과 마찬가지로 목질칩 10%와 20%처리구에서 수관폭의 생장이 가장 양호하였으며 목질칩의 살포량이 증가할수록 수관폭의 생장은 낮아지는 결과를 보여 축사의 깔개용 목질칩을 완전히 퇴비화한 재료의 적정량은 2ton/ha으로 사료된다. 밤나무 역지의 생장은 비종선발 시험에서와 같이 비료의 종류와 관계없이 그리고 시비량과 시비위치에 관계없이 수광조건이 양호한 남향과 서향 등 방향에 따라 생장이 서로 다른 것으로 나타났다.

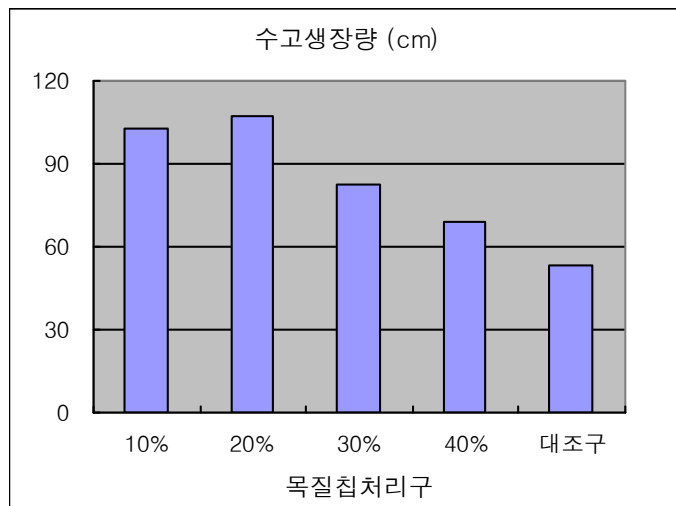


그림 2-22. 목질칩 살포에 따른 밤나무 유령목의 수고생장량

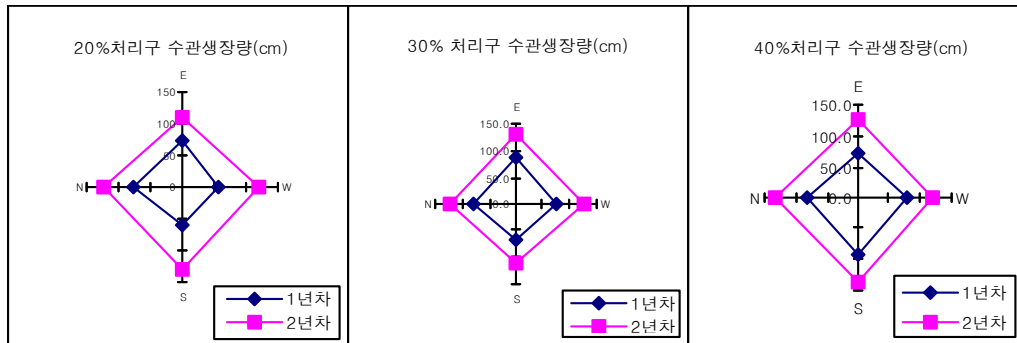
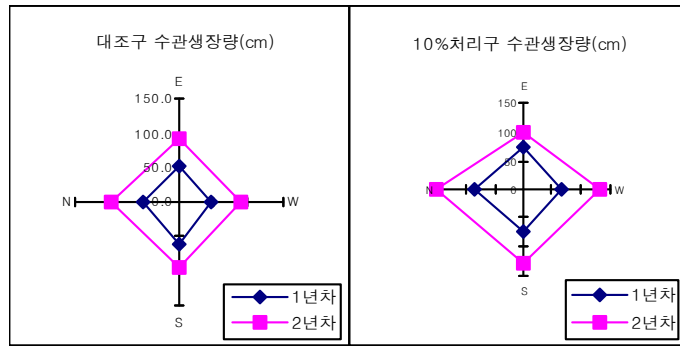


그림 2-23. 목질칩 처리에 따른 수관폭 성장량

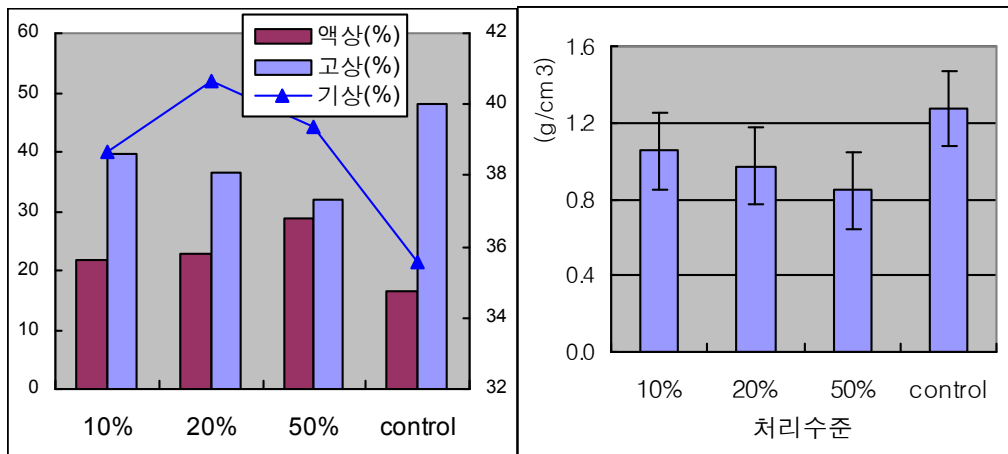


그림 2-24. 목초탄 처리에 따른 삼상변화 그림 2-25. 목초탄 처리에 따른 가비중

나) 목초탄처리 효과

밤나무 재배지의 토양삼상은 고상이 48.1%로 매우 높아 토양의 투수성이 매우 불량하고 액상(토양수분, 16.4%)과 기상(토양공극, 35.5%)이 매우 낮아 토양의 물리적

성질이 불량하였다. 토양의 가비중도 1.27g/cm^3 으로 일반 산림토양(용적중 0.9~ 1.0g/cm^3 , 고상 40%, 액상 35%, 기상 25%)에 비하여 매우 높아 보수력 및 보비력이 낮은 것으로 나타났다. 목초탄 처리결과 액상은 50% 처리구가 가장 높았으며 10%, 20% 처리구는 유사하였고 대조구가 가장 낮았다. 기상은 20% 처리구가 가장 양호하였으며 10%와 50% 처리구는 유사한 것으로 나타났으며 대조구가 가장 낮았다. 목초탄을 이용한 토양의 물리성 변화는 분명히 나타나 토양개량 효과가 있는 것으로 판단된다. 그러나 가비중과 같이 토양의 보수성과 보비성은 목초탄이 많이 살포되는 것으로 개선되지 않으며 오히려 토양내 수분이 목초탄에 의해 식물과 경쟁관계가 될 수 있어 밤나무에 수분부족이 초래될 수 있다(그림 2-25).

목초탄 처리에 대한 토양의 이산화탄소 발생량은 그림 2-26과 같다. 목초탄을 살포한 처리구는 대조구에 비하여 이산화탄소 발생량이 $0.4\text{g/m}^2/\text{hr}$ 이 더 높았다. 이는 목초탄 처리가 토양환경의 변화를 촉진하여 토양내 미생물의 활동을 증진과 함께 토양내 미생물 개체수의 증가를 가져오기 때문으로 판단된다. 일반적으로 목초탄은 토양산도 교정효과가 있고 토양산도의 변화는 토양내 용해되어 있는 양분을 가용성으로 변화시켜 식물이 곧바로 흡수할 수 있는 상태로 전환시켜 준다. 따라서 목초탄은 산성화된 밤나무 재배지 토양의 개량에 큰 효과를 발휘할 수 있을 것으로 기대된다.

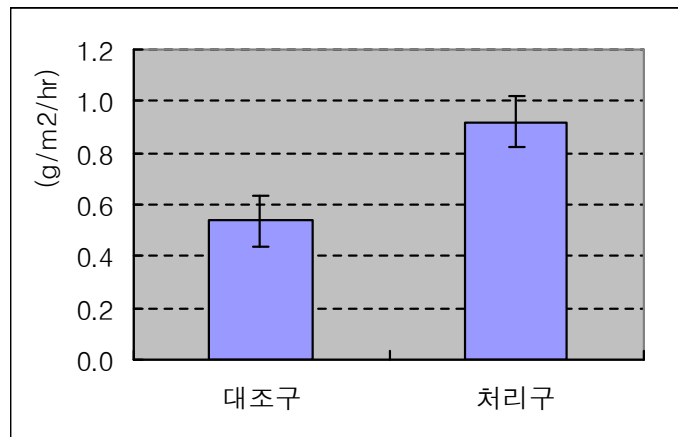


그림 2-26. 목초탄 처리에 따른 토양이산화탄소 발생량

라. 종합결론

밤나무 노령임분 전정처리목에 대한 시비처리는 기존의 화학비료 관행시비량을 줄인 양만큼 액비로 대체하거나 토양개량제인 목초탄을 처리하여도 밤알의 평균중량이나 건전과율과 같은 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 유령목에 대한 시비처리는 비중의 경우 양분흡수율이 높은 속효성 비료가 완효성 비료나 화학비료와 목초탄의 혼합처리에 비해 수고나 근원경 생장이 높은 것으로 나타났으며,

시비적정량의 경우는 기존 시비량인 관행구(N:P:K=21:17:17, 2kg/본)를 1/2 감량한 시비처리구에서 가장 높은 수고성장량을 보였고 표준구(N:P:K=1:1:1, 2kg/본)에서 가장 낮은 성장을 보였다.

비종별 유령목의 역지성장량은 UF비료, 목초탄과 화학비료(1/5감비)의 혼합비료 처리구에서 가장 높았으며, 시비량에서는 관행시비량보다 UF 2배량처리구, UF3배량처리구와 관행시비량을 1/2 또는 1/5 줄인 시비처리구에서 높은 것으로 나타났다. 관행시비량을 줄이거나, 줄인 양만큼 목초탄으로 대체하여도 유령목의 역지생장에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

제조제 대체효과를 위한 초종선발 시험에서 초종의 발아율과 피복률이 높을수록 토사유출 방지 및 토양양분 고정능력이 높은 것으로 나타났다. 토사유출량은 제조제 처리구가 초종재배구보다 3배 이상 높았으며, 토양양분은 인산의 경우 제조제처리구와 초종재배구 간에 50배 정도 차이가 있었다. 밤나무 재배지에서 우수한 적응능력을 보이고 발아율, 피복률, 건물생장량이 높아 재배가 가능한 초종은 호밀, 이탈리아 라이그라스, 톨페스큐였다. 또한 이들보다는 상대적으로 발아율, 피복률 등이 낮지만 적응능력이 좋아 농가소득을 올릴 수 있는 재배 작물로는 인진쑥과 고사리가 적정한 것으로 사료된다. 한편, 제조제 대체를 위한 밤나무 재배지의 멀칭처리는 토양의 물리·화학적 성에 큰 변화를 보이지 않았다. 그러나 토사유출량은 제조시트처리구에서 0.4~0.6t/ha로 제조제처리구 0.7~1.3t/ha와 기계풀깎이처리구 1.3~2.2t/ha에 비해 현저히 낮았다. 또한 멀칭처리는 잡초발생을 억제하는 효과가 크고 밤 줍기 작업이 편리한 장점을 보였다. 그러나 멀칭재 처리는 광과 수분 그리고 유기물의 차단효과가 있어 토양에 미치는 영향에 대해 지속적으로 관찰할 필요가 있다.

토양개량제인 목질칩을 유령목에 토양부피비로 20% 처리했을 때 수고와 수관이 크게 성장하였으며, 목초탄처리는 대조구에 비해 토양삼상의 조성비율을 개선시키는 효과가 큰 것으로 나타났다.

제 3 절 환경친화적 병해충방제 및 관리기술개발

1. 수형조절별 해충상 조사

가. 갱신전정 지역에서 해충상 조사

우리나라 밤나무 주요 재배지역은 충남 공주, 충북 충주, 경남 산청, 진주, 전남 순천 지역 등이며 대부분 노령화된 임분으로 구성되어 있다. 최근 밤나무를 대상으로 갱신전정과 저수고 수형조절을 통해 새로운 재배기술 도입과 생산성 향상 기술을 통한 농산촌의 소득 증대사업이 주목되고 있는 실정이다. 따라서 우리나라 주요 밤나무 재배단지 중 경남 산청, 진주 지역 등을 비롯한 35년생 전후의 노령목을 대상으로 갱신 및 저수고 전정 등 수형조절을 실시하였으며 2003년-2005년까지 매월 4월부터 8월까지 처리별로 각각 10본씩 육안으로 관찰하여 해충상을 조사하였다. 조사된 결과는 표 3-1, 3-2, 3-3과 같으며 곤충상은 다양하지 않았다.

갱신전정의 경우 나무의 수세가 급격히 저하됨에 따라 밤나무 해충의 종류가 2003년 4월에는 3지역에서 3목 8과 9종이 육안으로 관찰되었으며, 5월에는 6목 18과 26종, 6월에는 6목 9과 14종, 7월에는 5목 6과 10종, 8월에는 4목 7과 8종이 각각 관찰되었다. 이는 최광식 등(1997)의 보고에서 밤나무해충 종이 220여 종에 달한다는 것과 비교하면 상당히 빈약한 해충상을 보이고 있었다.

표 3-1. 갱신전정지역에서 시기별 해충상 조사(2003)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	3	4	7	독나방류 유충
	산청	3	3	5	잎말이나방류 유충
	공주	3	4	6	잎말이나방류 유충
5	진주	5	11	12	거위벌레
	산청	4	10	15	주둥무늬차색풍뎅이
	공주	4	6	10	참나무잎벌
6	진주	5	7	14	거위벌레
	산청	5	6	13	주둥무늬차색풍뎅이
	공주	5	5	8	주둥무늬차색풍뎅이
7	진주	4	5	7	미끈이하늘소
	산청	5	7	7	미끈이하늘소
	공주	4	5	6	섭주둥이바구미
8	진주	4	3	5	오리나무좀
	산청	4	3	4	오리나무좀
	공주	3	3	4	오리나무좀

표 3-2. 갱신전정지역에서 시기별 해충상 조사(2004)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	3	4	4	털두꺼비하늘소
	산청	2	2	4	털두꺼비하늘소
	공주	3	3	6	밤나무왕진딧물
5	진주	3	7	9	털두꺼비하늘소
	산청	3	7	8	털두꺼비하늘소
	공주	5	8	11	거위벌레
6	진주	3	6	7	오리나무좀
	산청	3	6	7	거위벌레
	공주	5	7	9	주둥무늬차색풍뎅이
7	진주	2	6	6	자나방류 유충
	산청	2	5	6	밤나무혹응애
	공주	4	5	8	사슴벌레
8	진주	2	3	4	털두꺼비하늘소
	산청	2	2	4	밤나무혹응애
	공주	4	4	5	풀노린재

표 3-3. 갱신전정지역에서 시기별 해충상 조사(2005)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	2	3	5	털두꺼비하늘소
	산청	2	3	4	털두꺼비하늘소
	공주	2	5	6	밤나무왕진딧물
5	진주	4	6	8	자나방류 유충
	산청	3	7	8	자나방류 유충
	공주	4	10	11	참나무잎벌
6	진주	4	5	5	매미나방 유충
	산청	3	5	5	독나방 유충
	공주	4	8	7	주둥무늬차색풍뎅이
7	진주	4	3	4	미끈이하늘소
	산청	3	3	4	사슴벌레
	공주	5	5	6	밤나무혹응애
8	진주	3	3	4	밤나무알락진딧물
	산청	2	2	3	밤나무알락진딧물
	공주	5	5	6	구리풍뎅이

특히 시간이 경과함에 따라 경남의 진주와 산청에서 천공성해충이 상대적으로 많이 나타난 반면 충남 공주에서는 식엽성해충이 많이 관찰되었다. 이러한 결과는 진주와 산청지역은 35년생 이상의 노령목을 대상으로 갱신전정이 실시된 것에 비해 충남지역은 20년생 이하의 장년목을 대상으로 실시되어 갱신전정 후에도 생육상태가 양호하고 수세가 유지됨에 따라 식엽성해충이 많은 것으로 생각된다. 관찰된 우점종

은 갱신전정 1년차(2003년)에 모든 지역에서 비교적 식엽성해충이었으며 2년차(2004년)부터 경남 진주, 산청에서 천공성해충인 털두꺼비하늘소, 오리나무좀, 사슴벌레 등이 우점하였다. 그리고 충남 공주에서 2004년과 2005년 6월에 환경부 보호종으로 지정되었다가 해제된 사슴풍뎅이가 발견됨에 따라 환경친화적 방제에 의한 자연 생태계 회복의 좋은 본보기가 될 것으로 사료된다.

나. 저수고전정 지역에서 해충상 조사

주요 밤나무 재배단지의 노령임분 중 저수고 수형조절을 실시한 지역에서 시기별 해충상을 조사한 결과는 표 3-4, 3-5, 3-6과 같으며 곤충상은 갱신전정을 실시한 지역과 큰 차이는 없었다.

표 3-4. 저수고전정 지역에서 시기별 해충상 조사(2003)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	3	3	6	독나방류 유충
	산청	3	2	6	잎말이나방류 유충
	공주	3	3	5	잎말이나방류 유충
5	진주	5	7	12	거위벌레
	산청	4	6	13	주둥무늬차색풍뎅이
	공주	5	7	10	참나무잎벌
6	진주	5	6	13	거위벌레
	산청	5	5	11	주둥무늬차색풍뎅이
	공주	5	5	9	주둥무늬차색풍뎅이
7	진주	4	6	7	거위벌레
	산청	4	6	6	거위벌레
	공주	4	5	7	섭주둥이바구미
8	진주	4	4	6	오리나무좀
	산청	4	5	6	오리나무좀
	공주	3	5	4	복숭아명나방

가지를 점진적으로 제거하고 새가지를 유도하는 저수고 수형조절을 실시한 3지역에서 2003년 4월에 3목 6과 7종, 5월에 6목 18과 28종, 6월에 6목 11과 17종, 7월에 5목 7과 11종, 8월에 4목 8과 10종이 관찰되었으며 2004년 4월에는 3지역에서 3목 6과 8종, 5월에는 5목 16과 26종, 6월에는 5목 10과 18종, 7월에는 5목 7과 11종, 8월에는 4목 7과 12종이 각각 관찰됨에 따라 갱신전정에 비해 곤충의 종류가 다소 많은 것으로 조사되었다. 또한 2005년 4월에는 3지역에서 3목 6과 9종, 5월에는 5목 14과 21종, 6월에는 5목 9과 17종, 7월에는 5목 7과 10종, 8월에는 4목 7과 11종이 관찰됨으로서 전체적으로 종수와 개체수가 갱신전정보다는 많았으며 나무의 활력도 높아 갱신전정에서와 같이 천공성해충의 개체수가 급격히 줄어드는 현상을 보였다. 충남

공주의 수형조절별 해충상은 경남의 진주와 산청에 비해 다소 다양하였으며, 특히 산청 지역은 시기별 우점종은 비슷한 경향을 나타냈다.

표 3-5. 저수고전정 지역에서 시기별 해충상 조사(2004)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	3	4	5	밤나무왕진딧물
	산청	2	3	4	밤나무왕진딧물
	공주	3	4	6	밤나무왕진딧물
5	진주	3	7	9	재주나방류 유충
	산청	3	8	9	자나방류 유충
	공주	5	8	11	거위벌레
6	진주	3	7	6	오리나무좀
	산청	3	7	6	거위벌레
	공주	5	7	9	주둥무늬차색풍뎡이
7	진주	2	6	6	밤나무혹으애
	산청	2	5	6	밤나무혹응애
	공주	4	5	8	거위벌레
8	진주	2	3	4	복숭아명나방
	산청	2	4	4	밤나무혹응애
	공주	4	3	5	풀노린재

표 3-6. 저수고전정 지역에서 시기별 해충상 조사(2005)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	2	3	5	오리나무좀
	산청	3	4	4	밤나무왕진딧물
	공주	2	5	6	밤나무왕진딧물
5	진주	5	6	10	자나방류 유충
	산청	4	7	9	밤나무왕진딧물
	공주	6	10	11	참나무잎벌
6	진주	4	7	8	매미나방 유충
	산청	5	8	7	독나방 유충
	공주	5	8	8	주둥무늬차색풍뎡이
7	진주	4	4	6	진나무잎응애
	산청	3	4	5	주둥무늬차색풍뎡이
	공주	5	6	7	밤나무혹응애
8	진주	3	4	5	밤나무알락진딧물
	산청	2	6	8	밤나무알락진딧물
	공주	4	5	6	구리풍뎡이

다. 무처리 지역에서 해충상 조사

수형조절을 실시하지 않은 무처리 지역의 해충상은 수형조절을 실시한 지역에 비

해 다양하였으며 특히 갱신전정을 실시한 지역보다 상반된 경향을 나타냈다. 나무의 수령이 상대적으로 높은 경남 진주와 산청지역은 충남 공주지역에 비해 천공성해충의 빈도가 높았다. 시기별 해충의 종류도 2003년 4월에는 3지역에서 3목 6과 7종, 5월에 5목 14과 20종, 6월에 5목 8과 13종, 7월에는 5목 7과 11종, 8월에는 4목 7과 8종이 각각 관찰되었으며 2004년 4월에 3목 5과 7종, 5월에 5목 14과 22종, 6월에 5목 11과 16종, 7월에는 5목 11과 15종, 8월에 4목 10과 14종 그리고 2005년 4월에 3목 6과 8종, 5월에 5목 13과 18종, 6월에 5목 13과 19종, 7월에 5목 11과 18종, 8월에 4목 10과 14종이 각각 조사되었다. 표 3-1~3-6에서와 같이 무처리 지역의 해충상은 수형조절을 실시한 지역과 전반적으로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 곤충의 종 다양도가 높은 시기는 모든 처리지역에서 매년 5월이었으며 해충상의 다양도가 가장 높은 것으로 조사되었다. 품종별 밤나무혹벌의 피해는 경남 진주와 산청지역에서 축과, 단택을 중심으로 매우 심하였으며(그림 3-1, 3-2, 3-3), 식엽성해충의 피해양상은 진주지역의 경우 거위벌레, 산청지역의 밤나무혹응애, 공주지역의 참나무잎벌 등이 우점종인 것으로 조사되었다. 연도별, 지역별, 시기별 총체적인 발생은 주둥무늬차색풍뎅이의 피해이었으며 유충기와 성충기에 피해를 장기간 주기 때문에 방제에 어려운 점이 많았다. 그러나 식엽성 해충의 경우 3년간 연속 30%의 피해를 받아도 나무의 성장에 커다란 영향이 없다는 것이 보고(Kulman, 1971)된 바가 있으나 식엽성 해충에 대한 방제는 영향 평가를 통한 적절한 관리가 필요하다고 하겠다.

수형조절 지역의 2004년 지역별, 시기별 천공성해충의 피해 조사는 표 3-10과 같으며 전체적으로 갱신전정 지역에서 평균 48.3%의 피해율을 보인 반면 진주지역의 경우 갱신전정 처리와 저수고 처리에서 각각 80%와 45%의 피해율로 타 지역보다 매우 높았다. 이러한 결과는 진주지역이 수형조절 처리기간이 2년이 경과되어 천공성해충의 피해기간이 길었을 뿐만 아니라 과도한 전정으로 나무의 생리적 활력 감퇴와 35년생 이상의 노령목을 공시목으로 선정하였기 때문인 것으로 사료된다. 충남 공주지역은 상대적으로 공시목의 수령이 20년생 전후로 비교적 활력이 있는 밤나무를 대상으로 갱신전정과 저수고 처리를 실시하여 경남 진주과 산청 지역보다 피해율이 낮은 것으로 판단된다. 또한 천공성해충의 경우 진주지역에서 하늘소 유충(추정 : 미끈이하늘소)이, 산청과 공주지역에서 털두꺼비하늘소가 각각 우점종이었으며 그 외 박쥐나방의 피해로 보이는 흔적과 오리나무좀의 피해가 관찰되었다. 산청지역의 갱신전정 처리의 경우, 맹아 부위에 밤나무왕진딧물의 피해가 타지역 보다 심하였으며 공주 지역의 경우, 5월에 상습적으로 참나무잎벌의 출현이 빈번하였으나 밤나무에 심각한 피해를 주는 해충이 아닌 것으로 조사되었다.

결론적으로 천공성 해충은 종류는 2004년과 비슷한 경향을 보였으나(표 3-16~3-18 참조) 특히 5~6월에 걸쳐 오리나무좀과 7월에 미끈이하늘소 성충의 출현율이

각각 높았다. 표 3-1~3-9의 해충상 조사를 종합한 결과 천공성해충은 미끈이하늘소의 발생빈도가 높아 본 해충의 생태를 구명하기로 하였다.

표 3-7. 무처리지역에서 시기별 해충상 조사(2003)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	3	4	7	독나방류 유충
	산청	3	3	5	잎말이나방류 유충
	공주	3	4	6	잎말이나방류 유충
5	진주	5	11	12	거위벌레
	산청	4	10	15	주둥무늬차색풍뎡이
	공주	4	6	10	참나무잎벌
6	진주	5	7	14	거위벌레
	산청	5	6	13	주둥무늬차색풍뎡이
	공주	5	5	8	주둥무늬차색풍뎡이
7	진주	4	5	7	미끈이하늘소
	산청	5	7	7	미끈이하늘소
	공주	4	5	6	섭주둥이바구미
8	진주	4	3	5	오리나무좀
	산청	4	3	4	오리나무좀
	공주	3	3	4	오리나무좀

표 3-8. 무처리지역에서 시기별 해충상 조사(2004)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	3	4	4	털두꺼비하늘소
	산청	2	2	4	털두꺼비하늘소
	공주	3	3	6	밤나무왕진딧물
5	진주	3	9	7	털두꺼비하늘소
	산청	3	9	8	털두꺼비하늘소
	공주	5	8	11	거위벌레
6	진주	3	6	7	오리나무좀
	산청	3	6	7	거위벌레
	공주	5	7	9	주둥무늬차색풍뎡이
7	진주	2	6	6	자나방류 유충
	산청	2	5	6	밤나무혹응애
	공주	4	5	8	애사슴벌레
8	진주	2	3	4	털두꺼비하늘소
	산청	2	2	4	밤나무혹응애
	공주	4	4	5	풀노린재

표 3-9. 무처리지역에서 시기별 해충상 조사(2005)

월 별	지역	목 수	과 수	종 수	우 점 종
4	진주	2	3	5	털두꺼비하늘소
	산청	2	3	4	털두꺼비하늘소
	공주	2	5	6	밤나무왕진딧물
5	진주	4	6	8	자나방류 유충
	산청	3	7	8	털두꺼비하늘소
	공주	4	10	11	참나무잎벌
6	진주	4	5	5	잎말이나방류 유충
	산청	3	5	5	독나방 유충
	공주	4	8	7	주둥무늬차색풍뎅이
7	진주	4	3	4	미끈이하늘소
	산청	3	3	4	사슴벌레
	공주	5	5	6	밤나무혹응애
8	진주	3	3	4	밤나무알락진딧물
	산청	2	2	3	오리나무좀
	공주	5	5	6	구리풍뎅이

표 3-10. 지역별 수형조절에 따른 천공성 해충의 피해정도(2004)

구분	진 주		산 청		공 주		평균*
	피해수/ 조사수	피해율	피해수/ 조사수	피해율	피해수/ 조사수	피해율	
갱신전정	16/20	80%	9/20	45%	1/5	20%	48.3% ^a
저수고처리	9/20	45%	9/20	45%	1/10	10%	33.3% ^b
대조구	8/20	40%	7/20	35%	1/10	10%	28.3% ^b

※ DMRT (p<0.05)

2. 밤나무혹벌 피해와 기생봉의 기생율 조사

가. 밤나무혹벌 피해조사

밤나무혹벌의 피해는 4월에 시험지내에서 나무의 가지를 대상으로 층영형성된 것과 건전한 잎의 비율을 계산하여 조사하였다. 진주지역의 밤나무혹벌의 피해는 갱신전정 13.9%, 저수고 56.4%, 무처리 83.7%로 갱신전정이 무처리나 저수고에 비해 매우 낮은 것으로 조사되었다. 또한 갱신전정의 경우 품종별 피해율은 단택 23.3%, 측과 9.1%, 은기 5.7% 순이었으며 저수고와 무처리의 피해율은 각각 단택 53.9%와 83.4%, 측과 59.5%와 82.7%로 큰 차이를 보이지 않았다. 그리고 갱신전정의 경우 층영형성율이 낮은 것은 대상 노령목의 가지를 전부 잘라 버렸기 때문에 저수고나 무처리에 비해 가지수가 적어 나타나는 현상인 것으로 사료되며 갱신전정의 경우 밤나

무혹벌의 피해율 산출은 다소 무리가 있었다.

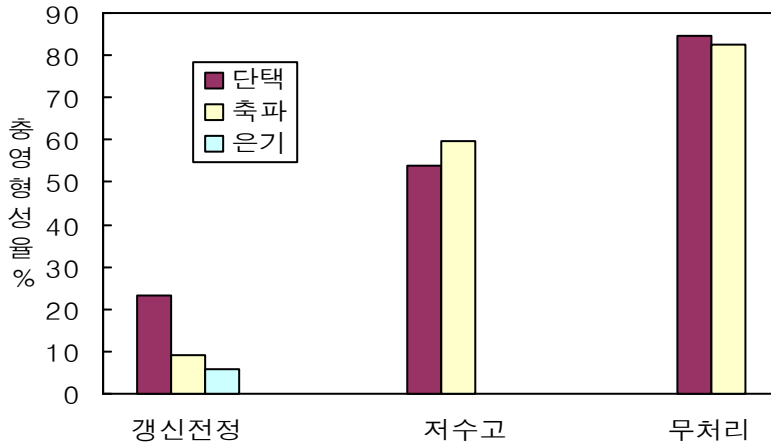


그림 3-1. 각 처리별 밤나무혹벌 충영형성율(경남 진주, 2004)

밤나무혹벌에 의해 피해 받은 동아에서의 착생수는 신초길이 10cm이하 6.0개, 11-20cm 9.7개, 21-30cm 13.3개, 30cm이상 15.8개로서 신초의 길이와 정비례하였다 (그림 3-2). 또한, 진주의 갱신전정지에서 동아의 착생수에 따른 밤나무혹벌의 충영형성율은 동아수가 15개 이하에서는 17.4-20.9%이었으나 20개 이상에서는 3.2%로 그 차이가 심하였다. 이는 결과모지의 세력에 따라 그 피해율에 차이가 있어 강전정이나 적절한 비배관리를 통하여 어느 정도 피해를 예방할 수 있음을 나타냈다.

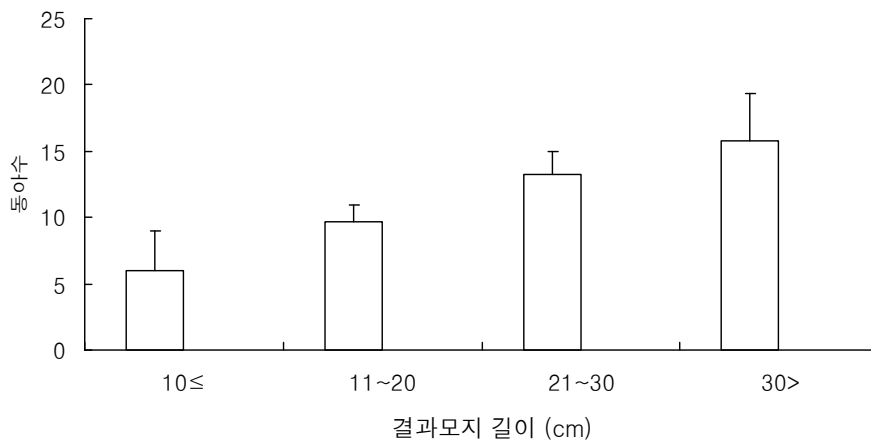


그림 3-2. 결과모지의 길이에 따른 동아의 착생수

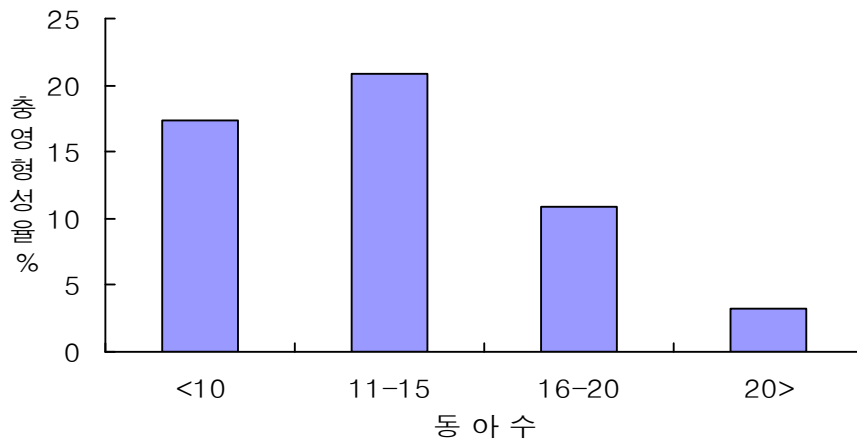


그림 3-3. 결과모지의 동아수에 따른 밤나무혹벌의 충영형성률

1995년 이후 경남 하동, 진주지방을 중심으로 밤나무혹벌에 대한 저항성 품종인 축과에서 피해가 발생하였다(최, 1998). 현재 축과와 단택 품종에서 밤나무혹벌 피해가 발생되어 그 피해율이 심하며, 은기, 유마, 이평, 석추 품종 등의 저항성 품종에서도 대부분 피해를 관찰할 수 있었다. 밤나무혹벌 피해는 지역적으로 전남 광양, 구례, 순천지역과 경남 산청, 함천, 함양, 진주지역 등 많은 면적에 걸쳐 발생하여 새로운 방제 대책이 필요할 것으로 사료된다. 또한 노령임분에 대한 수형조절을 실시한 지역의 밤나무혹벌의 피해를 조사한 결과는 표 3-11, 3-12와 같다.

표 3-11. 진주지역에서 연도별 수형조절지에 따른 밤나무혹벌 피해율 변동

조사년도	갱신전정	저수고	대조구
2003년	13.9 %	56.4 %	83.7 %
2004년	63.4 %	50.7 %	77.6 %
2005년	69.8 %	60.4 %	81.3 %

표 3-12. 산청지역에서 연도별 수형조절지에 따른 밤나무혹벌 피해율 변동

조사년도	갱신전정	저수고	대조구
2003년	34.9 %	36.4 %	40.3 %
2004년	41.1 %	48.0 %	65.7 %
2005년	68.4 %	42.7 %	68.5 %

이상의 결과에서 수형조절목이 대조구에 비해 밤나무혹벌 피해가 다소 낮게 나타났다. 하지만 진주지역의 경우 갱신전정지의 밤나무혹벌 피해는 매우 심하였으며 저수고 처리지의 피해는 2003년에 비해 2004년에는 감소하는 경향을 보였으나 2005년에 다시 상승하는 것으로 조사되었다(표 3-11). 이는 표 3-12와 같이 산청지역에서도 비슷한 경향을 보였으나 저수고 처리지의 밤나무혹벌의 피해는 비교적 안정화되는 경향을 보였다. 밤나무혹벌에 대한 피해정도는 수형조절에 따른 결과가 아닌 품종에 따른 감수성의 차이가 밤나무혹벌의 피해를 결정하는 인자로 사료된다. 또한 표 3-11과 3-12에서 보는 것과 같이 2003년 수형조절을 실시한 초기에 피해가 낮은 것은 수형조절을 통해 수세가 왕성해진데 기인한 것으로 생각되며, 저수고 처리가 밤나무 주요 해충인 밤나무혹벌에 대한 효과가 우수한 것으로 판단됨에 따라 노령임분의 갱신은 저수고 수형조절이 바람직하였다. 또한 기존의 밤나무혹벌 미피해지들을 대상으로 재래종 밤나무에서 밤나무혹벌의 기생정도를 지역별로 조사한 결과는 표 3-13과 같다. 현재 재배되고 있는 저항성 품종이 곤충과 기주간의 공진화(Co-evolution) 관계에 따라 재래종 밤나무에 만연되어 있는 감수성으로 변모될 것을 감안하여 세부적인 대책마련이 시급한 상황이다. 밤나무혹벌은 생태학적으로 화학적 방제가 매우 어려운 해충으로서 천적 기생봉을 방사하는 것이 가장 이상적인 방제대책으로 사료되며 앞으로 이러한 연구에 더 많은 노력과 투자가 필요할 것으로 생각된다(김철수, 2003).

표 3-13. 지역별 재래종 밤나무의 밤나무혹벌 피해율 조사(2004)

지 역	조사총영수	기 생 율
충북 충주	100	32.38 %
충남 공주	120	34.74 %
전남 나주	105	37.79 %

나. 기생봉의 기생율 조사

1) 밤나무혹벌의 재충수 및 기생율

표 3-14는 각 지역별로 총영 200개씩을 채집하여 총영내 밤나무혹벌의 유충수와 천적기생율을 조사한 결과이다. 밤나무혹벌이 발생되기 시작한지 약 5년이 경과한 지역인 진주지역의 총영내 평균재충수는 1.8마리인 것에 비해 최근 피해가 확산되고 있는 산청지역은 4.2마리로 재충수가 많았다. 천적기생율은 진주와 산청지역에서 각각 8.1%와 1.6%로 2지역 모두 저항성 품종의 피해는 아직은 발견되지 않았는데 중부지방의 30-40%(김철수, 2003)에 비해 낮았으며 특히 산청지역에서의 기생율이 가장 낮은 것으로 조사되었다.

표 3-14. 지역별 밤나무혹벌의 충영당 재충수 및 기생율

조사지역	충영당 재충수	기생율(%)
진 주	1.8 ± 0.43	8.1 ± 0.98
산 청	4.2 ± 0.45	1.6 ± 0.71

2) 밤나무혹벌 약제방제 및 천적 효과조사

과거 1970년대까지 우리나라 재래종 밤나무에 심각한 피해를 주었던 밤나무혹벌이 다시 문제가 시작된 것은 1995년 경남 하동군 양보면 지역에서 처음 축과 품종에서 밤나무혹벌이 발생한 이후이며, 현재 경남 합천지역에 이어 전남 구례지역까지 점차 확산되어 피해를 주고 있는 실정이다(김철수, 2003). 또한 밤나무혹벌은 생태학적으로 방제가 어려울 뿐만 아니라 농촌의 노동력 부족으로 실제 자가방제는 매우 어려운 실정이다. 따라서 스프링클러 시스템을 설치한 지역에서 약종별로 살포횟수에 따라 밤나무혹벌을 대상으로 방제를 실시한 결과, 살포시기는 2004년 6월부터 7월 사이인 우화최성기를 기준으로 전후 약 20일간이며 살포횟수에 따라 3일 간격으로 7회 살포, 5일 간격으로 4회 살포, 7일 간격으로 3회 살포로 각각 실시하였으며 사용약제는 나크수화제, 메프유제, 치아클로프리트 액상수화제, 싸이스린 유제를 사용하였다. 처리 결과는 표 3-15와 같이 사용한 4종의 약종에서 3일 간격으로 7회 살포한 경우 90% 이상의 방제가로 가장 효과적이었으나 실제 농가에서 년 7회 살포하는 것은 현실적으로 매우 어려운 상황이다. 하지만 본 실험에서처럼 스프링클러를 사용한다면 효과적인 방제가 가능하나 비용과 수익면을 검토할 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한 치아클로프리트 액상수화제의 경우 5일 간격으로 4회 살포한 처리구에서도 94.1%의 높은 방제가를 보여(표 3-15) 밤나무혹벌 사용약제로 농약품목고시 시험을 거쳐 농가에 보급할 수 있을 것으로 사료된다.

한편 약제를 처리한 처리구에서 밤나무혹벌의 피해 정도를 조사한 결과는 표 3-15와 같으며, 이들 지역에서 밤나무혹벌의 기생봉인 중국기꼬리좀벌이 약제 방제에 대한 부작용을 검해서 조사한 결과는 표 3-16과 같다. 자연상태에서 기생율이 높은 중국기꼬리좀벌에 의한 기생봉의 방사가 최적의 방제법으로 사료된 바와 같이 충영형성을 48.2%, 중국기꼬리좀벌 기생율 5.2%를 나타냈다. 이는 경남 산청군 신안면 갈전리 소재 밤나무 재배지에 2004년 4월 16일 중국기꼬리좀벌을 1ha에 5,000마리 방사한 결과이며 이에 대한 효과 검정은 표 3-16과 같다.

표 3-15. 약종별 밤나무혹벌에 대한 방제효과

살포약종	살포횟수	충영형성율	방제가
나크 수화제	7	3.3	92.3
	4	7.2	83.1
	3	52.0	0
메프 유제	7	4.4	89.7
	4	19.1	55.3
	3	44.2	0
치아크로프로리드 액상수화제	7	1.2	97.2
	4	2.5	94.1
	3	10.3	75.9
싸이스린 유제	7	2.0	95.3
	4	7.0	83.6
	3	20.6	51.8
무 처 리	-	42.7	-

표 3-16. 천적방사와 약제방제를 혼합 실시한 지역에서 기생율 변동

내 용	조사 충영수	총방수	중국 긴꼬리좀벌	기타 기생성천적	전체천적 기생율
천적+싸이스린유제 4회처리구	26	58	8 (13.8)	3	19.0
나크수화제 4회처리구	50	127	11(8.7)	7	14.2
싸이스린유제 3회처리구	43	141	10(7.1)	5	10.6
싸이스린유제 4회처리구	56	176	15(8.5)	6	11.9
싸이스린유제 7회처리구	53	148	15(10.1)	3	12.2
치아클로프로리드 4회처리구	60	205	22(10.7)	8	14.6
메프유제 4회처리구	40	149	12(8.1)	6	12.1
무처리	51	146	8(5.5)	3	7.5

이상의 결과에서와 같이 기생봉인 중국긴꼬리좀벌을 방사하기 전인 2004년 4월의 기생율은 5.2%였으나 1년이 경과한 2005년에는 5.5%로 증가율이 매우 미미하였다.

그러나 천적 방사와 살충제 살포를 동시에 실시한 처리구에서는 중국긴꼬리좀벌의 기생율이 13.8%로 천적만 처리한 지역보다 약 2.5배의 높은 기생율의 증가를 보였다. 이러한 기생율의 증가는 김철수(2003)가 발표한 방사 1년후 5.3%, 2년후 12.2%과 비슷한 증가율을 나타냈다. 천적방사 후 약제만 처리한 지역에서도 기생율의 증가가 무처리 보다 다소 높게 나타났다. 또한 약제방제 처리구 또는 천적방사+약제살포의 천적기생율은 무처리구와 비교할 경우, 약제처리가 천적에 미치는 영향이 거의 없거나 오히려 천적의 기생율을 증대시키는 것으로 나타나 밤나무혹벌의 밀도(피해율)를 일시적으로 낮춰줌으로써 천적증가에 많은 영향을 준 것으로 판단된다.

3. I-SSR 표지자를 이용한 밤나무혹벌 유전변이 조사

가. 밤나무혹벌 13개 집단에 존재하는 유전변이의 양과 분포양상

I-SSR (Inter-simple sequence repeats) 표지자를 이용하여 전국 밤나무혹벌 집단에 존재하는 유전변이의 양과 분포양상을 구명하기 위해서 밤나무혹벌의 충영이 관찰되는 강원 강릉을 포함한 전국 13개 지역의 밤나무 집단을 선정하고 각 집단내 개체간 거리를 30m 이상 간격을 두고 밤나무 13-27개 개체목으로부터 충영을 각각 채집하였다(그림 3-4). 또한 남부 지방 밤 주산지를 중심으로 급격한 확산세를 보이는, 내충성으로 알려진 밤나무 품종을 가해하는 신종혹벌이 기존의 재래종 밤나무에 기생하던 밤나무혹벌과의 차이를 구명하기 위하여 전남 광양 및 경남 산청지역에서 밤나무혹벌 내성품종으로 인식되었던 단택 등 6개 품종에 기생하는 밤나무혹벌 충영을 채집하였다.

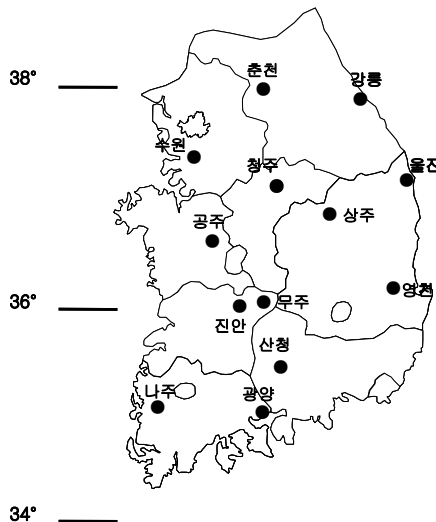


그림 3-4. 밤나무 혹벌 시료를 채집한 지역

채집된 밤나무혹벌 충영으로부터 유충을 분리하여 곱게 마쇄한 뒤 Nucleospin[®] Tissue kit

(MACHEREY-NAGEL, Germany)를 사용하여 total DNA를 분리하였으며, 5개의 UBC I-SSR primer(#814, #815, #817, #824, #835)를 사용해서 PCR 분석을 수행했다.

PCR 반응용액의 조성은 각 sample별로 20 μ l당 template DNA 7.5ng, 0.375 μ M I-SSR primer, 0.6 unit Taq DNA polymerase (Advanced Biotechnologies Ltd.), 20mM (NH₄)₂SO₄, 75mM Tris-HCl (pH8.8), 1mM MgCl₂, 100 μ M dNTP, 0.0025%

BSA가 포함되도록 했으며, PCR 증폭반응은 PTC_200 Thermal cycler (MJ research Inc.)를 이용, 94℃ 5분의 전처리후 94℃ 30초, 52℃ 30초, 72℃ 1분의 과정을 45회 반복한 뒤 72℃에서 10분간 최종 증폭시켰다. PCR 증폭산물은 0.5μM Ethidium Bromide가 포함된 1.5% agarose gel 상에서 165mV로 3시간 전기영동 시킨 후 (1× TBE buffer pH8.0) UV transilluminater 상에서 촬영한 사진을 통해 관찰되었으며, 100bp DNA size marker (MBI fermentas)를 기준으로 특정 bp에서 증폭산물의 유무에 따라 '1'과 '0'으로 data를 입력했으며, 분석된 집단에서 I-SSR 변이체의 다양성을 추정하기 위해 POPGENE 1.31 program (Yeh *et al.*, 1999)을 이용하여 Shannon's index (S.I.; Shannon, 1948)를 구했고, Arlequin 2.0 program (Schneider *et al.*, 2000)을 통하여 Euclidean distance에 의해 계산된 유전적 거리(genetic distance)를 기초로 AMOVA 분석을 실시하여 집단간 유전적 분화의 정도를 계산했다(Excoffier *et al.*, 1992). 분석된 집단간 유전적 유연관계는 RAPDDIST 1.0 (Black, 1996)을 이용, pairwise Manhattan distance (Wright, 1978)에 의해 추정된 유전적 거리에 근거하여 UPGMA법에 의해 재구성 되었다(Phylip 3.5c; Felsenstein, 1993). 각 분지군의 통계적 신뢰도는 100번의 bootstrapping을 통해서 추정되었다(Black, 1996).

밤나무흑별 13개 집단 257개체에 대한 I-SSR 변이체 분석 결과 5개의 primer로부터 모두 57개의 변이체가 관찰되었으며[UBC #814 (13), 815 (15), 817 (5), 824 (10), 835 (14) ; 평균 11.4개], 본 연구에서 추정된 밤나무 흑별 집단의 유전다양성은 최소 0.4031(수원)에서 최대 0.5233(울진)의 범위로 평균 0.4612로 계산되었다(표 3-17).

표 3-17. 밤나무흑별 집단내 유전다양성

	집단	개수	S.I. (SD)
1	춘천	19	0.4346 (0.2492)
2	청주	25	0.4970 (0.1825)
3	강릉	20	0.4203 (0.2664)
4	공주	27	0.5057 (0.1878)
5	광양	20	0.5022 (0.1782)
6	나주	25	0.4866 (0.2006)
7	수원	20	0.4031 (0.2825)
8	울진	19	0.5233 (0.2050)
9	진안	20	0.4040 (0.2314)
10	설천	19	0.4505 (0.1968)
11	산청	13	0.4364 (0.2456)
12	영천	14	0.4517 (0.2390)
13	상주	15	0.4808 (0.2260)
	평균	19.7	0.4612

AMOVA 분석결과 추정된 유전변이의 대부분이 집단간에 공유되는 집단내 개체간의 차이에 기인하는 것으로 나타났으며 (약 81%), 밤나무혹벌 13개 집단간에 존재하는 유전적 차이는 $\Phi_{ST}=0.192$ 으로 나타나 집단간에 유전적 분화가 심화되고 있는 것으로 추정되었다(표 3-18).

표 3-18. 13개 혹벌집단에 대한 AMOVA 결과.

Source of variance	d.f.	Component variance
Among populations	12	19.19%
Within populations	243	80.81%

$\Phi_{ST}=0.192$

Φ_{ST} : genetic differentiation among populations

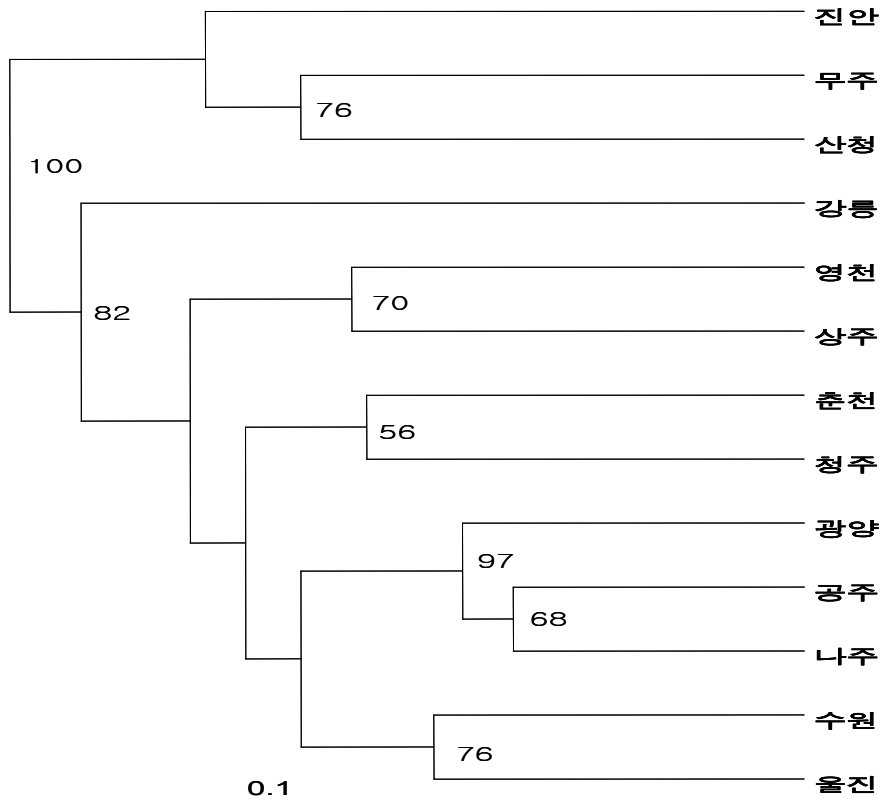


그림 3-5. UPGMA법에 의해서 재구성된 유집분석 결과
 각 분지점에 기재된 수치는 bootstrapping을 100회
 반복수행하여 계산된 신뢰도를 나타냄.

분석된 밤나무혹벌 13개 집단 간의 유전적 유연관계를 재구성한 결과 지리적으로 인접한 진안, 무주, 산청 등 3개 집단이 하나의 그룹을 형성했으며, 나머지 10개 집단이 비교적 높은 신뢰구간에서(82%) 별개의 그룹을 형성하는 것으로 나타났다(그림 3-5). 10개 집단이 속한 그룹에서 광양, 공주, 나주 등 3개 집단은 97%의 높은 신뢰도를 보여 이들 3개 집단에 존재하는 밤나무혹벌들은 동일한 선조집단으로부터의 전파에 의해서 유래되었을 가능성이 매우 높게 나타났다. 이들 6개 집단을 제외한 나머지 7개 집단들의 유전적 유연관계는 전반적인 지리적 거리와 일치하지 않는 것으로 나타났는데, 이는 4일 정도에 불과한 성충의 짧은 생활사와 성충으로의 우화 즉시 알을 낳는 생태상에 비추어 볼 때 먼 거리로의 이주에 의한 유전적 교류가 극도로 제한되어 있을 것으로 생각된다. 또한, 오랜 세월을 거친 점진적인 전파과정에 생겨난 창시자 효과(founder effects)와 지역적 격리에 따른 무작위 유전적 부동(random genetic drift)의 결과 전반적으로 높은 집단간 유전적 분화를 초래했으며(표 3-18), 지리적으로 근접한 집단간에 유전적 유사성이 높게 나타나지 않은 결과를 초래한 것으로 생각된다.

나. 내충성 밤나무에 기생하는 밤나무혹벌의 유전적 성상

광양과 산청지역에서 밤나무혹벌 내충성 품종으로 인식되었던 단택 등 6개 품종에 새로이 기생하는 밤나무혹벌 충영을 분석한 결과, 품종별로 기생하는 밤나무혹벌의 특이성은 관찰되지 않았고, 지역적인 유전적 유사성이 존재하는 것으로 나타났다(그림 3-6).

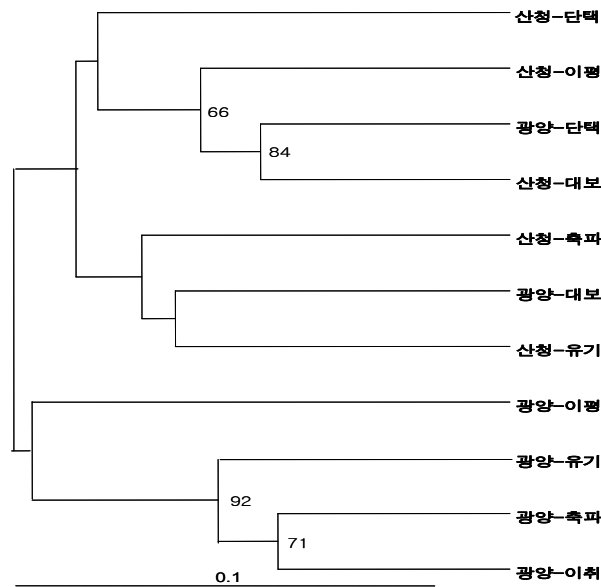


그림 3-6. UPGMA법에 의해서 재구성된 유집분석 결과

광양과 산청지역에서 채집된 밤나무혹벌 증영 중 각 품종별로 4개체씩 임의로 선정해서 13개 밤나무혹벌 집단과의 유전적 유연관계를 재구성한 결과 이들 내충성품종에 기생하는 밤나무혹벌들은 각 지역에 존재하는 밤나무혹벌들과는 유전적으로 차이가 나는 개체들이 확인되었다(그림 3-7).

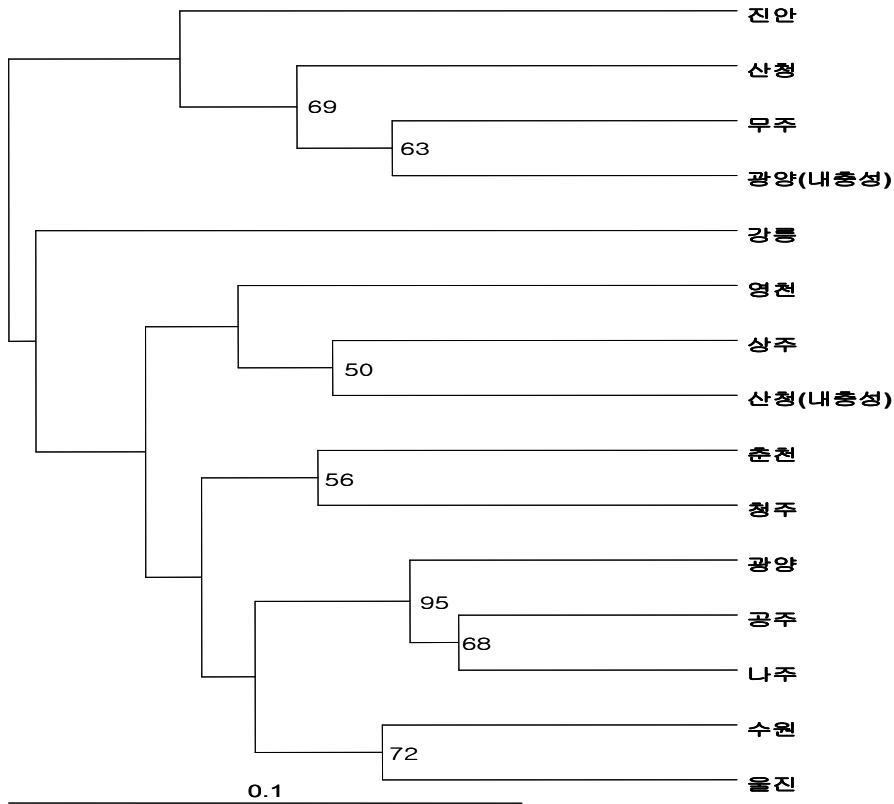


그림 3-7. UPGMA법에 의해서 재구성된 유집분석 결과

4. 노령목에서 주요 천공성 해충조사

가. 시기별 천공성해충 조사

경남 진주, 산청 및 충남 공주의 수형조절지에서 2004년 4월부터 8월에 걸쳐 딱정벌레목에 속하는 천공성 해충의 시기별 및 처리별 조사는 각각 10개체 대상으로 조사하였다. 표 3-1~3-6의 조사된 자료에 의하면 수형조절된 밤나무 노령목은 이미 생리적으로 쇠약하였거나 인위적 상처로 인한 수세 저하로 2차 해충인 천공성해충의 피해에 항상 노출되어 있다고 보아야 할 것이다. 따라서 2004년 수형조절된 노령목

의 천공성해충 피해율이 갯신전정지역에서 평균 48.3%, 저수고 처리지에서 33.3%로 매우 높아 수형조절이 노령목에 대한 근본적인 대처 방안이라고는 할 수 없을 것이다. 이러한 시기에 발생하는 천공성해충의 종류는 표 3-19, 3-20, 3-21과 같다.

표 3-19. 충남 공주지역에서 천공성해충의 시기별 성충발생상황(2004)

시기	종수	발 생 종	우 점 종
4월	4	오리나무좀, 털두꺼비하늘소, 홍다리하늘소, 미동정 1종	오리나무좀
5월	12	털두꺼비하늘소, 가시수염범하늘소, 왕바구미, 서울가시수염하늘소, 소범하늘소, 작은하늘소, 보라거저리, 구슬무당거저리, 긴곰보바구미, 넓적나무좀, 오리나무좀, 미동정 1종	털두꺼비하늘소
6월	10	가시수염범하늘소, 작은하늘소, 보라거저리, 구슬무당거저리, 긴곰보바구미, 넓적나무좀, 오리나무좀, 애사슴벌레, 우리목하늘소, 사슴풍뎅이	작은하늘소
7월	7	버들하늘소, 애사슴벌레, 사슴벌레, 미끈이하늘소, 톱사슴벌레 톱하늘소, 미동정 1종	애사슴벌레
8월	7	버들하늘소, 톱하늘소, 사슴벌레, 미끈이하늘소, 애사슴벌레, 톱사슴벌레, 미동정 1종	애사슴벌레

표 3-20. 경남 진주지역에서 천공성해충의 시기별 성충발생상황(2004)

시기	종수	발 생 종	우 점 종
4월	4	오리나무좀, 털두꺼비하늘소, 홍다리하늘소, 미동정 1종	오리나무좀
5월	11	털두꺼비하늘소, 가시수염범하늘소, 왕바구미, 소범하늘소, 작은하늘소, 보라거저리, 구슬무당거저리, 긴곰보바구미, 넓적나무좀, 오리나무좀, 미동정 1종	털두꺼비하늘소
6월	7	가시수염범하늘소, 작은하늘소, 긴곰보바구미, 넓적나무좀, 오리나무좀, 우리목하늘소, 먹주홍하늘소	작은하늘소
7월	7	버들하늘소, 애사슴벌레, 사슴벌레, 미끈이하늘소, 톱사슴벌레, 톱하늘소, 미동정 1종	애사슴벌레
8월	6	버들하늘소, 톱하늘소, 사슴벌레, 애사슴벌레, 톱사슴벌레, 측범하늘소	털두꺼비하늘소

표 3-21. 경남 산청지역에서 천공성해충의 시기별 성충발생상황(2004)

시기	종수	발 생 종	우 점 종
4월	4	털두꺼비하늘소, 오리나무좀 홍다리하늘소, 미동정 1종	털두꺼비하늘소
5월	9	털두꺼비하늘소, 가시수염범하늘소, 왕바구미, 소범하늘소, 작은하늘소, 긴곰보바구미, 넓적나무좀, 오리나무좀, 미동정 1종	털두꺼비하늘소
6월	10	가시수염범하늘소, 작은하늘소, 보라거저리, 구슬무당거저리, 긴곰보바구미, 넓적나무좀, 오리나무좀, 사슴벌레, 우리목하늘소, 미동정 1종	오리나무좀
7월	6	버들하늘소, 애사슴벌레, 사슴벌레, 미끈이하늘소, 톱사슴벌레 톱하늘소,	애사슴벌레
8월	7	버들하늘소, 톱하늘소, 사슴벌레, 애사슴벌레, 톱사슴벌레, 붉은산꽃하늘소, 검정하늘소	사슴벌레

천공성 해충상을 살펴보면 지역간 발생종의 실태는 큰 차이가 없었으며 4월에 참나무 표고골목 해충으로 피해를 많이 주고 있는 털두꺼비하늘소와 오리나무좀 등 4종이 출현하였다. 그러나 충남 공주지역에서 5월에 우점종으로 털두꺼비하늘소와 가시수염범하늘소 등 12종이 출현하여 다양한 천공성 해충상을 보였으며 6월에 사슴벌레류인 애사슴벌레와 우리목하늘소가 포획되기도 하였다. 2003년 7월의 경우, 가장 많 보였던 미끈이하늘소가 개체수가 급격히 감소되었으며 8월에 사슴벌레류가 많이 보였다. 이러한 경향은 전 지역에서 비슷하게 나타났으며 국내 곤충상의 분포가 비슷함을 알 수 있었다.

천공성해충의 발생은 노령임분의 갱신진정과 저수고 수형조절에 치명적인 피해를 주므로 방제 및 예방에 초점을 맞추어야 할 것이다. 2004년 수형조절된 지역의 밤나무의 경우, 천공성해충은 털두꺼비하늘소와 오리나무좀이 가장 문제가 심각하였으며, 갱신진정 지역이 저수고나 무처리 지역보다 천공성해충의 개체수가 많았다. 이러한 현상은 갱신진정 지역의 밤나무가 고사율이 높은 것과는도 연관되어 있으며 나무의 활력과는도 연관되어 있는 것으로 판단된다. 충남 공주 지역의 수형조절지의 경우, 상대적으로 경남 진주와 산청에 비해 종수 및 개체수가 적었다(표 3-19~3-21). 또한 특이한 사례로 충남 공주에서는 사슴풍뎅이가 발견되어 종 다양성은 물론 밤 재배지의 인위적인 환경이 자연 친화적인 환경으로 변모하고 있는 좋은 사례로 판단된다. 따라서 천공성해충은 노령임분의 갱신진정과 저수고 수형조절에 치명적인 피해를 주므로 조기방제 및 예방에 초점을 맞추어 관리 체계를 구축해야 할 것이다.

5. 주요해충에 대한 생태 및 방제법 구명

가. 미끈이하늘소 생태조사

일명 미끈이하늘소는 하늘소 또는 참나무하늘소, 미끈이하늘소 등 3가지 이름으로 혼용되고 있음에 따라 본 연구에서는 가장 먼저 명명된 미끈이하늘소로 칭하기로 하였다. 미끈이하늘소의 간략한 생활사를 조사하기 위하여 2003년 유아등을 이용하여 포획하였으며 포획된 미끈이하늘소의 일부 개체를 국립산림과학원으로 이송하여 생리 생태를 조사하였다. 2004년 포획된 개체는 유충의 크기가 작고, 성충의 발생이 매우 저조하여 실질적인 생활사 조사를 못해 2005년 미끈이하늘소 포획의 재실시를 통해 일반적인 생활사 조사가 가능하였다. 밤나무의 건전목에도 피해를 주는 가장 중요한 천공성해충 중의 하나인 미끈이하늘소 성충은 7월 상중순 경부터 우화하여 3년 1회 발생하는 것으로 보고된 바가 있으며(이와 정, 1997) 상세한 생활사는 아직 밝혀지지 않았다. 이는 2003년 고사목에서 가장 많은 유충으로 관찰되었으며 유아등 채집에서 가장 많이 포획된 천공성해충이었다(최, 1997). 본 해충에 대한 성충을 채집하여 이목을 설치하여 채란한 후 이들에 대한 생태를 조사하였다(표 3-22~3-26, 그림 3-8).

표 3-22. 미끈이하늘소의 노숙유충의 크기

개체수	체장(mm)	체폭(mm)	두폭(mm)	체중(mg)
17	55.91 ± 2.54	16.50 ± 0.48	6.12 ± 0.19	815.29 ± 29.82

표 3-23. 미끈이하늘소 번데기 크기

개체수	체장(mm)	체중(mg)
15	57.13 ± 1.08	616.67 ± 27.95

표 3-24. 미끈이하늘소 성충의 크기

개체수	체장(mm)	체폭(mm)	두폭(mm)	체중(mg)
암컷 (8)	54.02 ± 2.84	13.76 ± 1.02	55.58 ± 14.93	270.00 ± 33.81
수컷 (5)	46.26 ± 5.9	12.39 ± 1.72	76.43 ± 13.66	228.02 ± 31.14

미끈이하늘소의 체장과 체중을 비교한 결과 표 3-24와 같이 암컷이 수컷 보다 체장과 체중이 높았으나 안테나 길이는 수컷의 크기가 작음에도 불구하고 길었다. 특히 암컷의 경우, 체장과 안테나 길이는 비슷하지만 수컷의 경우 안테나 길이는 체장의 약 1.65배로 암컷 보다 훨씬 긴 것으로 조사되었다. 이는 진화상으로 암컷이 분비하는 페로몬을 쉽게 감지하기 위해 발달된 것으로 사료된다. 또한 성충의 경우, 우화 직후에 체중은 약 661mg으로 경화가 완전히 완료되어 우화탈출 후의 무게(표 3-24 참조)의 약 1/3정도로 큰 차이를 나타냈다. 이는 성충이 날기 위한 최소의 무게를 갖기 위해 몸이 경화되는 것으로 생각되었으며 우화기에 탈출하는데 소요되는 시간은 평균 4-5일 정도인 것으로 조사되었다.

표 3-25. 횡절단시 미끈이하늘소 유충 껍도의 평균크기

조사수	장경(mm)	단경(mm)
15	31.58 ± 10.95	15.24 ± 2.24

충남 공주 재배지의 밤나무 고사목을 대상으로 횡단면으로 절단하여 유충의 서식 껍도를 조사하였으며 측정자는 디지털캘리퍼를 이용하여 측정하였다. 측정결과는 표 3-25와 같으며 유충껍도의 크기는 장경 31.58mm로 밤나무 직경이 20-30cm정도임을 감안할 경우 밤나무를 고사시키기에 충분하였다.

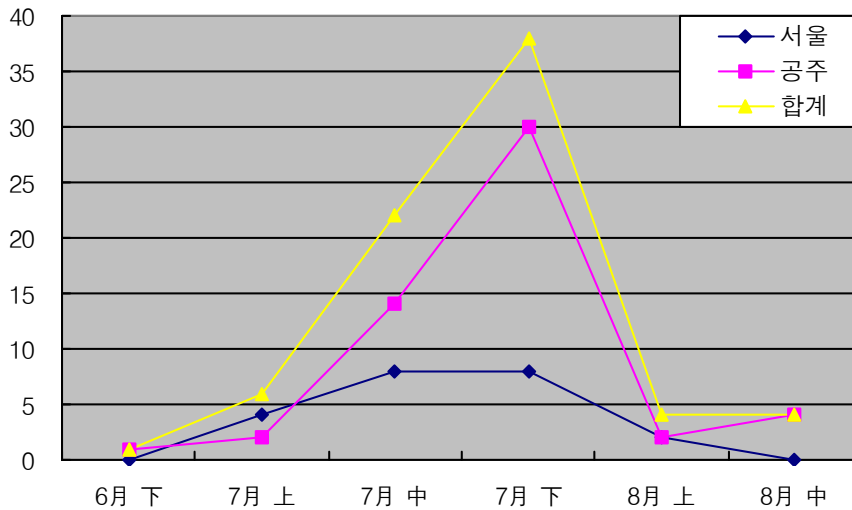


그림 3-8. 미끈이하늘소 성충의 시기별 우화탈출상황

미끈이하늘소의 우화탈출 상황을 조사하기 위해 충남 공주 정안 내촌에서 채집한 유충을 대상으로 형태적 특징과 우화 상황을 조사하였다. 그 결과는 그림 3-8과 같으며 6월 28일경 최초로 우화를 시작하였다. 우화시기는 지역간 차이는 없었으며 발생최성기는 7월 하순으로 전체의 49.4%가 우화 탈출하였다. 전체 우화 탈출율의 85.7%가 7월내에 발생하였으며 이는 정과 이(1997)의 보고와 일치하였다. 전체적인 생활사는 유충기간이 약 21-22개월로 추정되었으며 성충기간은 암컷에서 48.25일, 수컷에서 30.6일로 암컷의 수명이 암컷에 비해 약 1.6배 정도 길었고 난기간은 12.9일인 것으로 조사되었다. 따라서 미끈이하늘소는 2003년에 발생 개체수가 많았으나 2004년에 감소, 2005년에 다시 개체수가 증가하여 전체적으로 half-voltinism하는 2년 1세대 발생하는 것으로 추정되었다(표 3-26, 그림 3-8).

표 3-26. 미끈이하늘소의 성충과 난 기간

구 분	성 충		난
	암컷	수컷	
조사수	8 마리	5 마리	20 개
기간 (일)	48.25 ± 9.81	30.6 ± 10.14	12.9 ± 1.00

나. 주요해충의 방제법 개선시험

1) 복숭아명나방의 친환경 방제

밤나무에서 가장 중요한 종실해충인 복숭아명나방의 환경친화적 방제법을 개발하기 위하여 복숭아명나방 성페로몬인 E10-hexadecenal : Z10-hexadecenal을 75 : 25와 90 : 10 비율로 각각 조성하여 1ha당 6개씩 2003년 6월 12일과 14일 경남 진주와 충남 공주 지방에 설치하였다. 복숭아명나방의 방제효율을 검정한 결과, 유인미끼 (Lure) E10-Hexadecenal : Z10-Hexadecenal = 90 : 10과 75 : 25의 비율효과 검정은 1화기에서 90 : 10가 75 : 25보다 약 2배 정도의 포획 효과를 보였으나 2004년 1화기의 효과검정은 유의성이 없는 것으로 분석되었다(표 3-27). 이러한 결과는 Liu 등 (1990)의 70 : 30와 90 : 10 두가지 비율 모두에서 포획 효과가 우수하였다는 결과와 유사하였으며 같은 종은 성페로몬 성분이 같다는 정설(高井, 1989)과 부합되는 것으로 판단된다. 또한 Han(2002)의 보고에서 애모무늬잎말이나방의 기주에 따라 발생하는 성충의 성페로몬 성분이 다르다는 것과 이 곤충이 지역에 따라 성페로몬의 성분이 차이가 난다는 것(양 등, 2005)과도 일치하였다. 따라서 지역이나 기주의 차이에 따른 성페로몬의 차이가 있는 지에 대한 새로운 연구가 시도되어야 할 것으로 사료된다.

표 3-27. 1화기 복숭아명나방의 성페로몬에 의한 포획정도

조 성 비	공 주		진 주	
	2003	2004	2003	2004
75:25	85(1.57) a	59(1.64) a	54(1.00) a	73(2.02) a
90:10	95(2.64) b	64(1.78) a	133(2.46) b	71(1.97) a

※ DMRT (p<0.05)

복숭아명나방은 2화기 발생최성기가 8월 초순경으로 1화기의 다양한 기주에서 생육한다. 이는 성충이 되어 밤 재배지로 유입되는데 2화기는 대부분 밤에 직접적인 영향을 주며 기주에 따라 발육정도에 차이가 있는 것으로 조사되었다. 따라서 성충의 성페로몬의 구성비 차이에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다. 표 3-28은 성페로몬에 의한 포획 정도를 조사한 결과로서 두 성분비간 유의적인 차이는 없으며 페로몬 트랩당 포획되는 개체수는 1화기에 비해 조금 떨어진 것으로 나타났다.

표 3-28. 2화기 복숭아명나방의 성페로몬에 의한 포획정도

조 성 비	공 주		진 주	
	2003	2004	2003	2004
75:25	46(0.85) a	47(1.31) a	61(1.13) a	53(1.48) a
90:10	34(0.94) a	49(1.36) a	68(1.26) a	55(1.52) a

※ DMRT (p<0.05)

복숭아명나방의 3화기는 1, 2화기와 달리 75 : 25의 구성비에서 90 : 10보다 유의적인 차이가 있었으며 이는 일본의 Honda와 Maitsuhashi,(1989)에 의해 보고된 것으로 복숭아명나방이 과수형과 침엽수형 등 2종류가 있는 것을 감안하면 본 연구에서 조사된 복숭아명나방은 모두 과수형이었다. 따라서 우리나라 복숭아명나방의 과수형은 두 가지 형태로 구분될 수 있다는 것을 시사하였다. 또한 페로몬에 의한 방제는 실질적인 방제 효과보다는 방제 효율을 증진시켰으나 무엇보다 방제를 위한 정확한 적기를 파악하여 불필요한 약제의 오남용을 줄여야 할 것으로 생각된다. 高井(1989)은 성페로몬의 방제 효과 보고에서 발생시기에 맞춰 적절한 관리는 복숭아명나방의 밀도를 저하시킨 반면 방제 효과는 충분하지 않는다고 보고하였다. Sander(1997)는 페로몬을 이용하는 대부분의 곤충은 페로몬에 대한 반응이 임계농도를 갖고 있어서 그 임계농도 보다 낮은 경우는 반응을 하지 않고, 높을 경우에는 신경피로 현상으로 유인력이 떨어지는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 사과원(한 등 2001)과 외대과 재배(박과 고, 1992) 등에서 파밤나방의 방제를 위해 성페로몬이 사용되고 있는 사례

가 많이 있다.

표 3-29. 3화기 복숭아명나방의 성페로몬에 의한 포획정도

조성비	공주		진주	
	2003	2004	2003	2004
75:25	86(2.39) a	96(2.67) a	101(2.81) a	94(2.61) a
90:10	71(1.97) b	69(1.91) b	76(2.11) b	97(2.69) a

※ DMRT (p<0.05)

2) 밤바구미 혼충제 개선시험

밤바구미는 대표적인 밤나무 종신탄충으로 복숭아명나방과 더불어 매년 20-30%의 피해를 입혀 농민의 밤 소득 증대에 심각한 피해를 주는 주요 해충으로 알려져 있으며(농림부, 1998), 밤바구미 방제를 위해 농가에서 일반적으로 수침 방법을 사용하고 있다. 수침에 의한 방제 효과는 24시간 수침처리 시 2.5%, 48시간 60.4%로 미미하였으며, 72시간 처리 시 82.3%의 살충율의 효과를 보였으나 밤의 변질이 우려되었다. 표 3-30은 CS₂ 단독처리(80ml/m³) 시 시간 경과에 따른 효과를 나타낸 것이며 12시간과 24시간 처리를 실시한 결과 각각 93.3%, 100%의 효과를 보였다. 특히 CS₂ 처리 + 수침 처리는 12+12시간에서 96.3%의 높은 살충율을 보여 가장 이상적인 방제법인 것으로 판단되었다. 또한 인화늄 처리 시, 48시간 처리의 경우 89.8%의 살충율을 보였으나 24시간 이상 경과한 경우 밤 과실의 표면에 검은 반점 발생 등 품질 저하로 방제수단으로 활용하기는 어려운 것으로 사료된다.

표 3-30. 밤 종실의 CS₂ 80ml/m³ 혼충시간별에 따른 밤바구미류 유충의 살충율

구분	I	II	III	평균(%)
12시간	88.9	100	90.9	93.3
24시간	100	100	100	100

표 3-31. 밤 종실의 침지시간별대에 따른 밤바구미류 유충의 살충율(%)

반복 \ 시간	12시간	24시간	36시간	48시간	60시간	72시간
I	6.3	0	50.0	56.3	69.3	81.8
II	0	0	38.5	75.0	66.7	87.5
III	0	7.7	23.5	50.0	81.8	77.8
평균	2.1	2.5	37.3	60.4	72.6	82.4

밤 재배농가에서 사용하고 있는 수침법과 이류화탄소(CS₂)와 인화늄정제를 이용한 훈증 등 밤바구미류 적절한 방제법을 구명하고자 침지 시 물의 온도 14±1℃, 훈증 시 온도 20±2℃ 조건하에서 연구가 수행되었으며 그 결과는 표 3-30과 표 3-31에 나타난 바와 같다. 밤 종실의 수침을 시간대별로 실시한 결과, 표 3-31과 같이 72시간 처리가 밤바구미류의 유충 살충율이 평균 82.4%로 가장 효과적이었으나 밤 과실의 부패와 당도 감소 등의 문제를 수반하는 것으로 나타났다.

표 3-32. 밤의 침지+CS₂ 80ml/m³ 훈증시간별에 따른 밤바구미류 유충의 살충율

반복 \ 시간	12+12	12+24	12+36	24+12	24+24
I	35.7	100	100	75.0	100
II	54.5	77.8	100	57.1	100
III	53.8	87.5	100	40.0	100
평균	48.0	88.4	100	57.4	100

표 3-33. 밤의 CS₂ 80ml/m³+침지 훈증시간별에 따른 밤바구미류 유충의 살충율

반복 \ 시간	12+12	12+24	24+12
I	100	100	100
II	88.9	100	100
III	100	100	100
평균	96.3	100	100

이류화탄소(CS₂)에 의한 훈증을 실시한 결과는 표 3-30과 3-33과 같다. 이들 결과에서 모두에서 이류화탄소(CS₂)에 의한 밤바구미의 살충효과는 매우 높았다. 그러나 이류화탄소의 화학적 특성상 24시간 이상 훈증 시, 밤의 부패 등 약해가 우려되었으며 12시간 이상의 훈증은 하지 않는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 따라서 밤바구미류 유충의 살충율을 증가시키고자 표 3-32와 같이 침지+CS₂ 혼합처리를 실시하였으나 CS₂만 24시간 처리했을 때보다도 살충율이 저조한 것으로 조사되었다. 이는 밤 과실의 표면에 수막이 형성되어 훈증 시 그 효과가 감소된 것으로 판단되었다. 따라서 침수처리를 실시한 후 CS₂ 80ml/m³로 훈증 처리하는 방법과 CS₂ 80ml/m³로 훈증처리를 한 후 침지처리를 한 결과는 각각 표 3-32와 표 3-33과 같으며 특히 표 3-33의 밤바구미류의 평균 살충율이 96.3%를 나타낸 12+12처리는 약해가 없이 가장 효과적인 방법으로 판단되어 사용이 가능할 것으로 사료된다.

또한 밤바구미류에 대한 인화늄정제 6g/m³ 처리에 의한 훈증시험 결과는 표 3-34와 같으며 가장 긴 시간인 48시간 처리가 평균 살충율 89.8%로 가장 효과적이었으나

밤 과실의 표면이 까맣게 변색되는 약해를 보였다.

표 3-34. 인화늄정제 6g/m²처리에 의한 훈증시간별 밤바구미류 유충의 살충율

반복 \ 시간	12	24	36	48
I	33.3	30.0	60.0	81.8
II	20.0	66.7	57.1	87.5
III	33.3	61.5	87.5	100
평균	28.9	52.7	68.2	89.8

3) 천연물 제재에 대한 밤바구미 살충시험

살충효과가 있는 것으로 알려진 17종의 식물체를 이용한 밤바구미 유충에 대한 훈증효과를 생물 검정한 결과는 표 3-35와 같다. 24시간 처리에서 100%의 살충율을 보인 식물체 정유는 *Armoracia rusticana*, *Eucalytus globulus*, *Melaleuca alternifolia*, *Cinnamon comphora* 등 이었으며 각각 살충 활성을 보여 살충제로의 개발 가능성이 있는 것으로 나타났다. 특히 양고추냉이는 90%의 살충율을 보였으나 나머지 2종은 활성이 떨어졌다.

표 3-35. 식물체를 이용한 밤바구미 유충의 생물검정

식 물 체	살충율 (% , 3.5mg/cm ²)		
	24시간	48시간	72시간
<i>Armoracia rusticana</i>	100	-	-
<i>Eucalytus globulus</i>	100	-	-
<i>Zigiber officinale</i>	6.6	13.3	26.7
<i>Eugenia aromaticum</i>	3.3	3.3	20
<i>Allium sativum</i>	40	83.3	100
<i>Allium cepa</i>	50	86.7	100
<i>Melaleuca alternifolia</i>	100	-	-
<i>Piper nigrum</i>	10	33.3	46.7
<i>Pimpinella arnisum</i>	16.7	30	56.7
<i>Saussurea lippa</i>	0	0	0
<i>Evodia officinalis</i>	0	10	10
<i>Illicium verum</i>	0	0	16.7
<i>Orixa japonica</i>	0	0	0
<i>Salizonepeta tenuifolia</i>	30	40	46.7
<i>Rheum tanguticum</i>	40	83.3	100
<i>Bosciellia careterri</i>	3.3	10	16.7
<i>Cinnamon camphora</i>	100	-	-
Control	0	0	0

앞으로 이와 같은 식물체 생리활성을 이용한 기피제, 저해제 등을 개발하여 약제 방제로 대응할 수 있는 생리활성 물질을 탐색하고 이것을 이용한 저독성 약제를 개발하는 연구가 후속되어야 할 것으로 판단된다.

표 3-36. 살충효과가 있는 식물체 정유의 밤바구미 유충에 대한 살충효과

식물체	반복수			평균
	1	2	3	
양고추냉이	80	90	100	90.0
마늘정유	66.7	55.6	66.7	63.0
L. petersonii	33.3	22.2	37.5	31.0
대조구	22.2	11.1	22.2	18.5

6. 절단부위별 도포효과 및 병해조사

가. 병해관리기술 개발

1) 절단 부위별 도포효과 시험

대부분 병원균은 비, 바람, 곤충 등에 의해 식물체의 표면이나 상처를 통해 침입한다. 밤나무 정지전정 시 절단부위를 보호해 주지 않으면 병원균이 쉽게 침입할 수 있다. 따라서 본 연구는 밤나무 재배 시 절단부위에 침입되는 병해를 예방하기 위해 톱신페스트, 도포접착제, 진흙, 페인트 등 도포처리별 효과와 유합형성에 대해 조사하였다.

표 3-37. 밤나무 도포처리 지역 및 내역

지역	소재지	처리 연도	도포제
순천	전남 순천 주암 행정리 889	2002	페인트, 도포접착제, 톱신페스트
산청	경남 산청 단성 방목리 산 82-1	2003	진흙, 페인트, 도포접착제, 톱신페스트, 페인트+베노밀수화제
충주	충북 충주 소태 가청리 산20-1	2005	페인트, 톱신페스트, 도포접착제



그림 3-9. 도포접착제 처리구



그림 3-10. 톱신페스트 처리구



그림 3-11. 진흙 도포처리구

순천지역 갱신전정과 저수고 수형조절 후 절단부위에 페인트, 도포접착제, 톱신페스트를 각각 도포하여 조사한 결과, 갱신전정과 저수고 처리구는 모두 도포접착제와 톱신페스트처리구에서 80% 이상으로 유합형성이 잘 되었으며, 무처리구는 유합형성을 50%로 다른 처리구보다 낮았다. 특히 저수고처리구는 갱신전정처리구보다 유합형

성율이 높았으며, 갱신전정처리구는 83%의 고사율을 나타냈다. 이는 노령목에 의한 수세약화와 줄기에 발생한 줄기마름병 피해인 것으로 판단되었으며, 노령목일 경우, 갱신전정보다는 저수고전정으로 수형을 유도하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

산청지역 밤나무재배지의 노령목을 대상으로 직경별 도포제를 처리하여 유합형성율을 조사한 결과(그림 3-14), 톱신페스트, 도포접착제 처리구가 90.0~100%로 다른 처리구보다 유합형성율이 가장 우수하였으며, 절단부위에 발생하는 병해도 다른 처리구보다 적게 나타났다. 그러나 페인트와 진흙도포 처리구는 절단표면에 도포된 물질이 건조되면서 절단면이 심하게 균열되었으며, 표면에 흑색곰팡이가 발생하였다. 무처리구에서는 16.6~36.0%로 거의 유합이 형성되지 않았으며, 균열된 곳에서 천공성해충이 많이 관찰되었다. 직경별 유합형성율을 조사한 결과, 유합형성율은 직경이 10cm 이하로 작을수록 대부분 처리구에서 유합형성율이 좋았으나 직경 21cm 이상에서는 유합형성율이 저조하였다. 특히 무처리구의 경우 직경이 높을수록 유합형성율이 낮아지는 것으로 나타났다.

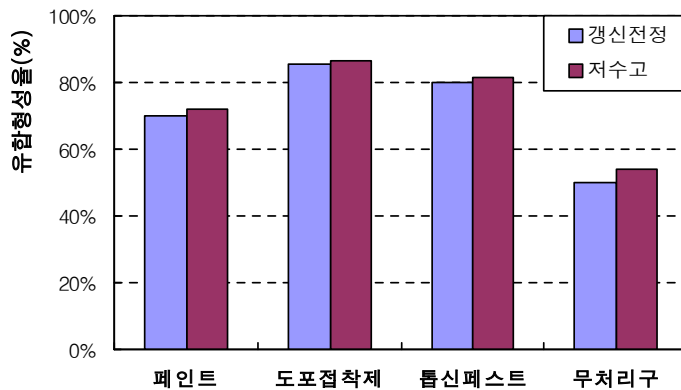


그림 3-12. 순천지역 밤나무 도포제 처리별 유합형성율



그림 3-13. 갱신전정 고사한 밤나무와 생장이 양호한 밤나무(순천)

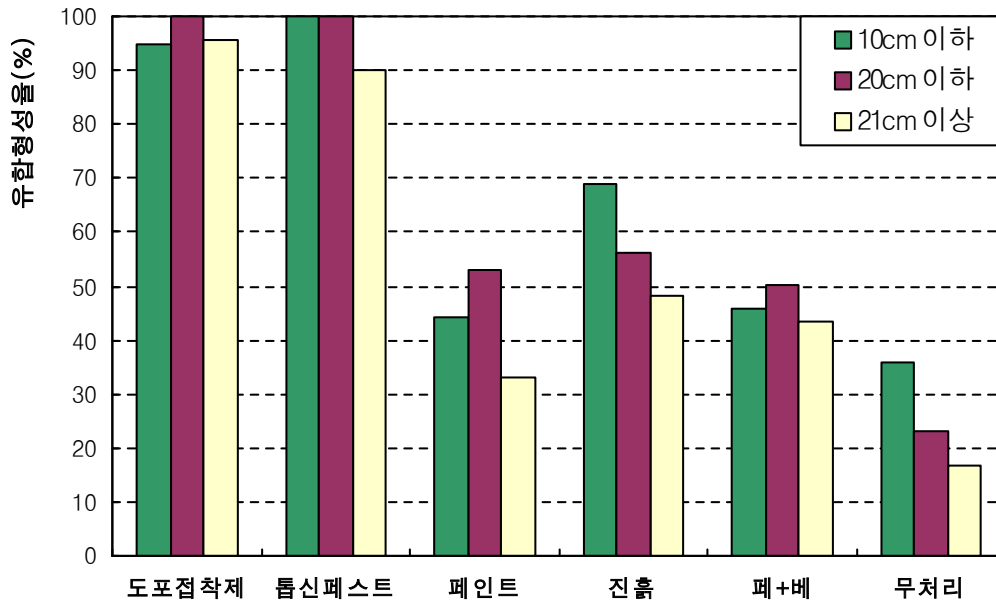


그림 3-14. 산청지역 밤나무 도포제 처리별 유합형성율 (%) - 2004년도

2005년도에 2년차 조사한 결과(그림 3-15), 도포접착제 처리구는 94.2~96.9%로 작년에 비해 유합형성율에 큰 차이가 없었으나, 톱신페스트 처리구는 작년에 비해 가장자리가 갈라지고 유합형성율이 현저히 떨어졌다. 진흙처리구와 무처리구의 경우도 작년보다 유합형성이 많이 떨어졌으며, 절단부위 가장자리가 벌어지고, 부후균도 다량 관찰되었다.

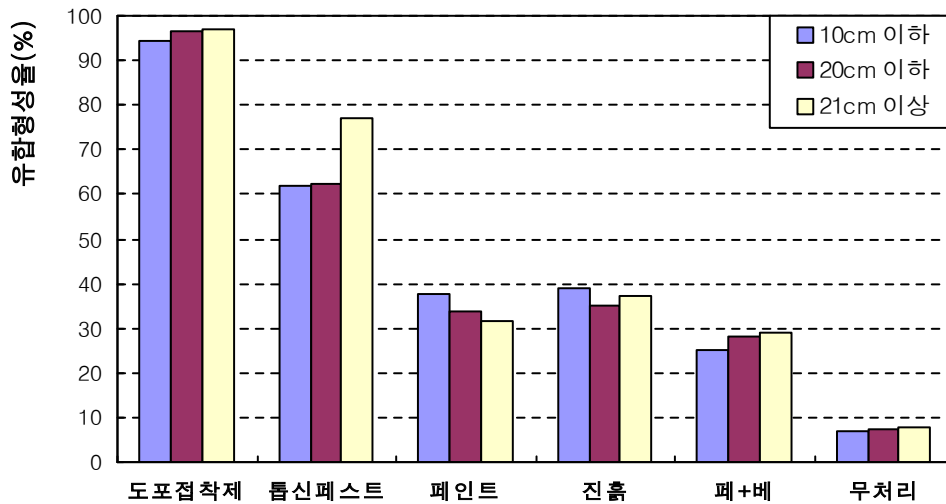


그림 3-15. 산청지역 밤나무 도포제 처리별 유합형성율 (%) - 2005년도

충주지역 밤나무 재배지의 도포제 처리별 유합형성율은 표 3-38과 같이 조사되었으며 모든 처리구에서 직경 5cm이하에서 가장 우수하였으며 직경이 작을수록 유합형성율이 증가하는 경향을 보였다. 도포접착제 처리구와 톱신페스트 처리구가 99.3~97.6%로 유합형성율이 가장 우수하였으며, 특히 충주지역의 무처리구의 유합형성율은 다른 지역에 비해 다소 높게 나타났다(그림 3-16). 이는 충주지역의 처리목의 수령이 산청, 순천지역보다 적고 수고가 낮으며 수세가 좋을 뿐만 아니라 관리상태가 다른 지역의 재배지보다 양호하여 유합형성율이 높은 것으로 판단된다.

표 3-38. 충주지역 밤나무 도포제 처리별 유합형성율(%) - 2005년도

직경 \ 처리	도포접착제	톱신페스트	페인트	무처리
5cm이하	99.3	97.6	94.2	94.7
10cm이하	96.1	96.8	93.2	83.7
15cm이상	94.5	90.5	85.3	85.0



그림 3-16. 충주지역 밤나무 절단부위에 형성된 유합조직(무처리구)

2) 노령목 절단부위 병해조사

순천지역에서 갱신전정을 실시한 밤나무에 발생하는 병해를 조사한 결과, 절단부위 주변과 줄기에 줄기마름병과 부후균인 운지버섯, 치마버섯, 간버섯 등이 다량 발생하였으며(표 3-39), 생육상태가 양호한 갱신전정 처리된 밤나무에서 점무늬병도 관찰되었다. 특히 밤나무줄기마름병과 부후균이 발생한 밤나무 줄기와 가지는 고사되어 부후 되어가고 있었으며 특히, 절단부위 50cm와 지상부로부터 인접한 구간에서 밤나무줄기마름병의 발생이 많았다.

표 3-39. 갯신전정 밤나무에 발생된 병해(순천)

시험목 (갯신전정)	발 생 병 해	비 고
1	운지버섯,	고사
2	점무늬병	생장양호
3	운지버섯, 줄기마름병	고사
4	운지버섯, 줄기마름병	고사
5	점무늬병, 줄기마름병	생장양호
6	운지버섯, 줄기마름병	고사
7	운지버섯, 치마버섯	고사
8	운지버섯, 줄기마름병	고사
9	운지버섯, 간버섯, 치마버섯, 줄기마름병	고사
10	운지버섯, 줄기마름병	고사
11	줄기마름병	고사
12	운지버섯, 줄기마름병	고사



그림 3-17. 밤나무줄기에 발생된 부후균인 치마버섯, 간버섯, 운지버섯

산청지역에서 갯신전정을 실시한 밤나무에 발생하는 병해를 조사한 결과(표 3-40), 밤나무 절단면 주위에 맹아가 많이 발생되어 많은 잔가지를 이루고 있었으며 2003년 여름에 밤나무 잎에 흰가루병이 많이 발생되어 있었다. 흰가루병은 통풍이 잘되지 않는 곳에 많이 발생되므로, 흰가루병이 발생되지 않도록 무성한 가지를 솎아주고 통풍이 잘되도록 관리를 해야 한다. 또한 2004년 생장이 양호한 밤나무 잎에는 점무늬병이 만연되어 있었으며, 고사한 밤나무에 줄기마름병과 부후균인 치마버섯, 간버섯, 운지버섯, 목이버섯 등이 발생되어 있었다.

충주지역 밤나무재배지에서 줄기마름병과 종실탄저병이 쉽게 관찰할 수 있었으며 국내 미기록 병해인 갈색무늬병이 심각하게 발생되어 있었다.

표 3-40. 갱신전정 밤나무에 발생한 병해(산청)

시험목 (갱신전정)	발생병해	비고
1	점무늬병	생장양호
2	흰가루병, 줄기마름병, 치마버섯, 간버섯	2004년 고사
3	흰가루병	생장양호
4	흰가루병, 점무늬병	생장양호
5	점무늬병	생장양호
6	점무늬병, 줄기마름병	생장양호
7	점무늬병	생장양호
8	치마버섯, 줄기마름병, 운지버섯, 간버섯	2003년 고사
9	흰가루병, 점무늬병	생장양호
10	운지버섯, 줄기마름병, 목이버섯	2004년 고사
11	치마버섯, 줄기마름병, 목이버섯	2003년 고사
12	흰가루병, 치마버섯	생장양호
13	점무늬병	생장양호
14	흰가루병, 줄기마름병, 치마버섯	2004년 고사
15	줄기마름병, 치마버섯	2003년 고사
16	흰가루병, 줄기마름병, 치마버섯	2003년 고사
17	점무늬병, 치마버섯, 간버섯	2003년 고사
18	흰가루병, 운지버섯, 간버섯, 치마버섯	2004년 고사
19	흰가루병, 점무늬병	생장양호
20	흰가루병, 점무늬병	생장양호
21	간버섯, 치마버섯, 줄기마름병	2003년 고사
22	점무늬병, 치마버섯, 줄기마름병	2004년 고사
23	점무늬병	생장양호
24	치마버섯, 줄기마름병	2003년 고사
25	흰가루병, 줄기마름병, 치마버섯	2004년 고사



그림 3-18. 밤나무에 발생된 줄기마름병, 흰가루병

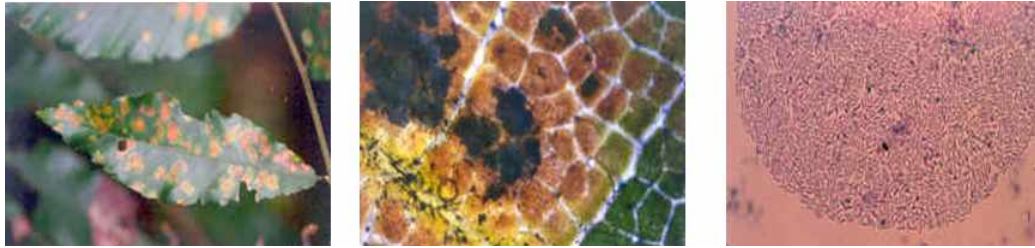


그림 3-19. 국내 미기록병해인 밤나무갈색무늬병(*Leptothyrium* sp.)

가) 밤나무에 발생된 병해

(1) 밤나무 줄기마름병(Chestnut blight)

가지나 줄기에 발생하여 밤나무를 고사시키는 병으로 우리나라 각지에 분포하고 있으며, 지제부나 접목부위에 많이 나타난다. 이 병은 원래 아시아에 존재하였던 병으로서 외국으로 유입되어 캐나다 국경지대에서 멕시코에 이르는 미국 동부지역의 밤나무 숲과 유럽의 밤나무림을 거의 황폐화시키는 등 큰 피해를 일으키는 대표적인 병해이다. 병원균은 *Cryphonectria parasitica* (MURR.) BARR.로 병원균은 자낭균류에 속하며, 자좌내 자낭각 및 분생포자각을 형성한다. 자좌는 수피말에 형성되어 수피의 갈라진 틈으로 돌출하며, 자좌 아래에 플라스크 모양의 자낭각이 다수 형성된다. 자낭은 타원~곤봉모양으로 자낭내에 8개의 자낭포자가 들어 있으며, 자낭포자는 타원형, 양끝이 둥글거나 뾰족한 무색의 2세포로 중앙 격벽부위가 잘록하다.

병징 및 표징은 보통 줄기와 가지의 상처를 중심으로 병반이 형성되며, 발생초기에는 황갈색이나 적갈색으로 변하여 수피가 부풀어 오르거나 오그라든다. 감염된 줄기의 수피는 검은색으로 움푹 들어가고 차차 수피가 길이 방향으로 찢어지거나 균열이 생기며, 병징이 급격히 나타나는 여름철에는 가지나 잎이 빨리 말라서 밑으로 처지기 때문에 멀리서도 쉽게 눈에 띄고 병든 부위의 수피는 거칠게 갈라져서 터지고 수피를 벗겨보면 황색을 띤 군사가 부채모양으로 형성된다. 또한 늦가을이 되면 건전한 가지에서는 잎이 전부 탈락하는 것과 반대로 감염된 가지는 마른 잎을 달고 있으며, 병든 부위에는 황색~등황색의 분생 포자각이 수피를 뚫고 다수 형성되며, 습

할 때 돌기 끝으로부터 등황색~적갈색의 실 또는 덩굴손 모양의 포자덩이가 실모양으로 분출된다.

(2) 밤나무 흰가루병

흰가루병은 봄부터 가을까지 주로 어린잎에 발생하며, 잎에 흰가루를 뿌려 놓은 것과 같은 증상으로 마름증상과 밤나무 생장에 영향을 준다. 흰가루병에 침입되면, 잎 전체가 백색가루로 덮여 잎 표면이 황화되고, 점차 과실의 발육도 나빠진다. 가을에는 병든 잎에 자낭각이 형성되어 검은색으로 변한다. 비가 오랫동안 내려 일조량이 부족할 경우 흰가루병의 발생이 많이 나타나며, 특히 양묘 시 어린 묘목에 피해가 심하다. 피해가 아주 심할 경우 어린줄기가 구부러지고 나중에는 말라 죽는다. 병원균은 *Microsphaera sinensis*로 자낭균이고, 낙엽이나 병든 잎에서 자낭각을 형성하여 월동하고 다음해 자낭포자를 분출하여 전염시킨다. 주로 바람에 의해 전파되며 발아 후 기공을 통해 잎, 새로 나온 가지에 침입하여 영양을 섭취한다. 그 후 분생포자를 형성하고 분생포자가 다시 감염원이 되어 재 침입을 한다. 자낭각은 흑색이며 자낭포자는 단세포, 타원형이다.

(3) 밤나무 종실탄저병

주로 과실이나 밤송이에 발생하는 병으로 잎, 잎자루에도 영향을 미치며, 과실부패와 밤송이의 조기낙과로 생산량 감소에 직접적인 영향을 미친다. 처음에는 밤송이의 가시가 갈변하고 그 다음에 밤송이 껍질이 흑갈색이 되어 전체가 갈변한다. 병원균인 *Colletotrichum gloeosporioides*는 눈이나 가지의 조직 내에서 균사상태로 월동하고 다음해 봄 다량의 포자를 형성하여 밤송이를 가해한다. 주로 어린 나무보다는 성목에 병 발생이 많이 나타나고, 나무의 생육에 따라서 수관부가 밀식되어 있는 재배조건에서 발생이 증가한다. 병원균의 포자는 빗물에 의해 전파되며, 강우량이 많은 해에 발생이 많고, 과실해충의 피해도 과실탄저병을 증가시킨다. 병에 감염된 밤송이는 건전한 밤송이보다 작고, 대개 조기낙과 하지만, 수확 시 병징이 확인되지 않는 것은 저장 중에 발병하여 부패한다. 이 병은 품종에 따라 차이가 있으며, 조생 품종과 중생 품종에 많이 나타나고 만생 품종에는 거의 보이지 않는다.

나) 밤나무 고사목에 발생된 부후균

(1) 치마버섯

치마버섯은 주로 고사한 줄기와 가지 및 활엽수, 침엽수용재에 발생되며, 학명은 *Schizophyllum commune*이다. 치마버섯 표면은 거친 털이 발생되어 있으며, 백색이나 회색, 회갈색을 띤다. 균모는 지름 1~3cm로 자루가 없고 부채모양이나 원형이며, 주름살은 백색, 회색 또는 자주색이다. 부채버섯은 세로로 갈라져 두 장씩 겹친 것처럼

보이며, 살은 가죽질이고 건조하면 움츠러들지만 비가 오거나 물에 담그면 원상태로 회복된다.

(2) 간버섯

간버섯은 목재부후균으로 고사한 침엽수나 활엽수의 줄기나 가지에 발생하며, 학명은 *Pycnoporus coccineus*이다. 간버섯의 모양은 반원형의 부채모양으로 표면이 매끄럽고 융털이 있으며, 주황색이나 나중에 퇴색하면 회백색이 되기도 한다. 고사한 나무에 발생하는 균사는 진한 비색을 나타내며, 간버섯은 자루가 없고, 포자는 긴 타원형이고 무색이다.

(3) 운지버섯

목재부후균인 운지버섯은 구름버섯이라고도 불리며, 드링크제나 약용으로도 많이 활용되는 버섯이다. 두께는 1~2mm로 얇고 단단하며, 표면은 흑색, 회색을 띠는 고리무늬를 나타내고 털로 덮여 있다. 학명은 *Coriolus versicolor*로 백색부후를 일으키며, 이 버섯에서 항암물질인 폴리사카라이드가 발견되어 많이 식용으로 활용되고 있는 버섯이다.

제 4 절 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

1. 밤나무 재배지 경영기반 개선

가. 작업로에 대한 재배자 인식

남부지역(경남, 전남) 30명과 중부지역(충남, 충북) 30명 등 총 60명의 밤 재배자를 대상으로 작업로에 대한 인식조사를 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 재배자의 연령분포

밤나무 재배자의 평균연령은 55세(최고 72세, 최소 41세)이었고, 밤나무 재배지 관리 및 수확작업에 이용되는 작업자의 성비는 남자가 45.9%, 여자 54.1%로 남자보다는 여자의 노동력을 더 많이 이용하고 있는 것으로 나타났다. 또한 연령대별로는 50대가 39.9%, 60대 이상이 37.2%를 차지하여 노동력의 고령화현상이 심화되고 있음을 알 수 있었다. 그리고 노동력 확보의 용이성을 설문조사한 결과 그림 4-1과 같이 노동력확보가 곤란하다고 응답한 경우가 전체의 68.3%를 차지하여 향후 기계화를 위한 작업로 정비가 필요한 것으로 나타났다.

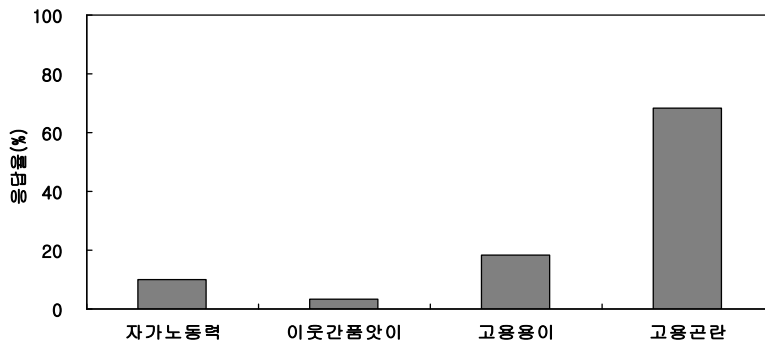


그림 4-1. 가용 노동력의 확보

2) 작업로의 이용

밤나무 관리 및 수확을 위한 작업에 작업로의 이용 및 직업종별 이용률을 살펴보기 위하여 실시한 설문조사 결과는 그림 4-2와 같다. 그림 4-2에서 보면 주로 밤나무 관리를 위한 자재운반에 가장 많은 59.3%, 기계작업을 위하여 32.2%, 인력의 이동통로로 8.5%가 이용되고 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 현행 작업로의 이용은 주로 관리를 위한 물자수송의 운반로로 주로 이용되고 있는 것으로 나타났으나, 향후 기계화 장비의 보급을 통한 관리작업이 일반화될 경우 기계·장비의 이동통로도 많은 이용이 확대될 것으로 추정된다.

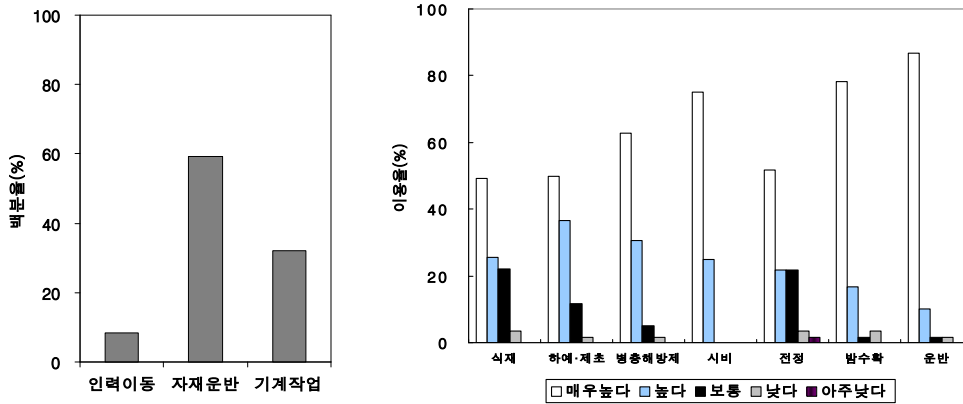


그림 4-2. 작업로의 이용 및 작업종별 이용률

또한 작업종별 이용률의 물음에 대한 결과는 “매우 높다”를 기준으로 볼 때 자재운반(86.7%), 밤수확(78.3%), 시비(75.3%) 등 작업로가 꼭 필요한 작업종은 높게 나타났으나, 밤나무 식재작업(49.2%), 하예 및 제초작업(50.0%)과 같이 작업로를 통하지 않고 가능한 작업은 상대적으로 이용률이 낮게 나타났다.

나. 작업로의 시설현황

1) 작업로의 종류 및 특징

임목수확작업에 있어서 작업로는 일시적인 도로로서 작업이 완료된 이후에는 복구하여야 하나 밤나무 작업로는 영구적 시설물로 년중 이용이 가능하여야 한다는 점에서 많은 차이가 있다. 이와 같이 작업로는 내용년수에 따라 시설후 반영구적으로 이용되는 기간작업로와 일시적으로 이용 후 폐기되는 임시작업로로 구분할 수 있으며, 밤나무 재배지 작업로는 지속적으로 이용하여야 하므로 기간작업로에 해당된다.

또한, 기능에 따라서 표 4-1과 같이 인력, 기계·장비, 자재의 통행을 주목적으로 주로 산록에서 산정방향으로 시설하는 간선작업로와 작업로 상에서 여러 가지 작업이 직접 이루어지도록 주로 등고선 방향으로 시설하는 지선작업로로 구분할 수 있다.

표 4-1. 작업로 종류별 특징

구분	기능	노선 진행 방향
간선작업로	연결기능 위주	산록 ↔ 산정
지선작업로	작업기능 위주	등고선 방향

2) 작업로의 배치유형 및 특징

밤나무 재배지내에 동일한 길이의 작업도를 시설하더라도 작업로의 배치형태에 따라 이용효율이 다르게 나타나며, 이용효율을 높이기 위하여 가급적 작업도 상에서의 작업가능범위가 서로 중복되지 않도록 배치하여야 하지만 고밀도로 시설되는 작업로의 특성상 어느 정도의 중복은 피할 수 없다.

그림 4-3에 나타낸 여러 가지 작업로 배치형태에 대한 이용효율은 수지형(樹枝形) > 어골형(魚骨形) > 단선형(單線形) > 방사형(放射形)의 순으로 높다.

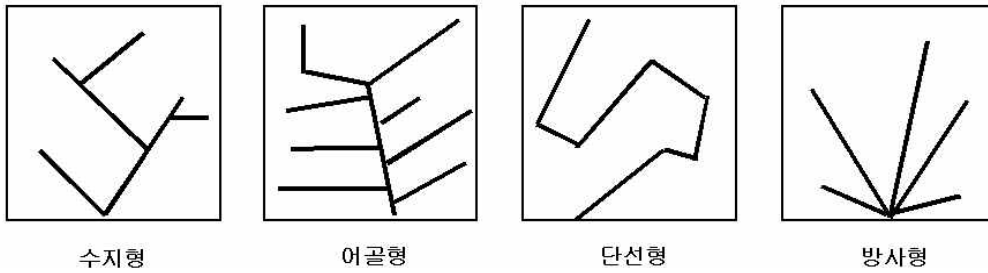


그림 4-3. 여러 가지 작업로 배치 형태

표 4-2. 작업로 배치 유형별 특성

구 분		전 체	어 골 형	수 지 형
재배지수	(개소)	36	14	22
경영면적	(ha)	219.3(6.1/재배지)	109.0(7.8/재배지)	110.2(5.0/재배지)
산지경사	(%)	37 (재배지별 21~55)	32 (재배지별 21~37)	42 (재배지별 35~55)
시설거리 (km)	계	80.27 (100%)	48.64 (100%)	31.63 (100%)
	간 선	29.21 (36%)	13.59 (28%)	15.62 (49%)
	지 선	51.05 (64%)	35.05 (72%)	16.00 (51%)
밀 도	(m/ha)	336 (재배지별 63~703)	446 (재배지별 227~703)	287 (재배지별 163~469)
평균간격	(m)	39	31	50

※ 조사지 : 경남, 전남, 충남, 충북 등 36개 단지

작업로 배치유형별 특성을 살펴보기 위하여 총 36개 재배지를 대상으로 분석한 결과는 표 4-2와 같다. 표 4-2에서 보면 배치유형은 주로 어골형과 수지형이 주를 이루고 있으며 이중 어골형은 주로 산지경사 45%이하의 완·중경사지에서 나타났으

며, 간선과 지선의 시설거리 비율은 각각 28%와 72%를 차지하였다. 그리고 수지형은 주로 산지경사 45%이상의 중·급경사지에서 나타났으며, 간선과 지선이 각각 49%와 51%를 차지하는 등 밤나무 재배지의 산지경사에 따라 작업로 배치 형태가 다른 것으로 나타났다.

또한 작업로 밀도는 어골형의 경우 446m/ha, 수지형의 경우 287m/ha로 나타나 전체적으로는 366m/ha인 것으로 나타났다. 이를 기준으로 볼 때 작업로의 평균 간격은 어골형의 경우 31m, 수지형인 경우 50m이며, 전체적으로는 39m인 것으로 나타났다.

일반적으로 급경사지에서 어골형으로 작업로를 배치할 경우 상·하의 지선작업로를 연결하는 간선작업로의 종단물매가 지나치게 급할 우려가 있으며, 간선작업로의 종단물매를 적정하게 유지하려면 작업로의 길이가 길어짐과 동시에 지선작업로와 작업범위가 중복되어 효율성이 떨어질 우려가 있다.

따라서 밤나무 재배지의 지형특성을 고려하여 완·중경사지는 지선작업로를 위주로 하는 고밀도 어골형, 중·급경사지는 간선작업로를 위주로 하는 저밀도 수지형의 배치가 적절할 것으로 판단되나, 산지경사가 60%이상인 급경사지에 대해서는 가급적 작업로 시설을 하지 않는 것이 유지관리를 위하여 바람직할 것으로 사료된다.

다. 적정 작업노망의 배치

1) 작업로 배치 기준

밤나무 작업로는 영구적인 년중 작업이 가능한 상태를 유지하여야 하기 때문에 재배지의 지형상태, 차량 및 기계의 원활한 통행, 밤재배지 피해를 최소화하기 위하여 다음과 같은 기준으로 작업로를 배치하였다.

- ① 지형경사가 60% 이상인 밤나무 재배지는 작업로 배치를 제한한다.
- ② 가능한 작업노망의 배치효율을 높이기 위하여 노선의 중복성을 피하여 배치한다.
- ③ 간선작업로는 지선작업로 간을 연결하며, 가능하면 재배지내 중앙을 통과하도록 배치한다.
- ④ 간선작업로의 종단기울기는 16% 이내로 시설한다.
- ⑤ 지선작업로는 등고선 방향으로 종단기울기가 2~8%로 배치하며 양단의 연결을 위하여 필요한 경우 단구간 32%까지 허용한다.
- ⑥ 작업로 간격은 완경사지의 경우 10m 내외로 배치하고, 중경사지는 20m 내외로 배치한다.

2) 밤나무 재배지별 지형분석

밤나무 재배지내 작업로망의 개설효과를 분석하기 위하여 총 14개 재배지(남부지역 7개 재배지, 중부지역 7개 재배지)를 대상으로 지형별 경사도 분석을 실시하여 평

균경사가 0~30%는 완경사지, 31~60%는 중경사지로 구분하였다.

표 4-3. 조사 대상지 현황

구분	지역	조사지	면적(ha)	배치유형
1	광양A	전남 광양군 다압면 고사리	4.12	수지형
2	순천A	전남 순천시 황전면 비촌리	8.05	수지형
3	순천B	전남 순천시 황전면 비촌리	10.13	어골형
4	함양A	경남 함양군 백전면 구산리	4.03	수지형
5	함양B	경남 함양군 백전면 대안리	3.87	수지형
6	산청A	경남 산청군 단성면 남사리	5.70	어골형
7	산청B	경남 산청군 단성면 창촌리	8.56	어골형
8	공주A	충남 공주시 정안면 북계리	7.54	어골형
9	공주B	충남 공주시 정안면 북계리	8.78	어골형
10	청양A	충남 청양군 장평면 분향리	4.42	어골형
11	부여A	충남 부여군 내산면 금지리	5.84	어골형
12	충주A	충북 충주시 양성면	9.56	어골형
13	충주B	충북 충주시 소태면 북탄리	11.00	어골형
14	충주C	충북 충주시 소태면 오량리	12.10	어골형

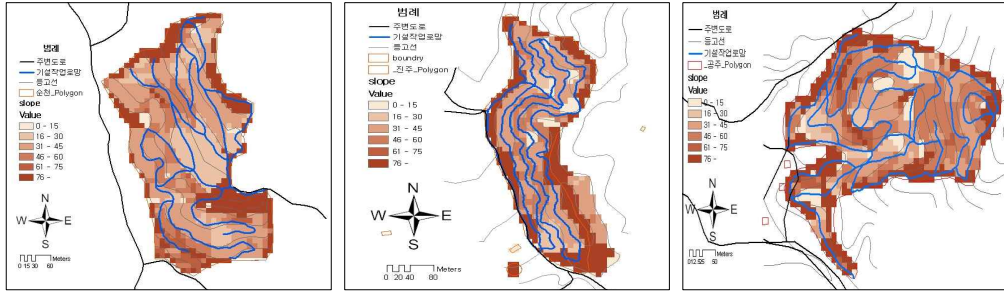
가) 완경사지(경사 0~30%)

지형분석 결과 밤나무 재배지 중 순천 B 등 5개 단지가 완경사지로 분류되었다. 각 단지별로 경사도를 분석한 결과는 표 4-4, 그림 4-4와 같이 나타났다.

표 4-4와 그림 4-4에서 보는 바와 같이 지형경사는 전체적으로 평균 21.1%~29.5%로 나타났고, 단지별로는 공주B 29.6%, 순천B 29.5%, 부여A 28.8%, 충주B 27.3%, 산청A 21.1%의 순으로 나타났다. 이 중 경사급 30%이하의 완경사지가 차지하는 비율은 모든 단지에서 50.0%~54.8% 사이로 큰 차이가 없어 유사한 경향을 보였다. 특히, 경사급 60%이상의 급경사지는 순천B, 공주B, 부여A의 경우 11.2%~15.7%로 유사하게 나타났으며, 산청A는 5.2%로 가장 낮은 점유율을 보인 반면, 충주B의 경우 20.3%로 가장 높게 나타났다.

표 4-4. 밤나무 단지별 산지경사 (완경사지)

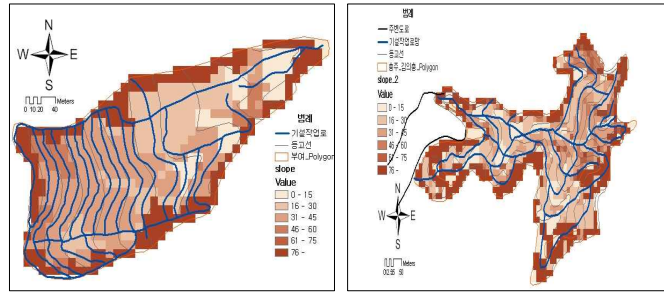
구분	지역	지형경사 및 경사급 분포(%)								배치 유형
		평균	최대	~ 15%	16~ 30%	31~ 45%	46~ 60%	61~ 75%	76% ~	
1	순천B	29.5	75.9	14.4	36.4	20.4	16.2	7.5	5.1	어골형
2	산청A	21.1	70.0	22.5	32.3	26.5	13.5	4.0	1.2	"
3	공주B	29.6	82.0	11.5	38.5	18.9	19.9	4.9	6.3	"
4	부여A	28.8	56.8	21.0	32.8	23.8	6.7	9.1	6.6	"
5	충주B	27.3	63.4	19.3	32.5	18.9	9.0	6.5	13.8	"



< 전남 순천 B단지 >

< 경남 산청 A단지 >

< 충남 공주 B단지 >



< 충남 부여 A단지 >

< 충북 충주 B단지 >

그림 4-4. 환경사지의 재배지별 경사분포 현황

밤나무 단지별 배치유형을 살펴보면, 산청A와 공주B는 계획적으로 적정하게 작업로를 전형적인 어골형으로 배치한 것으로 나타났다. 그러나 순천 B와 충주 B단지는 작업로의 배치는 양호하였으나 밀도가 다소 낮아 효율적인 재배지의 기계화를 위하여는 추가적인 작업노망의 편성이 필요한 것으로 나타났으며, 부여A의 경우에는 상대적으로 경사가 급한 서쪽 재배지에는 작업로를 많이 시설하고, 상대적으로 경사가 완만한 동쪽 재배지에는 작업로가 작게 시설하여 작업로가 고루 분포하지 못하고, 한쪽으로 편중되어 시설되어 있어 적정하게 배분하여 시설하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

나) 중경사지(경사 31~60%)

지형분석을 실시한 결과 밤나무 재배단지 중 9개 단지가 중경사지로서 단지별 경사도를 분석한 결과는 표 4-5와 그림 4-5와 같이 나타났다.

표 4-5와 그림 4-5에서 보는 바와 같이 중경사지의 지형경사는 전체적으로 평균 54.6%~34.5%로 나타났다. 단지별로는 충주A가 54.6%로 가장 높게 나타난 반면 광양A(49.7%), 순천A(44.9%), 함양B(43.8%), 산청B(43.6%)의 순으로 나타났으며 그 외의 단지는 상대적으로 낮은 경사인 40%이하로 나타났다.

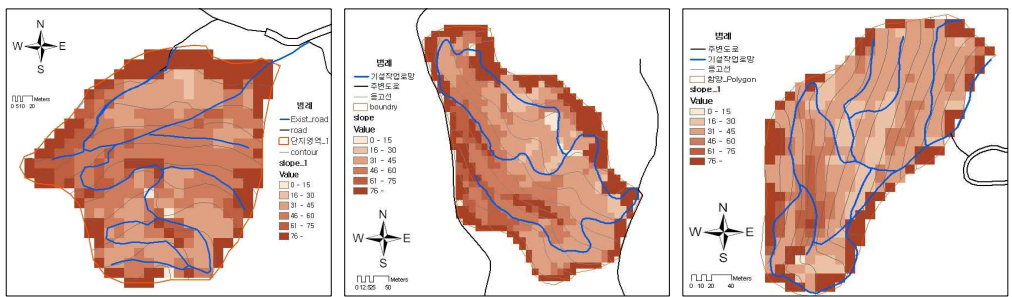
이중 중경사급인 31~60%의 비율이 높은 단지는 순천A, 함양A와 B, 공주A, 청

양A로서 60%이상을 차지하고 있으며, 급경사지인 60%이상은 18.2%~23.6%로 두 경사급을 고려한 결과 유사한 지형경사를 보이고 있었다. 그러나 광양A와 충주A는 급경사지인 60%이상이 각각 34.2%와 42.6%로 나타나 상대적으로 급한 것으로 나타난 반면, 충주C는 완경사지인 30%이하와 급경사지인 60%이상의 점유비율이 각각 25.4%와 22.1%로 유사한 경향을 보였다.

표 4-5. 밤나무 단지별 산지경사 (중경사지)

구분	지역	지형경사및경사급분포(%)								배치 유형
		평균	최대	~ 15%	16~ 30%	31~ 45%	46~ 60%	61~ 75%	76% ~	
1	광양A	49.7	97.2	1.2	1.5	25.2	37.9	14.3	19.9	수지형
2	순천A	44.9	82.0	2.9	9.3	38.4	25.8	10.4	13.2	"
3	함양A	37.3	87.3	3.7	12.7	46.4	18.1	10.7	8.4	어골형
4	함양B	43.8	95.6	0.5	15.0	49.1	11.1	8.5	15.8	수지형
5	산청B	43.6	70.1	1.3	13.6	37.1	29.8	10.6	7.6	어골형
6	공주A	36.1	86.9	1.7	15.6	36.1	27.7	11.5	7.3	"
7	청양A	35.4	79.3	1.1	28.5	41.0	20.8	4.8	3.8	수지형
8	충주A	54.6	108.4	6.0	18.0	19.8	13.7	21.8	20.8	어골형
9	충주C	34.5	86.4	9.0	16.4	27.7	24.7	14.7	7.4	수지형

중경사지에 위치한 밤나무 단지별 작업로의 배치유형을 살펴보면 주로 광양A, 순천A, 함양A, 함양B는 중경사지와 급경사지에서 나타나는 전형적인 수지형으로 배치되었으며, 그 외 산청B, 공주A, 청양A, 충주C는 어골형의 배치로서 적정하게 배치되었으나 이들 중 충주A의 경우 전 지역이 대부분 급한 지형에도 불구하고 밤나무 재배지내에 너무 많은 작업로를 시설하여 사면붕괴 및 침식 등의 위험이 우려되어 이에 대한 개선이 필요한 것으로 보여진다.



< 전남 광양 A단지 >

< 전남 순천 A단지 >

< 경남 함양 A단지 >

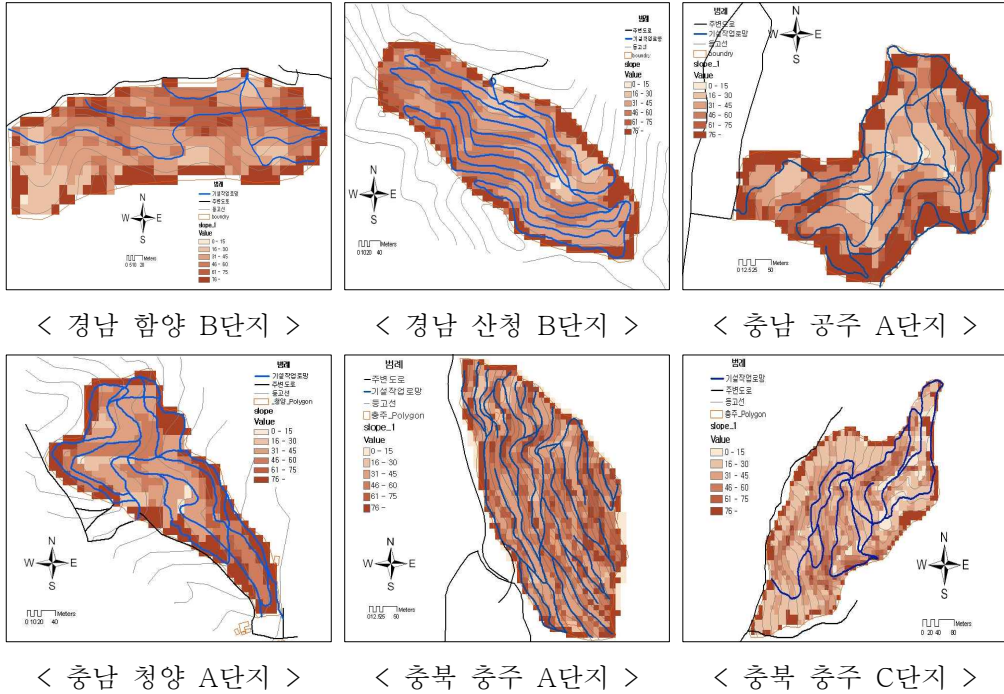


그림 4-5. 중경사지의 재배지별 경사분포 현황

3) 적정 작업로 배치 및 효과분석

밤나무 재배지내 적정 작업로를 배치하고, 이에 대한 시설효과를 분석하기 위하여 총 14개 단지 중 작업로의 배치유형이 미비한 8개 단지(완경사 3개 단지, 중경사 5개 단지)를 대상으로 개선 전과 후를 비교·검토하였다.

가) 완경사지(경사 0~30%)

지형이 비교적 완만한 완경사지에 위치한 3개 단지에 대하여 지역별 적정 작업로를 재배치한 후 변화된 밀도 및 작업구역, 작업로 간격 등을 살펴본 결과는 표 4-6과 그림 4-6과 같다. 표 4-6 및 그림 4-6에서 보면 순천B와 충주B는 기설 작업로의 밀도가 낮아 작업로를 추가하였고, 부여A는 편중시설된 작업로를 적정하게 재배치한 것이다.

대상지내의 평균 작업로 밀도는 전체적으로 기설 작업로는 408.8m/ha이었고, 적정 재배치 이후 507.1m/ha로 증가하였으며, 작업로의 간선과 지선의 비율은 기설 작업로의 경우 대략 40:60 정도 이었으나, 적정 재배치 후 30:70정도로 변화되었다.

또한 작업로의 밀도 변화는 기설 작업로에 비하여 적정 재배치 이후 순천B는 184.1m/ha, 충주B는 117.4m/ha가 증가하였고, 부여A인 경우 6.7m/ha가 감소한 것으로 나타났다. 이상과 같은 변화에 따라 기설 작업로와 재배치 이후 적정 작업로의

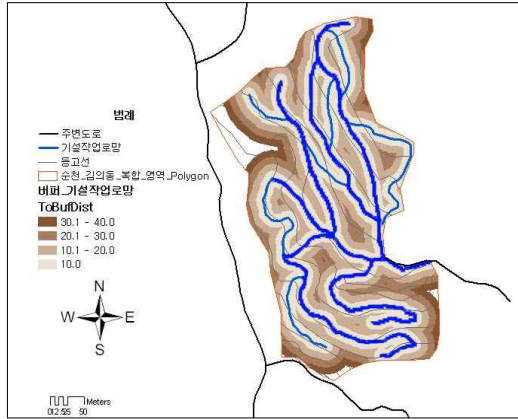
작업구역 변화를 비교해 보았을 때 20m이내의 작업구역은 기설 작업로의 경우 76.1~97.1% 수준이던 것이 재배치 이후에 모두 범위내에서 작업이 가능한 것으로 나타났다.

지역별로는 10m 이내의 작업범위 내에서는 순천B의 경우가 17.3%의 증가를 보여 증가폭이 가장 컸고, 부여A인 경우 9.7%의 증가를 보여 증가폭이 가장 낮게 나타났다. 순천B와 충주B에 있어서는 작업범위가 작업로로부터 20m까지의 작업구역이 각각 76.1%와 89.1%이었던 것이 적정하게 재배치한 이후 20m이내에서 작업이 가능한 것으로 나타났다. 특히 부여 A에 있어서는 편중되어 시설된 작업로를 적정하게 재배치함으로써 작업로의 밀도가 감소하였음에도 불구하고 20m이내에서 모든 작업이 가능한 것으로 나타났다.

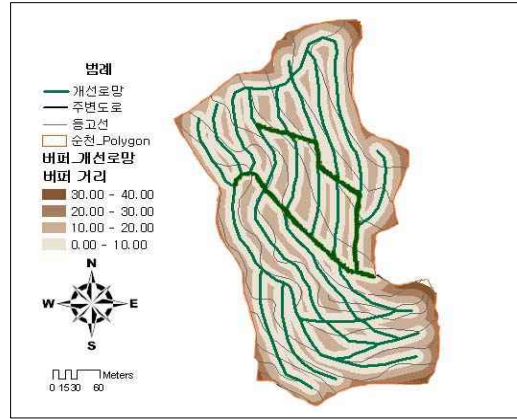
표 4-6. 환경사지 기설 및 개선 작업로의 배치효과

지역	면적 (ha)	구분	시설거리(m)			밀도 (m/ha)	작업구역(ha, 누적%)					최대 작업 거리 (m)	평균 작업로 간격 (m)	배치 유형
			계	간선	지선		0~10m	11~20m	21~30m	31~40m	40m~			
순천 B	10.1	기설	2,539	1,599	940	250.6	5.2 (51.7)	2.5 (76.1)	1.7 (92.4)	0.4 (95.9)	0.4 (100)	58.4	39.9	어골형
		적정	4,404	1,221	3,183	434.7	7.0 (69)	3.1 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	19.4	23.0	어골형
부여 A	5.8	기설	3,736	982	2,754	639.7	4.8 (84.1)	0.8 (97.1)	0.2 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	29.7	15.6	어골형
		적정	3,697	1,016	2,681	633.0	5.5 (93.8)	0.4 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	12.8	15.8	어골형
충주 B	11.0	기설	3,698	1,701	1,997	336.2	6.6 (59.8)	3.2 (89.1)	0.7 (95)	0.4 (98.6)	0.2 (100)	36.1	29.7	어골형
		적정	4,989	1,095	3,894	453.5	8.3 (75.8)	2.7 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	19.7	22.0	어골형

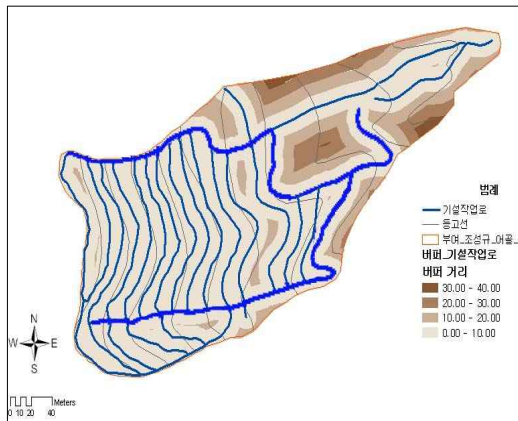
또한 작업로가 적정하게 배치되면 최대작업거리 및 평균작업로의 간격이 짧아지게 된다. 적정 재배치한 작업로의 최대작업거리는 전체적으로 12.8~19.7m사이로 나타났고, 이중 부여A가 12.8m로 가장 짧았으며, 순천B와 충주B는 약 20m 수준으로 나타났다. 특히 순천B의 경우는 39.0m가 감소한 19.4m로 감소폭이 가장 컸으며, 충주B의 경우가 16.4m가 감소한 19.7m로 감소폭이 가장 작았다. 그리고 적정하게 재배치 한 이후의 작업로 평균간격은 전체적으로 15.8~23.0m사이인 것으로 나타났고, 이중 부여A는 작업로 밀도가 증가하였음에도 불구하고 가장 짧은 15.8m이었으며, 순천B는 기설 작업로에 비해 16.9m가 감소한 23.0m로 감소폭이 가장 큰 것으로 나타났다.



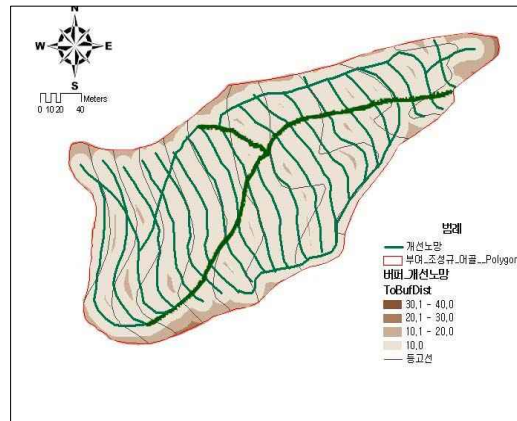
< 기설 - 순천 B단지 >



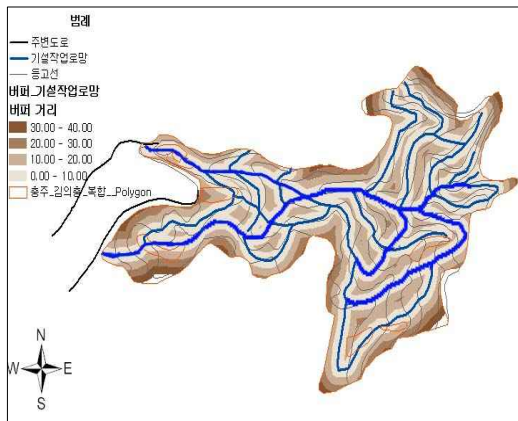
< 개선 - 순천 B단지 >



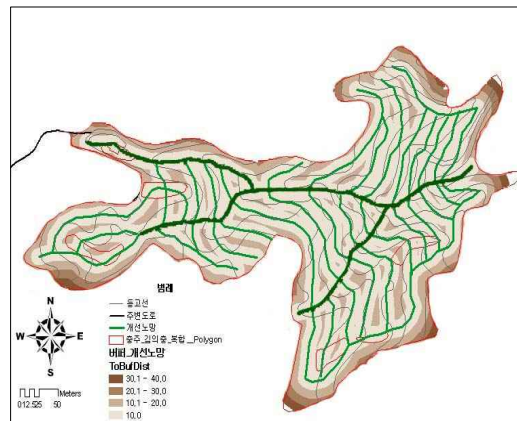
< 기설 - 부여 A단지 >



< 개선 - 부여 A단지 >



< 기설 - 충주 B단지 >



< 개선 - 충주 B단지 >

그림 4-6. 환경사지의 재배지별 작업구역의 분포

나) 중경사지(경사 31~60%)

중경사지 지형에 위치한 5개 단지에 대하여 지역별 적정 작업로를 재배치한 후 변화된 밀도 및 작업구역, 작업로 간격 등을 살펴본 결과는 표 4-7 및 그림 4-7과 같다. 표 4-7과 그림 4-7에서 보면 광양A, 순천A, 함양B의 경우 기설작업로의 밀도가 낮아 노선을 추가로 배치하였으나, 충주A의 경우 급경사지에 너무 많은 작업로를 시설하여 노선길이를 감하여 적정하게 재배치하였다. 이에 따라 추가적으로 작업로를 재배치한 광양A, 순천A, 함양B는 배치형태가 기존의 수지형에서 어골형의 변화하였다.

대상지내의 평균 작업로 밀도는 전체적으로 기설 작업로는 351.4m/ha이었고, 적정 재배치 이후 383.6m/ha로 증가하였으며, 작업로의 간선과 지선의 비율은 기설 작업로의 경우 대략 50:50 정도이었으나, 적정 재배치 후 30:70정도로 변화되었다.

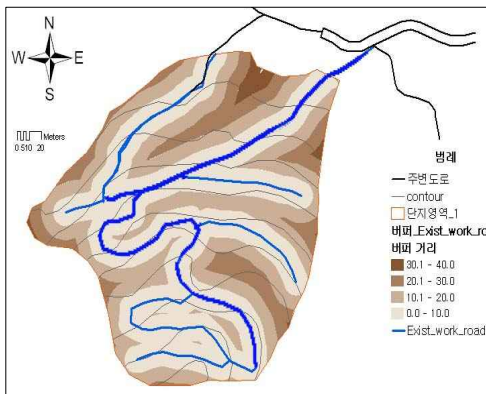
또한 작업로의 밀도 변화는 기설 작업로에 비하여 적정 재배치 이후 광양A는 128.9m/ha, 순천A는 182.9m/ha, 함양A는 87.6m/ha, 함양B는 134.4m/ha가 증가하였으나, 충주A인 경우 372.5m/ha의 대폭적인 감소가 나타났다. 이상과 같은 변화에 따라 기설 작업로와 재배치 이후 적정 작업로의 작업구역 변화를 비교해 보면, 중경사지의 특성상 완경사지에 비하여 사면의 피해위험이 높아 완경사지보다는 20m이내의 작업구역이 떨어지나, 기설 작업로의 경우 53.4~95.6% 수준이던 것이 재배치 이후에 87.2~100%까지 변화한 것으로 나타났다.

지역별로는 적정하게 재배치한 이후에 함양A는 작업구역 20m이내에서, 광양A, 순천A, 함양B는 30m이내에서 모든 작업이 가능한 것으로 나타났다. 그러나 충주A인 경우 대폭적으로 작업로 밀도가 감소함에 따라 30~40m 작업범위 내에 0.4ha(4.2%)가 존재하는 것으로 나타났으나 미미한 수준인 것으로 나타났다. 특히, 함양A인 경우 20m이내의 작업구역이 85.1%이었으나, 적정하게 작업로를 재배치한 후 모든 작업이 이 범위 내에서 가능한 것으로 나타났고, 함양B의 경우 30m이내의 작업구역이 66.3%에 불과하던 것이 재배치 이후 모든 구역이 30m이내에서 가능한 것으로 나타났다.

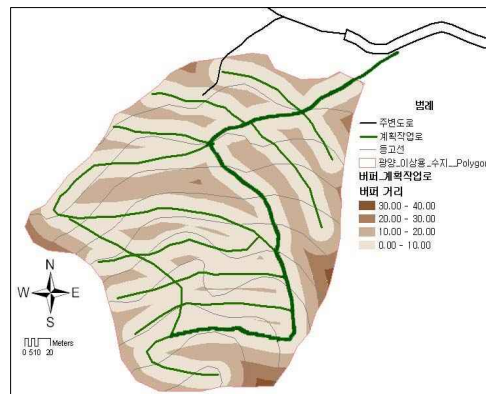
또한 적정 재배치한 작업로의 최대작업거리는 전체적으로 18.7~30.5m사이로 나타났다. 이 중 함양A가 가장 낮은 18.7m로 나타났고, 충주A가 30.5m 가장 크게 나타났다. 특히, 함양B는 재배치 이후에 45.0m가 감소한 23.1m로 감소폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 그리고 적정 재배치 이후의 작업로 평균간격은 전체적으로 23.1~31.4m 사이인 것으로 나타났고, 광양A가 23.1m로 가장 짧았고, 충주A가 31.4m로 가장 넓었다. 특히 순천 A는 32.1m가 감소한 28.8m로 가장 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 그러나 충주 A는 작업로 밀도가 대폭 증가함에 따라 평균 작업로 간격이 16.9m가 증가하였으나, 효율적인 재배지의 관리 및 재배지 피해를 최소화하기 위하여는 적절한 수준으로 판단된다.

표 4-7. 중경사지 기설 및 개선 작업로의 배치효과

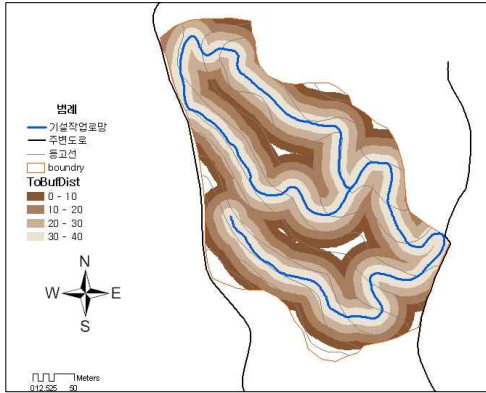
지역	면적 (ha)	구분	시설거리(m)			밀도 (m/ha)	작업구역 (ha, 누적%)					최대 작업 거리 (m)	평균 작업로 간격 (m)	배치 유형
			계	간선	지선		0~10m	11~20m	21~30m	31~40m	40m~			
광양 A	4.1	기설	1,176	709	467	285.4	1.8 (43.7)	1.1 (70.9)	0.7 (87.9)	0.5 (100)	0.0 (-)	40.9	35.0	수지형
		개선	1,707	542	1,165	414.3	2.9 (70.9)	1.1 (97.1)	0.1 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	21.2	24.1	어골형
순천 A	8.1	기설	1,321	1,321	-	164.1	2.6 (32.5)	2.3 (61.4)	1.5 (80)	0.6 (87.5)	1 (100)	49.7	60.9	수지형
		개선	2,793	439	2,354	347.0	5.2 (63.6)	2.5 (95)	0.4 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	26.6	28.8	어골형
함양 A	4.0	기설	1,390	477	913	344.9	2.4 (60.3)	1.0 (85.1)	0.4 (95)	0.2 (100)	0.0 (-)	38.1	29.0	어골형
		개선	1,743	779	964	432.5	3.4 (83.6)	0.7 (100.0)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	18.7	23.1	어골형
함양 B	3.9	기설	1,051	383	668	271.6	1.5 (38.2)	0.6 (53.4)	0.5 (66.3)	0.3 (74.1)	1.0 (100)	68.1	36.8	수지형
		개선	1,571	545	1,026	405.9	2.7 (70.8)	1.0 (95.9)	0.2 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	23.1	24.6	어골형
충주 A	9.6	기설	6,604	1,686	4,918	690.8	7.8 (81.6)	1.3 (95.6)	0.4 (100)	0.0 (-)	0.0 (-)	27.5	14.5	어골형
		개선	3,043	647	2,396	318.3	6.8 (71.4)	1.5 (87.2)	0.8 (95.8)	0.4 (100)	0.0 (-)	30.5	31.4	어골형



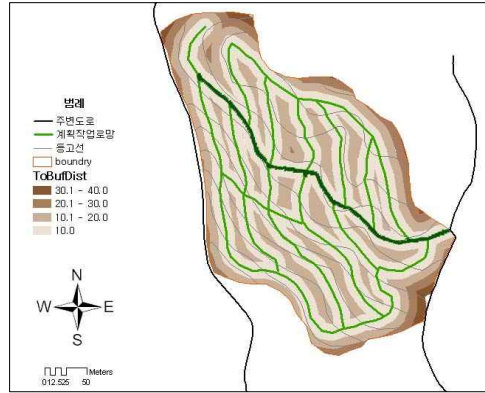
< 기설 - 광양 A단지 >



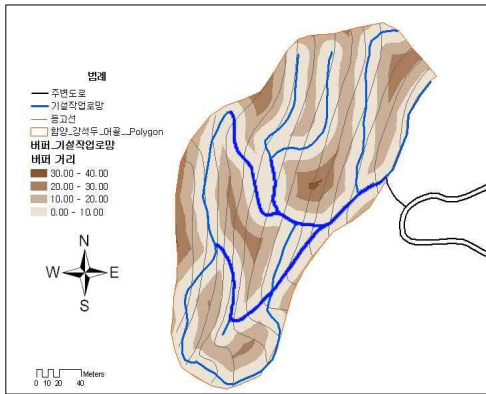
< 개선 - 광양 A단지 >



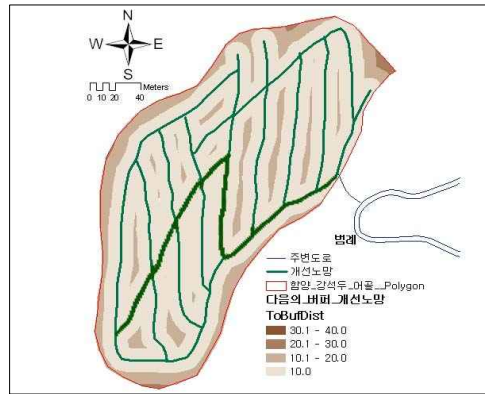
< 기설 - 순천 A단지 >



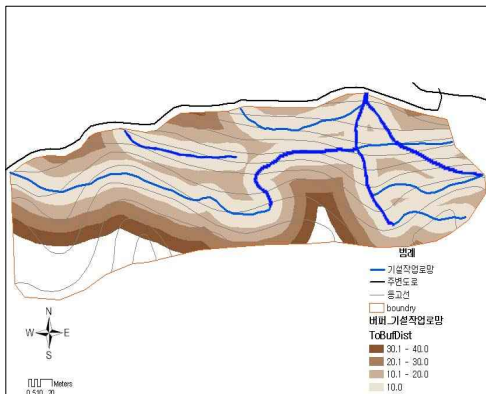
< 개선 - 순천 A단지 >



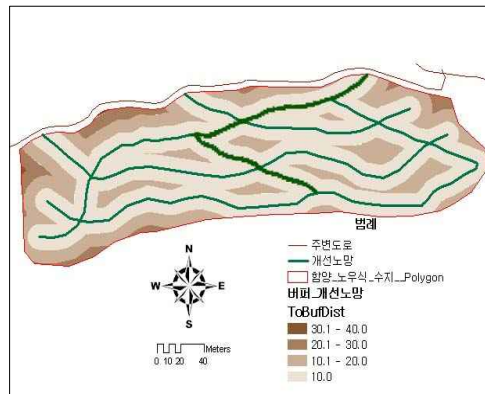
< 기설 - 함양 A단지 >



< 개선 - 함양 A단지 >

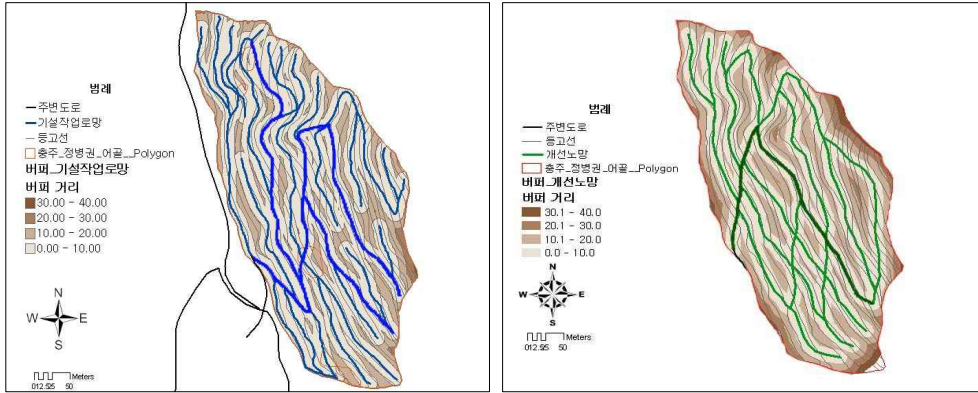


< 기설 - 함양 B 단지 >



< 개선 - 함양 B단지 >

그림 4-7. 중경사지의 재배지별 작업구역의 분포(계속)



< 기설 - 충주 A단지 > < 개선 - 충주 A단지 >
 그림 4-7. 중경사지의 재배지별 작업구역의 분포

라. 작업로 시설 및 적정 관리 방안

밤나무 재배단지 내 작업로 시설지 총 42개소(경남 16개소, 전남 6개소, 충남 13개소, 충북 7개소)를 대상으로 실시한 작업로 구조·규격을 조사하여 현황 분석을 실시하고, 적정 관리 방안을 모색하였다.

1) 노면

가) 노폭

작업로 노폭은 작업차량의 통행에 지장을 초래하지 않아야 하며, 연중 통행이 가능하도록 유지관리하여야 한다. 작업로 노폭 및 노폭별 점유비율은 그림 4-8과 같다. 그림 4-8에서 보면 전체적으로 2.4m로 나타났으며, 작업로 종류별로 보면 간선작업로 2.5m(최대 4.4m, 최소 1.6m), 지선작업로 2.3m(최대 2.3, 최소 1.3m)로 나타나 간선작업로가 다소 넓은 것으로 나타났다.

노폭별 점유비율을 살펴보면 대부분 1.5~3m.0사이가 전체의 91.5%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 간선작업로의 경우 2.0~2.5m사이가 35.6%, 지선작업로의 경우 1.5~2.0m사이가 39.2%로 가장 점유율이 큰 것으로 나타나 간선작업로의 경우가 다소 넓게 시설되고 있었다.

작업로의 노폭은 현행 산림청 지침에 의하면 노폭 2m 내외로 정하고 있다. 이는 표 4-8에서와 같이 현재 밤나무 재배단지 관리작업에 투입되는 여러 가지 작업기종의 차륜폭보다 1.2배 넓게 시설하여야 차량의 통행에 지장이 없으며, 이들 작업기가 서행하면서 작업은 가능하지만 어느 정도의 속도(임도의 경우 최소 20km/hr)로 주행하려면 약 3m 내외는 되어야 한다.

이러한 관점에서 볼 때 차량의 주행안전과 성토부의 안정성을 위한 여유노폭을 고려하여 원활한 차량통행이 주목적인 간선작업로는 3m 내외, 작업이 주목적인 지선

작업로는 2m 내외로 시설하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

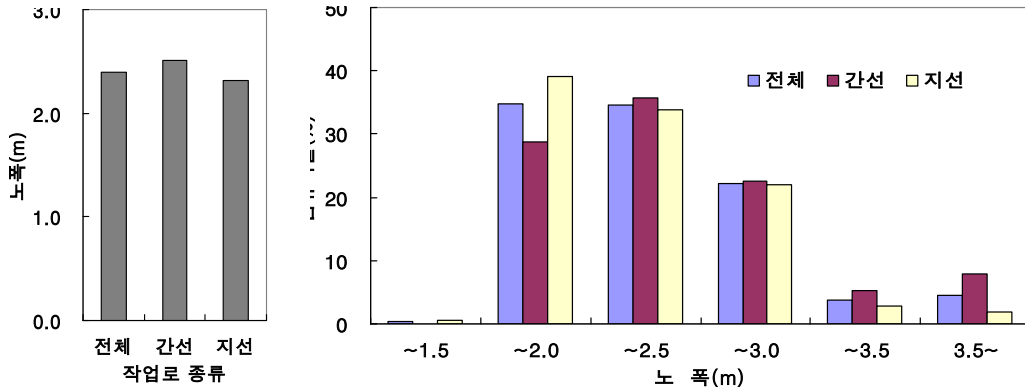


그림 4-8. 작업로 노폭 및 노폭별 점유비율

표 4-8. 여러 가지 작업기종의 차륜폭

기종	굴삭기 (0.15~0.25m ³)	소형트럭 (1톤)	동력운반차	Speed Sprayer	목재파쇄기
차륜폭(m)	1.88~2.25	1.6	1.18	1.05	1.83

나) 노면형태

노면의 형태는 크게 볼록한 철(凸)형, 오목한 요(凹)형, 평편한 직선형, 절토측으로 경사진 Inslope형, 성토측으로 경사진 Outslope형으로 나누어 볼 수 있다.

노면형태별 점유비율은 그림 4-9와 같다.

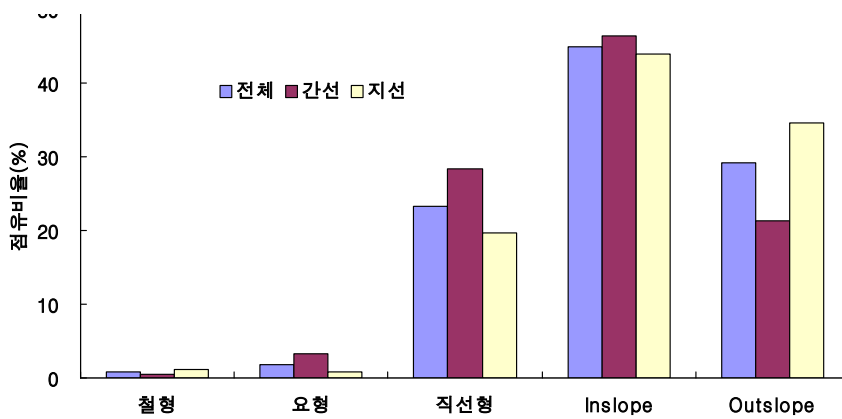


그림 4-9. 노면형태별 점유비율

그림 4-9에서 보면 노면형태별 전체적인 점유비율은 Inslope 44.9%, Outslope 29.2%, 직선형이 23.2%, 철형이 1.8%, 요형이 0.9%의 순으로 높게 나타났다. 작업로 종류별로 살펴보면 간선작업로는 Inslope 46.4%, 직선형이 28.4%, Outslope 21.3%의 순이었고, 지선작업로는 Inslope 43.9%, Outslope 34.6%, 직선형이 19.7%의 순으로 나타났다.

이상과 같은 Outslope 이외의 노면형태가 약 71%를 점유하고 있는 것으로 나타나, 현행 밤나무 재배지내 작업로의 경우 측구시설 및 횡단배수시설이 거의 없는 점을 감안할 때 침식 등의 문제가 발생할 수 있어 이에 대한 대비가 필요할 것으로 판단된다.

따라서 작업로와 같이 측구시설이 없어도 배수에 크게 지장이 없는 Outslope형은 그림 4-10과 같이 횡단기울기는 2~6%가 가장 적합하며, 종단기울기가 8%이상에 있어서는 노면 횡단배수시설(개거)을 가능한한 짧은 간격으로 설치할 필요가 있다.

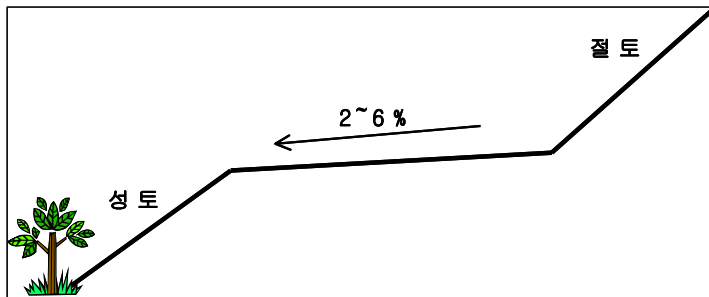


그림 4-10. 노면의 Outslope 횡단구조와 적정기울기

다) 노면재료

밤나무 재배지는 토양의 상태가 양호한 지역에 조성되지만, 이러한 지역은 토양의 지지력이 약한 곳이 대부분이기 때문에 작업로 관리를 위해서는 적당한 노면재료를 사용하여야 유지관리상 어려움이 없다.

노면재료별 점유비율은 그림 4-11과 같다. 그림 4-11에서 보면 전체적으로 토사가 94.6%, 자갈이 3.6%, 콘크리트가 1.8%를 점유하고 있어 대부분 토사로 구성되어 있었다. 이를 작업로 종류별로 살펴보면 간선작업로는 토사가 91.3%, 자갈이 4.7%, 콘크리트가 3.9%를 차지하고 있었고, 지선작업로는 토사 96.4%, 자갈 3.6%로 나타났고 콘크리트는 출현하지 않았다.

이와 같이 노면재료는 전체적으로 대부분 토사도로 구성되어 있어 차량통행으로 인한 Rut의 형성이 문제시되어 침식 및 노체파괴가 발생할 수 있어 종단기울기 8% 이하에서는 자갈, 부직포를 이용하고, 그 이상의 종단기울기에는 콘크리트 포장을 실시하여 노면보강을 하는 것이 바람직하다.

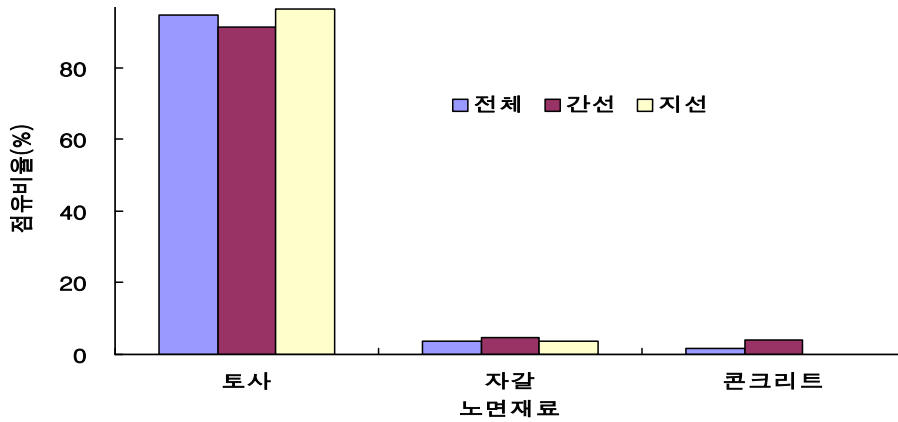


그림 4-11. 노면재료별 점유비율

2) 종단 및 횡단기울기

가) 종단기울기

작업로는 대부분 토사도로 구성되어 노면을 따라 흐르는 물에 의한 침식이 발생되지 않도록 가급적 완만하게 시설하여야 한다. 또한 토공량을 적게 하기 위하여 단 구간이라도 지형의 변화에 따라 종단기울기를 변화시킬 필요가 있다.

작업로의 종단기울기 및 종단기울기별 점유비율은 그림 4-12와 같다.

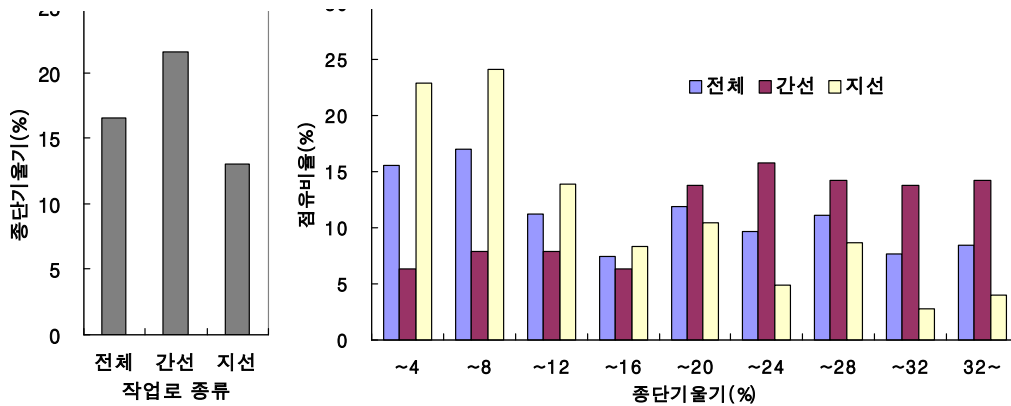


그림 4-12. 종단기울기 및 종단기울기별 점유비율

그림 4-12에서 보면 평균 종단기울기는 전체적으로 16.5%로 나타났고, 작업로 종류별로는 간선이 21.5%(최대 45%), 지선이 13.0%(최대 47%)로 지선보다는 간선이 급하게 시설되어 있는 것으로 나타났다.

중단기울기는 수평에 가까우면 정체수가 발생하여 우기시에 노체에 수분이 과포화상태가 되어 차량통행시 차륜에 의한 파괴가 발생할 수 있으며, 너무 급하게 되면 침식으로 인한 노체 파괴가 발생되기 때문에 적절한 노면기울기가 요구된다. 현재 산림청에서는 작업로의 중단기울기에 대하여 별도로 규정하지 않고 있으나, 밤나무 작업로와 같이 영구적 시설물인 일본의 작업임도의 경우 작업임도의 경우 최대 16%로 제한하고 있다.

이에 따라 중단기울기별 점유비율을 살펴보면 트럭이 주행가능한 중단기울기 16%이하를 기준으로 보았을 때는 전체적으로 51.2%, 작업로 종류별로는 간선이 28.3%, 지선이 69.1%로 나타나, 간선의 경우 일정구간에 있어 트럭의 통행에 지장이 있을 것으로 나타났다. 그리고 관리용 작업기계가 통행할 수 있는 중단기울기 32%를 기준으로 살펴보면 전체적으로 91.5%로 나타났고, 작업로 종류별로는 간선 85.8%, 지선 96.0%로 나타났다.

그러나 차량 및 관리용 작업기계가 통행이 어려운 32%이상의 구간도 전체 8.5%로 나타났으며, 작업로 종류별로는 간선이 14.2%, 지선이 4.0%를 점유하는 것으로 나타나 이러한 구간에 대해서는 유지관리를 위해 작업로의 폐쇄 및 원상복구가 필요할 것으로 판단된다. 특히 급한 중단기울기는 차량통행 및 우기시 토사유출 등의 문제가 발생될 수 있으므로 밤나무 작업로와 같이 영구적 시설물은 가능하면 간선은 16%이하로, 지선은 2~8%(단구간 32%이하)로 시설하는 것이 바람직할 것이다.

노면재료별 중단기울기 및 점유비율을 살펴본 결과는 그림 4-13과 같다.

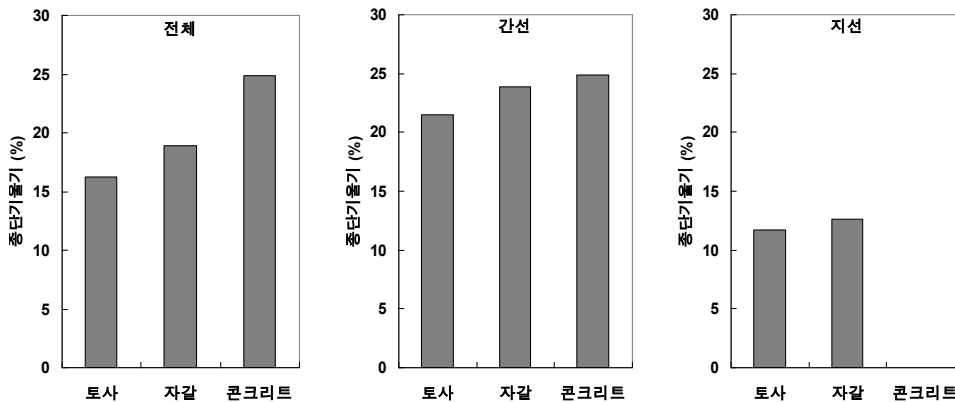


그림 4-13. 노면재료별 중단기울기 및 점유비율

그림 4-13에서 보면 전체적으로는 노면재료별 중단기울기는 토사 16.3%, 자갈 18.9%, 콘크리트가 24.9%로 나타났고, 작업로 종류별로는 간선작업로의 경우 토사 21.5%, 자갈 23.8%, 콘크리트가 24.9%로 나타났으며, 지선작업로의 경우 콘크리트는

출현하지 않았고, 토사 11.7%, 자갈 12.6%로 나타났다.

그림 4-14 및 그림 4-15에서와 같은 토사도는 차량의 통행으로 인한 rut와 노면 세굴이 발생하여 차량의 통행에 지장을 초래하게 되어 노면보강처리를 실시하여야 하며, 특히 16%이하의 연약지반에 대하여는 자갈, 부직포 등의 재료를 이용하고, 그 이상의 구간에 대하여는 콘크리트 포장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한 계류를 횡단하는 구간의 중단선형을 오목형으로 하여 원활한 배수가 이루어지도록 하여야 하며, 수층부에는 자갈, 돌망태, 목재 등을 이용하여 피해가 발생되지 않도록 하는 것이 필요하다.



그림 4-14. 차량통행에 의한 노면담압

그림 4-15. 급중단기울기 구간의 노면세굴

나) 횡단기울기

노면의 횡단기울기는 작업로와 같이 측구가 없는 도로의 경우 원활한 배수를 위해 매우 중요한 요소이다.

작업로의 횡단기울기 및 횡단기울기별 점유비율은 그림 4-16과 같다. 그림 4-16에서 보면 평균 횡단기울기는 3.5%, 작업로 종류별로는 간선 2.6%(최대 12%), 지선 4.0%(최대 14%)로 나타나 대부분 양호한 상태를 보이고 있었다. 노면의 적정 횡단기울기인 2~6%의 점유비율은 전체적으로 26.7%로 나타났고, 작업로 종류별로는 간선이 24.6%, 지선이 28.2%로 나타나 이러한 구간에 대하여는 횡단기울기를 개선할 필요가 있다.

횡단기울기가 절토쪽 또는 성토쪽으로 형성되어 있느냐는 작업로에 있어서 중요하다. 임도에서는 측구시설이 있어 주로 Inslope형으로 시설되지만, 작업로와 같은 저규격 도로에서는 저렴한 비용으로 시설되기 때문에 측구시설이 없는 Outslope형이 바람직하다. 작업로의 횡단이 Inslope형으로 구성된 점유비율을 살펴본 결과는 그림 4-17과 같다.

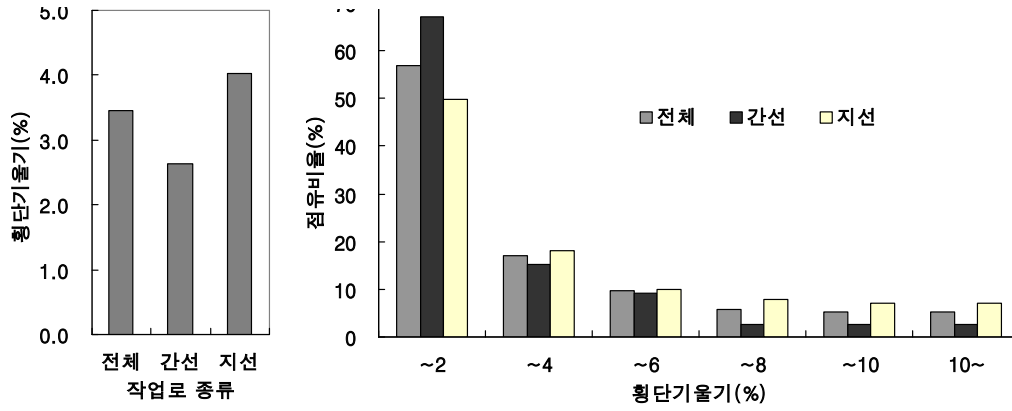


그림 4-16. 횡단기울기 및 횡단기울기별 점유비율

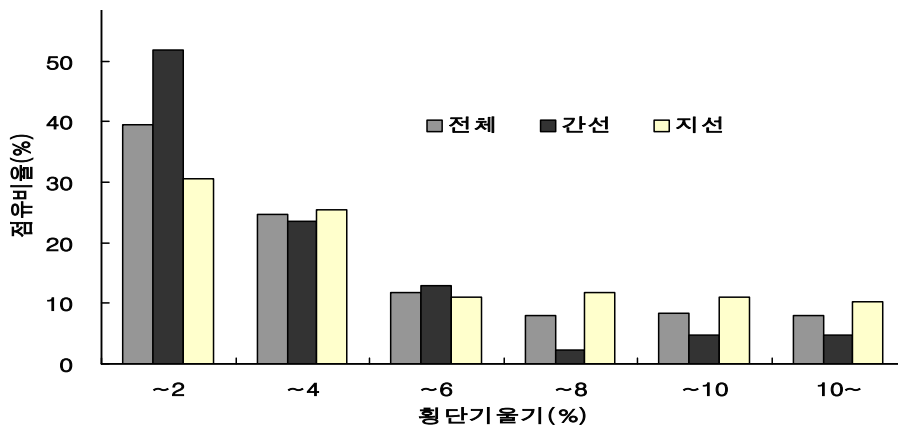


그림 4-17. Inslope형의 횡단기울기 점유비율

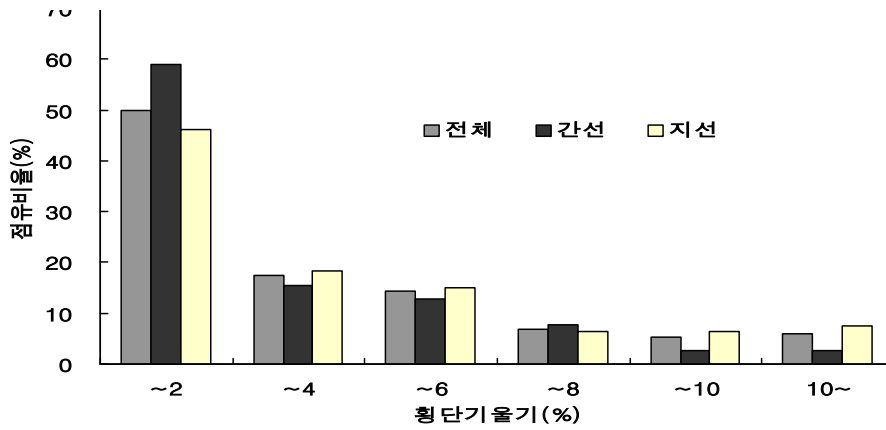


그림 4-18. Outslope형의 횡단기울기 점유비율

그림 4-17에서 보면 양호한 중단기울기인 2~6%이하가 모두 36.4%를 점유하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 Inslope형은 임도피해가 발생할 수 있기 때문에 간선 작업로 위주로 시설하되 측구 및 배수시설의 설치뿐만 아니라 절토부의 보강이 무엇보다 필요하며, 부직포 및 자갈 등을 이용하여 침식을 방지하는 것이 바람직하다.

작업로의 횡단구조가 Outslope형으로 구성된 점유비율을 살펴본 결과는 그림 4-18과 같다. 그림 4-18에서 보면 Outslope의 적정 중단기울기인 2~6%이하가 전체적으로 31.8%로 나타났고, 작업로 종류별로는 간선이 28.2%, 지선이 33.4%를 점유하고 있는 것으로 나타나 지선이 다소 점유비율이 높게 나타났다.

이와 같이 측구가 없는 작업로와 같은 경우 Outslope형이 가장 바람직하며, 적정 간격(10~40m)의 횡단배수 구조물을 설치하고, 석재, 목재, 돌망태 등을 이용하여 유출구 처리를 실시하여 안정한 노체를 유지할 수 있어야 할 것으로 판단된다.

3) 사면길이 및 경사

가) 절·성토 사면길이

표 4-10은 산지경사도별 사면기울기별 사면높이를 나타낸 것이다. 표 4-9에서 보면 산지경사도 30° 이상(산지기울기 60%)에서는 절·성토 사면길이가 대체적으로 1m이상으로 길어지기 때문에 작업로를 시설할 경우 유지관리에 많은 문제점이 발생할 수 있으므로 이러한 지역에 대해서는 가능한한 작업로 개설을 피해야 할 것이다.

표 4-9. 산지경사도별 사면기울기별 사면길이(절·성토폭 1m 기준)

산지경사도 (°)	사면경사도별 사면길이(m)				
	73.0	49.0	51.0	45.0	37.0
5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
10	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5
15	0.2	0.4	0.4	0.6	0.8
20	0.3	0.5	0.6	0.8	1.5
25	0.4	0.8	0.9	1.4	2.7
30	0.6	1.1	1.4	2.1	5.5
35	0.7	1.5	2.1	3.7	22.8
40	0.9	2.0	3.3	8.2	∞

작업로 절토사면길이 및 절토사면길이별 점유비율은 그림 4-19과 같다.

그림 4-19에서 보면 평균 절토사면길이는 1.3~1.4m(최대 6.0m)로 거의 차이를 보이고 있지 않았으며, 절토사면길이별 점유비율은 0.5~1.0m사이가 25.4%로 가장 많은 점유비율을 차지하고 있었으며, 1.0~1.5m사이가 21.9%, 0.5m이하가 19.6%, 1.5~2.0m사이가 18.6%를 점유하고 있었다. 또한 작업로 종류별로는 간선의 경우 0.5m

이하가 24.8%, 0.5~1.0m사이가 24.4%, 1.0~1.5m사이가 17.7%, 1.5~2.0m사이가 17.3%의 순이었고, 지선의 경우 0.5~1.0m사이가 26.2%, 1.0~1.5m사이가 24.8%, 1.5~2.0m사이가 19.6%, 0.5m이하가 16.0%의 순으로 나타났다.

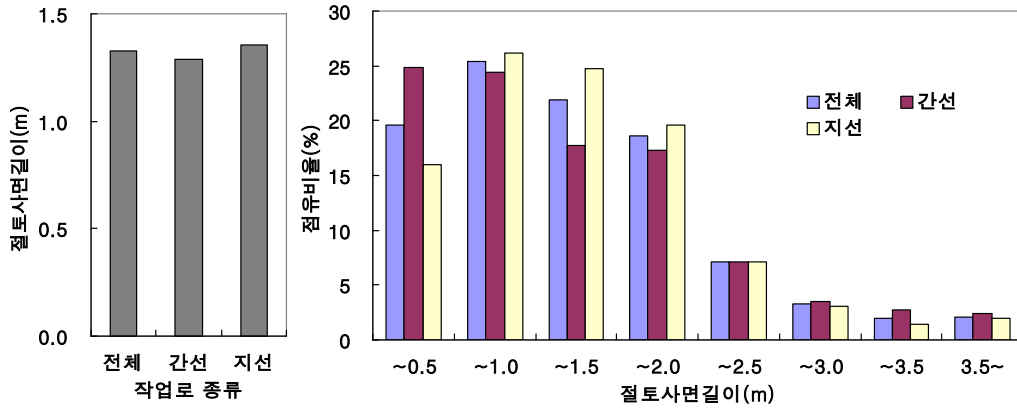


그림 4-19. 절토사면길이 및 절토사면길이별 점유비율

작업로 성토사면길이 및 성토사면길이별 점유비율은 그림 4-20과 같다.

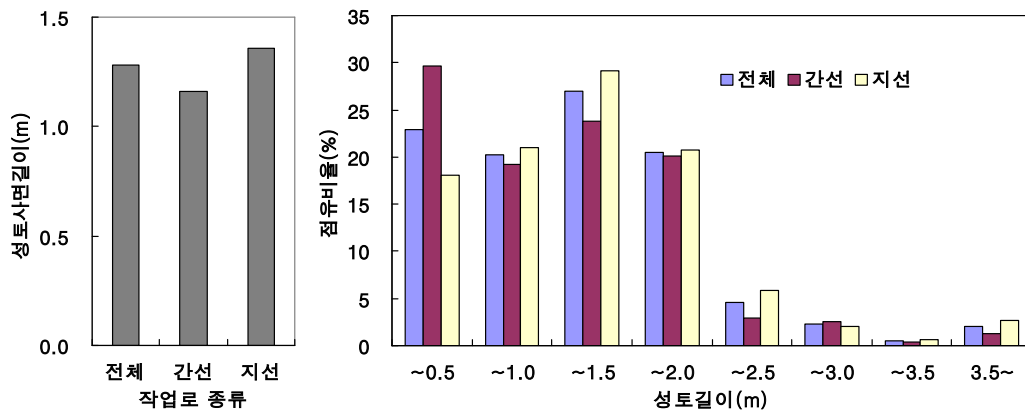


그림 4-20. 성토사면길이 및 성토사면길이별 점유비율

그림 4-20에서 보면 평균 성토사면길이는 1.2~1.4m(최대 8m)로 거의 차이를 보이고 있지 않았으며, 성토사면길이별 점유비율은 0.5~1.0m사이가 25.4%로 가장 많은 점유비율을 차지하고 있었으며, 1.0~1.5m사이가 27.0%, 0.5m이하가 22.9%, 1.5~2.0m사이가 20.4%의 순으로 나타났다. 또한 작업로 종류별로는 간선의 경우 0.5m이하가 29.7%, 1.0~1.5m사이가 23.8%, 1.5~2.0m사이가 20.1%, 0.5~1.0m사이가 19.2%

의 순이었고, 지선의 경우 1.0~1.5m사이가 29.2%, 0.5~1.0m사이가 21.0%, 1.5~2.0m 사이가 20.7%, 0.5m이하가 18.1%의 순으로 나타났다.

이상과 같이 사면길이가 1.0m이상인 구간이 절토 54.8%, 성토 56.8%를 점유하고 있어 이러한 구간에 대하여는 산돌쌓기·7급줄떼공·편책, 돌망태 등의 간이 사면안정 구조물을 시설하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

나) 절·성토 사면경사

산림청의 밤나무 재배지 작업로시설 지침에서는 표 4-10과 같이 절·성토사면 안정을 위하여 작업로 사면기울기를 절토사면의 경우 암석지 1:0.3(경사각 73°), 토사지역 1:0.8(경사각 51°), 성토사면의 경우 1:0.8(경사각 51°)을 기준으로 입지조건에 따라 ±0.2 범위 내에서 조정할 수 있도록 정하고 있다.

표 4-10. 절·성토사면 기울기

구 분	기울기	비 고
암 석 지	1 : 0.3	
토사지역	1 : 0.8	입지조건에 따라 ±0.2범위내 적용조정

이중 절토사면은 자연상태의 다져진 토양면으로 규정 경사도를 유지할 수 있으나 성토사면은 흙을 쌓아서 만들기 때문에 사면높이가 높을 경우에는 토양의 자연안정각(30~40°)이 되려는 특성이 있기에 규정 경사도를 유지하기가 어렵다.

따라서 성토사면기울기는 사면높이 1m 이하는 1 : 0.8(경사각 51°), 1~2m는 1 : 1.0(경사각 45°), 2m 이상은 1 : 1.3(경사각 37°)으로 조정하여야 할 것으로 생각되며, 이를 기준으로 볼 때 산지경사도가 37°이상의 급경사지에서는 가급적 성토를 하지 않는 것이 바람직하다.

작업로 절토사면경사 및 절토사면경사별 점유비율은 그림 4-21과 같다. 그림 4-21에서 보면 평균 절토사면경사는 전체적으로 45.0°로 나타났으며, 작업로 종류별로는 간선이 42.1°(최대 80°), 지선이 46.8°(최대 80°)로 지선에서 다소 높은 것으로 나타났다. 절토사면경사별 점유비율은 전체적으로 40~50°사이가 26.2%로 가장 많은 점유비율을 차지하고 있었으며, 30~40°사이가 24.4%, 50~60°사이가 17.0%의 순으로 점유비율이 높게 나타났다. 또한 작업로 종류별로는 간선의 경우 30~40°사이가 31.8%, 40~50°사이가 22.7%, 그리고 30°이하와 50~60°사이가 각각 17.6%의 순으로 나타났고, 지선의 경우 40~50°사이가 28.7%, 30~40°사이가 19.3%, 60~70°사이가 각각 17.4%의 순으로 나타났다.

작업로 성토사면경사 및 성토사면경사별 점유비율은 그림 4-22와 같다.

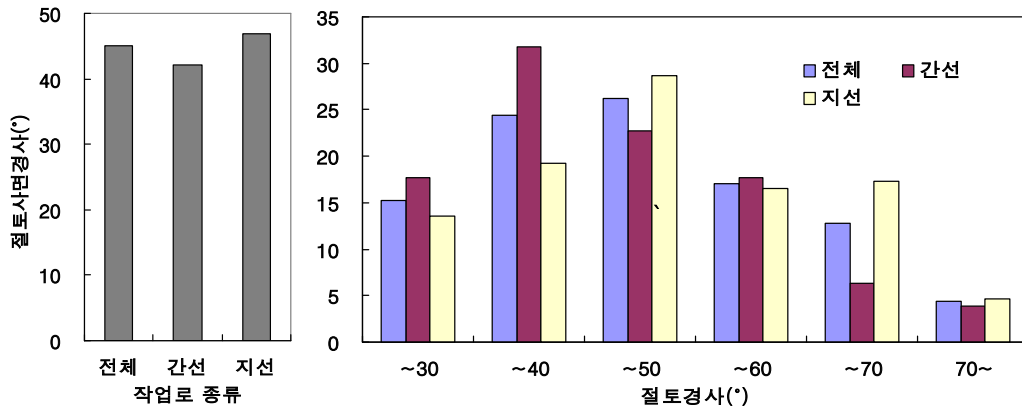


그림 4-21. 절토사면경사 및 절토사면경사별 점유비율

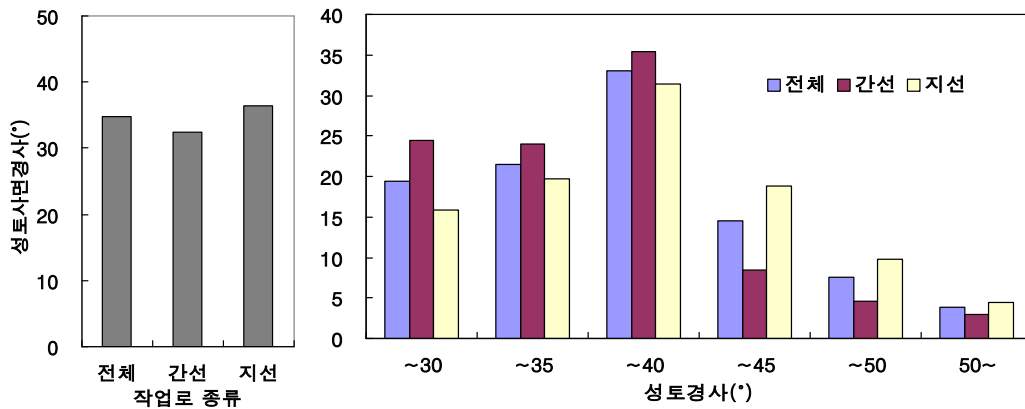


그림 4-22. 성토사면경사 및 성토사면경사별 점유비율

그림 4-22에서 보면 평균 성토사면경사는 전체적으로 34.8°로 나타났으며, 작업로 종류별로는 간선이 32.4°(최대 80°), 지선이 36.4°(최대 70°)로 대부분 자연안식각 수준으로 시설되어 있었다. 성토사면경사별 점유비율은 전체적으로 35~40°사이가 33.1%로 가장 많은 점유비율을 차지하고 있었으며, 30~35°사이가 21.5%, 30°이하가 19.4%의 순으로 점유비율이 높게 나타났다. 또한 작업로 종류별로는 간선의 경우 35~40°사이가 35.4%, 30°이하가 24.5%, 30~35°사이가 24.1%, 40~45°사이가 8.4%의 순으로 나타났고, 지선의 경우 35~40°사이가 31.5%, 30~35°사이가 19.7%, 40~45°사이가 18.8%, 30°이하가 15.9%의 순으로 나타났다.

이상과 같이 대부분의 구간에서 50°이하로 시설되어 있으나, 50°이상인 구간도 절토 34.2%, 성토 26.0%를 차지하고 있어 침식 및 사면붕괴가 발생되지 않도록 사면보

호시설의 설치가 요구된다.

4) 사면보호시설

집중호우시 피해가 우려되는 절·성토사면에는 이를 예방하기 위하여 사면보호시설이 필요하나, 조사지역에 있어서 거의 전무한 상태로 나타났다. 특히, 마사토지역에 있어서는 그림 4-23와 그림 4-24와 같이 집중강우로 인한 사면의 세굴 및 붕괴가 발생할 수 있기 때문에 절·성토 사면의 안정처리가 필요하다.



그림 4-23. 사면의 세굴



그림 4-24. 성토사면 붕괴



< 산 돌 쌓 기 >



< 목책 및 돌망태 >

그림 4-25. 사면안정 간이구조물

산림청의 밤나무 채배지 작업로시설 지침에 따르면 절·성토고 1m 이상 또는 연약지반 등 집중호우시 노면유실 및 피해가 우려되는 지점에 대하여는 설계시 산돌쌓기·7급줄떼공(산림형질변경지 복구단비 적용)·편책(민유임도 시설단비를 적용) 등

의 공중을 반영하고, 보호공중이 반영된 지점은 노선구역도에 표시하도록 정하고 있다. 그러나 현재 시설되어 있는 작업로의 경우 평균 절·성토길이 1.0m 이상이 절토 54.8%, 성토 56.8%를 차지하고 있으나, 사면안정시설은 거의 시설되어 있지 않았다.

따라서 이러한 구간에 대해서는 위에 제시한 공법들을 철저히 적용하여 미연에 토사유출 및 사면붕괴를 방지할 필요가 있다(그림 4-25). 특히, 화강암질 풍화토(마사토) 지역의 경우에는 특히 빗물에 의한 침식을 받기 쉬우므로 침식위험이 큰 사면에 대하여 부직포나, 돌망태, 산돌쌓기, 목책 등의 간이 사면안정구조물 등을 시설하여야 할 것이다.

5) 배수시설

작업로의 교통하중을 노면 및 노반의 지지력을 유지하고, 작업로 각부의 파괴를 방지하기 위해서는 작업로로 유입되는 물을 신속히 작업로 바깥으로 유도하여야 한다. 이러한 물은 대부분 계곡부에 모아져 하부로 유출되는데 작업로가 계곡부를 횡단하는 지점에는 암거 등의 횡단배수시설을 설치하여야 한다.

배수구조물의 점유비율은 그림 4-26과 같다.

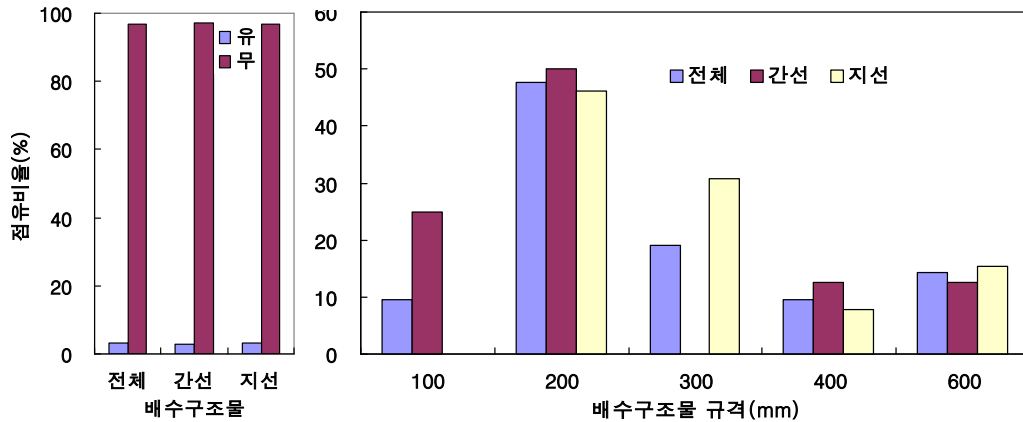


그림 4-26. 작업로의 배수구조물

그림 4-26에서 보면 배수구조물은 전체가 3.1%, 작업로 종류별 또한 간선 2.8%, 지선 3.3%로 매우 낮게 나타났다. 그리고 배수구조물 규격별 점유비율은 전체적으로 배수관 200mm가 47.6%, 600mm가 14.3%, 300mm가 19.0%의 순으로 나타났다. 또한 작업로 종류별로는 간선의 경우 배수관 200mm가 50%, 100mm가 25.0%, 400mm와 600mm가 각각 12.5%의 순으로 나타났으며, 지선의 경우 배수관 200mm가 46.2%, 300mm가 30.7%, 600mm가 15.4%의 순으로 나타났다.

그러나 대부분의 배수관의 규격이 작아 그림 4-27과 같이 낙엽, 전정된 가지, 토사 등으로 매몰되는 경우가 많이 발생하게 된다. 따라서 배수시설을 설계할 때는

유량을 산출하고, 이를 충분히 배수시킬 수 있도록 단면을 정하여야 하는데, 최소한 홍수유량단면의 1.25배 이상이 되도록 한다. 또한 그림 4-28과 같이 집중호우 전·후에 배수관 유·출입구의 청소를 실시하여 상시 배수관이 막히지 않도록 처리하여야 한다.

그리고 집중호우로 인한 유출수의 분산 및 노면 피해를 줄이기 위하여 그림 4-29와 같이 반드시 횡단배수로(개거) 등의 배수시설을 짧은 간격으로 설치하는 것이 바람직할 것이다.



그림 4-27. 횡단배수관 유출구 매물



그림 4-28. 양호한 상태의 횡단배수관



< 목 재 >



< 부 직 포 >

그림 4-29. 여러 가지 횡단배수로

작업로에서의 횡단배수로(토수로)는 가장 저렴하게 시설할 수 있는 배수구조물로서 적정하게 시설한다면 사면과 노면으로부터 집중된 유수를 차단하여 도로의 외부로 배수시켜 작업로의 피해를 최소화할 수 있는 구조물이다. 단, 용수 등 항시 유출수가 존재하는 곳에서는 측구 및 배수관을 매설하여야 한다.

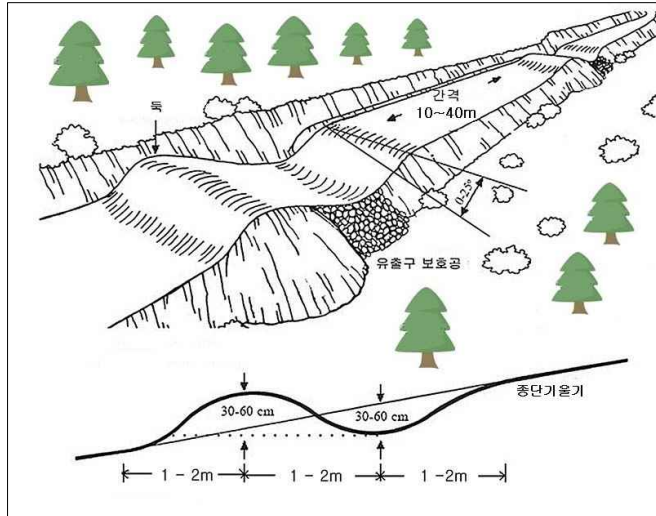


그림 4-30. 작업로의 횡단배수로(토수로) 시설 방법

작업로 토수로의 시설방법은 그림 4-30과 중단기울기별 횡단배수로 시설간격은 표 4-11과 같다. 그림 4-30에서와 같은 토수로는 노면에 요철이 생겨 차량통행에 지장을 주지만 건설비와 유지비가 저렴하다는 장점이 있다. 작업로의 경우 임도와는 달리 차량의 주행성, 기동성보다는 노체의 안전이 중요하다.

그림 4-30와 표 4-11에서와 같이 횡단배수로의 간격은 중단기울기의 변화에 따라 토사의 경우 10~40m, 침식에 강한 자갈 및 콘크리트 도로에서는 15~75m 정도로 시설하는 것이 바람직하여, 노면 중심의 직각방향에 대해 25°정도 비스듬하게 시설하는 것이 바람직하다. 또한 토수로의 노면은 자갈을 부설하고, 유출구는 자갈 및 돌망태 등으로 처리하여 세굴로 인한 성토사면의 피해를 방지하여야 한다.

표 4-11. 작업로 중단기울기별 횡단배수로 간격

작업로 중단기울기(%)	횡단배수로 간격(m)	
	침식에 강한 토양 (1)	침식에 취약한 토양 (2)
0 ~ 5	75	40
6 ~ 10	60	30
11 ~ 15	45	20
16 ~ 20	35	15
21 ~ 30	30	12
30+	15	10

(1) 침식에 강한 토양 = 자갈 쇄석 등 (2) 침식에 취약한 토양 = 실트질 토양

2. 밤나무 재배지 기계화작업 방안 확립

가. 작업별 현행 작업방법 및 문제점

우량한 밤을 수확하기 위해서는 전지·전정, 방제, 제초, 시비, 수확 등 다양한 방법의 작업이 수반되어야 한다. 그렇지만 밤나무 재배지에서의 관리작업은 전체적으로 기존의 작업방법인 인력위주의 관리작업이 수행되고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 밤나무 재배자들이 겪고 있는 노동력 수급의 어려움과 인건비 상승에 따른 관리비용 증대로 인한 소득감소를 해결하고자 현재 실행되고 있는 작업별 문제점을 파악하여 시급히 대체할 수 있는 밤나무 재배지 관리용 기계를 개발하고자 하였다.

표 4-12. 밤나무 재배 작업종류별 현행 작업방법 및 문제점

작업별	현행 작업방법	문제점
제 초	하예기를 주로 이용	제초시 파편 등에 의한 안전사고 우려
시 비	소도구에 의한 인력작업	石礫 등이 많아 작업이 어려움
방 제	SS기, 경운기용 동력분무기 이용	농약에 노출되어 작업원의 농약중독 우려
전지·전정	사다리를 이용한 인력작업	高所작업으로 안전성 결여
수 집	인력작업	단기간 집중 투입으로 노동력 수급 곤란

표 4-12에서 보는 바와 같이 제초작업은 현재 휴대용 하예기(예불기)에 의한 작업을 실시하고 있으나 제초작업 시 예불기 날의 고속회전으로 돌 등 비산물에 의한 안전사고의 발생이 빈번하고, 성하기에 실시하는 고강도 작업으로 산림작업원들이 가장 회피하는 작업이다. 특히, 벌 또는 뺨 등의 피해가 다발하는 작업으로서 노동력 확보의 어려움이 가장 큰 작업으로 조사되었다.

시비작업은 삽이나 팽이 등으로 구덩이를 파고 작업원이 직접 시비하는 방식으로 진행되고 있으나 밤나무 재배지가 대부분 산지에 위치하므로 자갈이나 호박돌 등이 많아 작업에 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 또한, 방제작업은 현재 소규모 작업로의 주행이 가능한 경운기를 이용한 자재운반과 SS기(스피드 스프레이어)에 의한 방제작업이 주를 이루고 있으며, 이와 같은 작업은 농약살포시 작업원이 직접적으로 농약에 노출되어 농약중독의 우려가 있는 것으로 나타났다.

한편, 전지·전정작업은 인력작업 위주로 진행되며 높은 곳에 위치한 가지를 제거할 때에는 사다리를 이용하고 있기에 작업안전성이 결여되므로 이에 대한 대책이 필요한 것으로 나타났으며, 수집작업은 대부분이 사람이 직접 낙과를 채취하는 방식

으로 진행되는데, 수집시기가 9월초부터 10월 중순까지 단기간에 집중되므로 노동력 수급이 용이하지 못한 것으로 나타났다.

나. 작업방법별 기계화 방향 설정

현행 밤나무 재배작업의 문제점을 토대로 다목적 작업이 가능한 기본차량의 선정과 작업로 배치 및 규격에 적합한 부착작업기의 개발을 통한 기계화 작업 시스템을 구축하기 위하여 향후 밤나무 재배작업 기계화 방향을 표 4-13과 같이 설정하였다.

표 4-13. 밤나무 재배 작업종별 기계화 방향

작업종류	기계화 및 개발방향 설정
제조작업	굴삭기 붐에 로터리식 제조장비 개발 장착
시비작업	굴삭기 붐에 식혈·시비장치를 개발 장착
방제작업	굴삭기에 견인형 탱크부착 및 붐 끝에 약제살포용 노즐 장착
진지·진정	공압식 또는 체인톱식 진정기계의 도입 사용
수집작업	기 개발된 진공식 밤수집기 개량 보급

따라서 본 연구에서는 하에기의 칼날 파편 등에 의한 안전사고를 예방하기 위하여 굴삭기 붐에 로터리식 제조장치를 부착한 제조작업기를 개발할 필요가 있다. 또한 석력지(石礫地)에서도 신속한 구덩이 파기 및 자동시비가 가능하도록 굴삭기 붐에 식혈·시비장치를 부착한 자동시비기를 개발하고, 작업원의 농약중독을 예방하기 위하여 굴삭기에 견인형 탱크부착 및 붐 끝에 약제살포용 노즐을 장착한 방제작업기를 개발하여 밤나무 재배지 관리작업의 기계화를 통한 생산성 향상과 작업안전성 향상을 목적으로 하고자 하였다.

그 외에 노동집약적인 현행 수집방법을 해결하기 위하여 기 개발된 진공식 밤수집기의 개량과 임업용으로 사용되는 고지절단용 가지치기 톱을 밤나무 재배지에 적용하여 안전한 기계화 작업을 보급할 수 있을 것이다.

다. 기본차량의 선정

밤나무 재배지 관리를 위한 기본차량으로서 굴삭기를 선정한 이유는 밤나무 재배지 작업로 신설과 유지보수에 필수적인 장비로서 유압 활용이 가능하여 다양한 부속작업기를 장착할 수 있는 특징을 가지고 있으며, 국내에도 널리 보급되어 별도의 운전원 교육이 필요 없이 조작이 가능하기 때문이다. 굴삭기 가운데서 5톤급 소형 굴삭기는 장비의 전폭이 2m 이내로서 기존 작업로 시설규정에 명시되어 있는 작업로

폭 2m에 부합되는 장비이기 때문에 본 소형 굴삭기를 선정하게 되었다. 물론 외국에서는 경사지 주행이 가능한 단축식 차량 또는 보행형 장비의 보급이 다양하게 이루어지고 있지만 경제적인 측면에서 보면 우리나라에서 실용화하기에는 다소 어려움이 있을 것으로 생각된다.

한편, 트랙터를 활용하는 방법도 고려해 볼 수 있다. 즉, 트랙터의 유압, PTO에 의한 동력인출 등으로 여기에 부속 작업을 장착하여 다양한 작업을 할 수 있을 것으로 생각되었으나, 작업로 신설 및 유지관리부터 제초, 방제, 시비 등 일련의 모든 밤나무재배 관리작업을 하나의 기본차량에 의한 일관된 기계화 작업시스템을 구축하고자 본 사업에서는 굴삭기를 기본차량으로 선정하였다.

선진 외국에서는 기본차량으로 사용되는 굴삭기의 작업 안정성을 고려하여 경사지에서도 항상 수평을 유지할 수 있는 장비가 사용되고 있는 실정이며, 그 외에 전용장비의 사용은 구입가격에 있어서 각 기종마다 구입해야 하는 번거로움과 가격에 고가이고 밤나무 재배지의 관리특성상 기계의 가동 일수는 작업별로 계절의 영향을 받으므로 연간 가동 일수에 있어 제약을 받게 되어 기계비용이 상승되므로 결국 생산비용이 상승하게 되어 다양한 부속장치를 부착할 수 있는 굴삭기를 기본차량으로 선정하게 되었다.

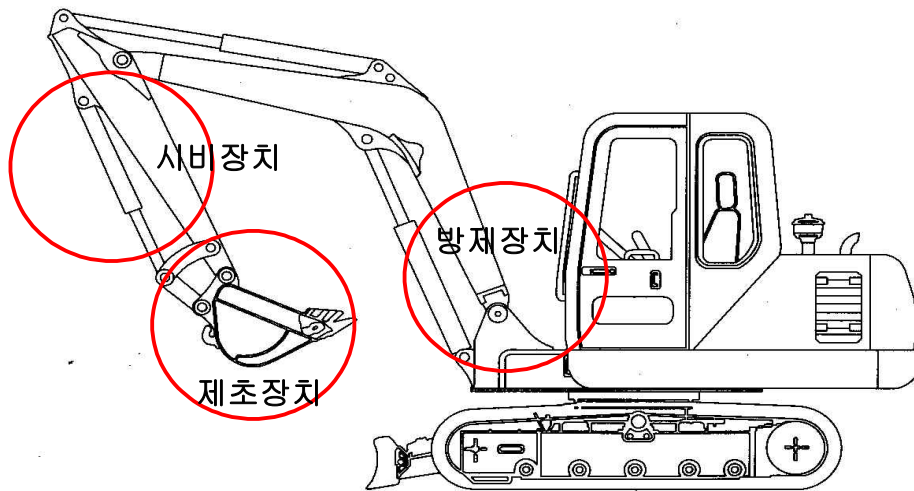


그림 4-35. 개발 관리장비의 개념도

라. 제초장비 개발

1) 기존 장비 검토

가) 트랙터 부착형 제초장비

제초작업은 작업의 특성상 성하기(盛夏期) 작업이 이루어지는 고강도의 작업일 뿐만 아니라 작업 중 독충 및 뱀 등에 의한 안전사고가 발생할 수 있는 작업이며,

경사지에서 예초기에 의한 작업 역시 작업원의 안전사고 발생률이 높다. 또한 제초제의 과다사용은 지력(地力)을 약화시켜 밤의 생산량을 저하시키는 요인이 된다. 따라서, 이러한 작업은 트랙터 또는 굴삭기에 로터리식 제초장치를 부착하여 작업하는 기계화 방법이 가장 효과적이고, 작업의 안전성이 고려된 작업방법이라 할 수 있다. 그림 4-36에 의한 작업은 주로 평지에서 활용되는 트랙터 부착형 제초장치로서 임도의 성·절토 사면의 초본류를 제거할 수 있도록 제작된 스웨덴의 Agne Eriksson 사의 제초장치이다.



그림 4-36. 트랙터 부착용 제초기

그림 4-37, 그림 4-38은 임업용으로 사용되는 보다 대형의 지조물 파쇄기로서 관목류를 주 대상으로 하는 장비이다.



그림 4-37. 지조물 파쇄기(1)



그림 4-38. 지조물 파쇄기(2)

나) 굴삭기 부착형 유압식 제초장비

굴삭기에 부착하여 사용할 수 있는 유압식 초예기는 일본과 미국 등지에서 시험적으로 사용되고 있으며, 이에 대한 몇 가지 조사 자료는 다음과 같다.

그림 4-39는 우리가 개발하고자 하는 제초장비와 유사한 장비로서 초소형 굴삭기에 부착하여 사용할 수 있는 기종이다. 한편, 보다 큰 기종에 부착할 수 있는 장비로서 일본 마루젠사의 GC 300 유압식 제초장비가 있다. 본 장비는 굴삭기 부착형으로 작업이 편리하고, 칼날이 평행으로 3매가 부착되어 있어, 토양교란이 적고 소음이 적은 특징이 있다. 또한, 초종과 풀의 높낮이에 관계없이 작업이 용이하고 제초장비는 브레이크 유압라인에 연결하여 사용할 수 있으며 다양한 백호우에 장착 가능한 핀 연결 방식을 채택하고 있다.



그림 4-39. 소형굴삭기 부착용 제초기



그림 4-40. GC-300 제초장비

표 4-14. 굴삭기 부착용 유압식 제초장비의 제원 및 특징

형 식	GC-300	GC-600
규 격 (mm)	787×380×760	707×645×461
중 량 (kg)	155	56
유압모터	기어 모터	기어 모터
유량범위 (ℓ/분)	25~40	17~40 (플로우 디바이더내장)
릴리프설정 압력 (Mpa)	17.2	17.2
허용압력 (Mpa)	최대 2.0	최대 2.0
예초칼날 규격 (mm)	길이300×폭90×두께4.5	외경610×두께2.2×톱니수40매
예초칼날 회전수 (rpm)	3,000	2,800
예초칼날 토크 (N·m)	1 축당 4.6	최대 12.7

GC-600 제초장비는 GC-300과는 달리 플로우 디바이더를 표준으로 장착하여 유압유량이 변해도 예초칼날의 회전수에는 영향을 미치지 않아 안정된 회전유지가 가능하고, 전용 칼날은 절단능력이 뛰어나며, 내구성도 우수할 뿐만 아니라 3가지 칼날을 사용할 수 있어 초종에 관계없이 작업이 용이한 편리성을 가지고 있는 기종이다.

다) 기타 제초장비

그 외에 임업용 또는 기타 용도로 활용 되는 제초장비로서는 일본에서 개발된 경사지 주행이 가능한 무선조종식 제초장비가 개발되어 조림지에서 실용화 시험이 진행되고 있으며, 국내에서도 수로에 있는 수초를 제거하기 위한 굴삭기에 부착한 가위식 수초제거기가 개발되었다.



그림 4-41. GC-600 초예기 작업광경 및 칼날



그림 4-42. 무인 자주식 제초기(IWAFUJI)



그림 4-43. 굴삭기 부착 수초제거기

라) 제초용 칼날

제초장치에 사용되는 칼날은 다음과 같은 종류가 이용되고 있다. 일반적으로 초본류를 작업에 적합한 칼날은 B, C와 같은 Y형 타입이 많아 사용되고 있으며, 임업

에서 사용되는 칼날은 관목류의 제거에도 활용할 수 있는 L형인 A, D 칼날이 많이 이용되고 있다.

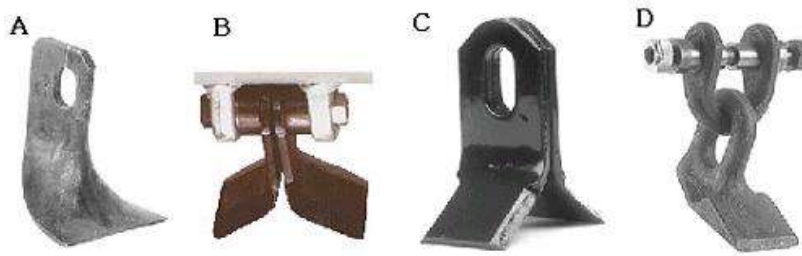


그림 4-44. 제초장비에 사용되는 여러 가지 칼날

2) 개발방향 설정

기준에 사용되던 장비의 사양 검토 결과, 제초장비의 드럼 회전은 3,000rpm 이상의 고속회전으로 초본류 및 관목류 제거가 가능하며, 제초작업이 성하기 작업으로 매우 힘든 고강도 작업이므로 굴삭기 캐빈 내부 운전석에서 안전하게 장비조작을 할 수 있도록 개발방향을 설정하였다. 또한, 제초작업 시 드럼에 부착된 회전하는 칼날이 지면에 닿지 않도록 칼날 보호용 롤러의 장착과 드럼회전에 의한 비산물의 피해를 최소화 할 수 있도록 작업의 안전성 확보를 우선적으로 고려하였다.

기본차량에 있어서는 앞서서도 설명한 바와 같이 작업로 시설 및 보수에 필수적인 케도형 소형(5톤급) 굴삭기를 선정하여 일련의 밤나무 재배에 다른 관리작업이 가능하도록 하였으며, 국내에서 생산되는 5톤급 기종에 모두 적합하게 장착하여 사용할 수 있도록 하였다.

3) 시제품 설계 및 제작

가) 시제품 설계

시제품 설계에 앞서 기존 굴삭기의 유압장치를 파악하여 여기에 제초장비가 적절하게 작동이 될 수 있도록 기존 설치된 4개의 유압펌프 가운데 그레이더 및 캐빈 회전용 3번 펌프 유압을 이용하여 제초장비를 구동할 수 있도록 유압라인을 변경하였다. 또한, 드럼회전용 조작스위치를 추가로 장착하여 운전원이 캐빈 내에서 조작이 가능하도록 동력 전달 회로장치를 개조하였다. 동력전달 체계는 굴삭기 유압→유압모터→V벨트→제초장비 드럼이 구동될 수 있도록 설계하였다.

한편, 굴삭기의 붐을 교체하여 작업범위를 확대할 수 있으나 가격 상승 및 굴삭기 고유의 작업실행이 불가하고, 착탈식 붐을 설치한다고 해도 일반 재배농가에서는 작업의 어려움이 있어 굴삭기 붐은 기본 장치를 그대로 활용하였다. 1호기의 설계도면은 그림 4-45와 같다.

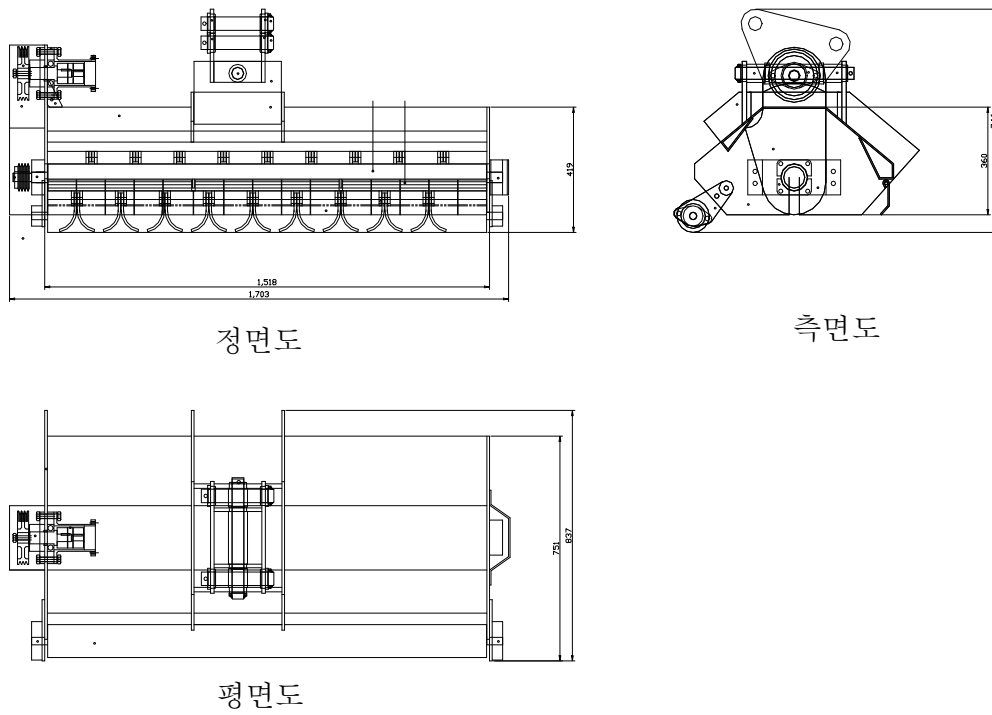


그림 4-45. 제초장비 설계도

나) 드럼의 회전속도와 토크 계산
 본 제초장비에 사용된 유압모터는 이탈리아 SAM Hydraulic 사의 H1C-12 모델로서 그 특징 및 제원은 다음과 같다.

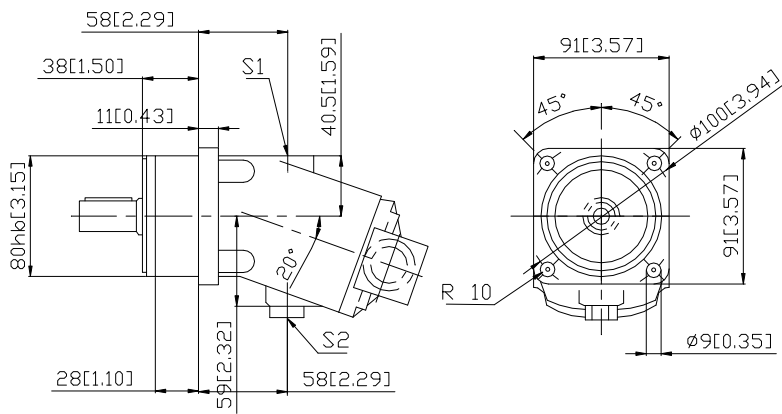


그림 4-46. 제초기용 유압 모터의 구조도

- 유압모터 사양
 - Displacement : 10.9 cm³/rev.
 - Max. pressure : 350 bar
 - Max. speed : 5,590 rpm
 - Max. flow : 61 ℓ/min
 - Max. power : 47.5 hp
 - Max. torque : 60.5 Nm
 - Torque constant : 0.17 Nm/bar
 - Weight : 5.5 kg
 - External drain flow : 0.4 ℓ/min
- 유압펌프 사양
 - Displacement : 19 cm³/rev
- 유압펌프 토출 유량 (Qp)
 - Qp = Dp×N : (펌프체적 × 엔진 회전수)
 - = 18×2400/1000 = 43.2 ℓ/min
- 유압모터 회전속도
 - Nmo = Qp / Dm : (토출유량 / 모터체적)
 - = 43.2 / 10.9 × 1000 = 3963.3 rpm
- 드럼 회전속도
 - Nn = Nmo / I : (유압모터 회전속도 / 벨트 감속비)
 - = 3963.3 / {180 / 180} : (칼날 축 폴리 직경 / 모터축 폴리 직경)
 - = 3963.3 rpm
- 칼날회전토크 및 출력 (140 bar 일때)
 - Tn = Mn × Pp × I (모터정격토크×설정유압×감속비)
 - = 0.17 × 140 × {178 / 90} = 47.07 Nm
 - 출력 = Tn × Nn / 7162
 - = 2003.9 × 47.07 / 7162 = 13.17 hp
- 칼날회전토크 및 출력(180 bar 일때)
 - Tn = Mn × Pp × I (모터정격토크×설정유압×감속비)
 - = 0.17 × 200 × {178 / 90} = 67.24 Nm
 - 출력 = Tn × Nn / 7162
 - = 2003.9 × 67.24 / 7162 = 18.8 hp

다) 시제품 조립 및 제조장비 연결용 킥 클램프 장착
 - 시제품 조립



그림 4-47. 유압모터 조립

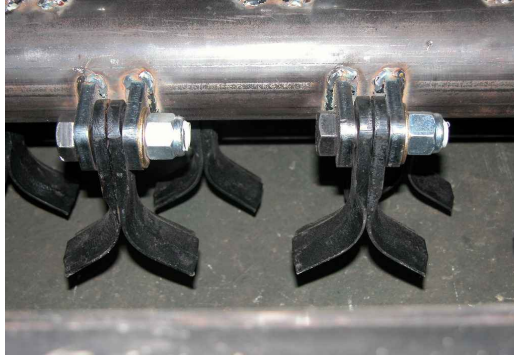


그림 4-48. 드럼 및 칼날 조립

- 킥 클램프 장착 (모델 RHQ 705)



그림 4-49. 킥 클램프 장착(1)



그림 4-50. 킥클램프 장착(2)

- 1호 시작기 완성



그림 4-51. 제조장비 근경



그림 4-52. 제조장비 전경(1호기)

4) 시제품 성능시험

1차 시험은 1차년도 중결시점인 2003년 8월 밤나무 재배지가 조성된 충남 부여에서 실시하였다. 드럼회전속도가 당초 계획은 3,000rpm 이상으로 설계되었으나, rpm 측정기를 이용하여 측정한 결과 회전속도가 1,500rpm 밖에 나오지 않아 제조작업 시 풀이 깎이지 않는 어려움이 있었으며, 드럼이 회전함에 따라 봄의 동작 또한 저하되는 현상이 발생되어 원인 구명을 위한 재설계를 시작하였다. 그 원인은 기본 차량의 노후화로 인한 유압라인의 효율저하였으며, 드럼 회전 감속비를 1:1로 풀리를 재가공하여 보다 신형의 굴삭기에 부착하여 재시험한 결과 엔진 rpm이 중간 정도인 속도에서 2,900 rpm의 회전속도를 나타내어 대상 초종인 망초는 쉽게 깎이는 현상을 나타내었고, 이보다 질긴 바랭이 종류는 2회 이상 작업을 해야 제대로 제초가 되었다.

제초작업이 종료되면 유압공급이 정지 되어 롤러의 회전이 멈추어야하나 고속 회전하는 롤러가 원심력에 의해 계속 회전하려는 물리적 특성으로 인해 벨브에 무리가 가는 현상 발생하여 유압밸브 중간에 체크밸브를 설치하여 이에 대한 문제점을 개선할 수 있었다.

5) 제조장비 보완 제작(2호기 제작)

그 후, 시제품의 완성도를 높이기 위하여 2차레에 걸쳐 밤나무 재배자들과의 협의회를 통하여 제조장비의 성능개선에 필요한 현장의견을 수렴하였다.

작업의 효율성을 위하여 굴삭기 주행과 동시에 작업이 가능하도록 개선한 기존 1호기 외에 작업폭을 변경한 2호기를 제작하여 작업이 가능하도록 하였으며, 유압식 로테이터를 장착하여 작업의 편리성과 효율성을 도모하고자 하였으나 기존 3톤급 로테이터는 사용이 불가능하여 기계식 회전장치를 제작하여 2호기를 제작하였다.

또한 1호기의 사용 칼날이 초본류 절단이 잘되는 Y형에서 관목류 파쇄가 가능한 강도가 높은 L형으로 교체 장착하였다.

6) 시제품 제원 및 특성

- 규 격 : 전폭 172cm (작업가능폭 150cm), 전고 52cm, 중량 280kg → 1호기
전폭 135cm (작업가능폭 120cm), 전고 52cm, 중량 220kg → 2호기
- 제조용 날의 개수 : 3열×9줄×2개 = 54 개 → 1호기
3열×5줄×1개 = 15 개 → 2호기
- 구동방식 : V벨트 구동방식, 드럼회전속도 3,000rpm
- 벨 트 : 3V450



그림 4-53. 제초작업 광경 (2호 시작기)

마. 시비장치 개발

과실의 안정된 수확량 확보와 품질의 향상을 위하여 화학비료와 함께 유기질비료의 필요성이 강조되고 있다. 이 경우 유기질 비료의 시비목적은 단순히 완효성 비료 성분의 공급이라는 것보다는 토양물리성의 개선이 강하다. 한편 유기질 비료라고 하는 것도 그 원료의 종류에 따라 비료효과, 토양개량효과의 비율이 다르므로 각각 과수 재배지의 조건이나 유기질 비료의 특징에 따라 시비방법을 강구하지 않으면 안된다.

1) 기존장비의 검토

일반적으로 사용되는 시비장치는 트랙터 부착용이 대부분으로 입상용, 분제용 등 다양한 기종이 사용되고 있으며, 기종별로는 스프레더(퇴비산포기), 라임소와, 브로드캐스터 등이 있다.

라임소와는 주로 분말비료를 산포하는 기계로서 트랙터에 탑재하여 PTO 축의 구동에 의해 균일하게 비료를 배출할 수 있는 장치로서 최근에 사용되고 있는 장비는 윈터치로 전면개방이 가능하여 유지관리가 편리하고, 특수한 형상의 비료 배출구는 미량에서부터 다량의 비료를 균일하게 살포가 가능하다. 그림 4-54.



그림 4-54. 라임소와 비료산포기

표 4-15. 라임소와의 제원

형식	탱크용량 (ℓ)	작업폭 (m)	적용 트랙터
TLS1500	245	1.5	15PS ~
TLS3000	485	3.0	40PS ~

그림 4-55는 트랙터 견인식 퇴비산포기로서 소형은 퇴비적재량 1톤 미만의 장비에서부터 5톤까지 적재할 수 있는 대형장비가 있으며, 자주식 장비도 활용되고 있다. 작업방법은 PTO의 동력을 구동시켜 벨트로 연결된 컨테이너식으로 퇴비가 이동되어 회전하는 프로펠러에 의해 트랙터가 주행하면서 비산시키게 된다.



그림 4-55. 퇴비산포기(스프레더)

그 외에 일반적으로 사용되는 비료산포기는 표 4-16과 같다.

표 4-16. 트랙터 부착용 시비장치의 제원

구분	TCS-71	TCS-121	TCS-121S
중량 (kg)	35	47	47
산포폭 (cm)	30~100	90~150	90~150
호퍼용량 (ℓ)	60	100	100
산포량 (kg/10a)	20~400	20~400	20~400
모터구동	DC 12V	DC 12V	DC 12V
적용마력 (PS)	12~30	12~30	12~30
비고	입상비료·분상약제 등 산포가능	←	← 스탠드 표준장착



그림 4-56. 트랙터 부착용 비료산포기

국내 및 외국에서의 활용사례를 검토한 결과, 대면적 평탄지에서 활용 가능한 시

비장치가 대부분이고, 산지에서 활용할 수 있는 장비는 전무한 실정으로 이와 같은 자료를 통하여 시비 메카니즘을 파악하여 우리가 개발하고자 하는 굴삭기 부착용 시비장치에 응용하게 되었다.

2) 설계방향 설정

지금까지 밤나무 재배지 비료주기는 인력 의존작업으로 지표면에 살포하여 시비 효과가 그다지 크지 않았다. 따라서 본 연구에서는 굴삭기의 버킷으로 비료주입이 가능하도록 구덩이를 판 후, 여기에 중력에 의해 자동으로 시비가 되는 방식의 자동 시비 장치를 개발하고자 하였다.

세부설계를 위한 기초조사에 있어서 비료의 종류는 밤나무 재배지에 사용되는 비료 가운데 유기질 비료 2종을 대상으로 선정하였다. 비료는 분말과 이 분말을 입상화 시킨 비료로 시비의 편리성을 개선한 고농축 입상비료였다.

기준시비량은 나무의 수령에 따라 시비량에 차이가 있어야 하므로 헥당 1, 2, 3ℓ를 시비할 수 있도록 시비통 규격을 설정하여 수령 및 비종에 따라 교체가 가능하도록 하였고 시비통의 규격은 굴삭기 붐에 부하를 받지 않도록 375ℓ (폭 0.5m × 높이 1.5m × 넓이 0.5m)로 설정하였다. 한편 시비통의 장착위치는 굴삭기 2차 붐 상단에 설치하여 구덩이를 버킷으로 파냄과 동시에 그 자리에 비료가 중력 낙하방식으로 정량 토출될 수 있는 구조를 강구하였다. 그림 4-57은 시비장치의 설계 개념도를 나타내고 있다.

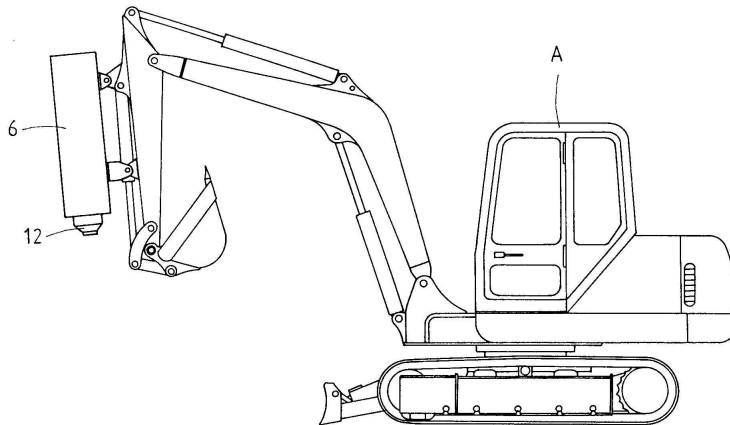


그림 4-57. 시비장치 설계개념도

3) 설계 및 제작

가) 시비장치 설계

저렴한 가격에 보급할 수 있는 시비장치는 굴삭기 2차붐 상단에 장착하기 위하여 굴삭기 2차 붐에 대한 검토를 실시하고 여기에 적합한 규격으로 설계하였다. 실린더

의 동작에 의해 비료 배출용 피스톤의 왕복운동을 위하여 편 솔레노이드 밸브를 설치하도록 하였다. 이는 굴삭기 내에서 간단하게 전기신호를 보내어 실린더의 작동을 할 수 있도록 한 것이다.

시비장치의 구성은 유압구동 실린더, 비료저장통, 연결장치 및 배출구 등 간단한 구조로 설계되었으며, 구동은 굴삭기의 브레이크 유압라인에선 나오는 동력으로 실린더를 왕복 작동시켜 비료가 자동으로 토출구에 채워진 후, 이 실린더를 원위치 시키면 자동으로 비료가 구덩이에 낙하되도록 설계 제작하였다. 시비장치에 대한 전체 설계도면은 그림 4-58과 같으며, 비료 토출부의 상세도면은 그림 4-59와 같다.

그림 4-59의 좌측에서 보는 바와 같이 밸브가 아래로 내려온 상태에서는 저장통 내부에 있는 비료가 빈 공간으로 낙하된다. 다시 실린더의 동작으로 밸브가 우측 그림과 같이 상승되면서 이 공간에 낙하되었던 비료가 구덩이에 떨어져 시비가 완료되게 되는 구조로 설계되었다.

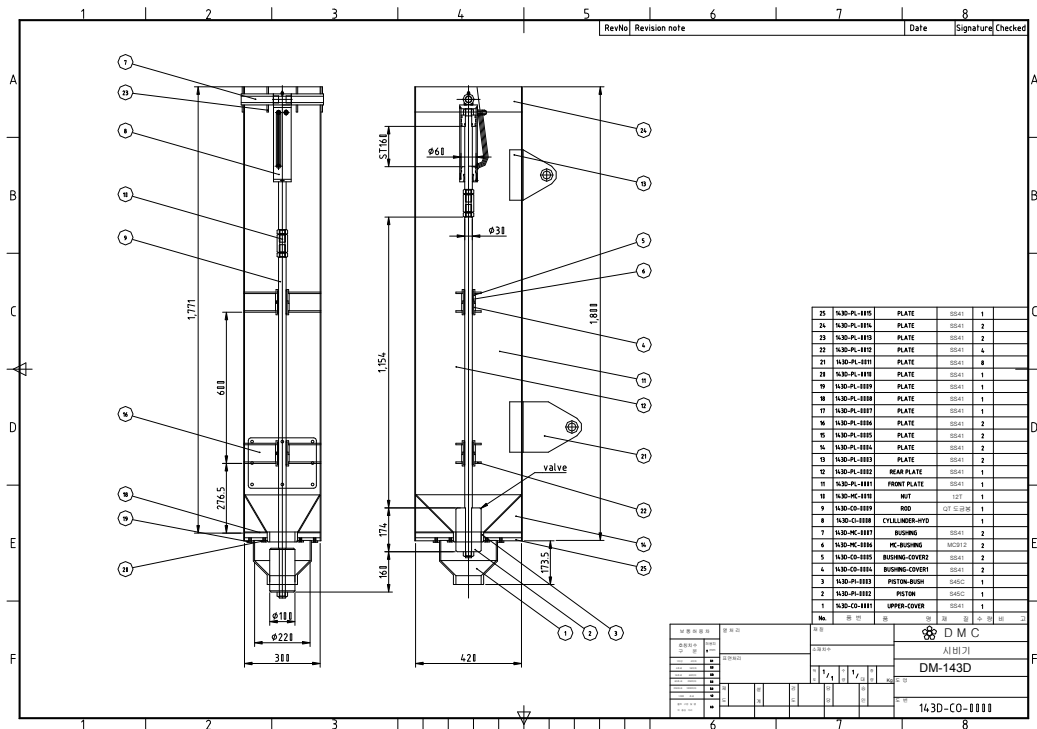


그림 4-58. 시비장치 설계도

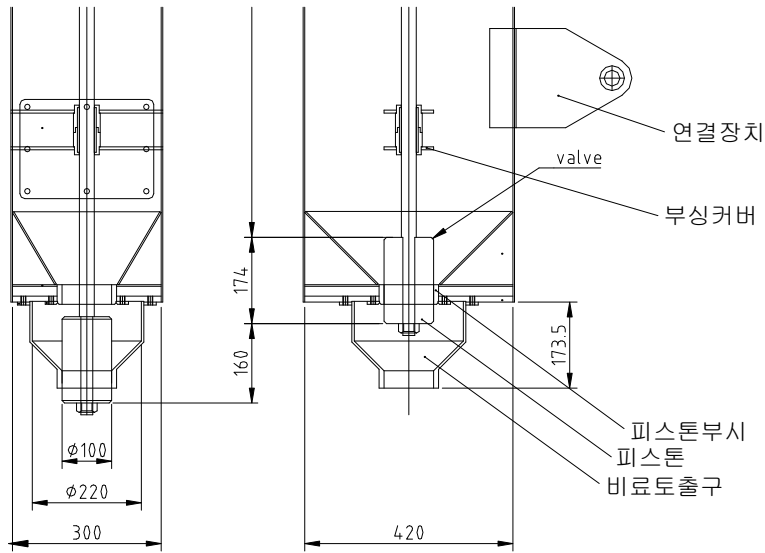


그림 4-59. 비료 토출부 세부도

그림 4-60에서 보는 바와 같이 토출구 내부는 솔레노이드 밸브에 의해 실린더가 작동하는 간단한 구조로 제작되었다. 실린더의 신장에 의해 밸브가 아래로 내려가면 토출구가 막히게 되어 정량(1, 2, 3ℓ)의 비료가 이곳으로 낙하되게 되고, 실린더를 수축시켜 밸브를 위로 당기면 토출구의 밸브가 열려 아래에 있는 비료가 구덩이에 떨어지게 되는 구조로 제작되었다.



그림 4-60. 비료 토출부(내부)



그림 4-61. 비료 토출구 (외부)



그림 4-62. 실린더 작동용 솔레노이드 밸브



그림 4-63. 시비장치 1호기 제작

나) 시제품 보완제작

1차 개발 제작된 시비장치는 비료 투입구가 높아 작업에 어려움이 있으므로 비료 저장통을 폭이 넓고 낮게(비료투입구 최저 높이 62cm) 재제작하여 작업의 편리성을 도모하였고, 정량토출을 위하여 토출구 헤드의 간격을 재조정하여 비료토출에 이상이 없도록 다시 제작하였다.

4) 식혈 및 시비방법

본 장비는 밤나무 재배지 토양의 활력증진 및 결실량 증가를 위한 입상퇴비를 시비하는데 이용되는 굴삭기용 입상퇴비 시비장치에 관한 것으로, 한 쪽의 브라켓을 통하여 굴삭기의 압에 연결 설치된 저장통의 배출구 하부에 적정량의 시비량이 공급될 수 있는 공급 장치를 연결 설치하여 저장통 내부의 유압실린더와 연결 설치된 밸브형 개폐구가 저장통과 공급통의 배출구를 교대로 개폐하는 과정에서 공급통 내의 입상퇴비가 버킷을 이용하여 미리 파놓은 구덩이 내에 낙하 시비되게 하여 입상퇴비

의 시비작업이 별도의 작업인력 없이도 굴삭작업과 연계하여 신속하게 이루어질 수 있도록 한 것이다.

작업순서는 다음과 같으며, 시비작업 개념도는 그림4-64와 같다.

- 유압실린더 신장으로 상부의 밸브를 열어 비료를 시비용 출구로 이송
- 비료이송 후 버킷을 이용하여 적당한 깊이로 식혈
- 실린더를 수축시켜 밸브를 위로 올리면 출구가 열려 비료가 토출되면 버킷으로 복토
- 재차 실린더를 신장시켜 비료통을 열어 토출구로 비료를 이송시켜 반복작업 수행

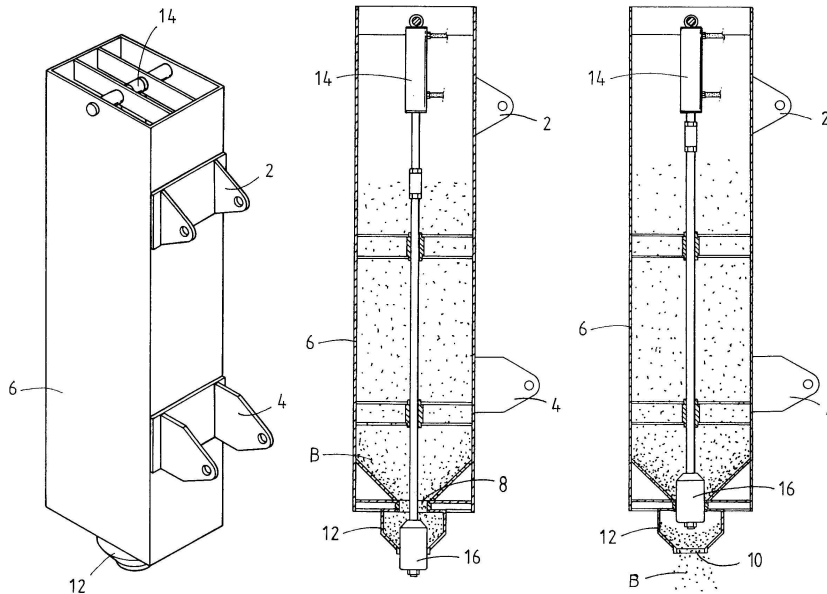


그림 4-64. 시비장치 작업 개념도



그림 4-65. 시비작업 광경 (2호기)

바. 방제장치 개발

임업생산에 있어서 작물이 병해충 및 잡초로부터 입는 손실은 막대하다. 세계식량기구의 보고에 의하면 세계 농업생산의 20% 정도가 매년 병해충 피해로 인해 감소된다고 한다. 따라서 적절한 작물보호는 농업 생산성을 증가시키는 중요한 방법의 하나라고 말할 수 있다.

분무기는 액체를 노즐(Nozzle)에 의하여 안개 모양으로 만들어 무기(無氣)분무하는 농약 살포기로서 방제기구의 대표적인 기구이며, 모든 방제 대상에 사용된다.

1) 기존장비 검토 및 개발방향 설정

현재 실행되는 병해충 방제작업은 소규모 경작지에서는 인력 등짐식 분무기가 사용되나, 대개의 경우 경운기에 분무기를 설치하여 경운기 트레일러에 약통을 탑재하여 사용하거나, 어느 정도 규모가 큰 지역에서는 스피드 스프레이어 또는 차량 탑재형 장비를 사용하고 있으며, 최근에는 무인 자동방제기도 개발되어 사용되고 있다. 그림 4-66은 방제기의 종류를 나타내고 있다.



스피드 스프레이어



원거리 고성능 방제기



주행형분무기

무인자동방제기



그림 4-66. 과수원 또는 농업용 방제기의 예

스피드 스프레이어의 구조는 주행부, 송액펌프, 송풍기, 분무장치(동력분무기 및 노즐) 및 약액 탱크로 구성되며, 주행부용 기관 및 송풍부용 기관을 갖추고 있어 기체구동과 송액펌프, 송풍기를 작동시킨다. 펌프는 원심식 또는 3턴 피스톤식이 사용되며 송풍기는 축류식이다. 노즐은 25개 내외로 단열 또는 복열로 배치되어 있고 살포 방향과 살포 각도를 자유롭게 조절할 수 있는 저압의 디스크형이 사용되며 많은 유량의 압력을 받으므로 마모되기 쉬워 경질의 것을 사용한다. 기능 및 용도에 있어서 과수원용 자주식 고성능 분무기로 액제의 농약을 노즐을 통하여 고압으로 분출시키고 이를 다시 고속의 공기로써 미립화 시켜 날려 보낸다. 노즐은 여러 개의 분두로 되어 있고, 분무립은 부채꼴로 비산되어 과수원 방제에 사용한다, 2대의 엔진, 펌프의 송출량, 살포 각도 등을 운전자 혼자서 작업하므로 매우 능률적이다.

원거리 고성능 방제기는 농약살포장치의 상하, 좌우 등을 원격 조절하여 과수, 벼, 감자 등의 방제작업 실시하는데 사용한다. 트랙터용 주행형 분무기는 동력분무기, 호스, 분무 노즐 등의 살포장치를 이동차 위에 장착하여 주행하면서 살포하는 구조로 되어 있다. 주행 형식에 의하여 자주식, 승용 트랙터 탑재식, 동력경운기 및 승용 트랙터에 의한 견인식이 있다. 최근에는 주행 및 조향과 살포작업 등의 조작을 마이크로파에 의한 원격조정장치로 제어하는 방식이 쓰인다. 기능 및 용도는 병충해를 방지하기 위해서 주행과 동시에 고압의 약액을 노즐로 분출시켜 안개 모양으로 미립화하여 살포하는데 사용한다.

무인자동방제기는 축전지, 직류전동기, 주행부, 약액 살포부, 감지 및 제어부로 구성되어 있으며, 병충해를 방지하기 위하여 온실 내의 고랑을 따라 무인으로 이동하면서 약액을 살포하는데 사용한다.

그러나, 앞에서 설명한 장비들은 모두 작업조건이 양호하거나 경사가 완만한 지형에서 활용할 수 있는 장비로서 밤나무 재배지와 같은 지형에서는 활용이 곤란한 것으로 나타났다. 경사지에서의 주행성능과 밤나무에 뿌리는 방제방식의 차이가 있어 본 연구에서는 궤도형 굴삭기를 기본차량으로 하여 여기에 분무기를 탑재하고 약액탱크 거치대를 설치하는 것으로 개발방향을 설정하였다.

외국의 농림업 분야에서는 리모콘에 의한 소형헬기를 이용한 약제의 소면적 공중살포를 실시하기도 하지만 밤 재배자의 경영형편상 국내에 도입하여 사용하기는 어려울 것으로 추정된다. 그림 4-67은 다양한 임업용 방제기의 분류를 나타낸 것으로서 본 과제에서는 지상방제기 이동형을 고려하였다.

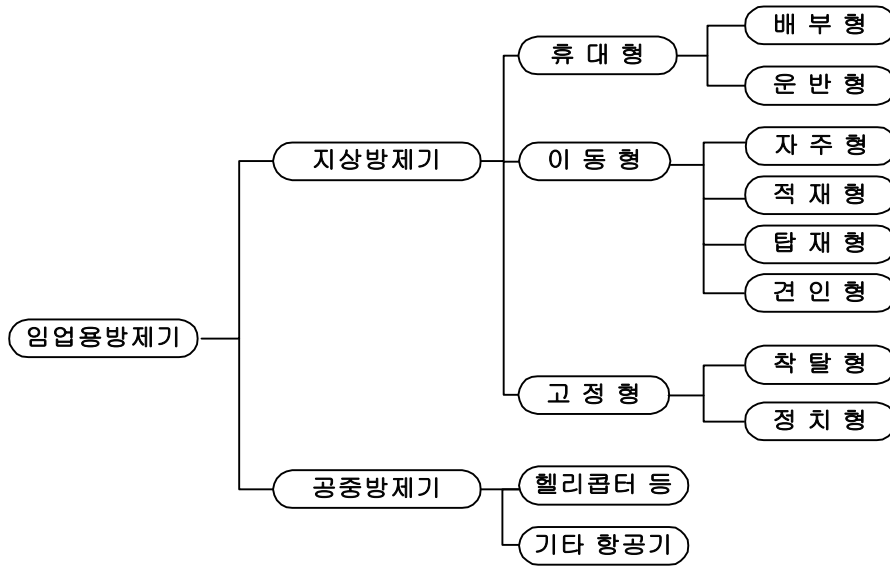


그림 4-67. 임업용 방제기의 종류

2) 방제방법 결정 및 제작

별도의 방제통을 장착위치에 따라 트레일러 견인식 또는 굴삭기 전면 부착식으로 고려하였으나, 트레일러 견인식은 협소한 작업로 공간으로 인해 주행성 및 회전이 용이하지 않아 굴삭기 본체 전면에 방제통 거치대를 설치하여 전면 부착식으로 제작할 수 있도록 하였다.

3) 부품확보 및 제작

방제장치에 필요한 부품은 엔진, 동력분무기, 약액탱크, 호스, 노즐, 탱크 내부의 약액을 고루게 섞는 장치인 교반장치 등으로 구성된다.

본 방제장치에 사용된 엔진은 Vanguard 7.5 마력(3,600rpm)이고, 방제통 규격은 분사식 교반 혼합장치를 사용한 400ℓ 규격의 탱크 2개를 설치하였다. 한편, 노즐분사 방식은 나선형 분사로 분사거리는 최대 10m로 설계, 작업로 주행과 동시에 분사가 되므로 굴삭기 붐의 좌우에 노즐의 분사방향을 변경할 수 있도록 설계 제작하였고, 노즐 끝 부분에 D/C 모터를 부착하여 분사와 동시에 노즐이 회전할 수 있도록 하였다.



그림 4-68. 분무기용 엔진



그림 69. 약액살포용 노즐



그림 4-70. 방제기용 모터



그림 4-71. 약액 희석용 교반장치

4) 시제품 가동 시험

시제품에 대한 가동시험 결과, 직선분사의 경우 최대 10m 까지 분사가 되었으며, 미스트식 분사거리는 3m였다. 그렇지만 굴삭기의 붐 끝에 노즐을 부착하여 실제 분사거리는 굴삭기 붐의 거리를 포함하여 최대 15m까지 가능하여 밤나무 재배지에 활용하기에는 큰 어려움이 없었으며, 기존 작업방법이 작업원들이 농약에 노출되어 작업을 수행하였으나, 본 방제장치는 굴삭기의 캐빈 내부에서 작업을 실시할 수 있어 농약에 의한 피해를 최대한 줄일 수 있는 방법이다.



그림 4-72. 방제기 성능시험 광경



그림 4-73. 방제기 작업광경

3. 기계화 작업시스템 확립

가. 밤나무 재배지 작업관리 체계

밤나무 재배지의 관리작업은 일반적으로 시비작업, 정지전정, 식재작업, 병해충 방제, 장마철 대비 작업로 보수, 제초작업 및 수확작업으로 구분할 수 있다. 이 가운데 정지전정은 고소작업으로 거의 인력에 의존하는 작업으로서 유압식 가위 또는 사다리를 설치하여 밤나무 위에 올라가 작업을 실시하므로 매우 위험한 작업이다. 또한, 밤나무 재배지가 일반 과수재배지와 달리 경사지에 위치하여 고소작업 차량에 의한 작업보다는 휴대용 장비를 이용하여 작업하는 경우가 대부분이다.

식재작업에 있어서는 임업에서 활용하는 휴대용 식혈기의 적용이 가능하나, 이 또한 중량이 무겁고, 작업시 과도한 진동으로 작업이 어려워 관행작업인 삼 또는 곡괭이를 이용한 작업으로 가능하며, 병해충 방제작업, 제초작업, 시비작업을 대상으로 기계화작업을 실시하였으며, 년중 수행되는 밤나무 재배지 관리작업 체계도는 그림 4-74와 같으며, 밤나무 재배지의 관리작업 경제성 비교는 기존작업과 기계화작업을 비교·검토하였다.

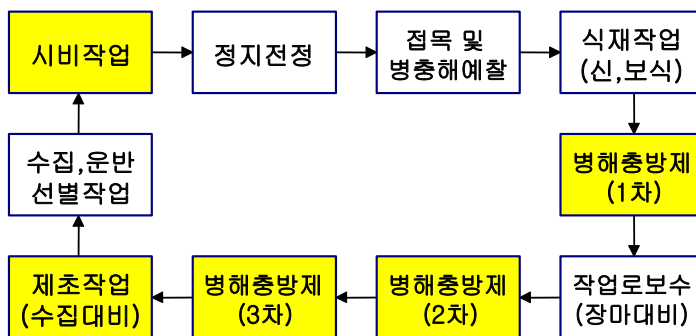


그림 4-74. 밤나무 재배지 관리작업 체계도

나. 작업능률 및 경제성 분석

경제성 분석을 위한 기초자료 조사는 작업시간 및 작업량을 기본으로 그 외에 작업조건 등에 따른 작업의 난이도를 조사하여, 이를 기초로 하여 각 작업방법별 시간당 작업능률, 단위면적당 작업비용 등을 분석하였다. 그 후, 종합적인 기계화 효과를 분석하기 위하여 작업관리체계에 따라 종합적인 기계화효과 및 최소경영면적 등을 구명할 수 있었다.

1) 제초작업

가) 조사내용

제초작업의 조사는 작업로가 시설되어 있는 충남 부여지역의 밤나무 재배지에서 조사하였다. 주 식재 품종은 대보와 석추였으며, 기계화작업에 필수적인 작업로 시설은 평균 간격 10m, 밀도는 굴삭기 붐의 도달을 100% 확보할 수 있는 ha당 1,000m에 이르는 지역으로서, 조사지현황은 표 4-17과 같았다.

표 4-17. 조사지 현황

장소	품종	ha당 본수 (본/ha)	입령 (년)	작업로 간격 (m)	작업로 밀도 (m/ha)	임지경사 (%)
충남 부여	대보, 석추 외 7품종	370	7	평균 10m	1,000	32/10~60

조사내용은 굴삭기 제초장비의 작업시간 및 작업량을 조사하였다. 작업로 거리 20~30m 구간을 한 개의 플롯으로 설정하여 굴삭기 붐의 도달거리인 상하 10m의 폭으로 플롯당 평균 200~300㎡ 면적을 한 개의 플롯으로 전체 94개 플롯을 조사하였다. 작업시간 조사 방법은 연속시간 관측법을 이용하였으며, 이와 병행하여 굴삭기 붐 동작의 자세한 시간분석을 위하여 비디오 촬영을 실시하였다.

나) 작업시간 및 작업능률

작업시간 구분은 준비작업의 경우 장비점검, 주유, 정리작업을 포함한 작업시간이고, 제초작업은 굴삭기 붐의 이동, 제초작업, 회전 및 이동시간이 포함된 작업이다. 전체작업 시간 가운데 제초작업이 차지하는 비율이 일반 산림작업의 순수작업시간 비율 50~70%를 상회하는 85.5%를 차지하여 굴삭기를 이용한 제초작업의 순수작업 시간이 높은 것을 알 수 있었다.

제초작업 방법은 굴삭기의 특성상 주행과 동시에 작업을 수행할 수 있는 지역(작업로상 또는 밤나무 미식재 구간)에서는 작업을 굴삭기의 주행과 동시에 실시하였으

나, 그렇지 않은 지역에서는 굴삭기가 정지한 상태에서 붐의 동작과 이동 회전을 통한 작업을 실시하였다.

표 4-18. 제초작업 조사내역

구 분	plot수	작업시간 (분)				작업면적 (㎡)	
		준비	제초작업	휴식	소계	전체	plot
2호기	73	117.5	1145.4	63.0	1326.0	15,086	206.7
3호기	21	43.2	306.2	22.2	371.6	6,432	306.3
계	94	160.8	1451.6	85.3	1697.6	21,518	-
구성비율 (%)		9.5%	85.5%	5.0%	100.0%	-	-

2차년도에 개발된 2호 시작기는 주행과 동시에 작업이 곤란했던 관계로 시간당 작업능률이 3호 시작기에 비해 약 35% 낮은 것으로 분석되었다. 시간조사 및 작업량 조사결과를 근거로 1일당 작업능률 및 작업비용을 계산하였다. 비교 기초자료인 인력작업의 경우, ha당 소요인원에 있어 설문조사 결과 4~6인이 소요되며, 1일 인건비는 점심을 포함해서 10만원 정도를 지급하는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 동시에 다량의 작업원 확보는 최근의 사회경제적인 여건의 변화로 인하여 매우 어렵다는 것이 밤 재배자들의 의견이 있었다.

또한 굴삭기의 적용단가 30만원은 1일 굴삭기의 임차료를 적용하였으며, 작업시간은 오전 7시부터 저녁 6시까지 보통 1일 10시간(점심시간 제외)을 기준으로 하고 있다. 이와 같은 자료를 기본으로 ha당 비용을 계산한 결과 주행과 동시에 작업이 가능한 3호기에 의한 작업비용은 ha당 약 289,000원이었고, 2호기가 가장 높은 ha당 약 43만원 소요되는 것으로 나타났다. 또한, 인력의 경우에는 ha당 32만원이 소요되어 2호기에 비해 11% 추가 소요되는 것으로 분석되었다.

표 4-19. 작업능률 및 경제성 검토

구 분	작업면적 (㎡)	작업시간 (분)	작업능률 (㎡)		적용단가 (원/일)	ha당비용 (원)	절감효과
			시간당	1일			
2호기	15,086	1326.0	682.6	6,826	300,000	439,480	1.52
3호기	6,432	371.6	1038.5	10,385	300,000	288,868	1.00
인력	2,500	480.0	312.5	3,125	100,000	320,000	1.11

2) 시비작업

가) 비료 토출량 시험

시비장치의 가장 중요한 사항은 비료의 정량토출이다. 따라서 본 시험은 입상 및 분말비료 2종에 대하여 붐을 움직이지 않고 고정시킨 상태와 붐을 작업과 유사하게 흔들며 낙하시키는 두 가지 방법으로 토출량 시험을 실시하였다. 시험 결과 입상 비료와 분말비료 2종 모두 양호한 토출량을 나타내었다. 붐을 고정한 상태에서는 입상 및 분말비료 공히 2ℓ가 토출되었고, 실제작업을 가사하여 붐을 흔들면서 토출시험 결과는 입상비료보다는 분말비료가 조금 더 토출되는 것으로 조사되었다.

표 4-20. 시비장치 토출량 시험 결과

구 분	입상비료		분말비료	
	붐고정	붐작동	붐고정	붐작동
평 균	1.973	2.247	1.987	2.440
표준 편차	0.046	0.125	0.052	0.083
분 산	0.002	0.016	0.003	0.007
최 소 값	1.9	2.0	1.9	2.3
최 대 값	2.0	2.4	2.1	2.6
관측수	15	15	15	15



그림 4-75. 시비장치 토출량 시험 광경

나) 현지적용성 시험 작업비용

굴삭기 부착 시비장치에 대한 적용성 시험도 제조작업 시험지와 동일한 임지에서 실행되었다. 조사규모는 4개 plot 309본에 대해, 밤나무 1그루당 1~2개의 구덩이를 파고 여기에 유기질비료를 투입하였다. 요소작업 시간구분은 준비(정비), 시비작업, 시비통에 비료를 충전시키는 비료충전으로 구분하였다. 여기에서도 제조작업과 마찬가지로 시비작업은 다시 식혈, 비료낙하, 흙이동, 복토 등으로 세분할 수 있다.

표 4-21. 시비작업 조사 내용

plot	대상목 (본)	식혈수	요소작업시간 (분)			
			준비(정비)	시비작업	비료충전	계
1	26	45	0.00	25.50	0.00	25.50
2	61	109	0.00	73.62	10.40	84.02
3	118	187	0.00	108.19	18.44	126.63
4	104	176	18.42	139.79	29.46	187.67
계	309	517	18.42	347.10	58.30	423.82
비율(%)			4.30	81.90	13.80	100.0

표 4-22는 작업시간 조사자료 중에서 시비작업을 비디오 촬영으로 정밀 분석을 실시한 결과로서, 시비작업 하나의 요소작업을 흙작동(파기), 구덩이 파기, 비료투입, 흙덮기, 흙작동(접기), 이동으로 구분할 수 있었다. 이와 같은 싸이클이 짧은 작업은 현장조사가 어려우므로 비디오 촬영에 의해 실내분석을 실시하는 것이 일반적이다. 본 조사의 구덩이 파기 개수는 36개였고, 1주당 2개의 구덩이 파기를 실시하였으므로 전체 18주에 대한 정밀작업 시간조사를 실시하였다. 구덩이 1개당 소요시간은 0.62분이었으므로, 본 조사지 (7년생)의 밤나무 1주당 적정 시비량 4ℓ를 고려하여 1주당 2개의 구덩이에 비료를 주는데 소요되는 시간은 1.24분이 소요되는 것으로 나타났다.

표 4-22. 시비작업 비디오 분석에 의한 정밀 작업시간내용

구분		흙작동 (파기)	구덩이 파기	비료투 입	흙덮기	흙작동 (접기)	이동	계
소요시간 (분)	전체	2.20	2.73	3.62	5.62	6.32	1.80	22.28
	분당	0.06	0.08	0.10	0.16	0.18	0.05	0.62
비율(%)		9.9	12.3	16.2	25.2	28.3	8.1	100.0

시간조사 및 작업량 조사자료를 토대로 하여 굴삭기 부착 시비장치에 의한 작업 능률 분석결과는 다음과 같다. 전체 조사량 309본을 대상으로 517개의 구덩이에 시

비를 실시하였다. 이에 소요된 시간은 423.8분이었고, 굴삭기 1일 작업능률은 10시간 임차기준으로 437.5본의 밤나무에 시비작업이 가능한 것으로 나타났다.

표 4-23. 식혈 및 시비작업 능률

작업량		소요 시간 (분)	밤나무 1주당		시간당 능률		1일 능률 (10시간 기준)	
밤나무 (본)	구덩이 (혈)		구덩이 (혈)	시비량 (ℓ)	밤나무 (본)	구덩이 (혈)	밤나무 (본)	구덩이 (혈)
309	517	423.8	1.67	3.35	43.7	73.2	437.5	731.9

밤나무가 ha당 400본 식재된 작업로가 설치된 지역에서의 조사자료를 이용하여 성목이 된 100본구 까지 간별이 진행된 재배지의 시비량과 식혈수를 고려하여 ha당 비용을 분석한 결과 100본구에서는 작업면적상 능률이 약 4.38ha로서 ha당 비용은 68,571원으로 나타나, 유령림 단계의 시비작업에 비해 가장 효과적인 것으로 나타났다. 인력작업과의 비교는 기존의 인력작업이 구덩이를 파지 않고 임지에 비료를 뿌리는 작업으로 일반적으로 ha당 1.4인이 소요되는 자료를 근거로 ha당 비용을 분석한 결과 140,000원으로 나타나 기계를 이용한 200본 재배지 작업에서도 기계화 시비작업이 효과가 있는 것으로 나타났으나, 작업의 질적인 측면을 고려하면 직접적인 비교가 어려울 것으로 사료된다.

표 4-24. 기계작업과 인력작업의 작업능률 및 비용비교

구 분	ha당 본수	본당 식혈수	ha당총 식혈수	시간당 능률	1일 능률		적용단가	ha당비용
					본수	면적		
기 계	100	4	400	43.7	437.5	4.38	300,000	68,571
	200	3	600	43.7	437.5	2.19	300,000	137,143
	300	2.5	750	43.7	437.5	1.46	300,000	205,714
	400	2	800	43.7	437.5	1.09	300,000	274,286
인 력	100~ 400	-	-	-	-	0.71	100,000	140,135

3) 방제작업

방제작업의 기존 시스템은 농용트럭에 방제통과 분무기를 싣고 보조작업원이 호스를 풀어 노즐을 톤하여 약액을 분사하는 방법이었다. 그러나 본 조사에서는 굴삭기의 붐에 노즐을 설치하여 운전원 1인 작업으로 방제작업이 가능하고 기계적인 메카니즘은 기존 방법과 유사하다. 굴삭기에 방제통을 탑재하므로써 방제작업의 능률

은 굴삭기의 주행속도와 매우 밀접한 관계에 있다. 농약살포를 하면서 주행하는 속도는 시간당 200~300m를 주행할 수 있으므로 상하 작업폭 15~20m를 고려하면 시간당 0.3~0.6ha의 작업이 가능하며, 이를 1일 작업시간 10시간으로 환산하면 1일 작업량은 약 3~6ha 정도에 이른다.

이를 굴삭기 임차료 1일 300,000원을 기준으로 ha당 작업비용을 계산하면 50~100천원으로 계산되었다. 한편, 기존의 약제살포 방법은 농용 1톤 트럭에 방제통을 싣고 2인1조로 작업을 수행하고 있다. 1인의 운전원과 약제살포용 노즐을 밤나무에 살포하는 보조작업원 1인 등 2인으로 구성되어 있다. 이와 같은 방법을 통한 작업능률은 3~4ha 정도으로써 ha당 작업비용을 계산하면, 50~67 천원 소요되는 것으로 나타났다.

표 4-25. 밤나무 재배 주업농가 ha당 노동력 투입량

구 분		전체평균	ha당 평균	구성비율(%)
평균재배면적		13.2	1.0	100.0
계		344.8	26.2	
하에작업	자가노동(명)	21.2	1.6	12.3
	고용노동(명)	22.1	1.7	
	계	43.3	3.3	
농약살포	자가노동(명)	9.1	0.7	4.8
	고용노동(명)	7.8	0.6	
	계	16.9	1.3	
시비	자가노동(명)	8.1	0.6	5.3
	고용노동(명)	10.6	0.8	
	계	18.7	1.4	
퇴비살포	자가노동(명)	4.9	0.4	2.2
	고용노동(명)	2.9	0.2	
	계	7.8	0.6	
수확전 지존정리	자가노동(명)	3.1	0.2	1.9
	고용노동(명)	3.5	0.3	
	계	6.6	0.5	
전지전정 및 전정후 뒷정리	자가노동(명)	29.8	2.3	13.3
	고용노동(명)	17.2	1.3	
	계	47.0	3.6	
수확(소운반 포함) 밤선별 및 포장	자가노동(명)	45.7	3.5	56.1
	고용노동(명)	152.0	11.6	
	계	197.8	15.1	
일반관리	자가노동(명)	8.1	0.6	4.1
	고용노동(명)	6.4	0.5	
	계	14.5	1.1	

주) 밤재배농가 경영실태조사 결과 (제5세부 결과)

4) 기계화 작업을 위한 최소 경영면적

기계화 작업을 위한 최소 경영면적을 분석하고자 제5세부분야 조사자료, 표 4-24 밤나무 재배 주업농가의 ha당 노동력 투입량 조사자료를 비교자료로 활용하였다. 본 결과의 조사 대상자는 기계화 가능성이 있는 충남북, 경남, 전남지역의 밤 재배 주업농가 50호를 대상으로 하였으며, 호당 평균 재배면적은 13.2ha였다. 작업 가운데 본 연구에서 개발된 하예작업, 농약살포 및 시비작업은 전체 구성비율이 22.5%에 불과한 반면, 수확작업이 전체작업의 56.1%를 차지하는 노동집약적인 작업으로 조사되었다.

ha당 작업비용을 계산하기 위하여 각 작업 공히 현실 인건비 100천원을 책정하였고, 밤수확작업은 주로 여성노동력이 집중 투입되는 관계로 50천원을 적용하여 작업비용을 계산한 결과, 1,935천원이 소요되는 것으로 나타났다.

또한, 기계비용은 표 4-25에서 보는 바와 같이, 굴삭기 및 부속작업기 3종에 대한 구입가격은 총 65,000천원으로서 이들에 대한 고정비용과 유동비용을 합한 1일 기계비용은 182천원으로 계산되었다.

표 4-26. 기계비용 계산

구 분	굴삭기 (제초기+방제기+시비기)
구입가격 (천원)	65,000
장비수명 (년)	5
내용시간 (시간)	10,000
연료소비량 (ℓ/시간)	5
유효유계수	0.3
잔존가치 (천원)	6,500
연이율 (%)	4
연간가동시간 (시간)	2,000
1일 가동시간 (시간)	10
수리정비계수	0.8
연료단가 (05. 08 기준)	1,050
이자/실동시간 (원/시간)	832
감가상각/실동시간 (원/시간)	5,850
수리유지비/실동시간 (원/시간)	4,680
유류대/실동시간 (원/시간)	6,825
총기계비용/실동시간 (원/시간)	18,187
일별 기계비용 합계 (원)	181,870

이 장비를 100일간 밤재배지 관리작업에 활용하고, 나머지 기간은 토공작업에 사용한다고 가정하면, 100일간 기계비용은 18,187천원으로 ha당 기계의 고정비용은 1,377천원이었다. 한편, 3가지 작업을 기계화 작업으로 실행하고 나머지 작업은 관행 작업으로 실시하는 경우의 ha당 작업비용은 1,791천원으로 기계비용 1,377천원을 합하면 1ha 소유한 경우에는 3,168천원이 소요되어 관행작업에 비해 기계구입비용 부담에 따라 훨씬 생산비용이 증가되는 것으로 나타났으나, 최소 경영면적 10ha에서 관행작업의 재배지 관리비용은 19,350 천원이었고, 굴삭기 등 기계를 활용한 작업비용은 19,287천원으로 나타나, 기계화에 의한 작업은 최소 10ha 이상의 경영면적은 확보되어야 하는 것으로 분석되었다.

제 5 절 밤나무 재배 경제성 분석

1. 밤 수급 및 유통

가. 수급 및 가격 동향

1) 생산동향

우리나라 밤나무는 예로부터 지역의 특산물로 이름이 호칭되었을 뿐 뚜렷한 품종이 많지 않았는데, 그 중 평양밤(함중밤), 양주밤(불밤) 등이 지역명으로 유명하였다. 그러나 1958년경부터 밤나무혹벌이 발생하여 전국적으로 그 피해가 확대되어 전멸하기에 이르렀다. 따라서 1960년대부터 한국 재래종 가운데 내충성 밤 우량개체 선발사업에 착수하여 혹벌 내충성이 강한 신품종을 대량 증식 보급하였으며, 일본으로부터 내충성 및 대립성 품종을 도입하여 1968년부터 산지자원화 계획에 의해 전국에 대대적으로 보급하였다.

표 5-1. 밤나무의 지역별 조림면적 추이

(단위: ha, 천본)

구분	계		충 남		전 남		경 남		기 타	
	면적	본수	면적	본수	면적	본수	면적	본수	면적	본수
1981	1,836	738	222	92	315	126	409	165	890	355
1985	1,557	622	248	99	363	145	345	138	601	240
1990	928	373	178	71	65	26	272	109	413	167
1995	765	306	118	47	201	81	279	111	167	67
1996	539	215	164	66	67	27	191	76	117	46
1997	1,749	692	150	62	256	92	1,181	475	154	63
1998	928	375	255	102	109	44	322	129	242	100
1999	1,218	495	445	179	281	112	235	96	257	108
2000	2,008	817	790	324	414	167	408	163	396	163
2001	2,091	868	828	331	417	167	419	167	427	203
2002	2,591	1,302	1,367	547	584	234	269	108	371	143
2003	2,309	924	1,280	512	283	113	588	235	158	63

자료: 1. 산림청, 임업통계연보 및 조림사업실적.

2. 2003년 자료 산림청 내부 자료.

우리나라의 밤나무는 평야지대보다 야산이나 구릉지에 대부분 분포하는 경우가 많고 밤나무 주산단지는 경남(하동, 함양, 진주), 전남(광양, 순천, 구례), 충남(공주, 부여), 충북(충주) 등으로서 우리나라 전체 재배자수와 재배면적의 대부분이 이들 지역에 분포되어 있다. 특히 충남지역은 최근 조림면적의 증가 등으로 밤나무 재배면적이 지

속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 과거에는 경상도와 전라도 지역에서의 조림면적이 상대적으로 많았으나, 최근에는 충청도지역의 신규조림면적이 경상도와 전라도 지역에 비해 압도적인 증가 추세를 나타내고 있다(표 5-1).

한편, 산림청에서 2003년도에 실시한 밤나무 재배실태조사 결과에 의하면, 2002년 현재 우리나라의 밤나무 재배면적은 총 52,609ha이며, 재배농가수는 25,729가구로 1가구당 평균 재배면적이 2.1ha로 나타났다. 재배자수의 지역적 분포를 보면, 경남·전남·충북·충남 등 주산단지를 중심으로 분포하고 있고, 특히 경남 서부와 전남 중부 등의 남부 주산단지를 중심으로 분포하는 것으로 나타났다. 즉, 전체 밤나무 재배자들 가운데 95.2%가 주산단지에 분포하고 주산단지별로는 경남이 52.6%, 전남이 21.8%, 충남이 19.8%를 점유하는 것으로 나타났다. 재배면적에 있어서도 93.8%가 주산단지에 분포하고 있으며 주산단지별로는 경남에 47.2%, 충남에 23.3%, 전남에 22.2%가 분포하고 있는 것으로 나타났다(표 5-2).

표 5-2. 지역별 재배자수와 재배면적 현황

구 분		합계	충북	충남	전북	전남	경북	경남	기타
재배자수	명	25,729	252	5,107	859	5,611	92	13,521	287
	%	100.0	1.0	19.8	3.3	21.8	0.4	52.6	1.1
재배면적	ha	52,609	1,291	12,293	1,588	11,717	239	24,844	637
	%	100.0	2.5	23.4	3.0	22.3	0.5	47.2	1.2

자료: 산림청, 밤나무 재배실태와 정책방향연구(2003).

재배규모별 재배자수 및 재배면적 분포를 살펴보면, 1ha미만이 15.2%, 1~2ha가 22.4%, 2~5ha 36.4%, 5~10ha 16.3%, 10ha이상이 9.7%로 2ha미만의 재배농가가 전체 37.6%를 차지하고 있다. 지역별 가구당 재배면적을 살펴보면 2ha미만을 기준으로 할 경우 전라도 40.9%, 경상도 43.1%, 충청도 28.7%로 경상도지역이 가장 영세한 규모로 나타난 반면, 충청도지역은 비교적 재배규모가 큰 것으로 나타났다(표 5-3). 또한, 밤나무 재배면적의 규모별 재배자수의 분포를 살펴보면, 재배면적 0.5ha 이하의 소규모 재배자수가 전체 17.9%를 차지하고, 2ha미만 재배자수의 경우 전체의 72.4%를 차지하고 있다. 따라서 우리나라 대부분의 밤나무 재배자들이 소규모의 밤 재배자라고 할 수 있다. 지역별로 살펴보면 충청도지역의 경우 5ha이상의 전업적인 밤나무 재배자수가 9.4%를 차지하고, 또한 이들이 전체 밤나무 재배면적의 36.7%를 차지하고 있어 남부지역의 주산단지보다 비교적 재배규모가 크다는 특징을 가지고 있다.

표 5-3. 재배규모별 재배자수 및 재배면적 분포

구 분		재배규모별 구성비율(%)						
		0.5ha미만	0.5~1	1~2	2~5	5~10	10ha이상	
주산 단지	경 남	재배자	19.9	28.7	26.7	20.4	3.7	0.6
		면적	3.6	14.4	25.1	37.4	14.3	5.2
	전라도	재배자	14.2	28.4	29.4	23.5	3.7	0.8
		면적	2.7	13.0	25.2	38.2	12.7	8.2
	충청도	재배자	15.3	25.0	25.4	24.9	7.3	2.1
		면적	1.9	9.1	17.7	34.6	21.5	15.2
	소계	재배자	17.5	27.9	27.2	22.1	4.4	0.9
		면적	2.9	12.7	23.2	36.9	15.8	8.5
비주산단지	재배자	24.2	27.1	17.7	19.7	7.6	3.7	
	면적	2.6	9.2	11.7	26.0	23.4	27.1	
계	재배자	17.9	27.8	26.7	22.0	4.5	1.1	
	면적	2.8	12.4	22.4	36.4	16.3	9.7	

자료: 산림청, 밤나무 재배실태와 정책방향연구(2003).

표 5-4. 수령별 밤나무 재배본수 현황

구 분	평균 수령 (년)	수령별 재배본수 비율(%)							
		5년이하	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31년이상	
주산 단지	경 남	18	2.4	16.1	25.4	32.0	12.2	9.4	2.5
	전라도	21	2.0	6.7	16.2	22.8	19.8	21.4	11.1
	충청도	16	22.8	27.4	19.8	18.4	3.7	6.8	1.1
	소계	18	8.4	17.0	21.4	25.5	11.6	11.7	4.4
비주산단지	19	11.2	8.9	12.8	25.1	9.4	26.0	6.6	
계	18	8.5	16.7	21.0	25.5	11.5	12.4	4.4	

자료: 산림청, 밤나무 재배실태와 정책방향연구(2003).

우리나라 밤나무의 평균수령은 18년으로 주산단지 가운데 전라도는 21년, 경상도는 18년, 충청도는 16년으로 남부 주산단지가 중부 주산단지보다 평균적으로 2~5년 정도 노령화되어 있다(표 5-4). 전체 재배본수의 28.3%가 수령 21년 이상이며, 주산단지 가운데 전라도의 경우 수령 21년 이상이 52.3%에 달하여 밤나무림의 노령화 수준이 매우 심각한 것으로 보인다. 반면, 충청도는 수령 10년 이하가 전체 밤나무 재배본수의 50%를 차지하여 전라도지역과 매우 대조적인 것으로 나타났다. 이러한 지역별 밤나무 수령구조 때문에 향후 중단기적으로 남부지방 주산단지의 생산량 감소를 중부지방에서 일정부분 보완할 것으로 보이나, 충청도지역의 밤나무 재배본수와 재배면적이 남부지역에 비교하여 3분의 1수준에 불과하여 신규재배면적이 확대되거나, 생산량을 증가시

킬 새로운 재배기술이 없을 경우 밤 생산량은 감소될 것으로 판단된다.

밤나무림의 노령화는 밤의 생산량 감소 및 품등 하락과 밀접한 관계를 가지고 있고, 이는 밤 생산농가의 소득과 직결되고 있다. 노령화된 밤나무를 일시에 베어버리기에는 농가의 가계소득 점유비율이 크다는 것과 신규조림 식재를 할 경우에 초기 투자비용이 일시에 이루어져만 한다는 경제적인 부담 때문에 쉽게 결정하기 어려운 일이다. 본 연구에서 실시한 노령목 관리방안에 대한 설문조사 결과는 전체 재배농가의 59.7%가 단계적인 신식조림을 선호하고 있었으며, 다음으로 강전정을 통해 수세회복을 유도하겠다는 14.5%로 나타났다. 저수고 수형조절에 대해서도 일부농가에서 선호하는 것으로 나타났으며, 재배규모가 큰 농가일수록 신식조림과 저수고형 수형조절 방법을 병행하여 밤나무림을 관리하려는 의지를 나타냈다(표 5-5).

표 5-5. 생산량 유지·증대를 위한 노령목 관리방안

구 분	빈도수 (명)	전체 평균	5ha 이하	6~ 10ha	11~ 20ha	21ha 이상
단계적 벌채 후 신식조림	37	59.7	78.7	58.3	64.3	30.0
벌채없이 보석에만 의존	5	8.1	7.1	12.5	-	10.0
강 전정하여 수세회복 유도	9	14.5	7.1	8.3	14.3	40.0
시비를 통한 토양회복	3	4.8	7.1	4.2	-	10.0
별도 관리방안 없음	2	3.2	-	-	7.1	10.0
기타방법	6	9.7	-	16.7	14.3	-
구성비 (%)	62	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

한편, 국제연합식량농업기구(FAO) 통계에 의하면 전 세계의 밤 생산량은 2003년도에 1,036천톤으로 추정되고 있다. 세계 제1위 밤 생산국은 중국으로 전 세계 밤 생산량의 69%(715천톤)를 생산하고 있고, 다음으로 한국 72천톤, 이탈리아 50천톤, 터키 48천톤, 일본 25천톤 등의 순이다.

우리나라의 밤 생산량은 1980년 43천톤, 1990년 85천톤이 생산되었고, 1997년에는 12만9천톤으로 가장 많은 양이 생산되었다. 그러나 1997년 이후 밤 생산량은 계속 감소되고 있으며 2003년 현재 60만톤이 생산되어 1990년에 비해 29.4% 감소하였다(표 5-6). 1990년대 들어 밤 생산량이 정체 또는 감소추세를 보이고 있는 원인은 재배면적과 밀접한 관계가 있고, 이와 더불어 밤나무림의 노령화, 밤 재배 및 수확인력의 부족, 일부지역의 밤나무림 관리소홀 및 제초제와 화학비료의 남용에 의한 생산성의 하락 때문인 것으로 지적되고 있다. 한편, 최근 2년 동안 밤 생산량이 예년에 비해서 급격한 감소를 나타낸 것은 2002~2003년도 태풍 “루사, 매미” 등 기상피해의 영향 때문으로 판단된다.

표 5-6. 지역별 밤 생산량 추이

(단위: 톤, %)

연도	계	충남		전남		경남		기타	
		생산량	비율	생산량	비율	생산량	비율	생산량	비율
1980	42,826	5,704	13.3	8,600	20.1	14,250	33.3	47,272	33.3
1985	72,000	7,934	11.0	16,496	22.9	27,502	38.2	20,068	27.9
1990	85,043	10,537	12.4	18,229	21.4	35,033	41.2	21,244	25.0
1991	89,747	10,478	11.7	20,813	23.2	36,556	40.7	21,901	24.4
1992	101,742	12,658	12.4	22,639	22.3	14,448	40.7	24,998	24.6
1993	80,994	10,143	12.5	20,875	25.8	32,382	40.0	17,595	21.7
1994	100,163	14,570	14.5	23,556	23.5	41,467	41.4	20,571	20.5
1995	93,655	14,755	15.8	20,120	21.5	38,717	41.3	20,062	21.4
1996	108,346	15,343	14.2	24,558	22.7	52,626	48.6	15,818	14.6
1997	129,673	17,177	13.2	22,297	17.2	68,391	52.7	21,808	16.8
1998	109,956	20,761	18.9	21,352	19.4	49,320	44.9	18,523	16.8
1999	95,768	22,840	23.8	22,223	23.2	40,417	42.2	10,289	10.7
2000	92,844	22,338	24.1	20,882	22.5	40,027	43.1	9,597	10.3
2001	94,130	24,331	25.8	15,784	16.8	45,022	47.8	8,993	9.6
2002	72,405	21,826	30.1	9,622	13.3	32,485	44.9	8,472	11.7
2003	60,017	20,286	33.8	8,118	13.5	23,547	39.2	8,066	13.4

자료: 산림청, 임업통계연보.

지역별 밤 생산량의 특징을 살펴보면, 밤 주산단지인 충남, 전남, 경남 3개 지역이 우리나라 전체 생산량의 86.5%를 차지하고 있어 지역적인 집중화 정도가 높은 특징을 보이고 있다. 지역별 밤 생산량은 경남지역이 2003년에 24천톤으로 1990년 대비 32.8% 감소하였고, 전남지역은 8천톤으로 1990년 대비 55.5% 감소하였다. 반면, 충남지역의 생산량은 2003년에 20천톤으로 1990년 대비 92.5% 증가하였다. 앞으로 남부지역은 밤 나무림의 노령화로 인하여 생산량은 크게 증가하지 않을 것으로 예상된다. 그러나 충남지역은 신규 식재면적이 확대되는 등 밤나무 재배가 남부지방에 비해 상대적으로 활발한 편이고 또한 밤나무 유통림이 생산시기에 도달하면서 금후 생산량은 크게 증가 할 것으로 예상된다.

2) 수출입동향

우리나라 밤은 과거 유실수 장려정책에 의한 수출전략 품목으로서 연간 8천만\$ 가까이 수출고를 기록할 정도로 농림업 전체 수출품목 가운데 단일 품목으로는 수출액

이 가장 많은 품목이다. 밤 수출은 1988년에 38천톤(생밤기준)으로 최고치를 기록한 이후 감소추세를 보이고 있다. 2003년 약 14천톤이 수출되었고, 수출액은 약 67백만 \$로 전체 임산물 수출액의 35.6%를 차지하고 있다. 우리나라 밤 수출은 그림 5-1에서 보는 바와 같이 2000년 이전에는 대부분 깎밤이 차지하고 있고, 최근 미국, 중국으로의 생밤수출이 늘어나면서 깎밤이 전체 수출물량에 차지하는 비중이 점차 감소하는 추세를 나타내고 있다.

한편, 밤의 종류별 수출동향을 살펴보면, 먼저 생밤의 수출은 1990년대 들어 일본과 미국으로 수출이 시작되면서 수출량이 1990년 387톤에서 2003년에는 8,726톤으로 물량 면에서 크게 증가하였으나 금액으로 볼 때는 전체 수출액 대비 약 10% 수준에 불과한 실정이다(표 5-7). 주요 수출국을 살펴보면 1990년의 경우 일본으로의 수출이 전체 수출량 중 36%, 미국으로의 수출이 46%를 차지하였고, 중국 수출은 전혀 없었다. 그러나 2003년에는 중국 수출이 95%를 차지하였고, 다음으로 일본 수출이 3%, 미국 수출이 2%를 차지하였다. 이와 같이 2000년대 들어 중국으로의 생밤 수출량이 급격하게 증가한 이유는 중국의 국내소비보다는 중국의 값싸고 풍부한 노동력을 이용하여 깎밤으로 가공한 후 일본으로 재수출하고 있기 때문이다.

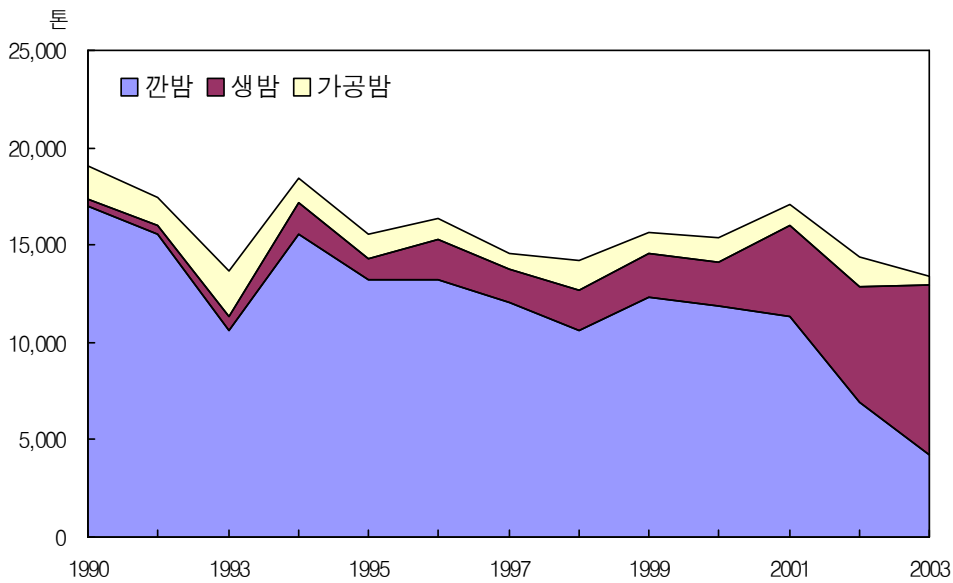


그림 5-1. 밤 수출량 추이

표 5-7. 우리나라의 생밤 국가별 수출동향

(단위: 톤, 천달러)

년도	계		일본		미국		중국		기타	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
1990	387	963	140	313	177	479	-	-	70	171
1991	356	1,046	60	206	224	659	-	-	72	181
1992	463	1,362	161	484	221	666	-	-	81	212
1993	686	2,120	383	1,200	153	475	126	398	24	47
1994	1,589	4,713	263	1,026	271	970	999	2,565	56	152
1995	1,101	3,806	334	1,632	218	772	549	1,400	-	2
1996	2,101	5,383	296	933	240	800	1,534	3,567	31	83
1997	1,727	3,901	157	667	539	1,325	983	1,767	48	142
1998	2,112	3,796	215	479	1,274	2,621	557	544	66	142
1999	2,245	4,355	247	769	924	2,188	1,035	1,299	39	99
2000	2,285	4,765	182	648	754	2,495	1,342	1,614	7	8
2001	4,651	7,300	234	661	1,515	3,526	2,855	2,987	47	126
2002	5,889	11,111	504	2,033	751	2,073	4,591	6,896	43	109
2003	8,726	21,271	250	803	166	631	8,303	19,810	7	27

자료: 관세청, 무역통계연보.

표 5-8. 우리나라의 간밤 수출동향

(단위: 톤, 천달러)

년도	계		일본		기타	
	수출량	수출액	수출량	수출액	수출량	수출액
1990	16,969	88,560	16,951	88,512	18	48
1991	16,240	94,048	16,239	94,045	1	2
1992	15,586	94,887	15,586	94,887	-	-
1993	10,641	82,774	10,641	82,774	-	-
1994	15,570	130,082	15,559	130,032	11	50
1995	13,193	105,503	13,193	105,503	-	-
1996	13,179	103,617	13,147	103,502	33	115
1997	12,075	81,836	12,004	81,668	71	167
1998	10,610	57,549	10,436	57,286	174	263
1999	12,283	77,351	12,212	77,177	71	173
2000	11,845	79,300	11,760	79,088	85	213
2001	11,357	67,872	11,255	67,660	102	212
2002	6,941	47,250	6,879	47,089	62	161
2003	4,195	42,917	3,617	40,856	578	2,061

자료: 관세청, 무역통계연보.

국내에서 생산되는 간밤의 90% 이상이 일본으로 수출되는 일본 의존형 수출품으로 일본의 수급 상황에 따라 많은 영향을 받는다. 간밤의 수출량은 1990년대부터 지속적으로 감소하여 2003년에는 1990년 대비 약 75% 감소한 4,195톤을 수출하였으며, 수출액 기준으로는 1990년 대비 52% 감소한 42,917천\$를 기록했다(표 5-8). 이와 같이 간밤의 수출량이 감소한 이유는 일본의 경기침체로 인한 소비감소와 앞서 설명한 중국에서 일본으로 간밤의 수출이 증가되었기 때문으로 판단된다.

가공밤의 수출은 표 5-9에서 보는 바와 같이 상대적으로 큰 변화 없이 일정한 수준을 유지하고 있다. 또한 가공밤도 간밤과 같이 일본으로 대부분 수출되고 있으며 2003년에 전체 수출물량의 87.1%가 일본으로 수출되었다. 이와 같이 우리나라의 밤 수출은 일본시장에 편중되어 있어 일본의 경제 및 밤 수급 상황에 크게 의존하고 있다.

표 5-9. 가공밤 수출동향

(단위: 톤, 천달러)

년도	전체		일본		대만		미국		기타	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
1990	1,726	4,757	1,684	4,582	12	38	30	134	-	3
1991	1,211	4,128	1,155	3,915	11	52	13	54	32	107
1992	1,378	5,638	1,319	5,358	22	88	35	189	2	3
1993	2,374	10,112	2,281	9,694	62	255	24	139	7	24
1994	1,306	5,912	1,246	5,659	39	160	22	87	-	6
1995	1,243	5,459	1,088	4,700	91	350	64	409	-	-
1996	1,043	3,870	958	3,514	55	229	17	85	13	42
1997	729	2,656	670	2,385	41	148	16	114	2	9
1998	1,515	3,940	1,248	3,193	90	285	176	458	1	4
1999	1,163	3,312	1,005	2,775	49	148	108	384	1	5
2000	1,292	4,402	1,125	3,812	84	329	83	260	-	1
2001	1,055	2,822	862	2,368	56	142	81	226	56	86
2002	1,554	4,024	532	1,694	57	162	98	225	867	4
2003	498	2,002	336	1,560	58	197	103	242	1	5

자료: 관세청, 무역통계연보.

한편, 밤 수입에 대해서 살펴보면, 생밤과 간밤은 1995년 타결된 UR협상에 의해 최소시장접근 방식으로 수입이 개방되기 이전에는 수입제한 품목이었기 때문에 전혀 수입되지 않았다. 다만, 가공밤 만이 프랑스와 중국으로부터 소량 수입되었다. 그러나 그림 5-2에서 보는 바와 같이 1995년부터 생밤이 수입되기 시작하여 2000년대 들어 증가

추세에 있고, 깐밤의 수입량은 소량 증가하였으나 매우 적은 수준이다. 냉동밤은 1999년부터 수입되기 시작하여 1999년에 184톤이 2003년에는 2,760톤으로 급격한 증가를 나타내어 우리나라 전체 밤 수입물량(생밤기준)의 68.6%를 차지하였다. 따라서 전체적으로 밤의 수입량은 냉동밤을 중심으로 크게 증가되어 2003년에 생밤기준으로 수입물량은 4,023톤, 수입액은 4,419천\$를 기록하였다. 2003년 현재 중국으로부터의 수입이 전체 수입물량의 99%를 차지하고 있고, 프랑스와 일본에서 소량 수입되고 있다.

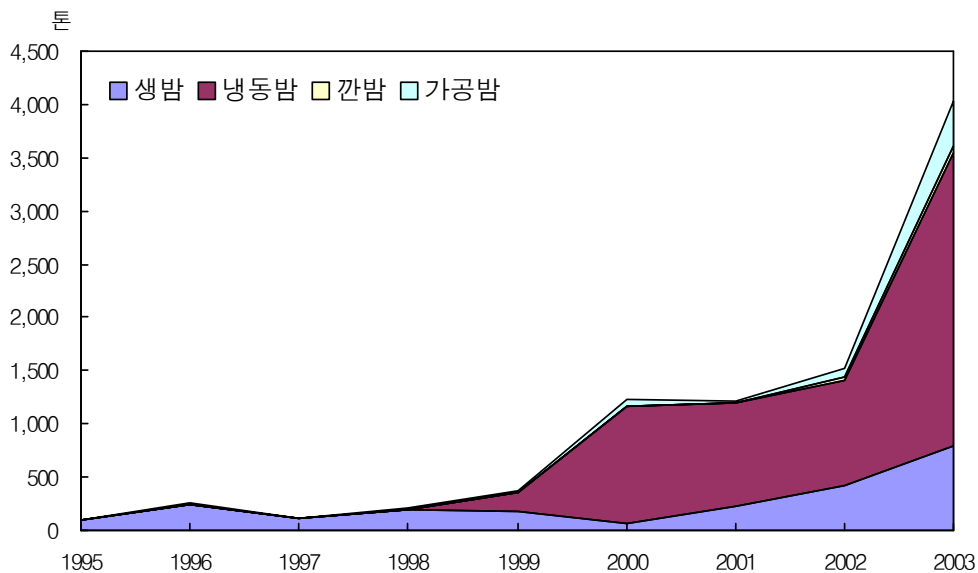


그림 5-2. 밤 수입량 추이

우리나라 농산물협상 이행계획서에 의하면, 깐밤과 생밤은 시장개방 초기인 1995년에 1,302톤을 최소시장접근으로 수입하고 2004년에는 2,170톤으로 확대하는데 합의했다. 또한, 시장접근물량 이내에 속한 수입밤(생밤, 깐밤)의 관세는 50%를 적용하고, 최소시장접근물량을 초과하는 물량에 대해서는 200%이상의 고관세를 적용하기로 하였다. 그러나 우리나라 밤의 실수입량은 표 5-10에서 보는 바와 같이 1995년과 2003년을 제외하고는 이행계획물량 대비 평균 10% 내외 정도가 수입되었다. 이는 중국에서 수입되고 있는 밤은 국내에서 군밤용으로 판매되고 있으나 국내 군밤용 수요가 많지 않기 때문에 실제 수입량이 최소시장접근물량에 크게 못 미치기 때문으로 판단된다. 이와 반대로 최근 들어 냉동밤의 수입이 급격하게 증가하고 있는데, 이는 냉동밤의 경우 적용관세율이 30%로 생밤의 최소시장접근 물량내 적용관세율인 50%보다 낮고 국내 제과용 밤 원료의 부족으로 수입이 급격하게 증가한 것으로 판단된다.

표 5-10. 밤의 최소시장접근물량 이행계획 및 실적(생밤)

구 분	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
이행계획(A/톤)	1,302	1,398	1,495	1,591	1,688	1,784	1,881	1,977	2,073
실수입량(B/톤)	300.0	74.4	121.5	183.3	116.5	95.0	204.3	290.0	535.4
이행률(B/A,%)	23.0	5.3	8.1	11.5	6.9	5.3	10.9	14.7	25.8

표 5-11. 밤의 수입개방 이행계획 및 관세율

구 분	양허관세율			시장접근물량	
	시장접근 물량 내	시장접근물량 외		초년도 (1995)	최종년도 (2004)
		1995	2004		
생밤, 간밤	50%	243.8% 또는 1,634원/kg	219.42% 또는 1,470원/kg	1,302톤	2,170톤

주: 냉동밤 실행관세율(30%), 조제저장밤 실행관세율(50%)

3) 소비동향

우리나라는 예로부터 관혼상제 등에 밤이 필수품으로 이용되었으며, 전분 함량이 많고 영양가가 높아 기호식품 외에도 대용식량 자원으로 큰 몫을 차지하여 왔다. 또한, 밤은 칼로리와 칼슘이 과실 중 가장 높은 품목으로서 명절 제수용이나 겨울철 군밤용, 제과용 원료, 이유식, 약제 등으로 사용되고, 간밤, 밤 통조림, 생밤 등의 형태로 수출되고 있다.

국내 밤 소비량은 생산량 증가와 국민소득의 향상으로 크게 증가하였다. 1980년대 중반 국내 밤 소비량은 5만톤 정도였으나 1986년과 1987년에는 밤 생산량의 감소로 2만톤 정도로 감소되었다. 그 이후 1997년까지 밤의 국내소비량은 연평균 17%씩 증가하여 1997년에는 10만톤으로 최고치를 기록하였으나, 최근 들어 다시 감소추세로 전환하여 2003년 현재 약 45천톤을 소비하고 있다(그림 5-3). 국민 1인당 연간 밤 소비량은 1990년 이전에는 1kg 미만이었다가 그 이후에는 1kg의 소비시대에 돌입하여 1997년에는 1인당 밤 소비량이 2.3kg로 사상 최고치를 기록하였다. 그러나 그 이후에 밤 생산량 감소와 더불어 국민 1인당 밤 소비량도 감소 추세로 전환하여 2003년 현재 1kg 수준에 불과하다. 또한 2002년 현재 가구당 소비지출액 1,835천원 중, 밤에 지출하는 금액은 500원정도로 매우 미미한 수준이다. 가구당 밤 소비지출액을 과실류 소비지출액에 대한 비중으로 볼 때, 1995년 이후 큰 변화 없이 1.8% 수준을 유지하고 있다(표 5-12).

한편, 2003년 현재 국내산 밤은 70%가 국내에서 소비되고 나머지 30%는 수출되고 있다. 국내에서 소비되는 밤은 주로 명절 제수용, 술안주용, 분말용으로 각각 소비되고, 수입되는 중국산 생밤은 대부분 국내에서 군밤용으로 소비되고 있다. 최근 수입이 급

격하게 증가하고 있는 냉동밥의 소비는 국내에서 주로 제과용으로 소비되며, 일부는 제과용이나 황홀의 형태로 이용되고 있다.

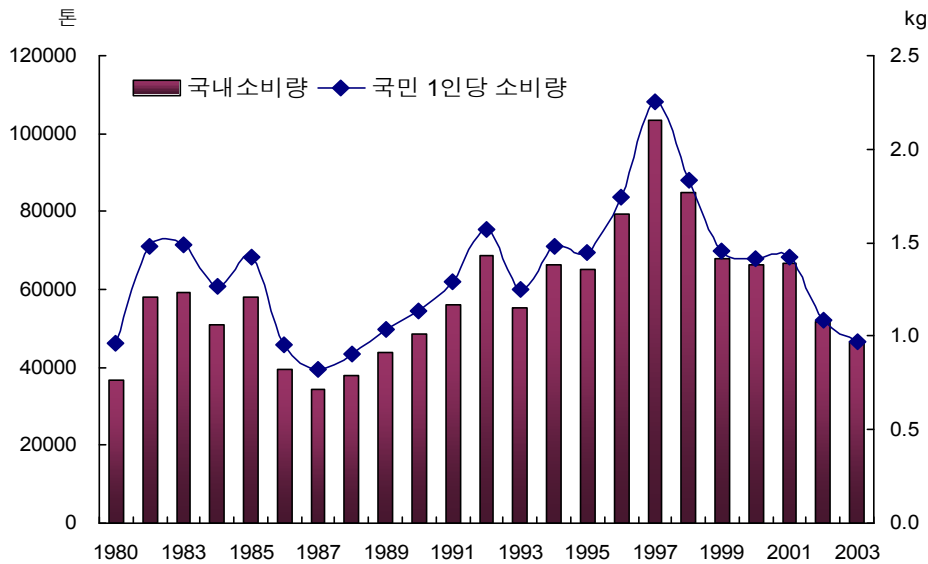


그림 5-3. 밥 소비량 추이

표 5-12. 밥의 가구당 월평균 소비지출액 추이

(단위: 천원)

년도	소비지출	식료품	과실류(A)	밥(B)	B/A(%)
1990	685.7	220.8	15.6	0.4	2.3
1995	1,265.9	367.1	28.5	0.5	1.8
2000	1,632.3	447.0	27.3	0.4	1.5
2001	1,762.1	463.6	28.1	0.5	1.8
2002	1,834.8	481.0	28.5	0.5	1.8

자료: 통계청, 도시간계연보.

4) 가격동향

우리나라 밥 가격은 일반적으로 표 5-13과 같은 월별 변화추이를 나타낸다. 출하시기인 9~10월에 밥 가격이 최저점으로 하락하였다가 이후로 매월 상승하여 익년 8월까지 높은 가격을 유지하는 특성을 보인다. 이는 대부분의 밥이 9월에서 익년 2월까지 추석, 수출용(간밥, 생밥, 가공밥, 냉동밥 등), 연말연시 및 대보름용 등으로

집중적으로 출하되어 낮은 가격에 거래되는 반면에 그 이후로는 공급물량의 부족과 장기간 저장에 의한 유통비용의 증가로 높은 가격에 거래되기 때문이다.

한편, 2003년도 밤 가격을 산지와 소비지 가격으로 구분하여 살펴보면, 산지가격(상품기준)은 2003년도 태풍 “매미” 피해로 인한 공급물량 부족으로 매우 높은 수준을 유지하였으며, 전년보다도 훨씬 높게 형성되었다. 밤의 출하시기인 9월 밤의 평균 산지가격은 공급물량의 부족으로 2002년 대비 102% 높은 가격을 형성하였다. 10월 밤의 평균 산지가격도 상품 1kg당 4,347원으로서 2002년 대비 109% 높은 수준이었다. 9월 밤의 평균 소비자가격 또한 공급물량 부족에 따라 산지가격이 높게 형성되면서 높은 가격을 유지하였으며, 2002년 대비 86% 높은 가격이었다. 10월 밤의 평균 소비지 가격역시 상품기준으로 kg당 7,328원으로서 2002년 대비 107% 높았다(표 5-13).

표 5-13. 월 평균 밤 가격동향(상품기준)

(단위: 원/kg)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
2004	산지	5,566	5,474	5,292	5,348	5,256	5,185	5,186	5,100	1,594	1,698	1,830	1,929
	소비지	8,544	8,568	8,440	8,428	8,492	8,590	8,600	8,630	6,650	4,599	4,494	4,425
2003	산지	3,428	3,063	3,188	3,508	3,432	3,485	3,562	2,716	3,351	4,347	5,212	4,867
	소비지	5,053	5,393	5,190	5,080	5,168	5,200	5,536	5,975	6,968	7,328	7,810	8,028
2002	산지	2,899	3,053	2,972	2,895	3,213	3,301	3,451	2,937	1,659	2,085	3,030	2,961
	소비지	3,994	4,335	4,619	4,736	5,052	5,280	5,257	5,065	3,749	3,546	3,715	3,889

주: 산지가격은 공주, 광양, 부여, 산청, 하동, 순천지역, 소비자가격은 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산지역의 평균가격임

자료: 산림조합중앙회

나. 유통 및 가공실태

1) 유통경로

밤 생산자의 판매방법은 크게 농협을 통한 계통출하와 수집상을 통한 판매방법으로 나누어진다. 우선 농협을 통한 계통출하는 전체 물량의 70%를 점유하는 것으로 추정되었으며, 수집상을 통한 판매는 30%로 추정되었다. 이와 같이 주 판매처에 대한 결과는 이전의 연구(김의경 등, 1999) 결과와 비교해 보아도 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 밤의 유통단계별로 볼 경우, 기존에는 생산자에서 산지조합

을 거쳐 도매상을 통하여 소비자에게 유통되는 것이 보통이었으나 최근에는 산지조합이나 수집상에서 중간도·소매상으로 판매되는 비중이 증가하고 있어 앞으로 도매상의 기능이 점차 약화될 것으로 보인다. 또한, 산지조합을 통하여 대형유통업체인 마트나 백화점 등으로 판매되는 물량이 크게 증가하고 있다(그림 5-4). 이와 같은 유통단계의 축소는 교통의 발달과 인터넷의 발달 등으로 인하여 중간도·소매상이 직접 산지조합이나 수집상을 통하여 밥을 구입하기 때문으로 판단된다.

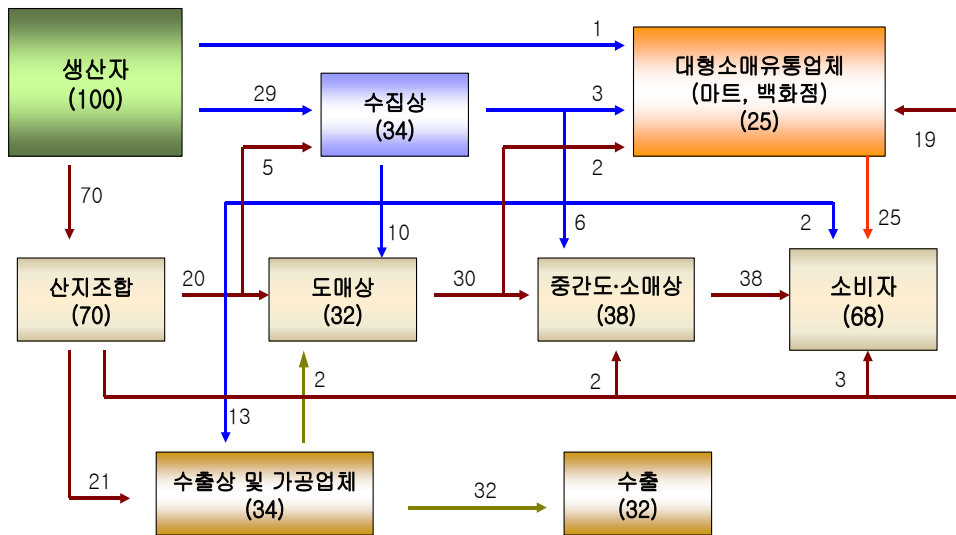


그림 5-4. 밥의 유통경로별 물량 흐름도(2003)

2) 유통비용

유통비용은 2003년 10월에 순천에서 농협을 통하여 서울 도매상으로 판매되는 경우와 공주에서 수집상을 통하여 서울 도매상으로 판매되는 두가지 경로를 조사하였다.

순천에서 농협을 통하여 서울 도매상으로 출하될 경우, 생산자 수취율은 53.8%이었고, 총 유통비용은 46.2%이었다. 유통비용 중 직접비용은 23.8%, 기타 운영비 및 이윤이 22.4%를 차지하였다. 이와 같이 밥의 총 유통비용이 높은 것은 밥의 품질이 좋지 못하여 유통비용 중 직접비용이 높았기 때문으로 생각된다. 그리고 유통단계별로 유통비용을 보면, 출하단계가 6.5%, 도매단계 24.2%, 소매단계 15.4%로서 도매단계가 소매단계보다 높은 유통비용을 나타내었다(표 5-14).

공주에서 수집상을 통하여 서울 도매상으로 출하될 경우, 생산자 수취율은 51.4%, 총 유통비용은 48.6%이며, 유통비용 중에서 직접비용은 28.9%, 기타운영비 및 이윤은 19.6%를 차지하는 것으로 나타났다. 그리고 유통단계별 유통비용은 출하

단계 12.9%, 도매단계 21.4%, 소매단계 14.3%로 도매단계의 유통비용이 높게 나타났다. 이와 같이 출하단계에서 지역간 차이가 큰 것으로 나타났는데 이는 순천지역이 밤의 품질저하로 감량이 많았던 점과 상하차비용이 높았기 때문으로 보인다.

표 5-14. 밤 유통비용 내역(2003년 10월, 대(大)품 기준)

구 분		순천 → 서울	공주 → 서울
생산자 수취율		53.8%	51.4%
유통비용	합 계	46.2%	48.6%
	직접비용	23.8%	28.9%
	기타운영비 및 이윤	22.4%	19.6%
단 계 별 유통비용	출하단계	6.5%	12.9%
	도매단계	24.2%	21.4%
	소매단계	15.4%	14.3%
가 격(원/kg)	생산자가격	3,500원	3,600원
	소비자가격	6,500원	7,000원

주: 순천→서울은 농협, 공주→서울은 수집상을 통하여 도매상으로 유통되는 경우임.

3) 가공실태

수출용 밤 가공업체(9개 업체)에 있어서 수출을 위한 원료밤(생밤) 구입량은 우리나라 밤 총생산량의 약 30%(생밤기준 약 3만톤)정도인 것으로 업체에서 추정하고 있다. 국내 밤 가공 및 수출 과정은 그림 5-5와 같다.

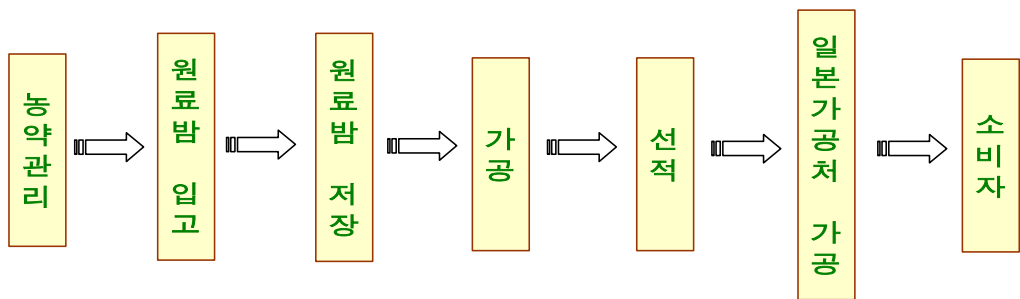


그림 5-5. 밤 가공 및 수출 과정

밤(생밤) 입고는 조생종일 경우 9월 1일부터 9월 15일까지이고, 중생종은 9월 16일부터 9월 25일까지이다. 만생종의 경우에는 9월 30일 이후 약 10~15일간 지속된다. 원료 밤의 저장은 대부분 수침하게 되는데 수침기간은 1일 정도 실시하며 수침

이 끝나면 부유밤 또는 충밤 등을 선별한 후 가공 전까지 영하 2℃에 이르는 저장 탱크에 저온저장으로 보관하게 된다. 깎밤의 가공(박피)은 전량 농가를 중심으로 외주를 주고 있어 노동력에 의존하는 실정이다.

우리나라 수출용 밤은 껍질과 내피를 제거한 깎밤의 일차적 가공형태가 약 90% 이상을 차지하고 있다. 수출대상국 또한 일본에 편중되어 있으며, 최근에는 박피작업을 위한 인건비 상승 등의 문제로 국내산 생밤을 중국으로 수출하여 가공 후 일본으로 재수출하는 물량도 증가하고 있는 것으로 나타났다. 국내 가공밤의 내수물량은 극히 소량이며, 가공형태도 주로 저급의 밤을 화염 박피하여 감로자, 다이스(칩형태), 앙금 형태로 가공하여 제과·제빵 업체의 부자재로 판매하고 있는 실정이다.

현재 수출용 원료밤(생밤) 가공·수출에 있어서는 박피 작업이 대부분 농가 외주에 의한 수작업에 전량 의존하고 있다. 한편, 높은 인건비에도 불구하고 박피 인력 확보에 어려움이 있으며, 노령목 비율 증가에 의한 등외품(충과, 부유밤) 증가로 원료밤의 품질 저하 문제 등으로 수출채산성이 악화되는 것이 문제점으로 나타났다.

일본시장의 밤 구매특성상 가공 밤의 크기와 형태 선호로 인해 수출용은 대(大) 등급 위주로 수출되고 있지만 일본내수시장에서도 경기침체 등의 이유로 밤 수요가 전반적인 감소추세를 나타내는 실정이며, 유럽 및 미국 등의 국가는 저가의 식품선호성향으로 수출시장 전망이 비관적인 것으로 나타났다.

국내 내수용의 경우에는 등외품을 가지고 가공한 품목을 공급하고 있는 실정이지만, 저가 중국산 가공 밤과의 가격경쟁에 어려움이 있을 것으로 예상되어 향후 국산 가공밤의 내수촉진을 위한 방안이 요구된다(표 5-15).

표 5-15. 깎밤 수출업체의 가공실태 현황

구 분	특 징
원료밤 수매	농협으로부터의 수매가 일반적(지속적 대량수매 가능)
구매부대비용	운송단위는 10톤 단위이며, 일반적으로 농협에 매입수수료를 지불(매입금액의 약 1%수준)
구매물량('02년 기준)	약 3,000톤 규모
등급별 구매물량	주로 대 위주로 구입
가공형태	90~95%이상 깎밤 가공, 5~10% 감로자 형태 가공
수 율	박피수율 : 40~52%, 선별감모율 : 3~11%
수출포장	12.5kg/켄(고형량)에 얼음과 물을 주입한 냉장저장
컨테이너	10~12톤/20ft(제품기준)
수출가격	크기별 등급에 따라 차등가격 적용
수출비용	컨테이너비, 해상운임, 수출서류관련비용, 기타부대비용
선적기한	일반적으로 12월 중순까지 선적이 완료
깎밤 가공기간	평균 100일

2. 밤 생산농가의 경영성과 분석

가. 조사농가의 개요

밤 조사농가의 경영성과를 파악하기 위해 밤 주산지인 공주·부여·충주·순천·광양·진주지역 등을 중심으로 조사권역을 설정하여, 각 권역별로 10개소씩 총 50농가를 임의 선정하여 2004년 2월 1일~5월 31일까지 실태조사를 실시하였으며, 그 결과, 5개 농가는 자료의 불충분과 밤나무 재배를 포기한 것으로 보여 분석대상에서 제외시켰다.

조사농가의 평균 재배면적은 13.6ha로 지역별로 충남지역이 17.4ha로 가장 크고, 다음으로 남부 주산단지인 전남과 경남지역이 13.3ha 정도를 나타냈다(표 5-16). 우리나라 가구당 평균 밤나무 재배면적인 2.1ha와 비교하면 재배면적이 매우 크게 나타났는데, 이는 밤 생산농가의 지역별 규모별 경영실태를 파악하기 위해서 재배규모별 비율을 고려하여 실태조사를 실시했기 때문이다.

표 5-16. 조사농가의 지역별 재배 현황

구 분	충남	충북	전남	전북	경남	평균
조사농가 수(명)	10	9	6	10	10	45
평균 재배면적(ha)	17.4	11.8	13.4	11.9	13.3	13.6
평균 재배본수(본/ha)	292	392	255	358	172	291
평균 재배수령(년생)	21	19	32	20	26	23

주: 조사농가 수는 지역별 합계임.

조사농가의 ha당 밤나무 평균 재배본수는 291본으로 우리나라 ha당 평균 재배본수인 351본보다 60본 적게 나타났다. 지역별로는 중부 주산단지(충남, 충북)가 남부 주산단지(전남, 경남)보다 ha당 재배본수가 더 많았고, 재배규모별로는 10ha이하 규모가 11ha이상 규모보다 ha당 재배본수가 더 많았다(표 5-17).

조사농가의 밤나무의 평균수령은 23년생으로 나타나, 우리나라 밤나무의 평균수령인 18년생보다 5년 더 노령화되었다. 지역별로는 전남 32년, 경남 26년, 충남 21년, 충북 19년, 전북 20년으로 남부 주산단지(전남, 경남)가 중부 주산단지(충남, 충북)보다 평균적으로 5~13년 정도 더 노령화된 것으로 조사되었다. 남부 주산단지의 경우 1960년대 말부터 밤나무재배가 실시되어 중부 주산단지에 비해 밤나무림의 많은 부분이 노령화 단계에 놓여 있다고 할 수 있다. 반면, 뒤늦게 밤이 식재되기 시작한 충청도 지역은 타 지역에 비해서 평균수령이 비교적 낮았다. 특히, 재배규모가 11~20ha에서 평균수령이 14~15년이었는데 1990년대 들어 이 규모에서 주업적인 밤나

무 재배가 실시된 것으로 판단된다.

표 5-17. 조사농가의 규모별 재배 현황

구 분	5ha이하	6~10ha	11~20ha	21ha이상	평균
조사농가 수(명)	12	11	14	8	45
평균 재배면적(ha)	3.9	8.0	15.1	32.3	13.6
평균 재배본수(본/ha)	339	324	276	241	291
평균 재배수령(년생)	25	22	23	30	23

주: 조사농가 수는 규모별 합계임.

나. 생산비¹⁾

조사농가의 ha당 생산비는 표 5-18에서 보는 바와 같이 평균 2,170천원으로 나타났다. 생산비 구성을 보면 인건비 즉 노동비(고용+자가)가 전체의 60.8%를 차지하고 있어 가장 높았고, 다음으로 중간재비 33.5%, 임차료 2.7% 등의 순이었다. 이와 같이 노동비의 비중이 가장 높은 것은 밤 수확 및 선별, 간별, 가지치기, 풀베기 등에 많은 노동력이 요구되기 때문이다. 또한, 노동력 투입은 밤 수확기인 9~10월경에 집중적으로 이루어지기 때문에 이 시기에 고용노동력의 의존율이 매우 높은 편이다.

조사농가의 ha당 생산비를 지역별로 살펴보면, 충남이 3,186천원, 충북이 2,309천원으로 평균 생산비를 상회하고 있는데 반해서 전북, 경남, 전남은 각각 1,942천원, 1,457천원, 1,309천원으로 평균 생산비를 하회하고 있다. 특히, 충남의 경우는 평균 생산비를 크게 상회하고 있는데 반해서 전남은 평균 생산비보다 40% 낮게 나타나 지역간의 ha당 생산비 차이는 큰 것으로 나타났다. 주산단지 비교에 있어서도 중부 주산단지(충남, 충북)와 남부 주산단지(전남, 경남)의 ha당 생산비 차이도 크게 나타났다. 이와 같은 현상은 지역별 밤나무 평균 수령 및 농가의 경영마인드 차이에 의한 것으로 풀이된다. 남부 주산단지의 밤나무 재배는 수익성을 높이기 위한 생산비 절감보다는 밤나무림의 노령화에 따른 관리소홀과 투자기피가 중부 주산단지보다 생산비가 크게 하회하고 있는 원인으로 판단된다. 즉, 조사농가의 ha당 생산비를 충남과 전남을 양분해서 비교해 보면 충남이 전남보다 ha당 생산비가 상대적으로 월등히 높음을 알 수 있다.

이와 같이 충남의 ha당 생산비가 전남보다 높게 나타난 것은 중간재비에서 비료비, 농약비, 기타비용이 현저하게 높을 뿐만 아니라 노동비 역시 높기 때문이다. 충남의 경

1) 생산비란 목적하는 생산물을 생산하기 위하여 소비된 재화나 노동력 및 기타 용역의 경제적 가치라고 정의된다. 일반 제조업분야에서는 원가(原價)라고 정의하나 임업분야에서는 원가라고 하지 않고 생산비라고 하는 것이 일반적이다. 따라서 생산비란 일정단위의 임산물을 생산하기 위하여 소비된 종자, 묘목, 비료, 농약, 제제료비, 인건비, 토지용역비, 자본용역비 등의 합계라고 할 수 있으며, 생산비 가운데 토지용역비와 자본용역비를 제외한 것을 기초생산비 혹은 협의의 생산비라고 한다.

우 밤 생산의 효율성을 높이기 위해 유기질비료 시비, 자력방제, 간벌, 가지치기 등 다양한 관리가 이루어지고 있지만, 전남은 화학비료 시비와 항공방제 실시 후 수확이전의 풀베기작업 등 단순한 관리차원에서 밤나무 재배를 실시하고 있다. 따라서 남부 주산단지의 경우 금후 적극적인 노령목 갱신과 함께 집약경영이 요구된다.

표 5-18. 지역별 ha당 평균생산비

(단위: 천원/ha)

구분		충남	충북	전남	전북	경남	평균		
생 산 비	영 비	중	320 (10.0)	221 (9.6)	106 (8.1)	174 (9.0)	163 (11.2)	212 (9.8)	
		간 재	비료비	154 (4.8)	126 (5.4)	26 (2.0)	124 (6.4)	66 (4.5)	107 (4.9)
			농약비	89 (2.8)	98 (4.3)	19 (1.5)	50 (2.6)	55 (3.8)	66 (3.1)
			광열비	438 (13.8)	344 (14.9)	217 (16.6)	334 (17.2)	296 (20.3)	342 (15.7)
			기 타	1,001 (31.4)	788 (34.1)	368 (28.2)	382 (35.1)	579 (39.7)	727 (33.5)
	비	계	47 (1.5)	466 (7.2)	19 (1.4)	63 (3.3)	11 (0.8)	59 (2.7)	
		임차료	1,579 (49.6)	626 (27.1)	356 (27.2)	627 (32.3)	406 (27.8)	814 (37.5)	
		고용노동비	2,627 (82.4)	1,579 (68.4)	743 (56.8)	1,366 (70.4)	996 (68.3)	1,599 (73.7)	
	자가노동비	434 (13.6)	685 (29.7)	546 (41.7)	539 (27.8)	403 (27.6)	506 (23.3)		
	유동자본용역비	60 (1.9)	34 (1.5)	15 (1.2)	30 (1.5)	21 (1.4)	35 (1.6)		
	고정자본용역비	65 (2.0)	10 (0.4)	4 (0.3)	6 (0.3)	38 (2.6)	30 (1.4)		
	계	3,186 (100.0)	2,309 (100.0)	1,309 (100.0)	1,942 (100.0)	1,457 (100.0)	2,170 (100.0)		

주: 1. ()는 구성비임.

2. 중간재비의 기타는 水利비, 제재료비, 소농구비, 修理비, 기타비용의 합계임.

한편, 조사농가의 ha당 생산비를 재배규모별로 살펴보면 표 5-19와 같이, 5ha이하가 2,774천원으로 가장 높고, 다음으로 6~10ha 2,389천원, 21ha이상 1,988천원, 11~20ha 1,710천원의 순으로 비교적 규모가 클수록 ha당 생산비가 낮게 나타나고 있어 규모의 경제성이 나타나고 있다. 특히, 5ha이하 규모에서 ha당 생산비가 높은 것은 노동효율이 낮은 자가노동 위주의 밤나무 재배가 이루어지고 있기 때문이다. 다만 11~

20ha에서 ha당 생산비가 가장 낮은 원인은 단순관리만을 하고 있는 남부 주산단지
 농가가 상대적으로 많이 포함되어 있기 때문이다.

표 5-19. 규모별 ha당 평균생산비

(단위: 천원/ha)

구분		5ha이하	6~10ha	11~20ha	21ha이상	평균		
생 산 비	경 영 비	중	비료비	200 (7.2)	242 (10.1)	143 (8.3)	212 (10.6)	212 (9.8)
		간 재 비	농약비	192 (6.9)	90 (3.8)	73 (4.3)	110 (5.5)	107 (4.9)
			광열비	86 (3.1)	86 (3.6)	60 (3.5)	49 (2.5)	66 (3.1)
			기타	400 (14.4)	439 (18.4)	274 (16.0)	295 (14.8)	342 (15.7)
			계	878 (31.7)	859 (35.9)	550 (32.1)	666 (33.5)	727 (33.5)
	비	임차료	80 (2.9)	97 (4.0)	63 (3.7)	39 (1.9)	59 (2.7)	
		고용노동비	578 (20.8)	643 (26.9)	573 (33.5)	883 (44.4)	814 (37.5)	
		계	1,536 (55.4)	1,598 (66.9)	1,186 (69.3)	1,587 (79.8)	1,599 (73.7)	
		자가노동비	1,180 (42.5)	734 (30.7)	484 (28.3)	327 (16.5)	506 (23.3)	
	유동자본용역비	34 (1.2)	33 (1.4)	26 (1.5)	36 (1.8)	35 (1.6)		
	고정자본용역비	24 (0.9)	24 (1.0)	15 (0.9)	38 (1.9)	30 (1.4)		
	계	2,774 (100.0)	2,389 (100.0)	1,710 (100.0)	1,988 (100.0)	2,170 (100.0)		

주 : 1. ()는 구성비임.

2. 중간재비의 기타는 水利비, 제재료비, 소농구비, 修理비, 기타비용의 합계임.

다. 소득 및 순수익²⁾

조사농가의 ha당 소득을 및 순수익을 살펴보면 표 5-20에서 보는 바와 같다.

2) 소득은 임산물의 생산과 판매를 통해 임가가 얻는 소득으로서 임업조수입에서 임업경영비를 빼면 구할 수 있다. 임업순수익은 임산물의 생산과 판매를 통해 얻은 이윤으로 임업조수입에서 임업생산비를 빼면 구할 수 있다. 임업소득률은 임업조수입에서 임업소득이 차지하는 비율을 말하며, 임업순수익률은 임업조수입에서 임업순수익이 차지하는 비율을 나타낸다. 임업소득률은 임업조수입에서 임업소득이 차지하는 비율로서 (임업순수익÷임업조수입)×100으로 구할 수 있고, 임업순수익률은 임업조수입에서 임업순수익이 차지하는 비율로서 (임업순수익÷임업조수입)×100으로 구할 수 있다.

ha당 밤 생산량은 우리나라 전국 평균인 1.3톤보다 적은 1.1톤으로 조수입은 4,229천 원/ha이었다. 여기에 ha당 평균 경영비 1,599천원을 제외하면 ha당 평균소득은 2,630천원에 소득률은 62.2%로 나타났다. 또한, ha당 평균 순수익을 보면 ha당 평균 생산비가 조수입을 50% 상회하는 2,170천원을 제외하면 ha당 평균 순소득은 2,059천원에 순수익률은 48.7%로 나타났다.

표 5-20. 지역별 소득분석 결과

구 분	충남	충북	전남	전북	경남	평균
생산량(kg/ha)	1,861	1,466	451	1,028	422	1,133
조수입(천원/ha)	7,626	5,675	1,770	2,879	1,327	4,229
경영비(천원/ha)	2,627	1,579	743	1,366	996	1,599
생산비(천원/ha)	3,186	2,309	1,309	1,942	1,457	2,170
소득(천원/ha)	4,999	4,095	1,026	1,513	331	2,630
부가가치(천원/ha)	6,625	4,887	1,401	2,197	748	3,502
소득률(%)	65.6	72.2	58.0	52.5	25.0	62.2
순수익(천원/ha)	4,440	3,366	461	937	-130	2,059
순수익률(%)	58.2	59.3	26.0	32.6	-9.8	48.7

주: 부가가치 (조수입-중간재비), 소득 (조수입-임업경영비), 소득률 (소득÷조수입×100), 순수익 (조수입-생산비), 순수익률 (순수익÷조수입×100).

지역별로 살펴보면, 충남과 충북의 경우 ha당 생산량은 평균치를 상회하는 1,861kg과 1,466kg를 보이고 있다. 따라서 ha당 조수입 역시 전체 평균조수입 4,229천원보다 45%와 25% 각각 높게 나타났다. 이에 반해서 전남과 경남은 ha당 생산량이 전체 평균보다 60%와 63% 낮은 451kg과 422kg를 나타내었다. 그 결과, ha당 조수입은 중부 주산단지(충남, 충북)와 남부 주산단지(전남, 경남)의 지역간에는 4~6배 정도의 큰 격차를 보였고, ha당 소득과 순수익 차이 또한 큰 것으로 나타났다. 특히, 경남의 경우에는 ha당 평균 생산비가 조수입을 상회하여 부(負)의 순수익을 보이고 있다.

이러한 원인은 밤 생산에 있어서 중요한 요인인 평균수령과 기상요인, 그리고 판매가격과 관련된 밤 품등생산 비율 및 판매시기 등에서 찾아 볼 수 있다. 남부 주산단지의 경우 앞에서 살펴본 바와 같이 밤나무 평균수령이 중부 주산단지와 비교하여 평균 5~13년 오래된 노령임분으로 구성되어 있어 ha당 밤 생산량이 적고, 이와 함께 2002~2003년도 남부지방을 강타한 태풍 루사와 매미 등 기상적인 요인으로 인한 생산량 감소가 남부 주산단지의 ha당 생산량이 타 지역에 비해 현저하게 낮은 주요 원인이라 할 수 있다.

표 5-21. 밤 출하시기별 가격 추이

(단위: 원/kg)

구분	2003년 9월	2003년 10월	2003년 12월	2004년 1월
평균가격	2,506	3,445	3,687	4,045
특대	3,571	4,771	5,429	6,500
대	3,243	4,220	4,643	4,964
중	2,210	3,050	3,175	3,280
소	1,000	1,740	1,500	1,435

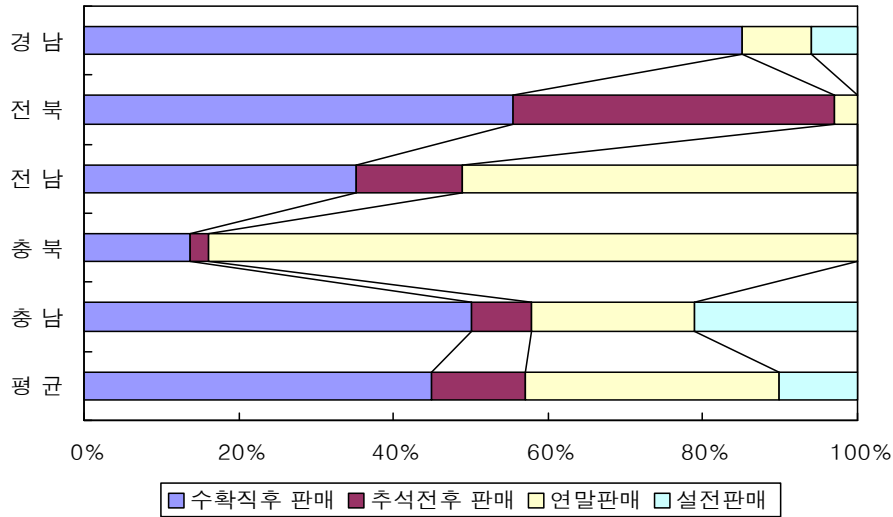


그림 5-6. 지역별 밤의 판매시기

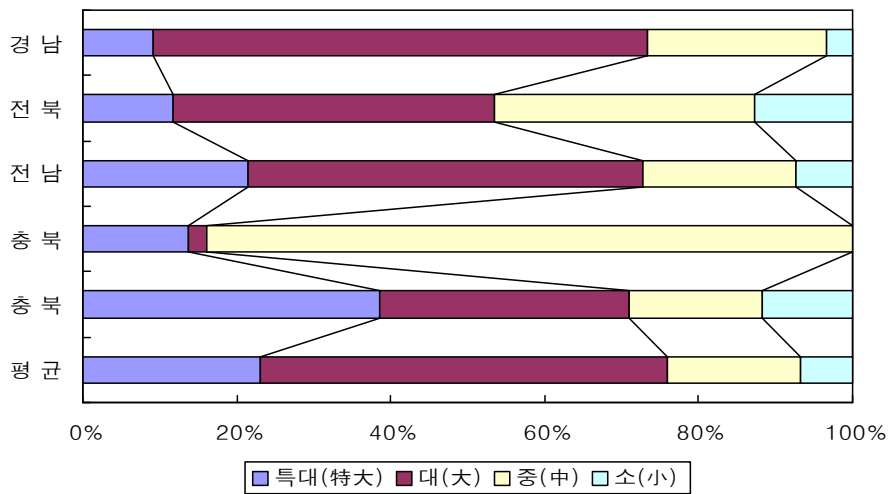


그림 5-7. 지역별 밤 품등생산 비율

또한, 단위면적당 밤 생산량과 함께 밤 품등비율 및 출하시기는 소득과 직결되는 중요한 인자이다. 그림 5-6에서 보는 바와 같이, 남부 주산단지와 비교하여 중부 주산단지가 특대(特大)품 생산비율이 높고, 수확한 밤을 저온저장고에 보관하였다가 밤 판매가격이 높은 추석전후나 연말에 판매하는 등 출하시기를 조절하고 있어 높은 소득을 올리는 것으로 나타났다(표 5-21, 그림 5-6, 5-7).

재배규모별로 살펴보면 표 5-22에서 보는 바와 같이, 5ha이하에서 ha당 생산량은 가장 많았음에도 불구하고 ha당 조수입은 3,456천원으로 가장 적게 나타났다. ha당 소득과 순수익 또한 1,920천원, 682천원으로 전체 평균보다 각각 27%, 67% 낮게 나타났다. 이와 대조적으로 11~20ha에서는 ha당 생산량이 전체 평균치를 하회하고 있지만 ha당 조수입은 4,280천원으로 가장 많았고, ha당 소득과 순수익 역시 3,094천원, 2,569천원으로 전체 평균보다 각각 18%, 25% 높게 나타났다. 이러한 원인은 5ha이하에서 특대(特大)품 생산비율이 가장 낮고, 또한 중·대규모 재배농가와 비교하여 저온저장시설이 갖추어져 있지 않아 대부분의 재배농가에서는 밤 가격이 가장 낮게 형성되어 있는 밤 수확 직후에 밤을 판매하고 있기 때문으로 분석되었다. 이와 비교하여 11~20ha에서는 타 재배규모에 비해서 상대적으로 특대(特大)품 생산비율이 가장 높고 밤의 판매시기 또한 수확직후 보다는 추석전후와 연말에 판매되는 비율이 높아 상대적으로 높은 조수입을 올리고 있기 때문이다.

표 5-22. 규모별 소득분석 결과

구 분	5ha이하	6~10ha	11~20ha	21ha이상	평 균
생산량(kg/ha)	1,237	898	1,117	1,008	1,133
조수입(천원/ha)	3,456	3,784	4,280	3,749	4,229
경영비(천원/ha)	1,536	1,598	1,186	1,587	1,599
생산비(천원/ha)	2,774	2,389	1,710	1,988	2,170
소 득(천원/ha)	1,920	2,186	3,094	2,163	2,630
부가가치(천원/ha)	2,578	2,925	3,730	3,084	3,502
소득률(%)	51.1	42.2	65.1	37.9	62.2
순수익(천원/ha)	682	1,395	2,569	1,762	2,059
순수익률(%)	8.8	10.5	46.6	20.1	48.7

주: 부가가치 (조수입-중간재비), 소득 (조수입-임업경영비), 소득률 (소득÷조수입×100), 순수익 (조수입-생산비), 순수익률 (순수익÷조수입×100)

이와 같이 분석한 결과에 의하면 밤나무 재배의 수익성을 높이기 위해서는 먼저 단위면적당 생산량을 높이고 생산비를 줄여나가는 노력이 필요하다. 또한, 충분한 밤나무 관리작업을 통해서 특대품 생산비율을 높이고, 이와 함께 생산된 밤은 수확직후보다는 판매가격이 높게 형성되는 추석전후나 연말에 판매하는 것이 밤 생산농가

의 수익성을 높일 수 있는 방안이라 할 수 있다.

라. 경영효율성³⁾

우리나라에서 일반적으로 사용되고 있는 경영효율성 지표는 소득, 소득률, 순수익, 순수익률, 노동생산성, 토지생산성, 자본생산성, 노동집약도, 자본집약도 등이 있다. 그러나 앞에서 소득, 소득률, 순수익, 순수익률을 살펴보았기 때문에 여기서는 그 이외의 경영효율성 지표에 대해서 살펴보기로 한다.

표 5-23. 지역별 경영효율성 지표

구 분	충남	충북	전남	전북	경남	평균
토지생산성(천원/ha)	6,625	4,887	1,401	2,197	748	3,502
노동생산성(천원/ha)	18.0	21.1	9.4	12.1	6.7	15.7
자 본 생 산 성	29.5	23.5	11.0	13.0	4.4	18.8
노동집약도(시간/ha)	367.2	231.2	148.6	181.6	111.6	223.4
자본집약도(천원/ha)	224.2	208.1	127.6	169.5	171.2	186.6

주: 토지생산성 (부가가치액÷토지면적), 노동생산성 (부가가치액÷노동투하시간), 자본생산성 (부가가치액÷자본액), 노동집약도 (노동투입시간÷토지면적), 자본집약도 (투입자본액÷토지면적)

조사농가의 경영효율성을 지역별로 살펴보면 표 5-23과 같다. 토지생산성은 충남과 충북이 각각 6,625천원/ha, 4,887천원/ha으로 타 지역에 비해서 상당히 높은 생산성을 보였다. 그리고 노동생산성에 있어서도 충남과 충북이 각각 18.0천원/ha, 21.1천원/ha으로 전남과 경남에 비해서 높은 생산성을 나타내었고, 자본생산성 또한 중부주산단지가 남부 주산단지와 비교하여 매우 높은 생산성을 나타내었다. 이러한 결과는 중부지역이 타 지역에 비해 집약경영으로 단위면적당 자본과 노동이 상대적으로 많이 투입되고 있지만 부가가치가 월등히 높기 때문에 나타났기 때문이다.

조사농가의 경영효율성을 재배규모별로 살펴보면, 토지생산성의 경우 재배규모가

3) 노동생산성은 노동투하 단위시간당 창출한 부가가치액으로서 '부가가치액÷노동투하시간'으로 구할 수 있다. 자본생산성은 생산을 위해 투자한 자본액 1단위당 산출되는 부가가치액으로서 '부가가치액÷자본액'으로 구할 수 있다. 여기서 자본액은 고정자본액을 의미하며 기계와 건물 등의 감가상각비가 여기에 해당된다. 토지생산성은 일정한 면적당 산출되는 부가가치액으로서 '부가가치액÷토지면적'으로 구할 수 있다. 노동집약도는 단위면적당 노동력 투입의 정도를 나타내는 지표로서 노동집약도가 높을수록 단위면적당 노동력 투입이 많다는 것을 나타내며, 이러한 품목의 생산을 위해서는 노동력을 충분히 확보할 수 있어야 유리하다. 노동집약도는 '노동투입시간÷토지면적'으로 구할 수 있다. 자본집약도는 단위면적당 자본액의 투입정도를 나타내는 지표로서 대체로 시설임업에서 자본집약도가 높다. 자본집약도가 높은 품목의 생산을 위해서는 충분한 자본을 확보할 수 있는 경우에 유리하며, 이의 계산방법은 '투입자본액÷토지면적'으로 구할 수 있다. 투입자본액은 자본생산성에서의 자본액과 마찬가지로 고정자본액을 의미하며, 기계와 건물 등의 감가상각비가 투입자본액에 해당된다.

클수록 단위면적당 투입되는 노동집약도와 자본집약도가 떨어지기 때문에 낮아지는 것이 일반적임에도 불구하고 표 5-24에서 보는 바와 같이 11~20ha에서 가장 높게 나타났고 5ha이하에서는 가장 낮게 나타났다. 이는 11~20ha 규모에 남부지역 농가가 많이 포함되어 있어 경영비가 타 재배규모에 비해 적었기 때문에 나타난 결과이다. 또한, 노동생산성과 자본생산성도 11~20ha 규모에서 가장 높게 나타났는데 이는 앞서 설명한 바와 같이 노동과 자본을 적게 투입해서 나타난 결과이다.

표 5-24. 규모별 경영효율성 지표

구 분	5ha이하	6~10ha	11~20ha	21ha이상	평균
토지생산성(천원/ha)	2,578	2,925	3,730	3,084	3,502
노동생산성(천원/ha)	9.5	11.1	19.3	12.4	15.7
자 본 생 산 성	20.5	18.5	54.1	21.7	18.8
노동집약도(시간/ha)	263.3	234.6	174.0	206.6	223.4
자본집약도(천원/ha)	187.5	271.9	147.8	165.1	186.6

주: 토지생산성 (부가가치액÷토지면적), 노동생산성 (부가가치액÷노동투하시간), 자본생산성 (부가가치액÷자본액), 노동집약도 (노동투입시간÷토지면적), 자본집약도 (투입자본액÷토지면적)

3. 저수고 전정 경제성 분석

가. 분석 방법

저수고 전정의 경제적 타당성을 분석하기 위해 저수고 전정에 의한 추가적인 비용과 추가적인 편익을 조사하여 저수고 전정 실시에 대한 비용·편익 분석을 실시하였다. 우선 저수고 전정에 대한 추가적인 비용을 산정하기 위하여 저수고 전정을 실시한 지역과 저수고 전정을 실시하지 않은 지역을 대상으로 비용을 조사한 후 추가적으로 투입된 비용을 계산하였다. 즉, 밤나무를 재배함에 있어서 처리구와 무처리구에서 행해지는 풀베기작업, 방제작업, 시비작업 등 공통적으로 실시되는 작업비용은 제외하고 저수고 전정시 처리구와 무처리구 사이에서 차이가 발생하는 정지전정 비용만을 추가 비용으로 계산하였다. 그리고 추가적인 편익도 투입비용 산정방식과 마찬가지로 처리구와 무처리구간에 발생하는 추가적인 편익 즉, 생산량, 등급별 생산비율을 조사하여 저수고 전정에 대한 편익의 증가분을 계산하였다.

한편, 금후에는 수입개방으로 인한 수입증가와 대일 수출 감소 등으로 인한 국내가격의 하락과 농촌사회의 고령화 등으로 인한 임금의 상승이 예상되고 있다. 따라서 앞으로 품등별 판매가격이 현재 보다 하락할 경우, 임금이 현재 보다 상승할 경우, 그리고 품등별 판매가격이 하락하고 임금은 상승하는 3가지 경우를 가정하여 가격 및 임금의 변화가 저수고 전정의 경제성에 미치는 영향을 검토하였다.

나. 조사지 개요

충주지역의 재배품종은 “이평”이며, 평균수령은 23년생으로 다른 지역에 비해 상대적으로 어리고, ha당 평균 재배본수는 171본이었다. 이 지역은 1980년대 후반 몇몇 선도농가에 의해 보급된 저수고 재배기술이 일반농가에서도 적용되고 있다. 공주지역의 재배품종은 “단택”이며, 평균수령은 21년생으로 시범지 중에서 가장 어리고 ha당 평균 재배본수도 118본으로 가장 적었다. 부여지역의 재배품종은 “유마”이며, 평균수령은 31년생으로 노령화되어 있고 ha당 평균 재배본수는 197본으로 다른 지역에 비해 가장 많았다. 2002년 중부지역을 강타한 태풍의 영향을 크게 받은 지역이다. 끝으로 진주지역의 재배품종은 “축과”, “단택”이며 평균수령이 38년생으로 시범지 중에서 가장 노령화되어 있고, ha당 재배본수는 131본이었다. 이 지역은 밤나무 흑별 및 천공성 해충의 피해를 많이 받고 있으며, 또한 시범지가 퇴적암 지대의 경사지에 위치하고 있어 생육조건이 매우 불량한 지역이다.

표 5-25. 저수고 전정 시범지 개황

지역	처리년도	품종	ha당 본수	처리본수	평균수령	방위	경사도
충북 충주	2001	이평	171	6	23	북향	20°
충남 공주	2001	단택	118	4	21	북서향	30°
충남 부여	2001	유마	197	6	31	서향	25°
경남 진주	2001	축과, 단택	131	10	38	북동향	35°

다. 경제성 분석

1) 추가비용

저수고 전정 시범지에 대한 투입비용은 일반 관행재배지와 비교하여 추가적으로 투입되는 비용만을 산출하였다. 산출방법은 제1세부과제에서 실시한 저수고 전정 및 정지전정 시범지에 대해 현지에서 작업노동력을 직접 계측하여 작성한 측정 자료를 이용하였다.

1년차 저수고 전정에 전지전정 2인1조(기계톱 1인, 보조 1인)로 작업하여 본당 8.1분이 소요되었고 잔가지 정리에 3인1조(기계톱 1인, 보조 2인)로 작업하여 본당 2.1분이 소요되었다. 단, 충주의 경우는 저수고 전정에 4인1조로 작업하여 본당 4.7분이 소요되었고 전정 잔가지 정리에 3인1조로 작업하여 본당 6.0분이 소요되었다. 이와 같이 충주지역의 작업시간이 적게 소요된 이유는 저수고 재배형태를 가지고 있어 정지전정 비용이 적게 들었기 때문이다. 충주지역을 제외한 타 시범지의 2년차 본당 비용은 1년차 본당 비용의 70%를 적용하였다. 부여지역은 수고가 높아 3년차

까지 저수고 전정 작업이 이루어져 2년차와 동일하게 추가비용이 소요되었다. 따라서 부여지역은 4년차부터, 타 시범지역은 3년차부터 저수고 수형유지를 위한 정지전정 작업에 ha당 3인이 소요되는 것으로 하였다. 이렇게 조사한 본당 작업시간에 1일 노동시간의 80%를 적용하고 각 시범지역의 ha당 평균본수와 임금을 적용하여 1년차 추가 노동투입비용을 산출하였다(표 5-26).

표 5-26. 추가비용

시범지역		저수고 전정		정지전정		합계
		원/본	원/ha	원/본	원/ha	원/ha
충주	1년차	2,635	450,656			450,656
	2년차	2,047	350,000			350,000
	3년차			2,047	350,000	350,000
	4년차			2,047	350,000	350,000
	5년차			2,047	350,000	350,000
공주	1년차	7,083	835,833			835,833
	2년차	4,917	580,167			580,167
	3년차			2,047	350,000	350,000
	4년차			2,047	350,000	350,000
	5년차			2,047	350,000	350,000
부여	1년차	7,083	1,395,417			1,395,417
	2년차	4,917	968,583			968,583
	3년차			4,917	968,583	968,583
	4년차			2,047	350,000	350,000
	5년차			2,047	350,000	350,000
진주	1년차	5,583	731,417			731,417
	2년차	3,750	491,250			491,250
	3년차			2,047	350,000	350,000
	4년차			2,047	350,000	350,000
	5년차			2,047	350,000	350,000

2) 추가편익

지역별 추가편익은 지역별로 처리구와 무처리구의 연차별 생산량 및 생산등급비율의 차이에 등급별 판매가격을 적용하여 계산하였다. 우선, 지역별 처리구와 무처리구의 연차별 생산량 및 등급비율을 살펴보면 다음과 같다.

충주지역의 처리구와 무처리구의 생산량 추이를 보면, 시업한 당년도(1년차)부터 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량 보다 높게 나타났고, 고품질 생산비율도 높게 나타났다. 이러한 이유는 충주지역이 이미 저수고 재배를 하고 있지만 새로운 정지전정 기술을 도입함으로써 생산성이 더 높아졌기 때문으로 보인다.

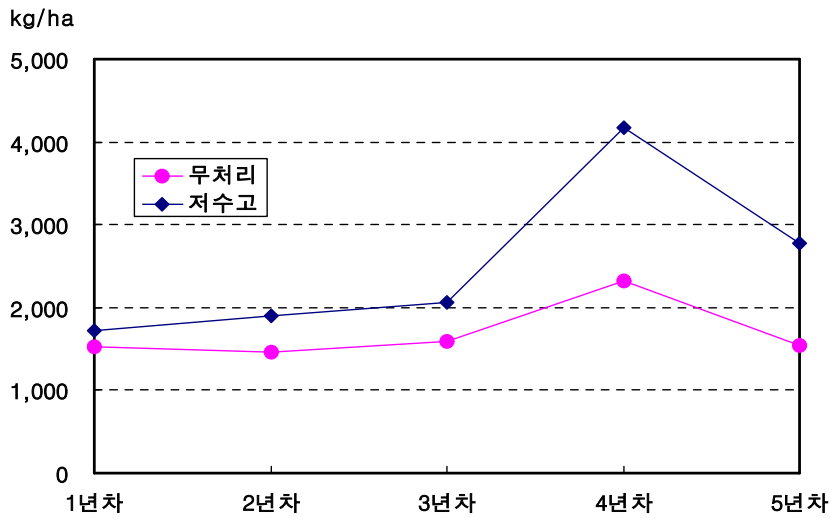


그림 5-8. 충주지역 이평 생산량 추이

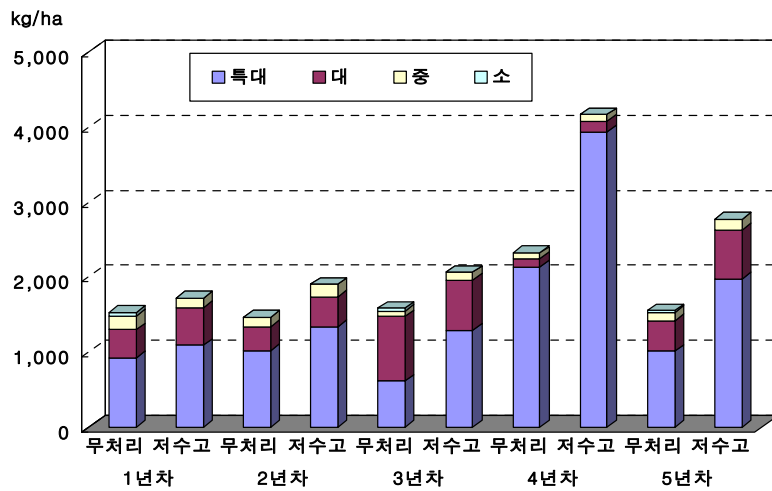


그림 5-9. 충주지역 이평 등급별 생산비율

공주지역은 1, 2년차에서 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량보다 적었으나 3년차부터 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량을 초과하기 시작하였다. 그러나 1년차부터 처리구에서 고품질별 생산비율이 무처리구보다 높게 나타났다. 한편, 5년차에 처리구와 무처리구 모두 생산량이 증가하는 것으로 나타났는데, 이것은 재배자가 기존의 시비관행과는 달리 유기질비료 위주로 시비량을 늘리고 무처리목의 일부 주지를 솎아내었기 때문으로 판단된다.

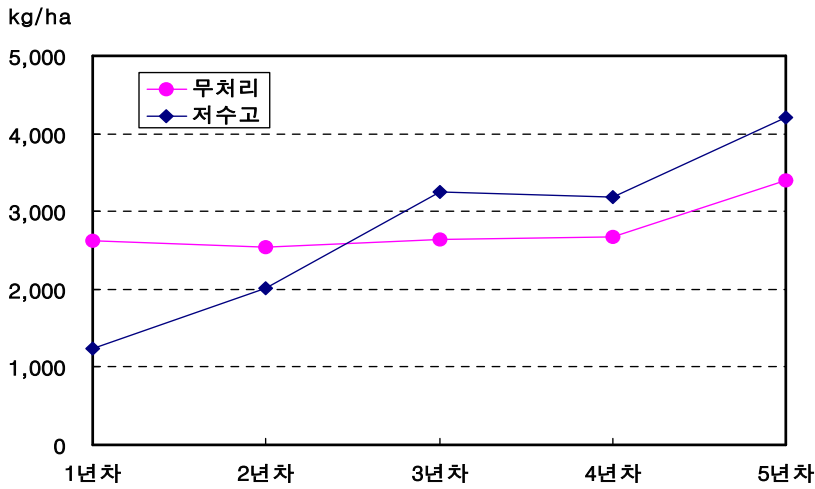


그림 5-10. 공주지역 단택 생산량 추이

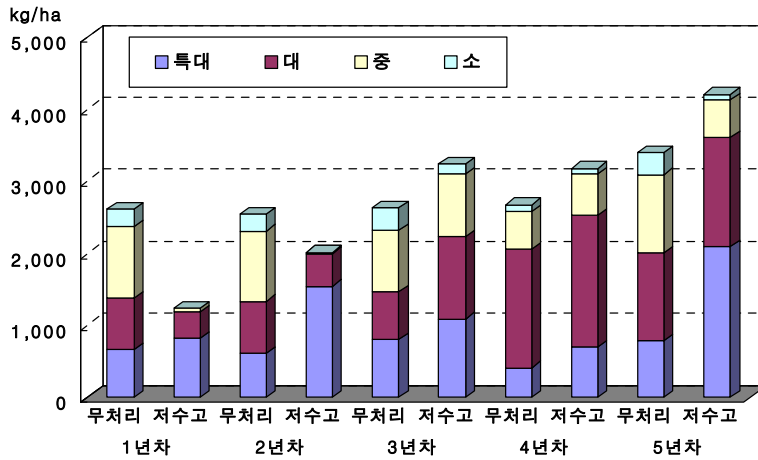


그림 5-11. 공주지역 단택 등급별 생산비율

부여지역은 저수고를 처리한 당해년도에만 무처리구에 비해 생산량이 적었으나 이후부터는 무처리구의 생산량을 초과하기 시작하였다. 이 지역 역시 고품질 생산비율은 1년차부터 무처리구에 비해 높게 나타났다. 한편, 2년차에 무처리구의 생산량이 크게 감소된 것은 무처리구의 수고가 높아 태풍피해의 영향을 크게 받았기 때문이다. 그리고 3년차에 저수고 수형유도지의 수확량이 약간 감소한 것은 수고를 연차적으로 낮추는 과정에서 주지의 절단으로 수관 결실면적이 축소된데 기인한다.

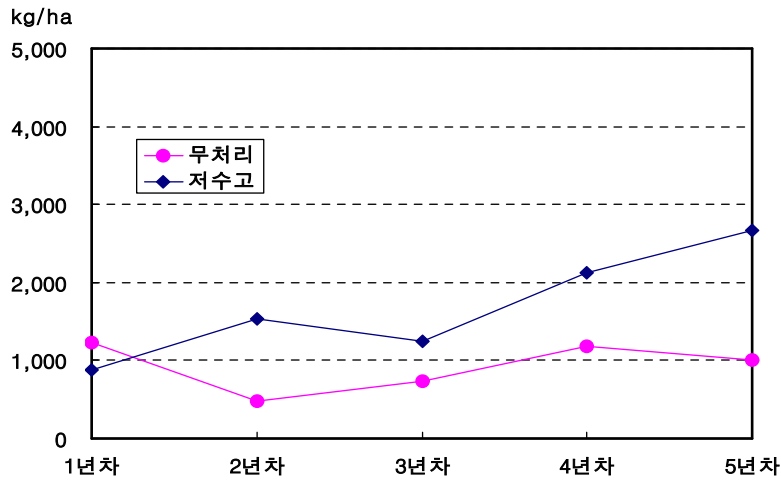


그림 5-12. 부여지역 유마 생산량 추이

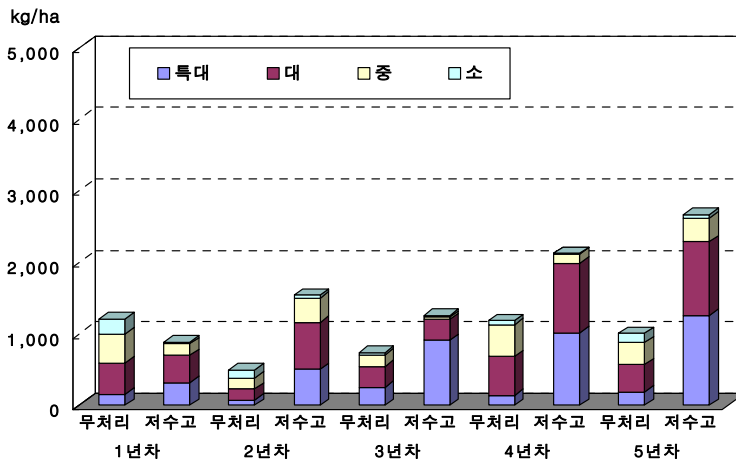


그림 5-13. 부여지역 유마 등급별 생산비율

진주지역의 축과 시험지는 1년차에 저수고 전정에 의해 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량보다 적었으나, 2년차에는 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량과 비슷하였다. 한편, 3년차에는 태풍 매미의 피해를 상대적으로 더 받은 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량보다 적었다. 4년차부터는 처리구에서 점진적인 생산량의 증가를 보여 주고 있는 반면에 무처리구에서는 생산량이 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같이 무처리구에서의 생산량 감소는 급속한 밤나무림의 노령화와 태풍피해 등의 후유증이 지속되었기 때문으로 판단된다. 그리고 등급별 생산비율을 보면, 처리구에서 특대 및 대의 생산비율이 높게 나타났다.

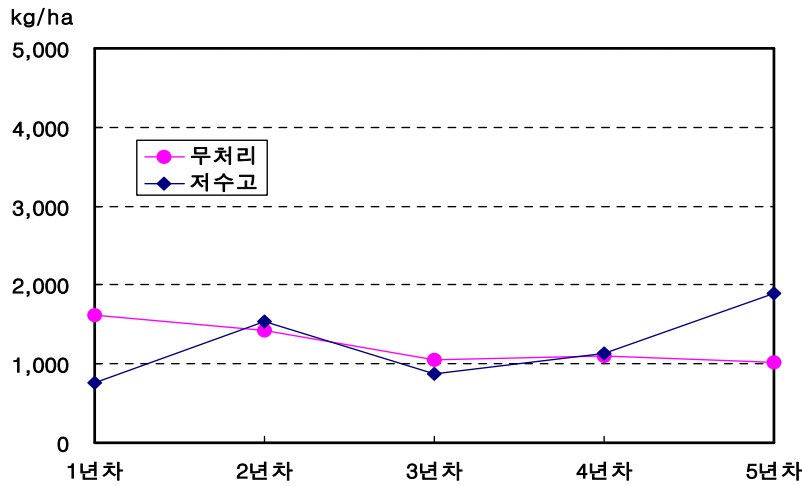


그림 5-14. 진주지역 축과 생산량 추이

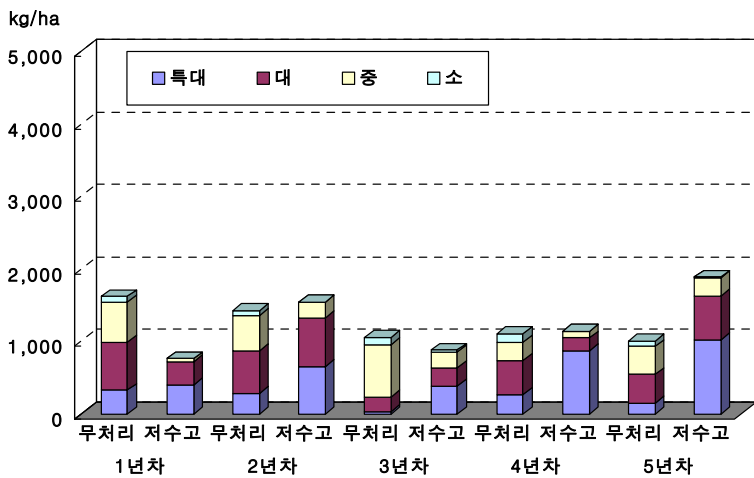


그림 5-15. 진주지역 축과 등급별 생산비율

진주지역 단택 시범지의 무처리구와 처리구의 생산량 추이는 공주지역의 생산량 추이와 비슷한 양상을 보였다. 즉, 2년차까지는 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량보다 적었으나 3년차부터 무처리구의 생산량을 초과하기 시작하였다. 한편, 4년차에 처리구의 생산량이 전년도에 비해 감소한 것으로 나타났는데, 이는 격년결실과 전정과정에서 결과모지를 과다하게 제거한 것이 원인으로 판단된다. 등급별 생산비율에 있어서는 위의 다른 지역과 같이 처리구에서 고품질 등급비율이 상대적으로 높게 나타났다.

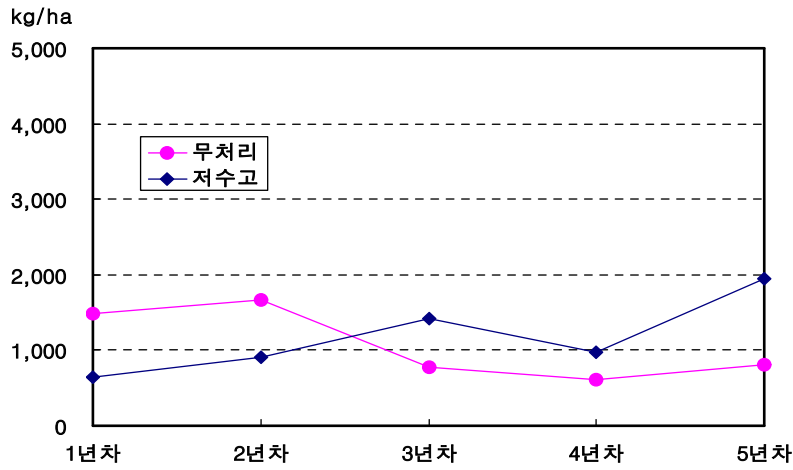


그림 5-16. 진주지역 단택 생산량 추이

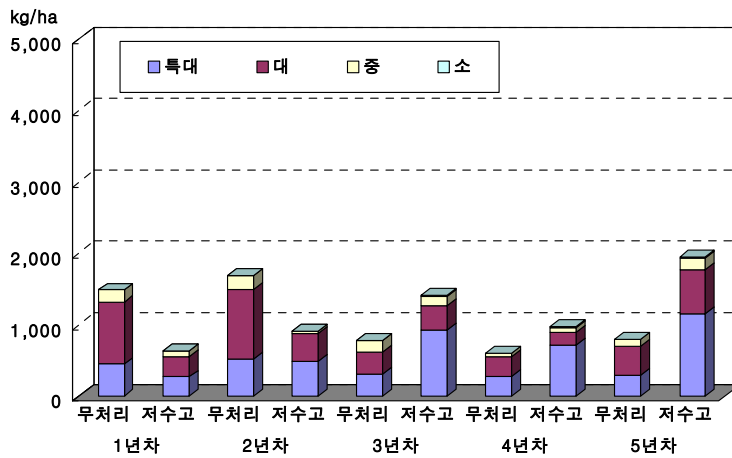


그림 5-17. 진주지역 단택 등급별 생산비율

2001년부터 5년 동안 충주지역을 제외한⁴⁾ 공주, 부여, 진주지역의 평균 생산량 추이를 살펴보면 그림 5-18과 같다. 충주지역을 제외한 전체 조사지역의 저수고 처리구는 점차적으로 일정하게 생산량이 증가하는 추세를 나타냈다.

4) 우리나라 쌀 주산지 중 한 곳인 충주지역은 단위면적당 생산량이 가장 높다. 이는 다른 지역보다 밤나무의 수령이 상대적으로 어린 영향도 있지만 1980년대 후반 몇몇 선도농가에 보급된 저수고 전정기술이 지역내에 정착되어 있기 때문이다.

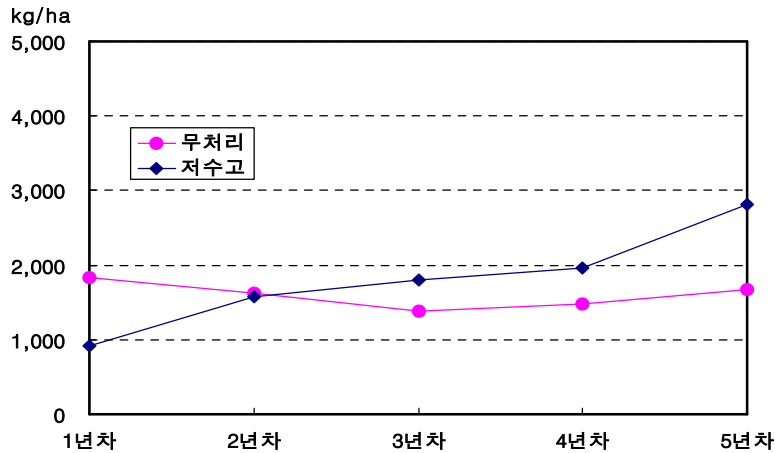


그림 5-18. 전체조사지역의 평균 생산량 추이

그림 5-18에서 보는 바와 같이 1년차에 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량보다 낮게 나타났으나 2년차에는 무처리구의 생산량과 비슷하였고, 3년차부터는 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량을 초과하고 있는데 그 차이가 커지는 것으로 나타났다. 등급별 생산비율은 처리구가 무처리에 비해 특대와 대의 품등 점유율이 현저하게 높았다.

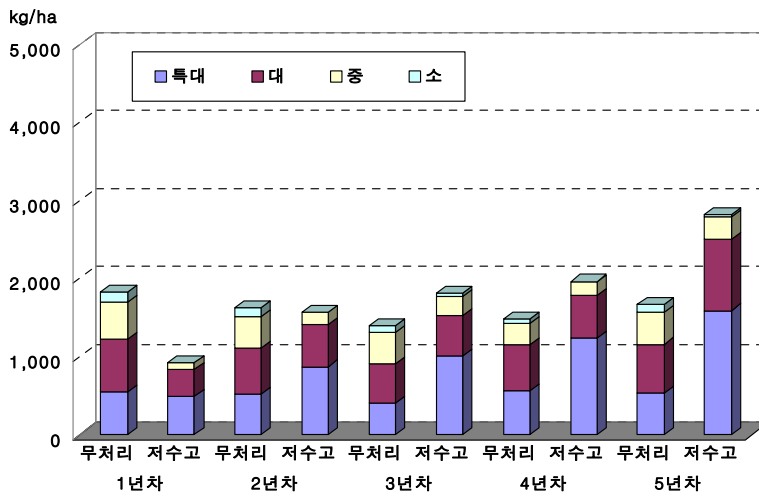


그림 5-19. 전체조사지역의 평균 등급별 생산비율

이러한 결과에 기초하여 표 5-27과 같이 품등별 평균 판매가격을 적용하여 지역별 저수고 전정 시범지에 대한 연차별 편익을 계산하였다. 추가적인 편익은 지역별로 처리구의 편익에서 무처리구의 편익을 빼서 계산하였다.

표 5-27. 품등별 평균 판매가격(2004)

품 등 별	특대	대	중	소
가격(원/kg)	2,852	2,285	1,543	1,008

자료: 국립산림과학원 조사자료(9월부터 익년 1월까지 평균가격)

표 5-28. 지역별 추가편익

(단위: 천원/ha)

지역	품종	처리방법	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
충주	이평	저수고(A)	4,453	4,986	5,371	11,690	7,345
		무처리(B)	3,816	3,828	3,867	6,452	4,003
		차이(A-B)	636	1,157	1,504	5,238	3,342
공주	단택	저수고(A)	3,257	5,461	7,202	7,139	10,302
		무처리(B)	5,300	5,140	5,436	5,838	7,011
		차이(A-B)	-2,043	321	1,766	1,301	3,291
부여	유마	저수고(A)	2,036	3,495	3,317	5,309	6,491
		무처리(B)	2,271	900	1,662	2,372	2,002
		차이(A-B)	-235	2,595	1,655	2,937	4,489
진주	축과	저수고(A)	1,938	3,726	2,040	3,026	4,694
		무처리(B)	3,372	2,968	1,766	2,343	2,003
		차이(A-B)	-1,434	758	274	683	2,691
	단택	저수고(A)	1,548	2,321	3,641	2,563	4,958
		무처리(B)	3,522	4,002	1,833	1,492	1,918
		차이(A-B)	-1,974	-1,681	1,808	1,071	3,040

지역별로 처리구와 무처리구의 연차별 편익과 추가적인 편익을 정리한 것이 표 5-28과 같다. 충주지역은 앞에서 설명한 바와 같이 밤나무 저수고 재배기술이 일찍부터 정착된 상황이지만 새로운 전정기술을 도입함으로써 처리구의 생산량이 더 많았고 고품질 생산비율도 높아 편익이 더 높게 나타났다. 공주지역은 2년차에 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량보다 적었음에도 불구하고 편익이 높게 나타났는데 이는 2년차에 처리구의 생산량 중 고품질 비율이 무처리구보다 높았기 때문이다. 부여지역은 2년차부터 처리구의 생산량이 무처리구의 생산량보다 더 많아 편익이 높게 나타났다. 진주지역의 단택도 같은 이유에서 3년차 때의 처리구의 편익이 무처리구의 편익보다 높게 나타났다.

3) 경제성 분석결과

가) 지역별 경제성 분석결과

충남 공주 등 4개 시범지에 대한 비용·편익 분석결과는 표 5-29와 같다. 충주 시범지는 할인율 10%에서 추가편익의 현재가치 합은 9,149천원/ha, 추가비용의 현재가치 합은 1,560천원/ha으로 추가편익의 현재가치 합이 추가비용 현재가치 합보다 크게 나타나 저수고 전정에 따른 경제성이 있는 것으로 보인다.

표 5-29. 지역별 B/C 분석결과

지역	연차별	추가편익의 현재가치 (천원/ha)	추가비용의 현재가치 (천원/ha)	순현재가치 (NPV) (천원/ha)	B/C율	IRR
충주(이평)	1년차	636	451	185	5.86	
	2년차	1,052	318	734		
	3년차	1,243	289	954		
	4년차	3,935	263	3,672		
	5년차	2,283	239	2,044		
	계	9,149	1,560	7,589		
공주(단택)	1년차	-2,043	836	-2,879	1.36	18.2
	2년차	292	527	-236		
	3년차	1,460	289	1,170		
	4년차	977	263	714		
	5년차	2,248	239	2,009		
	계	2,934	2,155	779		
부여(유마)	1년차	-236	1,395	-1,631	2.45	96.1
	2년차	2,359	881	1,479		
	3년차	1,368	800	568		
	4년차	2,207	263	1,944		
	5년차	3,066	239	2,827		
	계	8,764	3,578	5,186		
진주(축파)	1년차	-1,434	731	-2,165	0.93	8.0
	2년차	689	447	242		
	3년차	226	289	-63		
	4년차	513	263	250		
	5년차	1,837	239	1,598		
	계	1,832	1,969	-138		
진주(단택)	1년차	-1,975	731	-2,706	0.44	
	2년차	-1,528	447	-1,975		
	3년차	1,494	289	1,205		
	4년차	805	263	542		
	5년차	2,077	239	1,838		
	계	873	1,969	-1,096		

주: 1. 추가편익, 추가비용, 순현재가치는 할인율 10%를 적용한 경우임
 2. IRR에 있어 충주(이평)는 추가편익이 추가비용을 1년차부터 초과하고, 진주(단택)은 추가비용이 추가편익을 초과하기 때문에 계산할 수 없었음

그리고 충주지역에 있어서 내부투자수익율(IRR)은 산출할 수 없었는데 이는 저수고 처리구가 무처리구에 비해 1년차부터 편익이 비용보다 높게 나타났기 때문이다. 따라서 이미 저수고 재배를 하고 있다 할지라도 새로운 저수고 전정기술을 도입한다면 당년도부터 투자비용을 회수할 수 있는 것으로 분석되었다.

공주 시범지는 할인율 10%에서 순현재가치(NPV)가 779천원/ha으로 분석되었고 B/C율은 1.36으로 분석되어 저수고 전정 투자는 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 한편, 내부투자수익율은 18.2%로 분석되었다. 부여 시범지도 할인율 10%에서 순현재가치(NPV)가 5,186천원/ha, B/C율은 2.45로 나타났으며, 내부투자수익율은 96.1%로 매우 높은 경제성을 보였다.

한편, 진주 축과 시범지와 단택 시범지는 할인율 10%에서 순현재가치가 각각 -138천원/ha, -1,096천원/ha으로 나타나 경제성이 없는 것으로 분석되었다. 축과 시범지의 내부투자수익율은 8.0%로 분석되었으나 단택시범지는 저수고전정에 의한 1, 2년차 손실이 너무 커 0%의 할인율에도 5년차까지의 추가비용의 합이 추가편익의 합을 상회하는 것으로 나타나 저수고 전정에 대한 투자는 경제성이 없는 것으로 분석되었다. 이렇게 진주지역이 다른 지역에 비하여 경제성이 낮은 이유는 밤나무림이 매우 노령화되어 있고 수세가 약할 뿐만 아니라 퇴적암 지대의 경사지에 위치하고 토심이 얇아 정지전정 후 정상적인 생육이 어려웠기 때문으로 판단된다.

그러나 위의 분석결과는 5년차까지의 연구결과에 기초한 것이며, 금후 저수고 전정에 의한 생산량 증대 및 품질개선 효과가 지속될 것이고 한편으로는 적정분수를 유지하기 위한 간벌 등 추가적인 작업에 따른 비용도 소요될 것이므로 지속적인 모니터링을 통해 저수고 전정에 대한 경제적 타당성을 검토할 필요가 있다.

나) 전체 평균

충주지역을 제외한 공주, 부여, 진주지역 시범지 전체에 대한 비용·편익 분석결과는 표 5-30과 같다. 할인율 10%에서 순현재가치가 916천원/ha, B/C율은 1.36으로 분석되었고, 내부투자수익율은 19.8%로 분석되었다. 따라서 저수고 전정에 대한 투자는 전체 평균적으로 볼 때 경제성이 있는 것으로 판단된다.

표 5-30. 전체 평균 B/C 분석결과

연차별	추가편익의 현재가치 (천원/ha)	추가비용의 현재가치 (천원/ha)	순현재가치 (NPV) (천원/ha)	B/C율	IRR
1년차	-1,653	988	-2,641	1.36	19.8
2년차	368	618	-250		
3년차	1,215	460	755		
4년차	1,215	263	952		
5년차	2,339	239	2,100		
계	3,484	2,567	916		

주: 1. 추가편익, 추가비용, 순현재가치는 할인율 10%를 적용한 경우임
 2. 충주를 제외한 공주, 부여, 진주지역의 평균임

라. 감응도 분석

1) 가격의 변화

최근 몇 년 동안 국내 밤 가격은 매우 높은 수준을 유지하였다. 이것은 수확시기에 태풍 등에 의한 피해로 수확량이 감소하여 가격이 상승한 것으로 생각된다. 그러나 WTO 협상에 의한 수입개방 확대 요구와 주요 수출시장인 일본내의 소비감소로 인하여 수출 감소가 예상되어 앞으로 밤 가격은 약간 하락할 것으로 예상된다. 따라서 앞으로 밤 가격이 10% 하락하는 경우를 가정하여 경제성을 분석하였고 그 결과는 표 5-31과 같다. 밤 가격이 10% 하락할 경우에도 진주지역을 제외한 다른 지역은 저수고 전정에 대한 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 지역별로 보면, 충주지역이 가장 경제성이 높게 나타났으며, 다음으로 부여, 공주 순으로 경제성이 높았다.

표 5-31. 밤 가격 하락에 따른 감응도 분석 결과

지역	추가편익 현재가치의합 (천원/ha)	추가비용 현재가치의합 (천원/ha)	순현재가치 (NPV) (천원/ha)	B/C율	IRR
충주(이평)	7,853	1,560	6,293	5.03	347.7
공주(단택)	2,640	2,155	485	1.23	15.5
부여(유마)	7,888	3,578	4,310	2.20	82.9
진주(축파)	1,649	1,969	-320	0.84	5.0
진주(단택)	786	1,969	-1,184	0.40	
전체 평균	3,135	2,567	568	1.22	16.5

주: 1. 추가편익, 추가비용, 순현재가치는 할인율 10%에서 합계한 금액임
 2. IRR에 있어 진주(단택)는 추가비용이 추가편익을 초과하기 때문에 계산할 수 없었음
 3. 전체 평균은 충주를 제외한 공주, 부여, 진주지역의 평균임

2) 임금의 변화

국내 노동력 부족으로 임금은 꾸준히 상승하여 1980년대에는 평균 13% 상승, 1990년에는 평균 8% 정도 상승하였고 최근에는 5% 정도 상승한 것으로 나타났다. 이와 같이 임금이 계속 상승하고 있기 때문에 본 연구에서는 임금이 10% 상승하는 경우를 가정하여 임금의 변화에 대한 감응도 분석을 실시하였다. 표 5-32에서 보는 바와 같이 임금이 10% 상승에도 불구하고 진주지역을 제외한 다른 지역은 경제성이 있는 것으로 나타났다. 가격이 10% 하락할 경우와 비교해 보아 큰 차이가 없지만 임금 상승에 따른 영향보다 가격하락에 따른 영향이 약간 크게 나타났다.

표 5-32. 임금 상승에 따른 감응도 분석 결과

지역	추가편익 현재가치의합 (천원/ha)	추가비용 현재가치의합 (천원/ha)	순현재가치 (NPV) (천원/ha)	B/C율	IRR
충주(이평)	9,149	1,716	7,433	5.33	
공주(단택)	2,934	2,370	564	1.24	15.8
부여(유마)	8,764	3,936	4,828	2.23	84.1
진주(축과)	1,832	2,166	-334	0.85	5.3
진주(단택)	873	2,166	-1,293	0.40	
전체 평균	3,484	2,824	660	1.23	16.8

- 주: 1. 추가편익, 추가비용, 순현재가치는 할인율 10%에서 합계한 금액임
 2. IRR에 있어 충주(이평)는 추가편익이 추가비용을 1년차부터 초과하고, 진주(단택)은 추가비용이 추가편익을 초과하기 때문에 계산할 수 없었음
 3. 전체 평균은 충주를 제외한 공주, 부여, 진주지역의 평균임

3) 가격 및 임금의 변화

앞으로 밤 가격이 10% 하락하고 임금이 10% 상승할 경우에 저수고 전정에 대한 경제성을 분석한 결과는 표 5-33과 같다. 할인율 10%에서 순현재가치는 충주가 6,136천원/ha, 공주가 270천원/ha, 부여가 3,952천원/ha으로 나타나 저수고 전정에 대한 투자는 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 내부투자수익율은 충주 298.3%, 공주 13.0%, 부여 71.8%로 분석되어 저수고 전정에 대한 투자는 매우 경제성이 높은 것으로 판단된다.

표 5-33. 가격 하락 및 임금 상승에 따른 감응도 분석결과

지역	추가편익 현재가치의합 (천원/ha)	추가비용 현재가치의합 (천원/ha)	순현재가치 (NPV) (천원/ha)	B/C율	IRR
충주(이평)	7,853	1,716	6,136	4.58	298.3
공주(단택)	2,640	2,370	270	1.11	13.0
부여(유마)	7,888	3,936	3,952	2.00	71.8
진주(축과)	1,649	2,166	-518	0.76	2.1
진주(단택)	786	2,166	-1,380	0.36	
전체 평균	3,135	2,824	311	1.11	13.5

- 주: 1. 추가편익, 추가비용, 순현재가치는 할인율 10%를 적용한 경우임
 2. IRR에 있어 진주(단택)는 추가비용이 추가편익을 초과하기 때문에 계산할 수 없었음
 3. 전체 평균은 충주를 제외한 공주, 부여, 진주지역의 평균임

4. 요약 및 정책제언

밤은 우리나라 농산촌의 주요 소득품목의 하나로서 생산과 수출 양면에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 남부지역은 밤나무림의 노령화로 인하여 과실의 품질저하, 수확량 감소 등 경영여건은 매우 악화되고 있다. 그렇지만 최근 몇 년 동안 경남, 전남지역보다 충남·북지역에서 밤나무 조림면적이 증가하고 있고 생산량에 있어서도 경남, 전남지역은 감소하는 반면 충남·북지역은 증가하고 있다. 수출에 있어서 예전에는 주로 깡밤수출이 대부분이었으나 현재는 깡밤보다는 생밤의 수출이 증가하고 있는 것으로 나타났는데 이것은 중국의 싼 노동력을 이용하여 깡밤으로 가공하여 다시 일본으로 재수출하기 때문으로 보인다. 그리고 수입은 매년 증가하고 있으며, 특히 냉동밤의 수입이 크게 증가하고 있는데 이는 냉동밤에 적용되는 관세율이 30%로 최소시장접근물량내에 적용되는 관세율 50%보다 낮기 때문으로 보인다. 이와 같이 국내 밤 산업은 남부지역의 밤나무 노령화로 인한 품질저하와 인건비 상승 등으로 부가가치가 높은 깡밤의 수출은 점차 감소하고 있는 반면에 수입은 지속적으로 증가하고 있는 실정이다.

이러한 가운데 밤 생산농가의 경영성과를 분석한 결과, 조사농가의 ha당 생산비는 평균 2,170천원이었고 이중에서 노동비가 전체의 60.8%를 차지하였다. 그리고 조사농가의 ha당 생산비를 지역별로 살펴보면, 충남이 3,186천원, 충북이 2,309천원으로 평균 생산비를 상회하고 있는데 반해서 전북, 경남, 전남은 평균 생산비를 하회하고 있다. 이러한 현상은 지역별 밤나무 평균 수령 및 농가의 경영마인드 차이에 의한 것으로 남부 주산단지의 밤나무 재배는 수익성을 높이기 위한 생산비 절감보

다는 밤나무림의 노령화에 따른 관리소홀과 투자기피가 중부 주산단지보다 생산비가 크게 하회하고 있는 원인으로 판단된다.

조사농가의 ha당 조수입은 평균 4,229천원이었고, 소득은 평균 2,630천원에 소득률은 62.2%로 나타났다. 그리고 조사농가의 ha당 조수입을 지역별로 보면, 충남과 충북의 ha당 조수입은 전체 평균조수입 4,229천원보다 45%와 25% 각각 높게 나타난 반면에 전남과 경남의 ha당 조수입은 충남, 충북에 비하여 4~6배 정도 낮은 것으로 나타났다. 이러한 현상은 남부지역의 밤나무림 노령화와 2003년도에 남부지역을 강타한 태풍의 영향으로 인한 ha당 밤 생산량의 감소가 주요 원인으로 생각된다.

저수고 전정 시범지에 있어서 할인율 10%에서 계산한 순현재가치는 충주가 7,589천원/ha, 공주가 779천원/ha, 부여가 5,186천원/ha으로 나타나 저수고 전정에 대한 투자는 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 특히, 충주지역은 1년차부터 추가편익이 추가비용을 초과하는 것으로 나타나 내부투자수익율(IRR)은 계산할 수 없을 정도로 투자 경제성이 매우 높았다. 공주 시범지의 내부투자수익율은 18.2%, 부여 시범지의 내부투자수익율은 96.1%로 분석되었다. 한편, 진주 축과 시범지의 저수고 전정에 대한 투자의 내부투자수익율은 8.0%로 분석되었고, 진주 단택 시범지는 0%의 할인율에서도 추가비용의 합이 추가편익의 합을 초과하였다. 따라서 진주지역은, 특히 단택 재배지는 저수고 전정에 대한 투자가 경제성이 없는 것으로 분석되었다. 한편, 현재보다 밤 가격이 10% 하락하고 동시에 임금이 10% 상승하는 경우에도 진주지역을 제외하고는 저수고 전정에 대한 투자가 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

앞으로 밤나무 저수고 전정 기술 도입으로 생산량 증가와 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 이에 따라 국내 생산량의 증가와 품질의 향상으로 WTO 시장개방 속에서도 국내 밤 산업이 경쟁력을 유지하는데 도움이 될 것으로 예상된다. 그러나 수출경쟁국인 중국이 밤나무 재배면적을 확대하고 있고 우리나라의 주요 수출시장인 일본으로 수출이 감소하고 있는 상황에서 새로운 정지전정 기술로 인한 국내생산량의 증가는 국내 가격의 하락을 초래 할 수도 있을 것이다. 따라서 국내소비 및 수출확대 방안을 모색해야 할 것이다.

그러나 장기적으로는 생산조정을 통한 가격안정 및 소득안정 정책을 추진할 필요가 있다. 본 연구에서 나타난 결과와 같이 현재 남부지역은 밤나무림이 노령화되어 경제성이 다른 지역에 비하여 낮으므로 이들 지역을 우선적으로 다른 작목으로 전환시키거나 폐원을 시켜 국내 생산량 및 가격을 적정 수준으로 유지하는 방안이 필요하다. 고령화된 밤나무 재배자의 은퇴와 생산력이 떨어지는 노령목 폐기를 유도하여 밤 재배를 중지하도록 하되 타 수종 조림으로 전환할 경우 이에 따른 소득 손실 보전의 한 방편으로 밤생산조정 직불제(가칭)를 실시할 필요가 있다.

또한, 국제사회에서 식품의 안정성에 대한 검사가 강화되고 있는 현실과 수출지

향적인 밤 산업의 여건을 고려할 때 식품으로서 밤의 안정성을 강화하기 위한 다양한 노력이 필요하다. 뿐만 아니라 국내 소비자들이 건강에 대한 관심이 증대되면서 안전한 친환경임산물에 대한 수요도 지속적으로 증가하고 있어 생산이력제의 도입과 친환경임산물 인증제의 시행을 위한 제도적 장치가 마련되어야 할 것이다.

제 6 절 스프링클러시스템을 이용한 밤나무관리기술 개발

1. 스프링클러시스템의 적정모델 개발

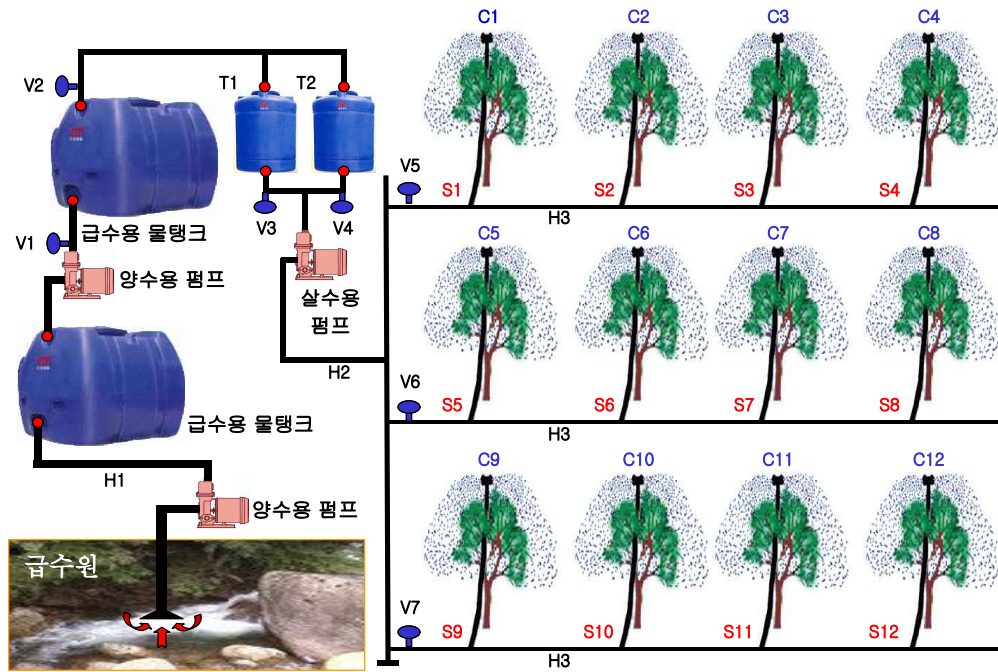
가. 적정모델의 탐색

밤 과실의 주요 해충인 복숭아명나방(peach pyralid moth) 및 밤바구미(chestnut curculio)와 밤나무혹벌(chestnut gall wasp) 등 밤나무의 문제해충들을 효율적으로 방제할 뿐만 아니라 밤 수확기에 있어서의 관수에 의한 적절한 토양수분관리와 엽면시비 등을 통하여 밤나무의 수세회복 및 생산성 향상을 도모할 수 있는 종합관리 체계의 스프링클러시스템 개발을 검토하였다. 특히 현재 조성되어 있는 밤나무 재배지에 대한 약제살포, 시비 등 재배조건을 불리함을 최대한 극복할 수 있도록 역점을 두었다. 따라서 스프링클러시스템의 적정모델을 탐색하기 위하여 시험대상지의 선정은 4가지 조건 즉, 첫째 밤나무 재배지와 인접하여 급수원이 있을 것, 둘째 스프링클러시스템을 가동할 수 있는 전원이 있을 것, 셋째 스프링클러시스템의 설치 및 관리가 가능할 것, 넷째 스프링클러시스템에 의한 충분한 연구가 수행될 수 있을 것 등을 고려하여 선정하였다.

나. 적정모델의 개발

약제살포, 관수, 엽면시비 등 밤나무 재배지를 종합적으로 관리하기 위하여 최종적으로 개발된 스프링클러시스템의 모델은 그림 6-1과 같다. 즉 밤나무의 주요 해충인 밤바구미, 복숭아명나방, 밤나무혹벌의 피해를 효과적으로 방제할 수 있을 뿐만 아니라 인공강수에 의한 토양수분관리 및 엽면시비에 의한 수목의 활력증진 등 밤나무재배의 종합관리가 가능한 스프링클러시스템이 개발되었다. 본 시스템은 경기도 여주군 강천면 소재의 35년생 밤나무 재배지(수고 10-14m) 2ha와 경남 산청군 신안면 소재의 15년생 밤나무 재배지(수고 3-8m) 1ha에 적합하도록 개발되었으나, 급수원 및 스프링클러시스템을 가동할 수 있는 전원의 공급이 가능한 대부분의 밤나무 재배지에서 적용될 수 있도록 하였다.

스프링클러시스템의 원리는 밤나무의 수관상부에 분당 1개씩의 스프링클러를 고정설치하고, 이를 이용하여 밤바구미, 복숭아명나방 등의 밤 종실해충과 밤나무혹벌의 성충우화기 및 유충기에 수관약제살포에 의하여 효과적으로 해충방제를 실시할 수 있도록 하였다. 한편, 적정한 관수와 엽면시비를 실시하여 밤의 증수 및 품질을 향상시킬 수 있는 소위 밤나무 종합관리시스템으로써 본 시스템은 금후 밤나무 관리에 아주 효율적으로 활용될 것으로 평가되고 있다.



< 범 례 >

C1-C12 : 스프링클러, H1-H3 : 급수용 호스(φ13-50mm)

S1-S12 : 분수용 호스(φ4mm), T1-T2 : 물탱크(약제, 관수용), V1-V7 : 밸브(살수조정)

그림 6-1. 밤나무 종합관리 스프링클러시스템 개발 모형도



살수모습(원경)



살수모습(근경)

그림 6-2. 스프링클러시스템 살수모습(여주)

1) 살수량 분석

스프링클러시스템은 밤나무의 수관상부에 미니스프링클러(이스라엘 제품)를 고정 설치하고, 이를 이용하여 해충방제를 위한 약제살포, 관수에 의한 밤나무립의 토양수분관리와 수세회복 및 활력도 증진을 위한 엽면시비가 가능하도록 개발된 것으로써 시험결과 스프링클러 1개의 분당 살수량은 2.6ℓ로 시간당 7.2mm의 강수량에 해당하는 인공강수가 가능하였으며, 이 살수량은 밤나무를 중심으로 전면적(약 50m²)에 균등하게 관수되었다(표 6-1).

따라서 금후 밤나무에 대한 토양수분관리는 본 시스템을 효과적으로 활용함으로써 충분히 해결될 것으로 기대되며, 엽면시비에 관한 문제는 친환경적 토양관리 기술개발 및 시비체계 확립에 관한 연구를 통하여 효율적이며 실용적인 시스템으로 개발 및 활용이 가능할 것으로 기대된다.

표 6-1. 스프링클러시스템을 이용한 살수량 분석

항 목	살수가능면적	최대살포거리	최대가능 살수량
스프링클러	50m ² /1sp	반경 450cm/sp	7.2mm/hr/sp

※ 엽면시비 및 약제살포 조건에서도 동일한 효과

2) 약제살포량 분석

개발된 스프링클러시스템은 밤바구미를 비롯한 밤나무해충 방제용 약제살포에 아주 이상적이었다. 즉, 수관상부에 고정 설치한 분당 1개의 스프링클러에 의하여 수관전체에 대한 충분한 약제살포가 가능하였으며, 1회 약제살포시 스프링클러시스템을 30-60초 동안 가동함으로써 약 0.5ha(약 100본)의 밤나무 재배지에 대한 약제살포가 동시에 이루어 질 수 있는 것으로 분석되었다.

현행의 밤 종실해충의 방제법으로는 1-2회의 항공살포에 의하여 복숭아명나방 및 밤바구미를 방제하고 있으나 이들 해충은 7-9월까지 장기간에 걸쳐 계속적으로 발생하는 생태적인 특성으로 인하여 그 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다. 특히 대면적에 대한 적정시기의 약제살포가 이루어지지 못하기 때문에 엄청난 경제적인 손실을 입고 있다. 따라서 본 방제시스템의 개발 및 활용은 이러한 문제점을 해결하는데 충분할 것으로 평가된다. 경기도 여주 시험지에서 실시한 Cyfluthrin 2% EC 1,000배액에 대한 약제살포 후 지표면의 check paper에 나타난 살포입자를 분석한 결과는 표 6-2와 같다.

표 6-2. 스프링클러시스템에 의한 약제살포량 분석(여주, 2003)

입자크기 (micron)	수관중심으로부터의 거리별 살포량 분석(본당)					
	0-200 cm		201-350 cm		351-450 cm	
	입자수 ¹	백분율(%)	입자수	백분율(%)	입자수	백분율(%)
300 이하	1	4	2	6	4	11
301- 500	2	8	1	3	5	14
501- 700	4	16	3	9	7	19
701- 900	3	12	5	16	5	14
901-1100	6	24	6	19	6	17
1001-1300	3	12	8	25	4	11
1301-1500	4	16	4	13	2	6
1501 이상	2	8	3	9	3	8
합 계	25	100	32	100	36	100

주: 1. 지표면에 설치된 조사용지 cm²내 살포된 약제의 입자수
 2. 약종: Cyfluthrin 2% EC 1,000배액. 살수량: 2.6 l/min.

2. 스프링클러시스템을 이용한 밤 종실해충 방제법 구명

가. 시험지 개황

1) 시험지 선정

본 연구는 경기도 여주군 강천면 소재의 35년생 밤나무 재배지와 경남 산청군 신안면 소재의 15년생 밤나무 재배지 2개 지역에서 실시되었으며, 시험지 개황은 표 6-3과 같다.

표 6-3. 스프링클러시스템 시험지 개황

지역	설치 년도	수령	면적	품종구성	설치목적	관리자 (소유주)
경기 여주	2003년	35년생	2.0ha	단택, 은기, 축과 등	종실해충 방제	이종원
경남 산청	2004년	15년생	1.0ha	단택, 축과	밤나무혹벌 방제 종실해충 방제	안성석

해충방제 연구를 수행하는데 있어서 가장 중요한 요건은 충분한 공시충의 제공이라 하겠다. 2개 시험지 중 경기도 여주지역은 복숭아명나방과 밤바구미를 비롯한 밤 종실해충을 방제대상으로, 그리고 경남 산청지역은 밤나무혹벌을 방제하는데 역점을 두고 실시하였다. 지역별 해충 발생상황을 보면 여주군 지역은 단택·은기·축

과 등이 주품종으로서 십수년간 관리소홀로 인하여 수세가 극히 불량하고 극심한 종실해충의 피해를 받아 밤의 수확을 포기한 상태였다. 시험 개시년도인 2002년도 당시 복숭아명나방 및 밤바구미의 피해율은 각각 51.1% 및 58.9%에 달하였으며, 기타해충을 포함한 총피해율은 87.5%로서 극심한 피해양상을 보였다(그림 6-3).

한편 경남 산청군의 시험지는 단택과 축파가 주품종으로 수년전부터 관행적으로 복숭아명나방을 비롯한 종실해충에 대한 방제로써 매년 2회의 항공방제와 자력에 의한 2회의 지상방제를 실시하고 있으나 방제효과는 20-70%범위로서 기대효과에 전혀 미치지 못하고 있다. 특히 2000년 이후부터는 내충성으로 알려진 모든 품종에서 밤나무혹벌의 피해가 발생하여 전면적(6.2ha)으로 확산되었고, 2004년 4월말 당시 밤나무혹벌의 충영형성율은 91.2%(75-100%)로서 극심한 피해를 받았으며, 해충피해로 인한 수세쇠약 및 고사목도 상당수 발생되었다.

2) 밤나무 해충 피해조사

가) 여주 시험지(경기)

2002년도 여주시험지에 대한 종실해충의 피해를 조사한 결과는 그림 6-3에서 보는 바와 같이 밤바구미 및 복숭아명나방의 피해율이 각각 58.9%와 51.1%로서 극심한 피해를 받고 있으며, 밤애기잎말이나방을 포함한 기타해충의 피해율 19.1%를 합친 전체 종실해충의 평균피해율은 87.5%에 달하였다. 그러나 이와 같이 높은 종실해충의 피해율은 충분한 공시충의 제공으로 시험결과에 대한 효과를 분석하는 데에는 최적의 조건이라고 하겠다.

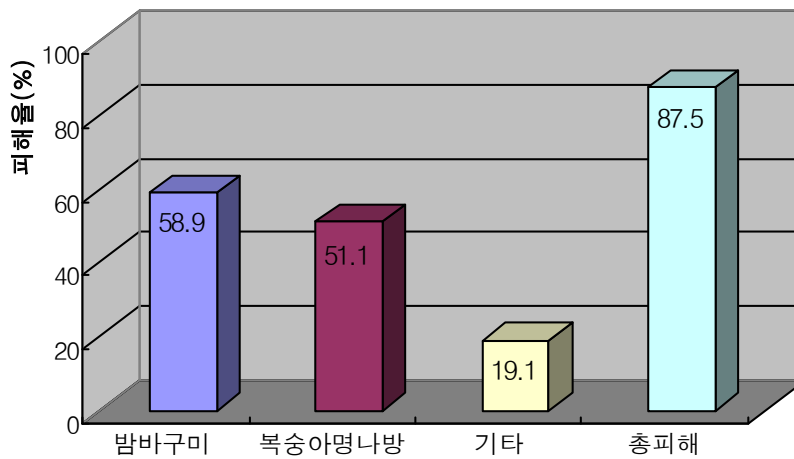


그림 6-3. 2002년도 밤 종실해충 피해율(여주)

나) 산청 시험지(경남)

최근 경남을 중심으로 한 남부지방은 밤나무혹벌에 대해 내충성 품종으로 알려진 단택, 은기, 축과 등 대부분의 품종들이 본 해충에 의하여 극심한 피해를 받고 있으며, 그 피해는 급속도로 확산되고 있으므로 이에 대한 방제대책이 시급한 실정이다.

표 6-4는 스프링클러시스템을 이용한 밤나무혹벌의 방제법을 탐색하기 위하여 경남 산청 및 진주 2개 지역에 대한 피해율을 조사한 결과이다. 표에서와 같이 시험지로 선정된 산청군 신안면과 기타지역인 진주시 미천면의 2개 지역에서의 밤나무혹벌의 평균 충영형성율은 각각 91.2 %와 85.8%로서 피해정도가 극심한 상태이며, 복숭아명나방 및 밤바구미의 피해도 30-40%에 달하는 것으로 파악되었다.

표 6-4. 2004년도 경남지방의 밤나무혹벌 피해 현황

지 역 별	산청 신안 갈전 산84	진주 미천 오방 산180	비 고
재배면적	6.2 ha	26 ha	재배자 진주: 어상용 산청: 안성석
재배품종	단택, 축과	축과, 은기, 단택	
피해율(%)*	$\frac{91.2}{75 - 100}$	$\frac{85.8}{37 - 100}$	

* ; 충영형성율(%)

나. 시험방법

그림 6-1과 같이 밤나무 수관상부에 살수장치에 의한 스프링클러를 고정 설치하고, 이 장치를 이용하여 복숭아명나방, 밤바구미 및 밤나무혹벌 등 3종에 대한 시기별·약종별·살포간격별 및 살포횟수별로 공시약제를 수관살포한 후 각 처리별로 살충 및 방제효과를 분석하였다.

1) 스프링클러시스템의 시설

개발된 스프링클러시스템 모델을 바탕으로 하여 수원(水源)으로부터 산정부까지 급수가 가능한 위치에 급수 및 약제살포장치를 설치하고, 이와 연계하여 약제살포와 관수 및 엽면시비에 적당하도록 밤나무 개체목마다 수관상부 약 50-100cm 높이에 본당 1개씩의 mini-sprinkler(Israel제품)를 고정 설치하였다. 급수원은 시험림에 인접한 장소에 연못을 파거나(여주), 밤나무를 관리하기 위하여 기 설치된 급수시설(산청)을, 그리고 급수 및 약제살포용 전원은 시험지 주변에 기 설치되어있는 농업용 전기시설로부터 전원을 별도로 연결하여 사용하였다.

2) 해충방제시험

시설된 스프링클러시스템을 이용하여 밤바구미와 밤나무혹벌은 성충우화기 및 산란기에, 그리고 복숭아명나방은 성충우화기 및 유충가해기에 약종별, 살포시기별, 살포횟수별, 살포농도별로 수관약제 살포시험을 실시하고, 일정기간 후에 방제효과를 조사하였다. 해충별 및 약종별 방제시험의 세부 내용은 다음에 설명하였다.

가) 공시약종

해충의 우화와 가해형태 및 산란습성 등 방제대상 해충의 생태특성과 약제살포로 인한 환경피해를 신중히 고려하여 약종을 선정하였으며, 시험에 사용된 공시약종은 표 6-5와 같다. 즉 복숭아명나방은 성충우화기 및 유충가해초기를 방제대상으로 하여 수관살포용으로 널리 사용되고 있는 Organophosphorus계 농약인 Fenitrothion 50% EC와 Benzoylurea계로 Chitin 생합성 저해 작용의 저독성 무공해농약으로 개발된 Diflubenzuron 25% WP를 각각 선정하였으며, 밤바구미는 성충우화기를 방제대상으로 Fenitrothion과 Pyrethroid계통인 Cyfluthrin 2% EC를, 그리고 밤나무혹벌은 벌목(Hymenoptera)에 비교적 독성이 강한 Carbamate계 농약인 Carbaryl 50% WP 1종을 각각 사용하였다.

표 6-5. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무해충 방제용 공시약종

공시 약종	주성분 함량 및 제제형태	유효성분(계통)	희석농도 (배액)	공시해충
Fenitrothion	50% EC	Organophosphorus	1,000	복숭아명나방, 밤바구미
Diflubenzuron	25% WP	Benzoylurea	2,500	복숭아명나방
Cyfluthrin	2% EC	Pyrethroid	1,000	밤바구미
Carbaryl	50% WP	Carbamate	1,500	밤나무혹벌

나) 시험방법

밤나무 수관상부에 살수장치에 의한 스프링클러를 고정 설치하고 이 장치를 이용하여, 복숭아명나방은 2세대 우화시기인 7월 중순부터 9월 상순까지 10일, 15일과 20일 간격의 살포시기별로, 밤바구미는 성충우화 및 산란시기인 8월 상순부터 9월 하순까지 5일, 7일 및 10일 간격으로, 그리고 밤나무혹벌은 성충우화기인 6월 중순부터 7월 중순까지 매일 및 2일 간격으로 공시약제를 수관살포한 후 방제효과를 분석하였다(표 6-6).

약제의 1회 살포량은 3종의 공시해충 공히 희석액으로 ha당 약 800ℓ이며, 스프링클러 1개당 최대살포면적은 약 50m²로서 밤나무 전체수관에 이상적으로 살포되어 살충효과 분석에 충분한 조건이었다. 효과조사 방법으로 복숭아명나방 및 밤바구미는 밤나무 수관하에 6m² (2x3m)크기의 트랩을 처리당 9개씩 설치하고 성숙 후 자연 낙하된 밤을 무작위로 수집, 현장 및 실내사육을 통한 구과피해율에 의하여, 밤나무혹벌은 신초에 출현하는 충영형성율에 의하여 피해율을 조사하고 무처리구를 포함한 처리별로 효과를 비교분석하였다.

표 6-6. 스프링클러시스템을 이용한 해충별 수관살포시험 내용

대상 해충	살포시기별	살포횟수별 (간격: 일)	공시면적(장소)
밤나무혹벌	6월 중순-7월 중순	2수준(1, 2)	1.2ha(산청)
복숭아명나방	7월 중순-8월 하순	3수준(10, 15, 20)	1.5ha(여주1.0, 산청0.5)
밤바구미	8월 상순-9월 하순	3수준(5, 7, 10)	1.5ha(여주1.0, 산청0.5)

3) 관수 및 엽면시비시험

해충방제시험에서 이용된 sprinkler system을 별도의 변형 없이 관수 및 엽면시비시험에 적용하였다. 즉, 매목별로 수관상부에 설치되어있는 스프링클러 1개당의 최대 관수면적 및 관수량과 살수형태 및 살수범위 등을 간이우량계를 비롯한 관련 측정장비를 통하여 분석하였다. 특히 엽면시비시험은 제 2절 “환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립” 연구팀과 협동으로 (주)환경비전 21에서 축산분뇨처리시스템에서 생산되는 액비를 공시재료로 하였다.

다. 시험결과

1) 복숭아명나방

가) 우화소장 조사

그림 6-4는 2002년 경기도 여주지역에서 복숭아명나방 성충의 2화기 우화소장을 조사한 결과이다. 성충우화기간은 7월10일부터 9월2일까지 54일간이었으며 50% 우화일은 7월29일, 그리고 우화최성기간은 7월25일부터 8월5일사이의 약 10일간으로 조사되었다. 최광식(1998)은 지역별 우화소장 조사결과 공주지방의 2세대 성충우화시기는 7월 중순부터 9월 초순까지, 우화최성기는 7월 하순부터 8월 상순이며, 남부지방인 순천 및 산청지역은 공주에 비하여 약 20일 시기가 늦게 나타나 지역간에 우화시기에 상당한 차이가 있음을 지적하였다. 따라서 본 해충의 방제지역에 대하여는 철저한 성충우화시기 조사를 병행, 그 결과를 토대로 약제살포를 실시하여 살충

효과를 최대한 높여야 할 것으로 사료된다.

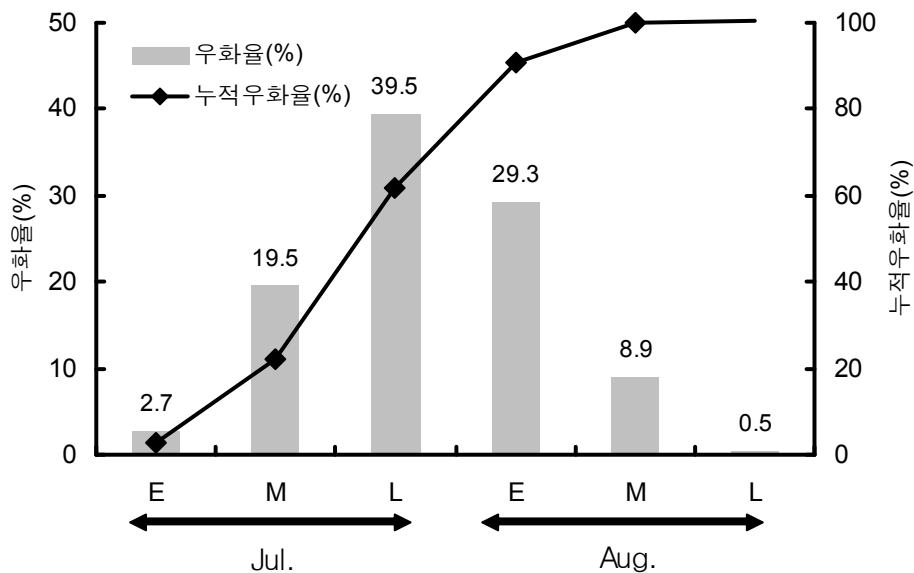


그림 6-4. 복숭아명나방 우화소장(2003, 여주)

나) 약제살포 효과분석

스프링클러시스템을 이용하여 복숭아명나방에 대한 약종별, 살포간격별, 살포횟수별로 방제시험을 실시하여 표 6-7 및 표 6-8의 결과를 얻었다. 표에서 보인 바와 같이 본 시스템에 의한 약제살포는 복숭아명나방의 방제에 아주 효율적인 것으로 분석되었다. 먼저 2003년도의 시험결과에서 보면 Fenitrothion 50% EC 1,000배액 처리구와 Diflubenzuron 25% WP 2,500배액 처리구에 대한 약종간의 밤 과실의 평균피해율은 각각 4.3%와 2.3%로서 무처리구의 30.4%와 비교하여 85.9%와 92.3%의 방제효과가 있었으며, 10일, 15일 및 20일의 살포간격별 처리구에서의 밤 과실 피해율 분석에서는 Fenitrothion 처리구에서는 각각 2.8%, 4.6% 및 5.5%로서 90.8%, 84.9% 및 81.9%의 방제효과가, 그리고 Diflubenzuron 처리구에서는 0.9%, 2.1% 및 4.0%로서 97.0%, 93.1 및 86.7%의 방제효과가 있는 것으로 나타났다. 2004년도의 시험결과 분석에서도 약종별, 살포간격별 및 살포횟수 간에는 2003년도의 방제효과와 거의 유사한 경향을 나타내고 있다. 이상의 시험결과를 종합적으로 검토하면 복숭아명나방의 방제는 탈피억제작용의 생리활성물질로서 극히 저독성이며 무공해 농약인 Diflubenzuron 25% WP 2,500배액을 성충우화기인 7월 중순부터 8월 하순까지 10일 또는 15일 간격으로 4-5회 살포하는 것이 효과적인 것으로 평가된다. 본 system은 해충방제용 약제살포 뿐만 아니라 토양수분조절을 위한 관수와 엽면시비 등의 이용

에도 효율성이 높은 것으로 평가되고 있으므로 금후 밤나무 재배관리에 널리 활용될 것으로 기대된다.

표 6-7. 2003년도 복숭아명나방 방제시험 결과

공시 약종	살포기간	살포간격	총살포횟수	피해율(%)	방제가(%)*
Fenitrothion 40% EC (1,000배액)	7.20-9. 9	10일	5회	2.8±0.1b*	90.8
		15	4	4.6±1.7a	84.9
		20	3	5.5±0.9a	81.9
		평균	-	4.3±0.8A**	85.9
Diflubenzuron 25% WP (2,500배액)	7.20-9. 9	10	5	0.9±0.0b	100.0
		15	4	2.1±0.1b	93.1
		20	3	4.0±0.7a	86.7
		평균	-	2.3±0.3B	
control	-	-	-	30.4±3.5C	-

* 약제살포 간격 간에는 5% 수준의 유의차

** 무처리를 포함한 약종간에는 5% 수준의 유의차

* 방제가: 무처리구피해율-처리구피해율/무처리구피해율 x 100

표 6-8. 2004년도 복숭아명나방 방제시험 결과

공시 약종	살포기간	살포 간격	총살포 횟수	조사 개수	피해율 (%)	방제가 (%)
Fenitrothion 40% EC (x1,000)	7.20-8.30	10일	5회	255개	3.7	<u>88.4</u>
		15	4	201	5.9	81.6
		20	3	210	7.8	75.6
Diflubenzuron 25% WP (x2,500)	7.20-8.30	10	5	222	2.8	<u>91.3</u>
		15	4	188	3.3	<u>89.7</u>
		20	3	351	5.1	84.1
무처리구	-	-	-	449	32.0	-

※ Diflubenzuron 25% WP 2,500배액 4-5회(10-15일 간격) 살포가 효과적임

2) 밤바구미

가) 우화소장

그림 6-5는 경기도 여주군 밤나무시험림에서 7월 하순부터 10월 중순까지 약 70 일간에 걸쳐 5일 간격으로 밤바구미의 우화소장을 조사한 결과이다. 밤바구미의 우화시기는 8월 상순부터 10월 중순까지 약 70일간이며, 우화최성기는 8월21일부터 9월 10일까지 20일간으로서 이 기간동안의 우화율은 전체의 71%에 달한다. 이 결과는 강전유(1975)가 중부지방에서의 밤바구미의 우화시기는 7월 중순부터 10월 하순 까지 약 100일간이며 우화최성기는 8월 하순부터 9월 중순으로 약 20일간으로 발표한 것과 비교하면 우화최성기는 유사한 경향을 보이나 전체우화시기에는 상당한 차이가 나타나고 있다. 결과적으로 sprinkler system을 이용한 약제살포는 밤바구미의 우화시기와 연계하여 살포시기가 결정되어야 하므로 효율적인 방제효과를 위해서는 약제살포지역에 대한 철저한 우화시기의 조사가 전제된다고 하겠다.

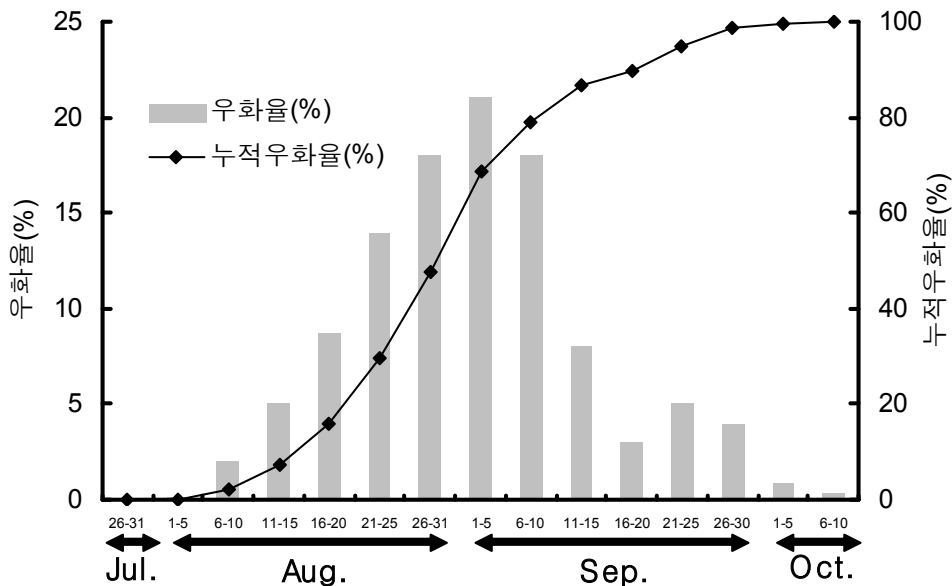


그림 6-5. 밤바구미 우화소장 (2002년, 여주)

나) 약제살포 효과분석

밤바구미에 대한 약종별, 살포간격별, 살포횟수별로 방제시험을 2년간 실시하여 얻어진 결과는 표 6-9와 표 6-10에 나타나 있다. 먼저 2003년도의 결과에서 보면 Fenitrothion 50% EC 1,000배액 처리구와 Cyfluthrin 2% EC 1,000배액 처리구에 대한 약종간의 밤 과실의 평균피해율은 각각 35.3%와 7.8%로서 무처리구의 76.1%와

비교하여 각각 44.9%와 87.9%의 방제효과가 있었다. 5일, 7일 및 10일의 살포간격별 처리구에서의 과실피해율 분석에서는 Fenitrothion 처리구에서는 각각 13.1%, 42.1% 및 50.7%로서 79.6%, 34.3% 및 20.9%의 방제효과가, 그리고 Cyfluthrin 처리구에서는 4.0%, 5.2% 및 14.2%로서 93.8%, 91.9% 및 77.9%의 방제효과가 있는 것으로 나타났다. 2004년도의 시험결과에서도 약종별, 살포간격별 및 살포횟수간의 효과는 2003년도의 그것과 아주 유사한 경향을 보이고 있다.

표 6-9. 2003년도 밤바구미 약제살포 효과분석

공시 약종	살포기간	살포간격	총살포횟수	피해율(%)	방제가(%)*
Fenitrothion 40% EC (1,000배액)	8.10-9.29	5	11회	13.1±2.3b [*]	79.6
		7	8	42.1±7.6a	34.3
		10	6	50.7±5.3a	20.9
		평균	-	35.3±4.8A ^{**}	44.9
Cyfluthrin 2 % EC (1,000배액)	8.10-9.29	5	11	4.0±0.7b	93.8
		7	8	5.2±0.6b	91.9
		10	6	14.2±1.9a	77.9
		평균	-	7.8±0.8B	87.9
무처리구	-	-	-	76.1±11.2C	-

* 약제살포 간격 간에는 5% 수준의 유의차

** 무처리를 포함한 약종간에는 5% 수준의 유의차

* 방제가: 무처리구피해율-처리구피해율/무처리구피해율 x 100

표 6-10. 2004년도 밤바구미 약제살포 효과분석

공시 약종	살포 기간	살포 간격	총살포 횟수	조사개수	피해율 (%)	방제가 (%)
Fenitrothion 40% EC (x1,000)	08.05-09.23	5일	11회	209개	15.3	71.8
		7	8	269	36.1	33.4
		10	6	211	40.4	25.5
Cyfluthrin 2 % EC (x1,000)	08.05-09.23	5	11	240	5.0	<u>90.8</u>
		7	8	238	7.2	<u>86.7</u>
		10	6	226	12.3	77.3
무처리구	-	-	-	442	54.2	-

이상의 시험결과를 종합하면 밤바구미의 방제는 Cyfluthrin 2% EC 1,000배액을 성충우화 및 산란기인 8월 상순부터 9월 중순사이에 5-7일 간격으로 8-11회 살포하는 것이 효과적인 것으로 분석되었다. 그러나 경제성을 고려하면 밤바구미의 방제는 철저한 발생밀도와 피해 예찰조사에 의하여 살포횟수를 2회 이상 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 현재까지 밤바구미의 방제는 품질의 저하에도 불구하고 aluminium phosphide 또는 carbon disulfide(CS₂)에 의한 훈증방법과 침수법(浸水法)에 의존하여 왔으나, sprinkler system에 의한 새로운 약제살포법의 개발로 인하여 밤바구미의 방제에 일대 혁신을 이루었으며, 금후 본 시스템은 밤나무 해충관리에 널리 활용될 것으로 기대된다.

3) 밤나무혹벌

가) 우화소장

경남 산청군에 대한 2년간의 밤나무혹벌의 우화소장 조사결과는 표 6-11과 같다. 즉, 2003년과 2004년의 성충우화기간은 각각 6.12-7.17 및 6.10-7.15일로 약 35일간이었으며, 우화최성기간은 7.1-7.5일 및 7.2-7.7일의 약 5일간으로 우화기간 및 우화최성기간에는 연도별로 차이는 거의 나타나지 않았다. 그러나 이 지역에서 보인 내충성 품종에서의 성충우화시기는 2004년도의 경기도 여주지역의 재래종 밤나무에서 발생한 밤나무혹벌의 우화시기와 비교하여 약 10일 정도 빠른 것으로서, 금후 효과적인 방제를 위하여 본 해충에 대한 정확한 지역별 우화소장 조사가 실시되어야 할 것으로 사료된다.

김철수(2003)는 경남 하동을 포함한 남부지방 3개 지역의 내충성 밤나무와 강원도 춘천지역의 재래종 밤나무로부터 밤나무혹벌의 충영을 채집, 실내사육을 통한 조사결과 우화시기는 6월 중순부터 7월 중순까지이며 남부지방의 우화 종료시기는 춘천지방보다 약 5일정도 빠르다고 하였고, 박지두 등(1981)은 내충성에 기생하는 밤나무혹벌은 재래종에 기생하는 것보다 우화최성기가 빠르다고 보고 하였던 바, 이들의 발표내용은 본 조사에서의 결과와 거의 유사한 경향임을 알 수 있다.

표 6-11. 산청지방의 밤나무혹벌 우화소장

연도별	성충우화기간	우화최성기
2003	6.12 - 7.17	7.1 - 7.5
2004	6.10 - 7.15	7.2 - 7.7

나) 약제살포 효과분석

스프링클러시스템을 이용, 밤나무혹벌의 우화 및 산란시기에 Carbaryl 50% WP 1,500배액 수관살포는 밤나무혹벌에 탁월한 방제효과가 있는 것으로 확인되었다(표 6-12). 즉, 매일 살포구의 평균 충영형성율은 3.0%, 2일 간격 살포구의 평균 충영형성율은 12.8%로서 이들은 무처리구의 평균 충영형성율 82.9%와 비교하여 각각 96.4% 및 84.6%의 높은 방제효과가 인정되었으며, 개체목의 수관부위별로는 처리간에 차이가 없었다. 물론, 밤나무혹벌의 피해를 방지하기 위하여 과다한 약제살포 횟수로 인한 환경문제가 우려되고 있지만 본 해충의 생태적인 특성상 현실적으로 방제방법에 관한 선택의 여지가 없는 것이다. 환언하면, 본 결과는 밤나무혹벌에 의하여 일단 피해를 받으면 피해목을 제거하고 내충성 밤나무로 대체하는 것만이 유일한 방법이라는 지금까지의 밤나무혹벌 무방비론에 대한 문제점을 해결하였다는데 획기적인 방제기술의 개발로 평가된다.

금후 우수한 약종선발과 적정살포시기 및 살포횟수 등 실용화 연구를 통하여 밤나무혹벌에 대한 보다 효율적인 방제기술이 개발·보급될 것이며, 특히 본 시스템은 노령목에 대한 저수고 수형조절 임분의 해충관리를 위하여 실용화가 일층 기대될 것으로 사료된다.

표 6-12. Sprinkler system을 이용한 밤나무혹벌 약제살포 효과(산청, 2004)

약제살포간격	수관부위	충영형성율 (%)		방제효과*
		평균	표준오차	
1일 간격 (×1,500)	상층부	2.3a*	0.33	
	중층부	3.1a	0.40	
	하층부	3.6a	0.73	
	평균	3.0A**		96.4
2일 간격 (×1,500)	상층부	10.7a	1.03	
	중층부	13.8a	1.59	
	하층부	13.9a	0.98	
	평균	12.8B		84.6
무처리구	상층부	84.6a	7.28	
	중층부	79.7a	9.41	
	하층부	84.4a	11.32	
	평균	82.9C		

※ 약종: Carbaryl 50% WP 1,500배액, 살포시각: 14-15시

4) 기타효과

스프링클러시스템을 이용한 수관 약제살포가 살충효과 외에 밤의 증수효과 및 밤나무의 활력도 회복에 미치는 영향을 검토하기 위하여 약제 방제지역에서 수확한 밤의 품등과 밤나무의 활력도를 분석한 결과, 약제살포는 밤 과실의 품질 향상 및 증수효과와 피해목의 수세회복에 상당한 효과가 있음이 확인되었다. 표 6-13은 밤바구미 방제 지역에서 수확한 밤의 크기와 무게를 측정하여 무처리구와 비교하여 밤의 크기에서는 약 11%, 무게에서는 약 18%의 증수효과가 있었으며, 또한 밤나무혹벌의 방제지역에 대한 활력도 조사에서는 결과지 및 소약지의 생장은 무처리에 비하여 각각 8%와 49%의 월등한 성장량을 보였으며, 발생된 가지수에 있어서도 17%의 증수(增數)효과가 있는 것으로 조사되었다(표 6-14).

표 6-13. 약제살포목에 대한 밤 과실 품등 비교(여주, 2004. 11)

처 리 별	수확(성숙)밤의 품등비교 (평균/개당)						비 고
	폭(cm)	대비(%)	길이(cm)	대비(%)	무게(g)	대비(%)	
약제살포	4.18	112.1	3.58	111.5	21.6	118.1	은기
무 처 리	3.73	100.0	3.21	100.0	18.3	100.0	“

표 6-14. 약제살포목에 대한 활력도 비교(산청, 2005. 05)

처리별	결과지		소약지		가지수	
	초장(cm)	대비(%)	길이(cm)	대비(%)	개수(개)	대비(%)
매일살포구	27.9	108	10.6	149	9.5	117
격알살포구	27.8	108	10.4	146	9.4	116
무처리	25.8	100	7.1	100	8.1	100

3. 스프링클러시스템을 이용한 관수 및 엽면시비효과

가. 관수효과

스프링클러시스템을 이용한 관수가 밤의 증수 및 품등에 미치는 영향과 성숙과정에서 발생하는 과실의 열과 현상에 대한 방지효과를 조사하였다.

1) 밤의 품등 및 증수효과

스프링클러시스템을 이용한 밤 수확기의 관수로 약 20%의 증수효과를 얻었다.

표 6-15에서와 같이 밤 수확기인 9월에 10일 간격으로 3회에 걸쳐 본당(50m²) 매회 14.4mm의 관수(수관살포)를 실시하고 수확된 밤을 측정된 결과 관수구는 무처리구에 비하여 약 20% 내외의 증수효과가 있었다. 결과적으로 관수는 토양 수분함량과의 관계이므로 당해년도 강수에 의한 토양의 건습도에 따라서 관수의 효과는 밤의 품등 및 증수에 크게 영향을 미칠 것으로 사료된다.

표 6-15. 관수에 의한 밤 과실의 증수효과(여주, 2004. 09)

처리별	관수시기	관수량 (mm/회)	관수시간 (hrs/회)	과실 품등비교(cm, g)			비고
				폭	길이	무개	
관수구 (%)	3회 (9.1, 10, 20)	14.4 [★]	2	4.27 (115.4)	3.76 (120.9)	21.2 (119.8)	은기
무처리구	-	-	-	3.70	3.11	17.7	"

★ 관수량: 14.4 mm/50m²/회(본), 품등: 평균/개, (%): 무처리 대비

2) 열과 방지효과

관수처리 임분으로부터 무작위로 밤을 수집하여 무처리와 비교한 결과 토양수분 함량은 열과와는 직접적으로 관련이 없는 것으로 나타났다(표 6-16). 재배자에 의하면 밤의 열과 현상은 건조한 해에 심하다고 하였는데 본 실험의 결과는 토양수분과의 관계보다는 밤송이진딧물과 같은 해충의 피해 또는 기타의 원인으로 발생하는 것으로 사료되나 정확한 원인 구명을 위해서는 보다 정밀한 실험접근이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

표 6-16. 관수에 의한 과실의 열과 방지효과

구분	조사개체수	건전개체수	열과개체수	대비(%)
관수구	527개	490개	37개	7.02
무처리구	537	505	32	5.96

나. 엽면시비효과

엽면시비시험은 (주)환경비전 21의 지역마춤형 축산분뇨처리 시스템에서 생산한 액비를 공시재료로 하여 2003년 9월 5일 여주시험림에서 실시하였다. 액비는 분무기에 의한 살포가 적합하도록 조제된 것을 사용하였으므로 본 sprinkler system에 의한 액비 살포량 분석결과는 표 6-1의 스프링클러시스템을 이용한 살수량 분석의 결

과 및 표 6-2의 약제살포량 분석과 일치하였다. 그러나 9월 5일부터 2일 간격으로 3회에 걸쳐 실시한 액비의 엽면살포 효과는 육안으로는 확인되지 않았다. 본 시스템에 의한 엽면시비에 관한 연구는 많은 기간과 전문성이 요구되므로 금후 별도의 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

4. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 종합관리체계 확립

하나의 연구결과가 현장에서 완전한 형태로 적용되기까지는 수년간에 걸친 노력과 반복연구를 통한 미비점의 보완과정이 필요하다. 3년간의 짧은 기간동안 “스프링클러시스템을 이용한 밤나무관리기술 개발연구” 과제를 수행하여 지금까지 얻어진 결과는 실로 획기적이라고 할 수 있겠다. 물론 본 연구결과가 완전한 제품으로 보급되기 위해서는 실연사업을 통하여 스프링클러시스템의 미비점 보완을 비롯하여 환경친화적인 약종선발, 살포횟수, 살포간격, 약제 살포시기 등 효율적인 해충관리 기술에 대한 구체적인 연구가 이루어져야 하겠으나, 현재까지의 결과를 중심으로 우선 본 시스템을 활용하기 위한 밤나무의 종합관리체계를 수립하고자 한다.

가. 스프링클러시스템의 설치

1) 입지조건

밤나무 재배지의 관리를 위하여 Sprinkler system을 설치하려면 다음의 입지조건을 갖추어야 가능하다.

- 밤나무보다 높은 위치에 Sprinkler system를 설치할 수 있을 것
- 밤나무 재배지 주위에 약제살포 및 관수에 필요한 급수원이 있을 것
- 밤나무 재배지 주위에 Sprinkler system을 가동할 전원이 있을 것
- 저수고형으로의 수형조절 재배지일 것

2) 설치방법

Sprinkler system의 설치방법은 밤나무 재배지의 입지조건에 따라서 다르다. 밤나무 종합관리 스프링클러시스템 개발 모형도(그림 6-1)를 기준으로 밤나무 재배지의 면적, 경사도, 급수원과의 거리 등을 고려하여 관리 및 사용에 편리하도록 설치한다.

3) 설치비용

스프링클러시스템의 설치비용 역시 밤나무 재배지의 입지조건에 따라 많은 차이가 예상된다. 즉 급수원의 유무 및 산정으로부터의 거리, 전원으로부터 살수용 모터까지의 거리, 밤나무와 약제 살포탱크와의 거리, 시설재료의 품질 및 시설인건비, 시

설면적의 규모 등에 따라서 설치비용이 결정된다. 표 6-17의 자료는 본 연구의 수행 과정에서 시설에 소요된 2개 지역에 대한 기자재 구입비 및 인건비를 중심으로 산출된 개략적인 설치비용이다.

표 6-17. Sprinkler system의 설치비용 분석(ha기준, 단위: 원)

항목별	품 목 명	규 격	수 량	단 가	금 액	비 고
자재대	모터(양수용)	2hp	2대	200,000	400,000	
	모터(살수용)	“	1대	200,000	200,000	
	물탱크(급수,저장용)	2톤	2개	250,000	500,000	
	사다리	3단(AL.)	2개	200,000	400,000	
	약제탱크	0.5톤	2개	70,000	140,000	
	전선	2p.cv14	300m	2,000	600,000	
	호스(급수,살수용)	∅40mm	600m	1,100	660,000	
	호스(살수용)	∅20mm	600m	700	420,000	
	호스(살수용)	∅13mm	1권	40,000	40,000	
	튜브	∅4mm	8권	30,000	240,000	
	스프링클러셋트	이스라엘	300개	1,200	360,000	
	각종연결밸브	25-40mm	100개	2,500	250,000	
	지주대	1.5m	250개	700	175,000	
	지주대(대나무)	6-8m	250개	2,500	625,000	
	전기스위치박스	소형	1개	50,000	50,000	
	수위조절장치	자동	2개	70,000	140,000	
	연장기구	셋트	1셋트	150,000	150,000	
	여과기	중형	2개	150,000	300,000	
	기타잡비	-	-	-	200,000	
		소 계				5,850,000
인건비	기술료(시설)	기술자	5인	100,000	500,000	
	시설보조원	일반인부	6인	50,000	300,000	
	소 계	-	-	-	800,000	
합 계					6,650,000	

나. 밤나무해충 종합방제 체계

밤나무의 주요 방제대상 해충은 과실을 가해하는 복숭아명나방 및 밤바구미와 신초에 충영을 형성하는 밤나무혹벌 등 3종이며 Sprinkler system를 이용한 밤나무

해충의 방제법 연구에서 얻어진 결과를 가지고 우화시기와 관련시켜 종합적인 방제 체계를 수립하면 아래와 같다.

1) 해충별 우화소장

밤나무 해충의 우화소장은 약제 살포시기를 정하는데 있어서 대단히 중요하며, 특히 우화최성기의 약제살포는 경제성을 고려한 방제효과에 결정적인 역할을 한다. 그림 6-6은 복숭아명나방 및 밤바구미(여주)와 밤나무혹벌(산청) 등 3종에 대한 우화소장과 약제살포 시기와의 관계를 나타낸 것이다.

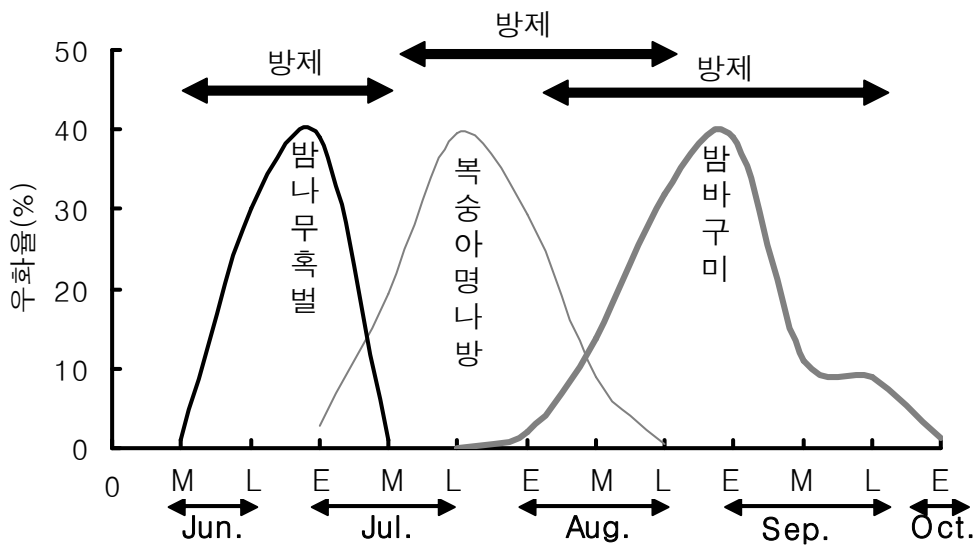


그림 6-6. 밤나무 해충별 우화소장과 방제시기와의 관계

표 6-18. 스프링클러시스템을 이용한 해충별 약제방제법

해충별	추천약종	희석농도 (배액)	살포시기	살포간격 (일)	살포횟수 (회)
밤나무혹벌	Carbaryl 50% WP	1,500	6월중순-7월중순	2	15-20
복숭아명나방	Diflubenzuron 25% WP	2,500	7월중순-8월하순	10-15	4-5
밤바구미	Cyfluthrin 2% EC	1,000	8월상순-9월하순	5-7	8-10

2) 해충별 효과적인 약제방제법

본 연구에서 얻어진 결과를 중심으로 Sprinkler system을 이용한 밤나무해충의 효과적인 방제법을 종합적으로 분석, 검토하여 표 6-18에 제시하였다. 약제살포의 횟수는 방제대상 해충의 피해정도와 재배자의 방제의지에 따라 수차례 줄일 수 있겠으나 본 자료는 살충효과를 경제성보다 다소 상위에 놓고 검토한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 동일한 재배지에서 대표적인 밤나무 해충 3종을 방제대상으로 할 경우, 해충별 약제 살포시기는 밤나무혹벌은 6월 중순부터 7월 중순까지, 복숭아명나방은 7월 중순부터 8월 하순까지, 그리고 밤바구미는 8월 상순부터 9월 하순까지로서 전체적으로 약 110일간 계속된다. 따라서, 현재까지의 연구결과를 토대로 경제성을 고려한 종합방제연구가 실연사업을 통하여 구체적으로 검토되어야 할 것으로 사료된다.

다. 관수 및 엽면시비

본 연구에서 개발한 스프링클러시스템의 활용은 밤나무 재배지의 토양수분관리와 엽면시비 등에 아주 효과적인 것으로 앞에서 이미 확인되었다. 밤나무 성장기에는 엽면시비에 의하여 수세회복과 활력을 증진시키고 밤 수확기에는 관수에 의한 토양수분공급으로 밤의 중수 및 품질향상을 도모하는데 본 스프링클러시스템을 적절히 활용토록 한다.

라. 기술보급

“스프링클러시스템을 이용한 밤나무관리기술 개발”의 연구결과는 현재까지 특허 획득을 비롯하여 재배자를 위한 현장설명회, 전시회 개최 등을 실시하였으며, 지속적으로 밤나무 재배자를 위한 현장교육과 지면홍보를 통하여 실용화를 위한 기술보급을 계획하고 있다. 기술보급과 관련 현재까지 실시한 중요한 내용은 다음과 같다.

1) 특허출원

- 특허명: 스프링클러시스템을 이용한 병해충 방제장치
- 종 류: 실용신안(제 0355716호)
- 등록일: 2004. 06. 30(특허청장)

2) 전시회 개최

- 전시회명: “2004 농림과학기술대전” 우수기술전시회
- 일시 및 장소: 2004. 09. 16-17, aT Center
- 참가제목: 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 재배기술

3) 재배자를 위한 현장설명회

- 일시 및 장소: 2005. 06. 27, 산청군 신안면 갈전리(시험지)
- 대상 및 인원: 밤나무 재배자(경남, 전남) 약 60명
- 내 용: 스프링클러시스템을 이용한 밤나무혹벌 방제

4) 홍보

- 홍보지명: 농민신문(2005. 07. 06, 8면)
- 제 목: 밤나무 수관상층부에 스프링클러 설치, 관수·시비·병해충방제 한번에 해결
- 내 용: 상지대학교 정상배교수가 스프링클러시스템을 이용한 효율적인 밤나무재배 관리기술을 개발, 밤나무 재배자들에게 좋은 호응을 받음

제 4 장 연구목표 달성도 및 대외기여도

제 1 절 연구개발의 달성도

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

- 밤 주산지 시범지 운영을 통한 노령목 수형조절방법 및 관리기술의 확립으로 현장 적용체계 구축
- 저수고 전정시 수체생장, 생리낙과, 과실품질, 수확량 및 제해경감에 미치는 수형조절효과 구명
- 주요 재배품종 및 지방품종에 대한 형태적 특성, 밤나무혹벌 내충성, 과실형질, 수확기 등 다양한 농업적 제 특성자료의 구축으로 재배농가에 유용정보 제공
- 분자생물학적 특성조사 및 품종별 DNA지문 작성으로 품종식별 및 품종등록을 위한 기초자료로 활용

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

- 노령목의 갱신처리에 따른 조속한 회복을 도모하고 경제수명을 증진시켜 지속적인 밤 생산을 높이기 위한 비종과 시비적정량 구명
- 친환경적인 시비체계를 새롭게 구축하기 위한 유령목의 비종과 시비적정량 구명
- 제초제와 농약의 과다한 살포로 황폐해진 밤나무 재배지 토양에 재배 가능한 초종 선발 및 초경재배에 따른 잡초발생 억제효과와 토양회복 효과 구명
- 밤나무에 대한 멀칭처리로 인건비 절감 및 토양보전효과 구명

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

- 수형조절지에 대한 주요 병해충의 종류 조사로 관리 대상 병해충 도출
- 갱신전정지에서 문제시 되는 천공성 해충의 기초 자료수집 및 생태 구명으로 방제를 위한 기초자료 제공
- 밤나무 주요 종실해충인 복숭아명나방의 친환경방제법인 성페로몬 농약 개발
- 밤바구미의 대체 훈증법 구명
- 밤나무혹벌의 저독성 약제 선발, 약제 살포시기 및 횃수 구명
- 친환경적 식물추출물을 이용한 밤바구미 살충 활성물질 탐색
- 수형조절시 절단부위의 부후 방제를 위한 도포제 구명

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

- 재배자 의식조사 및 재배지내 작업로 현황 조사
- 적정 작업로망의 배치 및 효과분석
- 작업로 시설 현황 및 관리 방안 제시
- 밤나무 재배지의 주행성능이 우수한 기본차량의 선정
- 제초장비, 시비장치, 방제장치의 설계 제작
- 개발장비의 현지적용성 시험 및 보완제작
- 현지 작업능률시험을 통한 경제성 분석 및 최소 경영면적 구명

5. 밤나무 재배 경제성 분석

- 국내외 밤 생산 및 시장동향, 유통구조, 경제성 분석 등 밤 관련 제반정보를 생산자, 유통업자 등에게 제공함으로써 산지 유통체계 확립 및 표준규격화로 브랜드화 유도
- 밤나무 재배 소득분석을 통해 재배자에게 적정한 경영모델 및 규모화 방안을 제시하였으며, 밤나무 노령목 저수고전정의 새로운 가치평가로 농가소득증대에 기여

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

- 밤나무의 주요 해충인 복숭아명나방, 밤바구미 및 밤나무혹벌의 방제를 위한 약제살포와 엽면시비, 관수 등 밤나무 재배의 종합관리가 가능한 스프링클러시스템(모델) 개발
- 개발된 스프링클러시스템을 이용한 약제살포는 복숭아명나방, 밤바구미 및 밤나무혹벌 등 밤나무 해충방제에 아주 효율적인 것으로 평가되며, 만족할 만한 결과를 얻음
- 밤 수확기에는 관수에 의한 토양수분공급으로 밤의 증수 및 품질향상을 도모하고, 밤나무생장기에는 엽면시비에 의하여 수세회복과 활력을 증진시키는데 있어서 본 스프링클러시스템은 아주 효과적인 것으로 확인됨

제 2 절 대외 기여도

1. 기술적 측면

가. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

- 노령목 수형조절방법 및 관리지침서 확립으로 기술이전을 통한 현장 적용체계 확립
- 정지전정을 통한 노령목 수세회복 및 노령화 촉진 방지로 경제수령 연장에 영향을 미치는 수체생장, 생리낙과, 과실품질, 수확량 및 제해경감 등 수형조절효과 구명
- 주요 재배품종 및 지방품종에 대한 밤나무혹벌 내충성, 과실행질 등 다양한 농업적 제 특성자료의 확보로 품종특성 DB 구축을 위한 기초자료 제공
- DNA 지문 분석법의 확립으로 품종식별 및 품종등록을 위한 기반기술 정립

나. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

- '70-80년대에 마련된 시비기준과 시비량을 밤 재배지의 현실에 맞게 수정하여 시비체계와 함께 새로운 비중을 권고하여 토양생산력 유지·증진을 목표로 새로운 친환경 시비체계 구축
- 속효성 화학비료의 사용을 줄이고 부숙 퇴비의 사용과 완효성의 화학비료를 개발함으로써 보다 안전하고 친환경적인 비료 개발을 위한 기초자료 제공
- 제초제 살포 대신 경제성 있는 초종을 선발하여 부수적으로 수익을 올릴 수 있으며, 또한 밤 재배지의 토양유실을 방지할 수 있는 친환경적인 토양관리기술 개발
- 반영구적인 폴리에스텔 소재를 이용하여 제초효과를 높이고 수분증발을 막아 토양내 환경을 개선시키는 새로운 토양관리 기술을 개발

다. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

- 노령목 수령조절에 따른 주요 병해충의 기초자료 확보로 관리체계의 기본체계 정립에 유용
- 수형조절지에 대한 주요 밤나무 병해충의 새로운 친환경적 방제 기술 선취
- 천공성해충에 대한 친환경적 방제법 연구에 기초자료 제공
- 수형조절시 발생하는 절단면에 대한 유합기술 제공

라. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

- 원활한 관리장비의 통행 및 재배지 훼손을 최소화 할 수 있는 작업로망의 배치 및 적정 관리방법을 제시
- 현행 무계획적으로 시설되고 있는 작업로 시설에 대한 시설기준 마련
- 재배자로 하여금 효율적인 재배지 관리가 가능하도록 지형적 특성을 고려한 밤 재배지의 노망배치기법을 표준화
- 현재 우리나라에서 산림작업에 활용되고 있는 굴삭기는 버킷 크래킷에 그래플을 부착하여 조림예정지 정리작업과 원목 집채작업, 원목 상하차 작업에 사용되고 있으며 이를 기초로 한 밤나무 재배단지 관리용 작업기의 개발이 가능함

마. 밤나무 재배 경제성 분석

- 밤 재배농가의 경영분석 자료로 활용
- 밤 브랜드 마케팅 전략 방안 수립에 분석결과의 활용

바. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

- Sprinkler system의 개발로 새로운 밤나무 관리기술체계 확립
- 약제살포기술 개발로 밤나무 해충에 대한 효율적 방제법 구명
- 관수 및 엽면시비법의 개발로 수세회복과 과실의 증수 및 품질향상 제고
- 침엽수 채종원의 병해충 방제 등 기타분야의 관리에도 적용가능성 확인

2. 경제·산업적 측면

가. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

- 노령목 수형조절을 통한 생산성 향상 및 고품질 과실의 안정적 수확으로 밤 재배자 소득증대 및 국제경쟁력 향상에 기여
- 밤 주산지별 기초성된 시범지를 통한 현장실연 및 교육강화로 고품질, 다수확 재배기술의 조기보급 및 실용화
- 주요 재배품종 및 지방품종에 대한 다양한 농업적 제 특성자료의 구축으로 재배농가에 유용한 정보를 제공함으로써 재배안정성 및 생산성 향상

나. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

- 새로운 토양관리기술 개발에 따른 토양개량제 개발과 숲가꾸기 등 사업으로 생산된 산림 부산물을 이용하는 친환경 유기질 비료의 대량 생산체계 구축

- 제초제 사용 대체 초종을 선발함과 동시에 농가소득을 올릴 수 있는 초종을 선발하여 단기 소득 작물로서 수익 증대
- 제초효과가 있는 제초시트를 농가에 보급하여 반복적으로 투입되는 인건비 등 생산성을 저하시키는 요인을 제거하여 수익성 증대 및 국제 경쟁력 제고

다. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

- 노령목에 대한 병해충관리기술 개발로 생산성 향상 및 노동력 절감 효과
- 친환경적 방제기술 개발로 고품질, 안정한 밤 생산으로 농민소득 증대
- 일반 소비자의 무공해 농산물 선호성향에 부응
- 친환경방제법으로 밤나무 병해충을 관리함으로써 정부가 주관하여 제공하는 항공방제를 줄임으로서 비용 절감 및 경제적 가치로 평가할 수 없는 제반 환경문제 해결

라. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

- 적정 작업로 배치를 통한 재배지의 기계화, 생력화가 가능하여 인력부족 및 생산경비의 절감
- 작업로의 개설 및 유지관리를 위한 기술을 개발·보급함으로써 환경적으로 건전한 밤나무 재배지 관리와 농산촌 지역의 농가소득 향상
- 적정 작업로망의 배치와 기계화를 통한 효율적인 재배지 관리가 가능하여 노동부담의 경감 및 생산력의 극대화를 도모
- 밤나무 재배지의 관리 및 밤 수확을 위한 기계장비의 투입시 최적의 작업 시스템을 개발하여 표준화하고, 이에 따른 작업로의 개설 및 유지관리를 위한 기법을 개발·보급함으로써 환경적으로 건전한 밤나무 재배단지의 관리와 농산촌 지역의 농가소득을 향상시킬 수 있을 것임

마. 밤나무 재배 경제성 분석

- 유통구조 및 경제성 분석으로 산지 유통체계 확립 및 표준규격화로 브랜드화 유도
- 밤나무 노령임분의 새로운 가치평가로 농가소득증대에 기여

바. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

- 밤나무 해충의 효율적 방제법 및 관수에 의한 새로운 밤나무 관리기술 도입으로 생산성 향상과 고품질의 과실생산에 의한 농산촌의 소득증대에 기여
- 도시집중으로 농촌인구의 감소 및 노령화에 의한 노동력 부족현상 해결

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선별

- 밤 재배자 단체(혹은 개인)에게 밤나무 노령목 수형조절관리 지침서의 보급 및 현장실연을 통한 수형조절기술 이전으로 개발기술의 실용화 체계 확립
- 저수고 전정시 수체생장, 생리낙과, 과실품질, 수확량 및 제해경감 등 수형조절 효과에 대한 교육강화로 고품질, 다수확 재배기술의 조기확립
- 주요 재배품종 및 지방품종을 대상으로 확보된 형태적 특성, 밤나무혹벌 내충성, 과실행질, 수확기 등 다양한 농업적 제 특성자료에 대한 유용한 정보를 재배농가에 제공함으로써 재배안정성 및 생산성 향상에 기여
- 분자생물학적 특성조사 및 품종별 DNA지문 작성으로 품종식별 및 품종등록을 위한 기초자료로 활용

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

- 새로운 시비체계를 재배농가에 보급함과 동시에 현지에서 실연하고 조성된 시범지를 활용하여 지속적인 기술 전달 및 지도
- 밤나무 재배지의 초경재배법을 개발, 보급함으로써 토양유실을 방지
- 경제성 있는 초종 재배를 통하여 농가소득 증대에 기여
- 제초시트는 반영구적으로 사용이 가능하므로 해마다 소요되는 제초 경비를 절약하게 되어 생산비를 줄이고 밤 수집도 신속하게 할 수 있어 양질의 밤 수집이 가능케 되어 밤 수출시 국제 경쟁력 제고

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

- 밤나무 재배자와 밤나무의 노령화로 생산성이 떨어지는 농가를 대상으로 친환경적 방제법 기술 보급 및 현장적용 체계 확립
- 밤나무의 병해충별 친환경방제법 기술 보급으로 재배안정성과 고품질 밤생산에 기여
- 밤나무 주요 병해충에 대한 기초자료 제공으로 병해충 방제연구 활성화 도모
- 밤나무 노령목 수형조절시 절단면의 유합기술 보급 및 병해충 관리기술 제공

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

- 밤나무 재배지의 기계화 및 작업로 배치 등의 표준화로 밤 생산성의 극대화
- 고밀도 작업로의 배치로 타 과실수의 작업로 배치의 전형이 되는 모델 제시
- 기계화 및 작업로 시설의 유지관리 방법은 고밀도 작업로를 이용한 산림작업 방법의 기초자료로 활용
- 밤나무 재배농가의 노동력을 대체하기 위하여 대량 보급되어 있는 굴삭기에 제초, 시비 및 방제작업이 가능한 기능성 장비를 부착하여 밤나무 재배단지의 효과적인 관리 도모
- 굴삭기를 기본으로 한 다양한 작업기를 붙여 장착하여 사용함으로써 산림작업에 응용 가능
- 굴삭기를 기본차량으로 활용함으로써 수리 및 부품공급 등 유지보수가 편리하여 생산비 및 관리비가 저렴할 것으로 기대되며 국내의 소규모 주문생산 방식에 의해 기업화가 가능함
- 제초, 시비 및 방제작업용으로 개발된 부착작업기의 사용을 밤나무 재배지에 국한하지 않고 일반 산림사업에도 적용할 수 있으므로 굴삭기 및 부착작업기의 활용도를 높일 수 있어 산업화가 가능할 것임

5. 밤나무 재배 경제성 분석

- 국내외 밤 생산 및 시장동향 등 밤 관련 제반정보를 생산자, 유통업자 등에게 제공함으로써 경영 합리화에 탄력성 부여
- 밤 생산자의 국제경쟁력 강화를 위해 밤 재배 소득분석을 통해 재배자에게 적절한 경영모델 및 규모화 방안을 제시하며, 노령목 저수고 수형조절에 대한 경제적 효과를 대내외에 홍보

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

- 밤나무 재배자를 위한 교육 및 현장설명회 실시로 밤나무 관리기술의 보급 촉진
- 지면홍보를 통하여 실용화를 위한 기술보급 적극 추진
- 실연사업을 통하여 재배자들에게 홍보될 수 있도록 관련부서에 요청

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

가. 일본의 저수고 재배

과거 관행적으로 실시해 왔던 간벌과 슈아내기 전정을 중심으로 하던 밤나무 「소식대경목」 재배는 수령이 많아짐에 따라서 수량·품질이 저하하여, 10a당 평균 수량은 100kg 정도로 낮아지고, 경제수령이 15년 정도로 짧아지게 된다. 그래서 수량·품질 향상, 수세 강화, 경제수령 연장, 작업능률 개선 등을 목표로 하는 저수고 재배법이 1980년대초에 제안되어 현재 널리 보급되었다. 주요 종류로는 효고식, 기후식, 이바라키식 등 3종류의 저수고 재배법이 있다.

1) 효고식(저수고 개심형 2개 주지 만들기)

수관중앙부를 제거하여 수형을 만드는 개심자연형을 개선한 방법으로 효고현립 중앙농업기술센터의 아라끼박사에 의해서 개발되었다. 이 방법을 채택하면 수고가 낮아지고 또한 수관이 작아지기 때문에 정지전정을 누구라도 간단히 할 수 있을 뿐만 아니라 대립과실을 생산할 수 있다. 이 정지법은 풍산성 품종이나 가지발생이 많은 품종에 적합하며, 직립성 품종에는 부적당하다.

수관중앙부를 제거하기 전까지는 기존의 변칙주간형과 거의 차이가 없으며, 제1주지와 제2주지가 좌우로 넓게 벌어지도록 배치한다. 동계전정 후의 수고는 3.5m로서 수형은 반타원형(사다리꼴모양)이 된다.



효고식 저수고재배의 완성수형

2) 기후식

변칙주간형(주지는 4개)을 만든 다음 중앙부를 제거해서 짧은 수간을 가진 변칙주간형을 만드는 것으로 최종적으로 주지는 3개가 남게 된다. 기후현 中山間地농업시험장의 쓰카모도 등이 개발하였다.

3) 이바라끼식

배나무의 선반 만들기에서 아이디어를 얻은 방법으로 이바라끼현 원예시험장의 檜山 등에 의해서 고안되었다. 주지수를 2~3개로 하고 각주지에 1~2개의 아주지를 배치하는 것이 기본형이다. 주지, 아주지는 지면과 수평이 되도록 유인을 한다. 기본형을 만드는 데는 2~3년이 걸린다. 유인 초년도에 유인하는 골격지의 수는 나무 1본당 7~8개로 한다. 도장지 및 발육지의 발생이 많아진다. 유인한 해 성장기에 도장지가 발생하면 성공했다고 보아도 좋다.



이바라끼식 저수고 재배의 완성수형

4) 저수고 재배의 효과

이상 3가지 방식은 각각 특징이 있지만 모두 다음과 같은 효과가 있다고 한다.

- 대과가 생산되며, 3L중심으로 2L이상의 과실이 80-90% 얻어진다.
- 수량이 안정적이고 1ha당 3000kg 이상의 수확량이 얻어진다.
- 밤나무줄기마름병, 입고병 등에 의한 고사율이 적고 成園率을 높게 유지할 수 있다.
- 과실탄저병, 밤나무 둥근각지벌레, 밤나무혹벌 피해가 적다.
- 수고가 낮으므로 전정작업이 용이해지고 작업능률이나 안정성이 향상된다.
- 수세유지와 경제수령의 연장이 가능하다.

표. 저수고전정의 효과(기후현 중간산지농시)

구분	항목 健全果實 수량	등급별 수량			과실탄저병 이병과율(%)	밤나무혹벌 피해율(%)
		2L이상	L	M이하		
저수고전정	549kg	285kg (51.9)	220kg (40.1)	44kg (8.0)	0.0	7
무전정	348	35 (10.0)	146 (42.0)	167 (48.0)	2.1	77

나. 중국의 왜화밀식재배

중국에서는 1990년대 이후 생산성 증대를 위해 초저수고, 밀식, 조기풍산 재배법 등과 야생밤나무림을 일반 재배지로 개조하는 기술개발에 노력해왔다. 그 내용을 소개하면 다음과 같다.

1) 관율의 초왜화 재배기술과 왜화품종의 조기검정

관율에 대한 접목기술의 발전과 우량품종의 개발은 관율의 밀식 재배를 촉진시켰다. 본 기술은 관율의 생산에 있어서 획기적인 발전이라고 할 수 있다. 현재 새롭게 조성되는 밤나무 재배원은 이미 과거에 무당(약 170평) 10주를 심는데 반해 40~100주까지 심고 있다. 또한 왜화, 밀식재배용 품종을 선발하여 이용하고 있다.



중국의 초저수고 밀식 풍산재배 광경

1970년대부터 전국 각지에서 우량 판유품종이 개발되었는데 왜성형 품종의 출현은 전통적인 재배양식을 변화시켰고 밀식(1,667~2,500본/ha), 풍산(9,750kg/ha) 재배가 가능하게 하였다. 短札의 감농 7701, 靑札의 감농 7702 및 處暑紅의 감농 7703 등의 우량계통 품종들의 접수가 초왜성 재배를 위해 사용하였다. 산동성 과수연구소에서는 1983년에서 1985년 사이에 海陽현에 판유품종 재배원(6.67ha)을 조성하였는데 이곳의 평균 생산량은 3.99톤/ha 이었으며, 招沅현에 조성된 풍산원에서는 4년차에 5.04톤/ha, 6년차에 8.17톤/ha, 8년차에는 10.88톤/ha의 생산량을 올렸다. 절강성 猪鬃시에 모판홍 품종으로 조성된 풍산원에서는 5년생에서 1.75톤/ha, 최고 5.46톤/ha이 생산되었다.

이러한 판유품종의 초왜화 풍산 우량품종 재배기술은 수체 관리에 유리하고, 합리적인 밀식을 하기에 편리하며, 결실 및 풍산시기를 앞당길 수 있게 해주었다. 그밖에 생리낙과 방지, 자화분화 촉진, 혼작재배 등의 기술개발에도 노력하고 있다.

2) 야생 밤나무림 및 노령목 밤나무의 개조기술

산동, 북경, 하북, 강소, 호북성 등 밤 주산지를 중심으로 그동안 관리하지 않고 채취만을 하던 야생 밤나무림을 재배지로 전환하기 위한 정지전정 기술을 개발하거나 재배 중인 밤나무 노령목의 저수고 유도를 위한 갱신고접 기술개발도 활발하게 진행되고 있다.



갱신고접에 의한 밤나무 노령목 저수고화

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

일본은 밤나무 재배지의 생산성을 높이고자 집약적인 정지전정을 실시하고 밤나무의 조속한 회복을 위하여 시비를 실시하고 있다. 시비 원칙은 첫째 최대비효의 원칙, 둘째로 토질개량의 원칙, 셋째 기후순응의 원칙, 넷째 최대수확의 원칙으로 비료를 사용하여 밤을 생산하고 있다. 비료의 수준은 다양하며 화학비료의 경우 현재 우리나라에서 사용하고 있는 속효성 비료(N:P:K=21:17:17, 10:10:11)를 살포하고 있다.

밤나무 재배지의 토양관리를 위하여 인위적인 시비를 하여 양분을 공급하기도 하나 토양환경을 개선하여 토양내 미생물의 증식과 유효미생물의 활동을 도모하는 토양산도 조절을 통하여 자연적인 양분순환을 유도하는 토양관리기법을 활용하고 있다. 이와 함께 밤나무 재배지의 토양에 적당하고 또한 밤 수집과 밤나무 관리에 용이한 초종을 선발하여 토양의 유실을 방지하여 양료손실을 예방하며, 그리고 밤수확기에 밤 줍기에 편한 초종을 선발하여 재배하는 초경재배를 실시하고 있다.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

포르투갈의 유럽밤나무(*Castanea sativa*) 재배 주산지는 북부지역인 Trás-os-Montes 지역으로 이 나라 전체 재배면적의 약 84%에 해당하는 24,837ha의 면적을 가지고 있다. 매년 13,000 농가에서 30,000톤(약 10백만 유로)내외의 밤이 생산되며 이중 10,000톤이 인근의 프랑스, 스페인, 이태리 및 브라질로 수출된다.

주요 재배품종은 Judia, Lada, Cota, Longal 등이며 식재간격은 8mx8m, 10mx10m로서 수세와 수형을 고려하여 식재간격이 넓다. 정지전정 등 수형관리는 전혀 하지 않으며, 10년생부터 본격적인 수확이 시작되며 경제수령은 50년 정도이다. 포르투갈에서 밤나무 재배지의 전통적인 토양관리는 잡초를 제거하고 수분을 보존하고자 매년 여러번 지표면을 경운함으로써 토양침식, 토양답압으로 인한 토양호흡 저해로 토양생물군의 다양성 감소, 뿌리교란 및 피해 등을 야기시켰다. 이로 인해 토양내 존재하는 *Phytophthora cinnamomi*에 의해 전염되는 ink disease 피해가 증가하여 현재 포르투갈에서 밤나무 재배를 위축시키는 주요 요인이 되고 있다. 이병은 1950년대 80,000ha에 달하던 밤나무 재배면적이 현재 30,000ha로 감소한 데 부분적인 이유가 된다. 그리고 우리나라처럼 밤나무해충의 종류가 다양하지 아니하였고, 문제되는 해충의 종도 없었다.

4. 밤나무 재배지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

일본의 경우 임도, 작업도가 명확하게 구분되어 있어 활용되고 있으며, 작업도의

경우 폭이 1.8~3m로 규정되어 있으며, 간선작업로는 노폭의 1.2배, 작업로와 임내주행로는 차폭 만큼으로 시설하고 있다. 또한 도로종류별로 종단기울기 및 최소곡선반지름을 제시하고 있다.

미국의 경우 환경적인 문제를 최소화하기 위하여 최적관리치침(Best Management Practices, BMPs)을 마련하여 산지훼손 및 수질보호 등 환경적인 측면에서의 문제를 최소화할 수 있는 장치를 마련하고 있다. 특히 수질보호 측면에서 계류를 통과하는 작업로는 토사가 하천에 유입되지 않도록 여러 가지 장치를 마련하여 적용하고 있는 실정이다.

5. 밤나무 재배 경제성 분석

새로운 기술정보 없음

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

새로운 기술정보 없음

제 7 장 참고문헌

1. 경제수령 연장을 위한 재배관리기술 개발 및 우량품종 선발

1. 고광출, 오성도, 임열재, 유영산, 강성모, 김선규, 신용억, 정경호. 1999. 과수 전정 생리. 서원출판사, 서울. 22pp.
2. 구교상, 김갑영, 김경희, 김만조, 김선창, 박재복, 신상철, 안창영, 이문호, 이상현, 전현선, 정진현, 주린원, 최광식, 황명수. 2001. 밤나무 재배관리 기술. 임업연구원. 16pp.
3. 임업연구원. 2002. 임업연구 80년사. 42pp.
4. 김만조, 이욱, 황명수, 김선창, 이문호. 2003. 밤나무 재배품종의 개화, 결실 및 과실특성. 한국임학회지 92(4): 321-332.
5. 김선창, 김만조, 황명수, 이문호. 2003. 밤나무 품종육성 배경과 성과. 산림과학논문집 66: 145-158.
6. 梅谷 隆. 2002. クリの高品質安定栽培をめざした低樹高栽培および超低樹高密植並に木枝植栽培. 農業および園藝. 77(5): 608-81.
7. 查永成. 2000. 板栗豐産栽培 新技術. 浙江科學技術出版社. 杭州. 4pp.
8. 蘇淑釵 등. 2004. 中國板栗生產研究與現狀."Int. Seminar on chestnut breeding and cultivation". Korea For. Res. Inst.. pp.51-66.
9. 안창영, 황명수. 1993. 밤나무 주요품종의 수확기, 과실형질에 대한 연구. 임업연보. 29: 89-95.
10. 王恒明等. 2000. 板栗優良品種及其豐産優質栽培技術. 中國林業出版社. 北京. 6pp.
11. 尹偉倫 등. 2004. 中國板栗資源與生產技術研究現狀. "Int. Seminar on chestnut breeding and cultivation". Korea For. Res. Inst.. pp.67-86.
12. 이욱, 김만조, 김선창, 이문호, 장용석. 2005. 밤나무 교잡종 과실의 질적특성. 원예과학기술지 23(1): 71-78.
13. 이욱, 김만조, 이문호, 황명수, 황석인. 2005. 밤나무 교잡종 과실의 양적특성에 관한 고찰. 한국임학회지 94(1): 34-38.
14. 荒木 齊, 藤原俊一, 藤原辰行, 小山一夫. 1988. クリの更新せん定に關する研究. 第1報. 低收高木園における更新せん定技術の體系化. 兵庫縣中央農業技術せんた研究報告 36: 35-46.
15. 荒木 齊, 藤原俊一. 1993. クリの低收高整枝・せん定と樹冠間隔が園地の生産構造並びに收量と果實重に及ぼす影響. 近畿中國農業研究 86: 13-24.
16. 荒木 齊, 中岡利郎. 1982. クリの更新せん定の強さが樹の生育, 收量及び平均果重などに及ぼす影響. 園藝學會雜誌 51(3): 278-285.

17. 荒木 齊. 2004. 일본의クリ生産と消費, 並びに技術. "Int. Seminar on chestnut breeding and cultivation". Korea For. Res. Inst.. pp.41-50.
18. Barritt, B.H., C.R. Rom, B.J. Konishi and M.A. Dilley. 1991. Light level influences spur quality and canopy development and light interception influence fruit production in apple. HortScience 26: 993-999.
19. Famiani, F., P. Proietti, A. Palliotti, F. Ferranti and E. Antognozzi. 2000. Effects of leaf to fruit ratios on fruit growth in chestnut. Sci. Hort. 85 : 145-152.
20. Goulão, L., T. Valdivieso, C. Santana and C.M. Oliveira. 2001. Comparison between phenetic characterization using RAPD and ISSR markers and phenotypic data of cultivated chestnut (*Castanea sativa* Mill.). Genetic Resources and Crop Evolution 48 : 329-338.
21. Haas, P.G. and K. Hein. 1973. The effect of various pruning measures and defoliation on the growth of apple roots(in German). Erwebobstbau 15: 137-141.
22. Head, G.C. 1968. Seasonal changes in the diameter of secondarily thickened roots of fruit trees in relation to growth of other parts of the tree. J. Hort. Sci. 43: 275-282.
23. Lakso, A.N., T.L. Robinson and R.M. Pool. 1989. Canopy microclimate effects on patterns of fruiting and fruit development in apples and grapes. pp. 263-274. In: C.T. Wright(ed.). Manipulation of fruiting. Butterworths, London.
24. Randolph, W.S. and C. Wiest. 1981. Relative importance of tractable factors affecting the establishment of transplanted holly (*Ilex crenata*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 207-210.
25. Robinson, T.L. and A.N. Lakso. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 188-194.
26. Villani, F., M. Lauteri, A. Cherubini, M.C. Monteverdi and C. Mattioni. 1999. Genetic structure and quantitative traits variation in F1 full-sibs progenies of *Castanea sativa* Mill. Acta Horticulturae 494: 395-405.
27. Villani, F., M. Pigliucci, M. Lauteri and M. Cherubini. 1992. Congruence between genetic, morphometric and physiological data on differentiation of Turkish chestnut (*Castanea sativa*). Genome 35: 251-256.
28. Westwood, M.N. 1993. Temperate-zone pomology. Physiology and Culture. Timber Press, Inc. 14pp.

2. 환경친화적 토양관리기술 개발 및 시비체계 확립

1. 강봉균, 강영길, 강시용. 2003. 폴리에틸렌필름 멀칭 및 종묘종류가 가을감자의 생육과 수량에 미치는 영향. 한국작물학회지 48(3): 147-151.
2. 김종갑, 오기철. 2001. 침엽수와 활엽수 산림에서 산불 후 토양화학적 및 토양미생물학적 변화. 한국생태학회지 24(1): 1-7.
3. 농림부. 2000. 특수지역의 생태적 산림조성 및 관리기술 개발 최종보고서. 346pp.
4. 박동진, 육연수, 김종진, 이상화, 김창진. 1999. 산불 발생 후 토양 미생물의 밀도 변화. 한국미생물학회지 35(1): 78-81.
5. 변재경. 2004. 수목에 대한 멀칭처리 효과. 국립산림과학원 산림과학정보 164: 12-13.
6. 성치남, 백근식, 김종홍. 1998. 백두산의 식생에 따른 토양 미생물의 분포 및 특성. 한국생태학회지 21(5-2): 575-583.
7. 성치남, 백근식, 전영문, 김정근, 김종홍. 1998. 남산 주요 식생의 토양 미생물의 분포 및 생리적 특성. 한국생태학회지 21(5-3): 703-712.
8. 안병준, 조성택, 조태수, 이성재, 이운수. 2003. 탄화물이 토양미생물 및 고추 생육에 미치는 영향. 임산에너지 22(3): 49-56.
9. Asiegbu, J.E. 1991. Response of tomato and eggplant to mulching and nitrogen fertilization under tropical conditions. Scientia Horticulturae 46: 33-41.
10. Erhart, E. and W. Hartl. 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. European Journal of Soil Biology 39: 149-156.
11. Fisher, P.D. 1995. An alternative plastic mulching system for improved water management in dryland maize production. Agricultural Water Management 27: 155-166.
12. Park, H. 1994. Timber harvesting impacts on soil respiration rate and microbial population of *Populus tremuloides* Michx. stands on two contrasting soils. Jour. Korean For. Soc. 83(3): 372-379.
13. Gupta, G.N. 1991. Effects of mulching and fertilizer application on initial development of some tree species. Forest Ecology and Management 44: 211-221.
14. Jin, Z., T. Akiyama, B.Y. Chung, Y. Matsumoto, K. Iiyama and S. Watanabe. 2003. Changes in lignin content of leaf litters during mulching. Phytochemistry 64: 1023-1031.

15. Lambert, F., B. Truax, D. Gagnon and N. Chevrier. 1994. Growth and N nutrition, monitored by enzyme assays, in a hardwood plantation: effects of mulching materials and glyphosate application. *Forest Ecology and Management* 70: 231-244.
16. Romic, D., M. Romic, J. Borosic and M. Poljak. 2003. Mulching decreases nitrate leaching in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation. *Agricultural Water Management* 60: 87-97.
17. Salau, O.A., O.A. Opara-Nadi and R. Swennen. 1992. Effects of mulching on soil properties, growth and yield of plantain on a tropical ultisol in southeastern Nigeria. *Soil and Tillage Research* 23: 73-93.
18. Truax, B. and D. Gagnon. 1993. Effects of straw and black plastic mulching on the initial growth and nutrition of butternut, white ash and bur oak. *Forest Ecology and Management* 57: 17-27.

3. 환경친화적 병해충 방제 및 관리기술 개발

1. 김철수. 2003. 밤나무혹벌과 그 주요 기생성천적의 생태에 관한 연구. 강원대학교 박사학위 논문. 163pp.
2. 김철수, 박일권, 김종국, 박영석, 신상철, 정영진, 최광식, 전문장. 2005. 밤나무품종에 따른 밤나무혹벌의 산란선호성. *한응곤지*. 44(2): 157-159.
3. 박종대, 고현관. 1992. 합성 페로몬에 의한 과밤나방(*Spodoptera exigua*)의 방제. I. 외대파에서의 대량유살에 의한 방제. *한응곤지*. 31(1): 45-49.
4. 양창열, 전홍용, 부경생. 2005. 배 과원에 발생하는 애모무늬잎말이나방 성페로몬 조성의 지리적 변이. *한응곤지*. 44(1): 31-36.
5. 이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 성안당. 459pp.
6. 최광식. 1998. 복숭아명나방(*Dichocrocis punctiferalis*)(나비목:명나방과) 성충의 활동리듬과 밤나무림에서의 발생생태. 서울대학교 박사학위 논문. 102pp.
7. Black, W.C., IV. 1996. RAPDDIST 1.0. Department of Microbiology, Colorado State University, Fort Collins, CO. USA.
8. Choi, K.S., K.S. Han, S.J.M. Jang, Y.J. Chung, C.S. Kim, J.D. Park and K.S. Boo. 2004. Seasonal occurrence of the Pearch Pyralid Moth, *Dichocrocis punctiferalis* at chestnut orchards in some provinces of Korea. *Jour. Korean For. Soc.* 93(2): 134-139.
9. Excoffier, L., P. Smouse and J. Quattro. 1992. Analysis of molecular variance

- inferred from metric distance among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131: 479–491.
10. Felsenstein, J. 1993. PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.5c. Distributed by the author. Department of Genetics. University of Washington. Seattle, WA. USA.
 11. Han, K.S. 2002. Sexual isolation of two *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) types in Korea. ph.D. dissertation. 31–71pp. Seoul National University, Seoul, Korea.
 12. Honda, H. and K. Hanyu. 1989. Scanning electronmicroscopy of antennal sensilla of the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenee) and *Conogethes* spp. (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Entomol. Zool.* 33: 238–246.
 13. Kulman, H.M. 1971. Effects of insect defoliation on growth and mortality of trees. *Ann. Rev. Entomol.* 16: 289–324.
 14. Lee, J.K. 1992. Biology and control of chestnut blight disease caused by *Cryphonectria parasitica* (MURR.) BARR in Massachusetts. 104pp., Ph.D. Dissertation. University of Massachusetts, Amherst.
 15. Liu, M., X. Meng, Z. Yan and R. Su. 1990. Field trials of the sex pheromone of yellow peach moths, *Dichocrocis punctiferalis* Guenee. *Sinozoologia.* 7: 1–5.
 16. Roane, M.K., G.J. Griffin and J.R. Elkins. 1986. Chestnut blight, Other *Endothia* diseases, and the Genus *Endothia*. APS Press.
 17. Sanders, C.J. 1997. Mechanism of mating disruption in moths. pp.333–346. In R.T. Cardé and A.K. Minks (eds.), *Insect pheromone research new direction*. 684pp. IPT, New York.
 18. Schneider, S., D. Roessli and L. Excoffier. 2000. Arlequin V2.000. A software for population genetics data analysis. Dept. of Anthropology and Ecology, University of Geneva, Geneva, Switzerland.
 19. Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* 27: 379–423.
 20. Wright, S. 1978. *Evolution and genetics of populations*. Vol. 4. Variability within and among natural populations. University of Chicago Press, Chicago, USA.
 21. Yeh, F.C., R.C. Yang and T. Boyle. 1999. POPGENE v 1.31. Microsoft window-based freeware for population genetic analysis. Dept. of Renewable Resources. Univ. of Chicago Press, Chicago, USA.

4. 밤나무단지 경영기반 개선 및 기계화 작업방안 확립

1. 강화석 외 2인. 1994. 잣 수확의 기계화연구(I, II). 한국농업기계학회지 19권 1호.
2. 金鍾閔, 車斗松, 金瓚會. 1992. 數値地形圖를 利用한 最適林道網 編成 方法. 林研研報. 44: 120-132.
3. 김응서. 1991. 자동차공학 시리즈 2 새시(I). 집현사. 326pp.
4. 김응서. 1991. 자동차공학 시리즈 2 새시(II). 집현사. 303pp.
5. 南方 康. 1991. 機械化·路網·生産システム. -低コスト林業確立のために- pp. 265.
6. 노재후. 1981. 임업기계에 의한 산림작업의 생력화. 한국임학회지 54: 90-102.
7. 농림부. 1997. 밤수집기 개발. 최종보고서. 117pp.
8. 農業機械學會. 1984. 新版農業機械ハンドブック. コロナ社. 994p.
9. 대광서림 편집부. 1990. 표준 기계설계 도표편람. 개정 증보 2판. 대광서림. 1291pp.
10. 大河原昭二. 1964. 帶廣營林局管内におけるトラクタ集材距離とトラクタ作業道密度の合理的關聯性に關する研究(II). 日林誌. 46(8): 269-273.
11. 大河原昭二. 1991. 林業機械學. 文永堂出版. 254pp.
12. 鈴木保志, 山内和雄. 2000. 作業道における被害防止構造物の設置狀況とその分析. 森林利用學會誌 15(2): 113-124.
13. 박환중, 이영열, 홍종태, 박관규, 윤천중. 1993. 진동식 매실수확기 개발연구. 농업논문집 35(2): 708-713.
14. 山脇三平, 大里正一, 鈴木正之, 森三昇, 小島幸治. 1990. 林業機械學. 朝倉書店.
15. 禹保命 외. 1998. 산림공학. 광일문화사. pp.315-434.
16. 유병일, 김철상. 1990. 사유림의 산림 작업노동연구. 임업연구원 연구보고 41: 63-75.
17. 유병일, 박명규. 1979. 산림의 노동력 변화에 관한 연구. 한국임학회지 45: 37-45.
18. 은정표, 신창선. 1996. 자동차 구조학. 동신출판사. 622pp.
19. 林業機械化推進研究會. 1990. 機械化のビジョン. 177pp.
20. 林業機械化協會. 1995. 林業機械に使われるメカトロニクス. 林業機械シリーズ No. 85. 161pp.
21. 林業機械化協會. 1996. 林業機械便覽. 252pp.
22. 全國林業改良普及協會. 1993. 機械化のデザイン. 195pp.
23. 井上源基, 岡勝, 廣部伸二, 山田容三. 森林機械化作業のための地理的要件の評價. -路網から作業對象地までの到達距離の分布の検討-. 森林利用學會誌 16(1)

: 3-14.

24. 井上源基, 吉田智佳史, 陣川雅樹, 山口 浩和. 2000. 樹枝型路網の分枝構造の解明と路網配置指標の評價. 森林利用學會誌 15(3): 185-196.
25. 조기현, 백이. 1999. 농업기계학 개론 및 정비. 동진출판사. pp.27-178.
26. 酒井秀父. 1987. 合理的集運材方式に基づく長期林内路網計劃に關する研究. 東大演報. 76: 1-85.
27. 중원사 자동차연구회. 1997. 자동차 공학. 중원사. 552pp.
28. 車斗松, 金鍾閔, 鄭道鉉. 1995. 山岳地形에 適合한 適正路網整備에 關한 研究. 山林科學論文集 52: 176-185.
29. 片岡秀夫. 1980. 林業工學. 日本林業調査會. 473pp.
30. 榎村純一. 1993. 民有林作業道 -今日的課題とその選擇-. 静岡縣山林協會. 111pp.
31. スリーエム研究會. 1991. 最新林業機械ハンドブック. スリーエム研究會. 732pp.
32. Howard, A.F. and J.S. Tanz. 1990. Optimal road spacing for multistage cable yarding operations. Can. J. For. Res. 20: 669-673.
33. Kato S. 1967. Studies on the forest road system - Preliminary report on the road density. Bull. Tokyo Univ. For. 63: 214-233.
34. Kim, K.U. and H.J. Park. 1996. Interim report - development of chestnut harvester. Unpublished. Seoul National University.
35. KWF. 1993. Der Forstwirt. Verlag Eugen Ulmer. pp.348-396.
36. Strehlke, E.G., H.K. Sterzik and B. Strehlke. 1970. Forstmaschinenkunde. Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin. 277pp.
37. Sundburg U. and Siversides. 1988. Operational efficiency in forestry. Kluger Academic Publishers. Dordrecht, Boston and London.
38. White, F.M. 1986. Fluid mechanics. McGraw Hill, Inc. New York.

5. 밤나무 재배 경제성 분석

1. 김사일, 주린원. 1987. 종실류(밤·대추) 생산농가의 소득증대방안에 관한 연구. 임업연구원연구보고 35: 1-8.
2. 김의경, 윤여창. 1995. 밤의 수급전망에 관한 연구. 산림경제연구 3(1): 15-27.
3. 김의경, 김재성, 정병현. 1996. 밤·대추의 시장개방에 따른 영향분석. 산림과학논문집 54: 77-85.
4. 김의경 외 6인. 1999. 주요임산물의 산지유통체계 및 표준규격화 등에 관한 연구. 산림청. pp.29-43.
5. 김의경, 정병현, 김대현. 2000. 단기소득임산물의 유통경로 및 산지유통체계에 대

- 한 연구. 산림경제연구 8(1): 11-27.
6. 김의경, 정병현, 이성연, 주린원. 2002. 단기소득임산물 시장접근물량의 수입관리 제도 개선방안. 산림경제연구 10(2): 11-21.
 7. 김재성, 김의경. 1999. 주요 산과실류의 경제성 분석. 산림과학논문집 60: 54-65.
 8. 김재성, 김철상, 주린원, 최수임. 2004. 2003년 밤·표고 소득분석. 국립산림과학원 연구보고 04-05호. 99pp.
 9. 김재성, 정병현, 주린원, 최수임. 2004. 밤 유통구조 및 경제성 분석. 산림경제연구 12(1): 12-21.
 10. 손철호, 장철수. 2001. 국내 밤 수급동향과 중·단기 전망. 산림경제연구 9(1): 59-69.
 11. 손철호, 장우환, 장철수. 2004. 밤나무 재배실태와 정책방향. 농촌경제 27(2): 73-86.
 12. 이경일, 장우환. 2003. 우리나라 단기소득임산물 정책에 관한 연구. 한국임학회지 92(4): 367-373.
 13. 전준현, 이상식. 1993. 밤 생산농가의 경영실태분석에 관한 연구. 한국임학회지 82(1): 1-6.
 14. 정병현. 2002. WTO 체제에 있어서 밤의 수급전망 및 가공공장 적정입지 분석. 경상대학교 박사학위논문. 139pp.
 15. 정병현, 이성연, 주린원, 김의경. 2004. 주요 단기소득임산물의 수급 및 유통구조. 국립산림과학원 연구보고 04-09. 113pp.
 16. 장우환, 장철수, 석현덕, 손철호, 민경택. 2003. 밤나무 재배실태와 정책방향 연구. 산림청. 155pp.
 17. 최 관, 한상열, 우태명, 성규철. 1992. 우루과이 라운드(UR)가 밤 재배농가에 미치는 영향. 한국임학회지 81(3): 255-262.
 18. 安ヶ平精三. 1993. クリ生産の經濟分析—秋田縣の事例から—. 日本林學會東北支部大會發表論文集 45: 19-20.
 19. 爲國末幸. 1969. クリの栽培と經營. 誠文堂新光社. pp.1-267.

6. 스프링클러시스템을 이용한 밤나무 관리기술 개발

1. 강전유, 임주빈, 이범영. 1978. 밤나무 종실해충방제시험. 임시연보. 25: 99-110.
2. 김의경, 윤여창. 1995. 밤의 수요전망에 관한 연구. 한국산림경제학회지 3(1): 15-27.
3. 김종국. 1998. 밤나무혹벌의 기생천적에 관한 연구. 한국임학회지 873(3): 475-482.

4. 김종국. 1999. 밤나무혹벌의 기생천적 *Torymus sinensis*에 관한 생태학적 연구. 한국응용곤충학회지 38(2): 85-91.
5. 농약공업협회. 2004. 농약사용지침서. 991pp.
6. 박지두, 박기남, 고제호. 1984. 밤바구미의 산란시기 및 그 피해와 참나무림과의 관계. 임시연보. 31: 152-159.
7. 박지두, 이상옥, 박기남, 고제호. 1981. 내충성 밤나무를 가해하는 밤나무혹벌의 생태와 피해. 임업시험장 연구보고 28: 197-205.
8. 신상철 등. 1998. 밤바구미 유인제 개발. 농림특정연구사업연구보고서. 임업연구원 pp.1-81.
9. 안창영, 김선창, 박치선. 1984. 전정·시비·간벌에 의한 밤나무혹벌 방제에 관한 연구. 임업연보. 20: 126-131.
10. 이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 성인당. 459pp.
11. 정상배. 1981. 신농약에 의한 밤나무 종실해충 방제시험. 임업시험장연구보고서 761-776.
12. 정상배, 김철수. 1994. 분무장치를 이용한 솔잎혹파리 방제에 관한 연구. 한국임학회지 83(3): 311-321.
13. 정상배, 김철수. 1998. 분무장치를 이용한 솔잎혹파리 방제에 관한 연구. II. 저농도 지면약제살포 효과. 한국임학회지 87(4): 571-576.
14. 조도연, 이상옥. 1963. 밤나무혹벌의 생태와 피해조사. 식물보호 2: 47-54.
15. 최광식. 1993. 밤나무 주요해충에 대한 금후 전망. 제15회 산림방제연찬회. pp. 57-65.
16. 최광식. 1997. 복숭아명나방 발생소장과 적기방제. 제19회 산림병해충 연찬회. pp. 111-124.
17. 佐久間文雄. 1994. クリ低樹高栽培のすすめ(1)(2). 農業および園藝第69巻 第45號.
18. 前田正孝, 佐藤末吉. 1978. クリタマバチの生態に關する研究. 抵抗性品種に對する寄生について. 宮城園試研報 2: 53-75.
19. 田村正人. 1961. クリタマバチ *Dryocosmus kuriphilus*에關する研究. 第6報. 羽化消長の地域的差異(1). 東京農大農學集報 7(1): 20-29.
20. Choi, K.S. et al. 2004. Seasonal occurrence of the Peach pyrarid moth, *Dichocrocis punctiferalis* at chestnut orchards in some provinces of Korea. Jour. Korean For. Sci. 93(2): 134-139.
21. Chung, S.B. and C.S. Kim. 2005. Use of sprinkler system for production forest management of pine mushroom(*Tricholoma matsutake*). Jour. Korean For. Soc. 94(1): 21-25.
22. Huang, J. and Y. Liao. 1988. Studies of the natural enemies of chestnut gall

- wasp in China. *Scientia Silvae Sinicae* 24(2): 162-169.
23. Kato, M. 1935. On the number of moults occurring during the larval stage of the strawberry weevil, *Anthonomus bisignatus* R.(Japanese). *Ecological Review* 1(2).
 24. Kato, M. 1935. On the chestnut weevil, *Culculio dentipes*(Roelofs), especially on the larval stage. Tohoku Imperial university. *Sci. Rep.* pp.515-553.
 25. Murakami, Y., H.B. Ao and C.H. Chang. 1980. Natural enemies of the chestnut gall wasp in Hopei Province. China (Hymenoptera; Chalcidoidea). *Appl. Entomol. Zool.* 15: 184-186.

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.