최 종
연구보고서

고품질 원예작물 생산증대 및 병해충 억제용 초음파 발생장치 개발

Development of Ultrasonic System for Increase of Yield and Quality of Crop and Control of Pests

그린테코 주식회사

농 림 부

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.

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고품질 원예작물 생산증대 및 병해충 억제용 초음파 발생장치 개발” 과제(세부과제 “식물보급용 초음파 보급장치 개발”, “채소작물의 최적 초음파 영역대 구명 및 농가실증 시험” 및 “초음파 처리에 의한 채소작물의 생육 및 수량 반응 효과 구명”)의 최종보고서로 제출합니다.

2003 년 1 월 30 일

주관연구기관명 : 그린테코주식회사
총괄연구책임자 : 이 상훈
세부연구책임자 : 이 상훈
연 구 원 : 윤 해중
연 구 원 : 윤 인숙
연 구 원 : 김 문경
협동연구기관명 : 농진청/농과원
협동연구책임자 : 이 완주
연 구 원 : 최 영철
연 구 원 : 이 동우
연 구 원 : 최 병렬
연 구 원 : 방 혜선
연 구 원 : 김 영철
연 구 원 : 엄 영철
협동연구기관명 : 농진청/원예연구소
협동연구책임자 : 김 광용

요 약 문

Ⅰ. 제 목

고품질 원예작물 생산증대 및 병해충 억제용 초음파 발생장치 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

1) 기술적 측면

음악이 식물의 생육을 촉진시킬 수 있다는 사실에 대해 많은 사람들이 이의와 의문을 제기하는 것도 사실이다.

그러나 최근 그린음악(Green Music)이 농촌진흥청 농과원 연구팀에 의해 개발되어 우리나라 농업현장에서 식물의 생육 촉진 수단으로 실제로 활용되고 있다. 그 실례로서 '99년도 농촌진흥청의 국고 보조로 시·군 농업기술센터에서 시범사업으로 운영되고 있으며, 또한 농림부 환경농업과가 주관하는 환경농업보호지구의 품목에도 설정되어 농가가 스스로 보급하고 있다.

Sinh T.C교수가 미모사에 인도의 전통음악인 Raga를 들려주었더니 원형질 유동이 활발하였고 기공 수와 세포가 증가하였으며, 증산과 광합성이 2배정도 증가 된다고 보고하였다.

1968년 미국의 여류과학자 Dorothy Retallack 은 호박에 베토벤 등 고전음악을 들려 준 결과 호박 덩굴이 스피커 쪽으로 향했던 반면, 록 음악의 경우에는 반대로 향하여 유리벽을 타고 넘어 갔음을 발견했다.

미국 Minnesota 대학의 식물육종학자 Dan Carlson은 1983년 Sonic bloom 이라는 식물음악을 개발하여 우리 나라를 비롯한 30여개 국에서 특허를 신청하고, 최근 15개국 이상에서 이 음악을 이용하여 작물 증산을 하고 있다.

우리 나라에서는 1992년 Sonic bloom을 처음으로 도입하여 뽕나무에 대한 생육 촉진을 시험한 결과 무음악처리구에 비해 생육을 촉진시킴을 확인하였고, 우리 정서에 맞는 음악을 개발하여 Green music이라 명명하고 그 효과도 Sonic bloom 보다 더 좋

았다. Green music은 양란, 미나리, 배추, 장미 등을 15-44% 증수시킬 뿐만 아니라. 내병성 효소인 β-glucariase의 활성을 증대시켜 내병성을 높였으며, Flavonoid류인 Rutin과 Free amino acid류인 γ-aminobutyric acid와 Guaijaverin등을 최고 2.5배까지 증가시키는데 이들 성분은 성인병을 예방하는 등 매우 유용하면서 해충에는 대사를 교란하는 해로운 성분이기도 하다. 실제로 음악을 들은 진딧물은 수명이 27% 단축되고, 산자수도 28% 정도 감소되었다. 또한 그린음악이 특허권【농촌진흥청, 그린테코(주)대표이사 이상훈】 자인 그린테코(주)에 의해 점차 농가에 보급되면서 발전 지향적인 새로운 사실을 인지 할 수 있었다.

한편, 그린음악이 설치된 시설 하우스내와 인접하여 거주하는 지역민의 일부에서 소음문제로 민원이 제기 될 수도 있다는 사실을 알게되었고 더 중요한 것은 아무리 좋은 개발 제품이라 하여도, 현장 환경에 맞게 상품화하여 유용하게 활용되어야 함을 다시 한번 인지하게 되었다. 본 연구는 우리 귀에는 직접 들리지 않으나 식물에는 음파를 전달 생육을 촉진시키는 최적 초음파의 영역대를 영역대를 구명하고 본 처리에 의한 해충 발생억제효과, 채소류의 생육 및 수량에 미치는 영향 등을 종합적으로 연구 구명할 예정이다. 이러한 과제들이 완수하여 작물에 이로우며, 사람에게도 불편함을 끼치지 않는 초음파 시스템이 개발되면 환경친화형 농업의 발전에 일익을 담당하며 국가경제에 크게 기여하게 될 것이다.

2) 경제. 사회적인 측면

농업과학기술의 급속한 발전으로 우량 모를 생산, 이식(정식) 작업에 의한 증수 방법을 채택하고 있다.

그러나 모 생산과정에는 병, 기상재해 등 각종 장애요인이 많고 외견상 우량한 모 같이 보이지만 부실하여 농민이 피해를 보는 경우도 허다하다. 그래서 예로부터 모농사가 반농사라고 할 정도로 건묘 육성은 중요한 농작업이다.

또한 최근 농법은 최대 수량을 얻기 위한 다투입 농업에서 탈피하여 공해를 발생시키지 않고 계속해서 농사를 지을 수 있는 지속적 농업(Sustainable agriculture)으로 전환되고 있다. 음악의 농업에의 이용은 바로 이러한 지속적 농업의 한 범주 안에 넣을 수 있는 증산 방법이라 할 수 있다.

음악 및 초음파를 들려주면 건묘 육성과 증수가 가능하며 해충의 발생이 크게 억제

되며 농약의 살포회수가 줄어든다. 따라서 생산비를 절감시킬 수 있으며, 명랑한 농업음악은 농민의 노동생산성을 높일 수 있다.

3) 사회 문화적 측면

음악예술을 食文化에 접목시키는 것은 새로운 시도이다. 일본의 경우 和牛사육시 베토벤을 비롯한 고전음악을 들려주어 워싱톤의 고기시장에서 가장 비싼 값을 받으며, 발효음식을 제조할 때 음악을 들려주어 고급식품을 생산하여 비싼 값으로 판매하고 있다. 빵의 경우는 베트벤의 전원교향곡, 우동국수에는 비발디의 사계, 정종에는 모차르트를 들려주는데 빵이 더 구수해서 3배나 비싸고, 우동은 국수발이 부드럽고 맛이 좋아 10% 더 비싸게 받고 있으며, 정종은 효모밀도가 10배나 높아져 주류 품평회에서 특출한 맛을 인정 받고 있다. '음악(초음파)을 듣고 자란 오이', '음악(초음파)을 듣고 자란 상추'라고 표시한 농산물은 인기가 높을 것이며 판매도 촉진될 것이므로 재배 농민들에게 많은 소득을 안겨 줄 것이며, 소비자에게는 보다 안전 농산물을 공급하게 되며 21세기 환경친화형 농법으로 각광을 받게 될 것이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

목 표	연구내용
1차년도 (기초연구, 초음파개발) : 1999. 12. ~ 2000. 11	○ 초음파 장치 개발 - 농촌진흥청에서 시험할 수 있도록 제작 ○ 최적초음파 영역대 구명 - 작물의 생육을 가장크게 촉진 시키는 초음파 영역대 구명
2차년도 (특성개발 및 응용연구) : 2000. 12. ~ 2001. 11	○ 초음파 처리에 의한 해충발생 억제효과 구명 - 최적 초음파 영역대 이용 - 해충발생 소장조사 ○ 초음파 처리에 의한 작물의 생육 및 수량반응에 미치는 영향구명 - 최적초음파 영역대 이용 - 생육상황, 건물증등 조사
3차년도 (기술확립) : 2001.12 ~ 2002.11	○ 최적음파 발생장치(시제품) 제작 ○ 농가 실증시험 ○ 최저렴 작물용 음파 발생장치 제조 및 판매 ○ 기술적, 경제적 효과분석

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 본 연구의 결과로 원예작물의 생육촉진 및 병해충 억제용 초음파 발생장치(그린엠포닉시스템)가 개발되었으며,

2. 본 시스템을 환경 친화적 농업용 설비로 공식 인증하여 농가에 보급하는 것이 바람직 하며,

3. 보다 다양한 작물에 적용이 될 수 있도록 시범사업을 통한 보급 및 신기술 홍보에 적극 활용하여야 할 것으로 사료됨.

SUMMARY

Green Music has improved the growth and the productivity of products, the quality, and made the products more resistant against harmful insects. Green Music has been proven by farmers that have installed the Green Music System, but there are chances that someone use unapproved music and that may be the cause of some unexpected things.

Currently installed green music requires development to protect the noise pollution for the farmer' s residential area. Part of the solution to this problem is that they [the manufacturer] will analyze the frequency and sound wave for each step of product growth (Each different type of plant has a different frequency). Although it the noise issue is not solved yet, the manufacturers of the green music system will try to solve this flaw by ultra sonic sound.

Ultrasonic wave and Green-music effects on vegetables(lettuce, radish, tomato, cucumber) growth and yield were examined in spring and autumn season in experimental cultivation

To investigate effects of ultrasonic on crop growth and pest control, the vegetables(cucumber, lettuce, radish, Chinese cabbage and dropwort) were cultivated under plastic film houses(40㎡) from 2000 to 2001. Ultrasonic waves were treated for 3hrs from 6 to 9 a.m. everyday.

To demonstrate effects of ultrasonic in farms, ultrasonic wave 20kHz was treated in watermelon farm, cucumber farm and pumpkin farm in 2002.

To survey the effects of ultrasonic on growth and yield of vegetables in normal cultivation, 10 demonstrations were carried on 10 farms from Oct. 20, 2002 to Oct. 26, 2002. Experience of vegetables cultivation was over 5years.

Through this experiments, we found out that ultrasonic has positive influence on growth of some vegetables and crops and pest control.

CONTENTS

Submission 1

Summary(KOREAN) 2

Summary 7

Contents 8

Contents(KOREAN) 11

Chapter 1. Introduction 14

Section 1. Necessity and Purpose of Study 14
Section 2. Current Situation of Related Techniques in Domestic and Oversea 16
Section 3. Perspective 18

Chapter 2. Contents and Results of Research and Development 19

Section 1. Development of Ultrasonic Radiation System for Plant 19
Summary(KOREAN) 19
Summary 21
1. Introduction 22

2. Materials and Methods ····· 22
1) Exmation of the First Year ····· 23
2) Exmation of the Second Year ····· 29
3) Exmation of the Third Year ····· 33
3. Results of Research ····· 36
4. Summary ····· 36

Section 2. Investigation of the Optimum Ultrasonic Wave on the Vegetables and Demonstration of Farms ····· 37
Summary(KOREAN) ····· 37
Summary ····· 39
1. Introduction ····· 41
2. Materials and Methods ····· 43
1) Exmation of the First Year ····· 43
2) Exmation of the Second Year ····· 46
3) Exmation of the Third Year ····· 46
3. Results of Research ····· 51
1) Effect of Ultrasonic on Crop Growth ····· 51
2) Effect of Ultrasonic on Pest Control ····· 55
3) Farm Demonstration ····· 58
4) Farmhouse Survey ····· 60
4. Summary ····· 62
1) Effect of Ultrasonic on Crop Growth and Pest Control ····· 62
2) Farm Demonstration ····· 63
3) Farmhouse Survey ····· 64

Section 3. Effects of Ultrasonic Radiation on the Growth and Yield of some Vegetable Crops ····· 65

Summary(KOREAN) ····· 65
Summary ····· 66
1. Introduction ····· 67
2. Materials and Methods ····· 68
1) General Remarks ····· 68
2) Lettuce ····· 69
3) Radish ····· 69
4) Tomato ····· 70
5) Cucumber ····· 70
3. Results of Research ····· 71
1) Lettuce ····· 71
2) Radish ····· 73
3) Tomato ····· 75
4) Cucumber ····· 77
4. Summary ····· 80

Chapter 3. Completion of Objective and Contribution of the Related Research ····· 81

Chapter 4. Application of Research Results ····· 85

Chapter 5. Reference ····· 86

목 차

제출문 ---------- 1

요약문 ---------- 2

SUMMARY ---------- 7

CONTENTS ---------- 8

목 차 ---------- 11

제 1 장 연구개발과제의 개요 ---------- 14

1 절 개발기술의 필요성 ---------- 14

1. 개발대상 기술의 개요 ---------- 14

가. 기술적 측면 ---------- 14

나. 경제, 사회적 측면 ---------- 15

다. 사회 문화적 측면 ---------- 16

2 절 국내외 기술개발 현황 ---------- 16

3 절 기술개발의 효과 ---------- 18

제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과 ---------- 19

1 절 식물보급용 초음파 보급장치 개발 ---------- 19

요약문 ---------- 19

Summary ---------- 21

1. 서론 ---------- 22

2. 재료 및 방법 ---------- 22

가, 1년차 시험 ---------- 23
나, 2년차 시험 ---------- 29
다. 3년차 시험 ---------- 33
3. 결과 및 고찰 ---------- 36
4. 결과요약 ---------- 36

2 절 채소작물의 최적 초음파 영역대 구명 및 농가실증 시험 ---------- 37
요약문 ---------- 37
Summary ---------- 39
1. 서론 ---------- 41
2. 재료 및 방법 ---------- 43
가. 1년차 시험 ---------- 43
나. 2년차 시험 ---------- 46
다. 3년차 시험 ---------- 46
3. 결과 및 고찰 ---------- 51
가, 초음파 처리에 의한 작물의 생육효과 ---------- 51
나, 초음파 처리에 의한 작물의 해충발생 억제효과 ---------- 55
다. 농가 실증시험 ---------- 58
라. 농가 설문조사 ---------- 60
4. 결과요약 ---------- 62
가. 초음파 처리에 따른 작물의 생육 및 해충발생 억제효과 ---------- 62
나. 농가 실증시험 ---------- 63
다. 농가 설문조사 ---------- 64

3 절 초음파 처리에 의한 작물의 생육 및 수량반응 효과 구명 ---------- 65
요약문 ---------- 65
Summary ---------- 66
1. 서론 ---------- 67
2. 재료 및 방법 ---------- 68

가. 총론 ---------- 68
나. 상추 ---------- 69
다. 무 ---------- 69
라. 토마토 ---------- 70
마. 오이 ---------- 70
3. 결과 및 고찰 ---------- 71
가. 상추 ---------- 71
나. 무 ---------- 73
다. 토마토 ---------- 75
라. 오이 ---------- 77
4. 결과요약 ---------- 80

제 3 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ---------- 81

제 4 장 연구개발결과의 활용계획 ---------- 85

제 5 장 참고문헌 ---------- 86

제 1 장 연구개발과제의 개요

1 절 개발기술의 필요성

1. 개발대상 기술의 개요

가. 기술적 측면

음악이 식물의 생육을 촉진시킬 수 있다는 사실에 대해 많은 사람들이 이의와 의문을 제기하는 것도 사실이다.

그러나 최근 그린음악(Green Music)이 농촌진흥청 농과원 연구팀에 의해 개발되어 우리나라 농업현장에서 식물의 생육 촉진 수단으로 실제로 활용되고 있다. 그 실례로서 '99년도 농촌진흥청의 국고 보조로 시·군 농업기술센터에서 시범사업으로 운영되고 있으며, 또한 농림부 환경농업과가 주관하는 환경농업보호지구의 품목에도 설정되어 농가가 스스로 보급하고 있다.

Sinh T.C교수가 미모사에 인도의 전통음악인 Raga를 들려주었더니 원형질 유동이 활발하였고 기공 수와 세포가 증가하였으며, 증산과 광합성이 2배정도 증가된다고 보고하였다.

1968년 미국의 여류과학자 Dorothy Retallack 은 호박에 베토벤 등 고전음악을 들려 준 결과 호박 덩굴이 스피커 쪽으로 향했던 반면, 록 음악의 경우에는 반대로 향하여 유리벽을 타고 넘어 갔음을 발견했다.

미국 Minnesota 대학의 식물육종학자 Dan Carlson은 1983년 Sonic bloom 이라는 식물음악을 개발하여 우리 나라를 비롯한 30여 개국에서 특허를 신청하고, 최근 15개국 이상에서 이 음악을 이용하여 작물 증산을 하고 있다.

우리 나라에서는 1992년 Sonic bloom을 처음으로 도입하여 뽕나무에 대한 생육 촉진을 시험한 결과 무음악처리구에 비해 생육을 촉진시킴을 확인하였고, 우리 정서에 맞는 음악을 개발하여 Green music이라 명명하고 그 효과도 Sonic bloom 보다 더 좋았다. Green music은 양란, 미나리, 배추, 장미 등을 15-44% 증수시킬 뿐만 아니라. 내병성 효소인 β-glucariase의 활성을 증대시켜 내병성을 높였으며, Flavonoid류인

Rutin과 Free amino acid류인 γ-aminobutyric acid와 Guaijaverin등을 최고 2.5배까지 증가시키는데 이들 성분은 성인병을 예방하는 등 매우 유용하면서 해충에는 대사를 교란하는 해로운 성분이기도 하다. 실제로 음악을 들은 진딧물은 수명이 27% 단축되고, 산자수도 28% 정도 감소되었다. 또한 그린음악이 특허권【농촌진흥청, 그린테코(주)대표이사 이상훈】자인 그린테코(주)에 의해 점차 농가에 보급되면서 발전 지향적인 새로운 사실을 인지 할 수 있었다.

한편, 그린음악이 설치된 시설 하우스내와 인접하여 거주하는 지역민의 일부에서 소음문제로 민원이 제기 될 수도 있다는 사실을 알게되었고 더 중요한 것은 아무리 좋은 개발 제품이라 하여도, 현장 환경에 맞게 상품화하여 유용하게 활용되어야 함을 다시 한번 인지하게 되었다. 본 연구는 우리 귀에는 직접 들리지 않으나 식물에는 음파를 전달 생육을 촉진시키는 최적 초음파의 영역대를 영역대를 구명하고 본 처리에 의한 해충 발생억제효과, 채소류의 생육 및 수량에 미치는 영향 등을 종합적으로 연구 구명할 예정이다. 이러한 과제들이 완수하여 작물에 이로우며, 사람에게도 불편함을 끼치지 않는 초음파 시스템이 개발되면 환경친화형 농업의 발전에 일익을 담당하며 국가경제에 크게 기여하게 될 것이다.

나. 경제, 사회적 측면

농업과학기술의 급속한 발전으로 우량 모를 생산 이식(정식) 작업에 의한 증수 방법을 채택하고 있다.

그러나 모 생산과정에는 병, 기상재해 등 각종 장애요인이 많고 외견상 우량한 모같이 보이지만 부실하여 농민이 피해를 보는 경우도 허다하다. 그래서 예로부터 모농사가 반농사라고 할 정도로 건묘 육성은 중요한 농작업이다.

또한 최근 농법은 최대 수량을 얻기 위한 다투입 농업에서 탈피하여 공해를 발생시키지 않고 계속해서 농사를 지을 수 있는 지속적 농업(Sustainable agriculture)으로 전환되고 있다. 음악의 농업에의 이용은 바로 이러한 지속적 농업의 한 범주 안에 넣을 수 있는 증산 방법이라 할 수 있다.

음악 및 초음파를 들려주면 건묘 육성과 증수가 가능하며 해충의 발생이 크게 억제되며 농약의 살포회수가 줄어든다. 따라서 생산비를 절감시킬 수 있으며, 명랑한 농업음악은 농민의 노동생산성을 높일 수 있다.

다. 사회 문화적 측면

음악예술을 食文化에 접목시키는 것은 새로운 시도이다. 일본의 경우 和牛사육시 베토벤을 비롯한 고전음악을 들려주어 워싱톤의 고기시장에서 가장 비싼 값을 받으며, 발효음식을 제조할 때 음악을 들려주어 고급식품을 생산하여 비싼 값으로 판매하고 있다. 빵의 경우는 베트벤의 전원교향곡, 우동국수에는 비발디의 사계, 정종에는 모차르트를 들려주는데 빵이 더 구수해서 3배나 비싸고, 우동은 국수발이 부드럽고 맛이 좋아 10% 더 비싸게 받고 있으며, 정종은 효모밀도가 10배나 높아져 주류 품평회에서 특출한 맛을 인정 받고 있다. '음악(초음파)을 듣고 자란 오이', '음악(초음파)을 듣고 자란 상추'라고 표시한 농산물은 인기가 높을 것이며 판매도 촉진될 것이므로 재배 농민들에게 많은 소득을 안겨 줄 것이며, 소비자에게는 보다 안전 농산물을 공급하게 되며 21세기 환경친화형 농법으로 각광을 받게 될 것이다.

2 절 국내외 기술개발 현황

식물에 음파를 들려주어 생육을 촉진하려는 시도는 1860년 경 진화론을 주장한 찰스 다윈에 의해 최초로 시도된 이래, 1950년 인도의 싱 교수가 인도의 전통음악인 라가를 벼, 땅콩 및 담배에 들려주어 수확량 증가를 이룬 사례가 있으며, 톰프킨스(Thompkins) 등은 음파를 이용하여 식물의 성장 및 활력을 증진시키는 방법을 제시한 바 있다(P. Thompkins et al., The Secret of Plants, Harper & Low, 1973).

1960년 미국 Illinois 주의 식물학자 George Smith는 George Gershwin의 Rabsody in Blue를 옥수수와 콩에 들려 준 결과 안들려 준 것 보다 발아가 빠르고 줄기도 훨씬 더 두껍고 푸르렀다고 보고하고 있다.

1968년 미국의 오르간 연주자이자 가수인 Dorothy Retallack은 호박에 유럽의 고전음악을 들려주고 한쪽에서는 시끄러운 록 음악을 들려 준 결과 고전음악을 들려 준 것은 덩굴이 라디오를 감싸기도 하였지만 록 음악을 들려 준 것은 유리상자 벽을 타고 도망가는 모양을 보였다고 한다.

최근 농업에 대한 실제적인 이용을 가능케 하는 사람은 미국 Minnesota 대학교의 Dan Carlson박사로 그는 1983년 Sonic Bloom을 개발하여 세계적으로 농업음악을 보

급하기도 하였다.

일본에서는 Sonic Bloom을 도입하여 전국적으로 30여개 농민단체들이 바이오 연구회를 조직하여 이 음악이 작물에 미치는 영향을 연구하고 있다.

음악이 식물에 미치는 영향에 대해 일반적으로 알려진 것은 음파가 식물세포를 자극하여 원형질 운동을 증진시키고 기공을 많이 열리게 하여 가스교환과 엽면에 살포한 비료의 흡수를 증진시키고 APT의 생산을 많게 한다고 말하고 있다. 그리고 생리활성물질면에서는 GABA가 식물이나 해충에 미치는 영향에 관한 보고에서 인공사료로 사용한 *Choristoneura rosaceana* Harris(OBLR) 유충의 사료 중 GABA 수준을 1.6배부터 7배까지 높였을 때 유충의 무게, 생존율이 대조구에 비해 현저히 감소되었고 유충경과 일수는 25일 정도 지연되는 것으로 나타났으며, 식물체에서 GABA는 병원성 해충으로부터 공격을 받으면 1내지 4분내에 GABA 수준이 10에서 25배까지 증가되는 것으로 나타났다.

국내에서는 Sonic Bloom이 소개된 후 1994년 Green Music이 개발되어 양란 등 여러작물의 생육촉진 효과를 조사하여 보고되었다(이, 1995). 또한 대한민국 특허공고 제 89-109호에는 식물을 지베렐린 수용액으로 처리하는 동안 음파를 적용시켜 식물의 성장속도를 증진시키는 방법에 대하여 개시되어 있으며, 주파수 2000Hz 이하의 “음악을 이용한 식물의 생육촉진 방법”이 개시되어 있고 “음파를 이용한 작물 생육촉진 및 농업해충 발생 억제기술 방법”이 특허출원되어 게시되어 있다

이와 같이, 음파에 의하여 식물의 생육을 촉진하는 원리는 음파가 식물세포에 공명현상을 일으켜 신진대사를 자극하고, 음향에너지가 세포분자 및 원형질 운동을 촉진시킴에 기인한 것으로 알려지고 있다. 그러나 인간의 가청주파수대(약 20kHz 미만)에 매일 반복되는 음파로 인한 소음공해가 시스템설치 마을근처 및 시스템설치 농민에게 오히려 민원이 발생하게 되었다

한편, 현 농업체계에 있어서 생산성 향상을 위한 농약의 과도한 사용으로 생산자와 소비자의 건강을 위협하고, 환경 오염, 소음공해 및 생태계 파괴 등의 문제점을 야기하고 있음은 주지의 사실이다. 이에 소음공해, 환경오염 및 생태계 파괴를 최소화할 수 있는 시도 중의 하나로, 초음파를 이용하여 작물의 해충밀도를 떨어뜨리기 위한 연구가 진행되어 왔다. 이와 같이 초음파를 이용한 고품질 원예작물 생산증대 및 병

해충의 발생을 억제시켜 밀도를 떨어뜨리는 방법은, 화학물질을 사용하는 생육방법과는 달리 환경공해, 소음공해를 유발하지 않는다는 장점은 지니고 있지만, 아직 적절한 조건을 찾는 노력이 부족하여 실제적으로 사용되지 못하고 있는 실정이다

3 절　기술개발의 효과

1. 기술개발에 따른 기대효과

- 무소음 음파농법의 실현가능
- 최적음파 영역대 구명으로 발아율 향상, 건묘 육성, 생산성 향상
- 생체 활성물질 증대 및 당도제고 등 고품질의 농산물 생산
- 해충 발생 억제 등으로 농약 살포회수 감소
- 시설비용은 1백만원 내외에 불과하지만 설치후 10년 이상 사용이 가능하며 하우스 오이의 경우 10% 증수시 연간 설치비용을 제하고 10a당 3,000천원의 소득 증대가 예상
- 노동인력, 생산자재 절약으로 생산비 절감과 생산성 증대로 농가 소득증대 기여
- 안전・고품질 농산물의 생산은 환경친화형 농업의 실현 가능으로
  국제경쟁력 제고
- 안전성이 높은 저공해 우수 농산물 생산으로 생산자와 소비자의 건강보호

제 2 장　연구개발수행 내용 및 결과

1 절　식물보급용 초음파 보급장치 개발

요 약 문

현재 원예 농가현장에서 그린음악시스템을 보급 활용한 결과 농작물의 생육촉진과 해충발생억제, 고품질의 작물 생산성 증대, 환경친화형 농업실현 등 효과가 인정되어 많은 농민들이 음악이 작물생육에 좋은 영향을 미친다는 인식을 하고 있으나 무선별 적으로 검증되지 않은 음악으로 오히려 부작용이 우려되고 있다.

이에 기존 개발 보급된 그린음악의 소음 공해를 대체하기 위해 초음파 발생장치를 개발하고자 한다. 주파수에따라 작물별, 생육단계별 음파 개발과 이에 맞는 초음파 기기의 체계적 개발과 보급이 필요하여 작물의 생산성과 생리활성 물질함량을 높이고 질 좋은 농산물을 생산하는 친환경농업을 위해 무소음 초음파기를 개발함으로서 주택가 근처의 소음 공해 방지와 고온,다습한 하우스 환경에 견딜 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.

이에 본 연구는 작물의 생육을 최대로 촉진시키고 해충발생을 억제시키는 최적 초음파 영역대를 구명하기 위해 초음파 영역대를 다양한 개발로 생육 단계별 최적 시간대 구명 및 해충발생 현황을 조사에 시험용 시스템으로 사용은 물론 원예 농가현장에서 사용할 수 있게 개발하였다.

시험용 초음파는 2kHz, 30kHz, 40kHz 나누어 처리 할수 있도록 시스템을 개발하여 소형하우스에 시험 할수 있도록 개발하였으며 여기에 결과로 농가현장에 사용할 수 있는 시스템을 개발하였다 . 특히 생육 및 무기양분 흡수 특성과 생체활성 물질 생성에 미치는 영향시험과 더불어 농가에 초음파 발생장치를 설치하였을 경우에 효과적인 음파강도와 시스템이 영향을 줄 수 있는 시설 면적 영역대를 구명고자 하였다. 그리고 시제품을 제작하여 농가실증 시험 및 현지 평가를 위해 가장 적정한 음파영역대의 처리시간, 음파강도 등을 종합하여 시제품을 제작하여 소규모에서 나타난 사실

을 농가 현장의 대규모 조건하에서 확인하고 여기에서 나타난 새로운 사실들을 시제품에 반영 농가에 보급할 수 있는 값싸고 효과적인 제품을 개발하였다.

Summary

Green Music has improved the growth and the productivity of products, the quality, and made the products more resistant against harmful insects. -Green Music has been proven by farmers that have installed the Green Music System, but there are chances that someone use unapproved music and that may be the cause of some unexpected things.

Currently installed green music requires development to protect the noise pollution for the farmer' s residential area. Part of the solution to this problem is that they [the manufacturer] will analyze the frequency and sound wave for each step of product growth (Each different type of plant has a different frequency). Although it the noise issue is not solved yet, the manufacturers of the green music system will try to solve this flaw by ultra sonic sound.

This report is base on the solutions and test results to prevent harmful insects from attacking, increase growth rate of products, prevent noise pollution, and analyze the frequency and sound wave.

We made this product based on the test results for utilizing a small greenhouse and a regular agricultural field, which is based on each ultra sonic frequency: 20khz, 30khz, 40khz.

This new development is specially a low costing solution and very effective product/solution to provide the effective sound wave strength per installed area for farmers and gardeners.

1. 서론

현재 농가현장에서 그린음악을 보급 활용한 결과 농작물의 생육촉진과 해충발생억제, 고품질의 작물 생산성 증대, 환경친화형 농업실현 등 효과가 인정되어 많은 농민들이 음악이 작물생육에 좋은 영향을 미친다는 인식을 하고 있으나 무선별 적으로 Radio, Record 등을 이용하고 있어 오히려 부작용이 우려되고 있다.

이에 기존 개발 보급된 그린음악의 소음 공해를 대체하기 위해 초음파 발생장치를 개발하고자 한다. 따라서 작물별, 생육단계별 음파 개발과 이에 맞는 초음파 기기의 체계적 개발과 보급이 필요하여 작물의 생산성과 생리활성 물질함량을 높이고 질 좋은 농산물을 생산하는 친환경농업을 위해 무소음 초음파기의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구는 작물의 생육을 최대로 촉진시키고 해충발생을 억제시키는 최적 초음파 영역대를 구명하기 위해 초음파 영역대를 다양하게 처리하여 생육 단계별 최적 시간대 구명 및 해충발생 현황을 조사하고자 하였다.

초음파 처리에 의한 작물의 생육 및 무기양분 흡수 특성과 생체활성 물질 생성에 미치는 영향시험과 더불어 농가에 초음파 발생장치를 설치하였을 경우에 효과적인 음파강도와 시스템이 영향을 줄 수 있는 시설 면적 영역대를 구명고자 하였다. 그리고 시제품을 제작하여 농가실증 시험 및 현지 평가를 위해 가장 적정한 음파영역대의 처리시간, 음파강도 등을 종합하여 시제품을 제작하여 소규모에서 나타난 사실을 농가현장의 대규모 조건하에서 확인하고 여기에서 나타난 새로운 사실들을 시제품에 반영 농가에 보급할 수 있는 값싸고 효과적인 제품을 개발하고자 하였다.

따라서 초음파를 이용한 고품질 원예작물의 생산증대 및 병해충의 발생을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 효과를 동시에 부여할 수 있는 새로운 방법의 기술 개발이 절실히 필요하게 되어 특정 주파수대의 초음파(20kHz)를 이용하여 고품질 원예작물의 생산성을 증대시키고 소음공해, 환경오염 및 생태계 파괴 없이 농작물의 병해충 발생을 억제시킬 수 있는 기술을 개발하여 그 결과를 보고한다.

2. 재료 및 방법

초음파를 각 대역별로(20㎑,30㎑,40㎑) 송신부와 수신부 그리고 전력부를 각각 제작하게 되었다.
사람의 귀에 초음파는 들리지 않으므로 초음파가 발생하는 것을 수신부에서 확인할수 있도록 설계 제작하였고, 각주파수 영역별로 출력감도(㏈)를 같게 하여 시스템을 제작하였다. 참고로 발진부와 수신부 그리고 출력 감도 DATA를 나열하였다

가. 1년차 시험

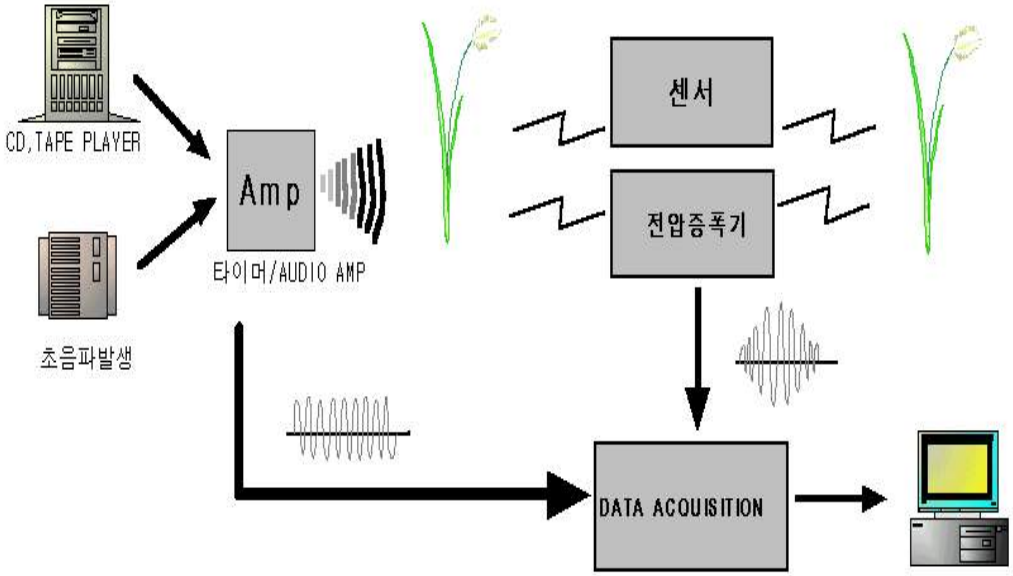
1) 분석시스템구성 및 시스템 구성

작물이 음향신호와 음파신호에 대한 반응을 분석하기 위한 전체 블록도는 그림1-1에 나타나 있다.

이것들은 작물의 음향 및 음파에 대한 반응신호를 실시간으로 파악하고 데이터를 수집하는 구성으로 되어있다.

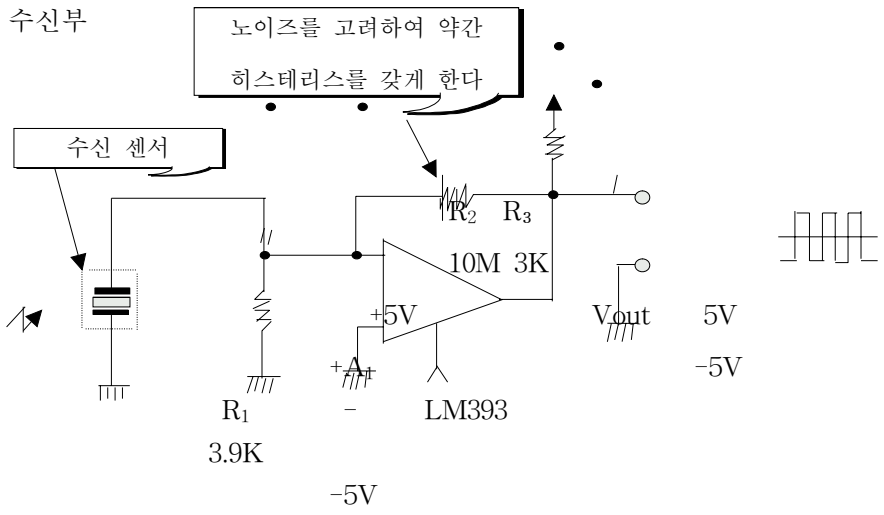
음파신호 성분을 갖는 신호발생기를 제작하여 PC와 함께 구현했다.

다음에 블록도의 기능과 내용을 기술하였다.



<그림 1-1> 블록도

2) 수신부



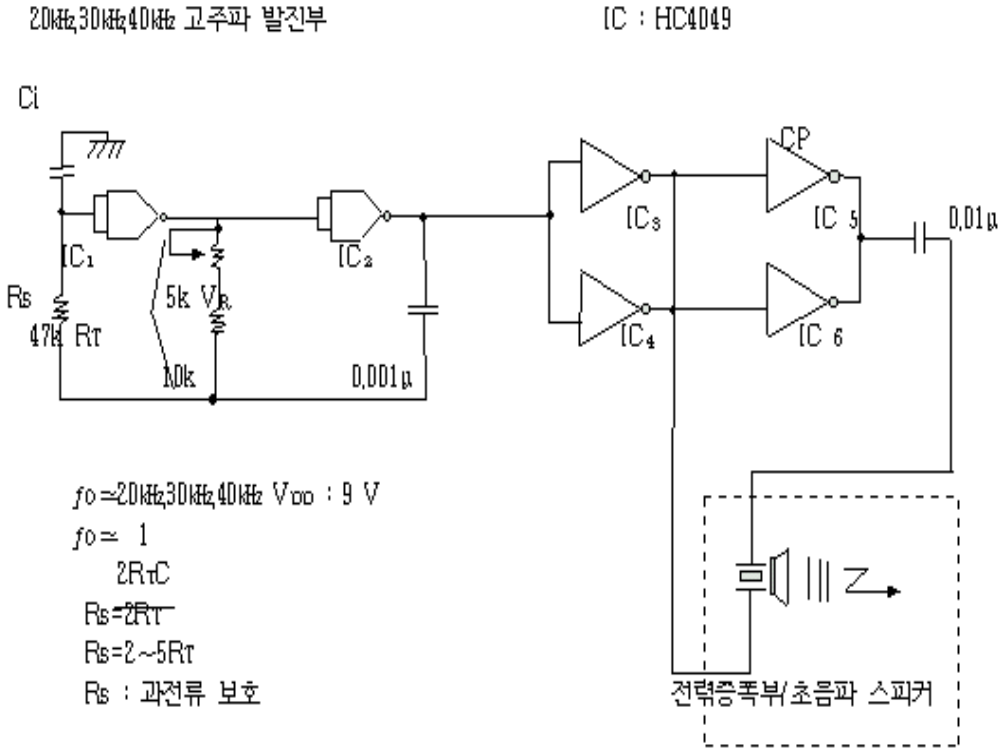
<그림 1-2> 콤퍼레이터 IC를 사용한 증폭회로(이득 2000배 이상)

<그림 1-2>에 콤퍼레이터 IC LM393을 사용한 수신회로를 나타낸다. 콤퍼레이터는 OP앰프와 같이 위상이 보상되고 있지 않으므로 그 만큼 고속 동작이 가능하다.

그러나 그 반면 앰프로 사용하면 발진해 버리므로 여기서는 콤퍼레이터로 사용하고 있다. 이 때문에 출력은 +5V 아니면 -5V로 두 가지 값밖에 얻을 수 없다.

그러나 출력이 그대로 디지털로 되기 때문에 오히려 사용하기 편리한 경우도 있다. 또 노이즈를 피하기 위해 정귀환으로 미소한 히스테리시스 전압을 부여하고 있다 (약 ±1mV).

3) 발진부



디지털 IC를 이용한 초음파 발진 회로 (그림-1)

여기에서 각 부의 동작을 간단하게 설명하면 IC_1 , IC_2 에 의해서 20㎑,30㎑,40[㎑]의 고주파 전압을 발생하여 이 신호를 IC_3 ~IC 6의 인버터로 각각 파워 업하고 다시 커플링 콘덴서 Cp를 통해 고주파 전압을 전력출력부및초음파스피커로 공급하고 있다.
여기에서의 발진 주파수 f_0는 대략 아래의 관계식으로 구할 수 있다.

$$f_0[Hz] \simeq 1/2R_T[\Omega] \cdot C[F] \qquad \cdots ①식$$

또한 그림 중의 Cp는 압전 세락믹스(초음파 발진기)에 직류 전압이 인가되는 것을 방지하기 위한 직류 차단용 콘덴서이고 이것에 의해 소자의 특성 열화(절연 저항의 저하 등)를 방지하고 있다.

4) Frequency Response

- 그린음악용 주파수 크기 (2㎑용/ dB)

그린음악구에 필요한 스피커 출력부의 주파수 특성을 측정하였다

- 초음파용 주파수 크기 (20㎑용/ dB)

- 그래프로본 주파수대별 크기(dB)

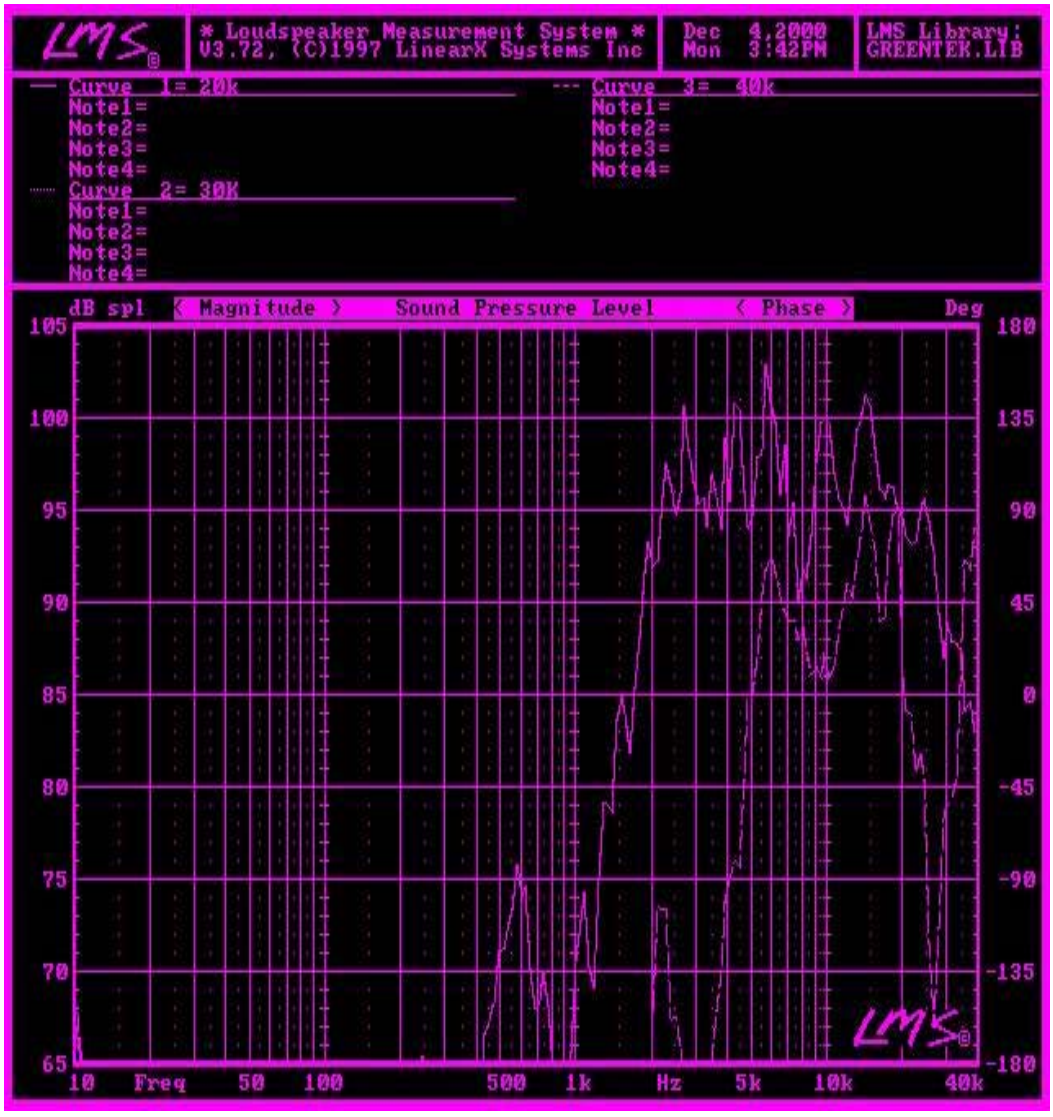
초음파용 출력용 스피커 규격

Frequency Response : 6 KHZ to 50 KHZ

Maximum voltage :12 v rms

Maximum Temperature : 99 ℃

Typical Impedence : Appears as 0.13uF.

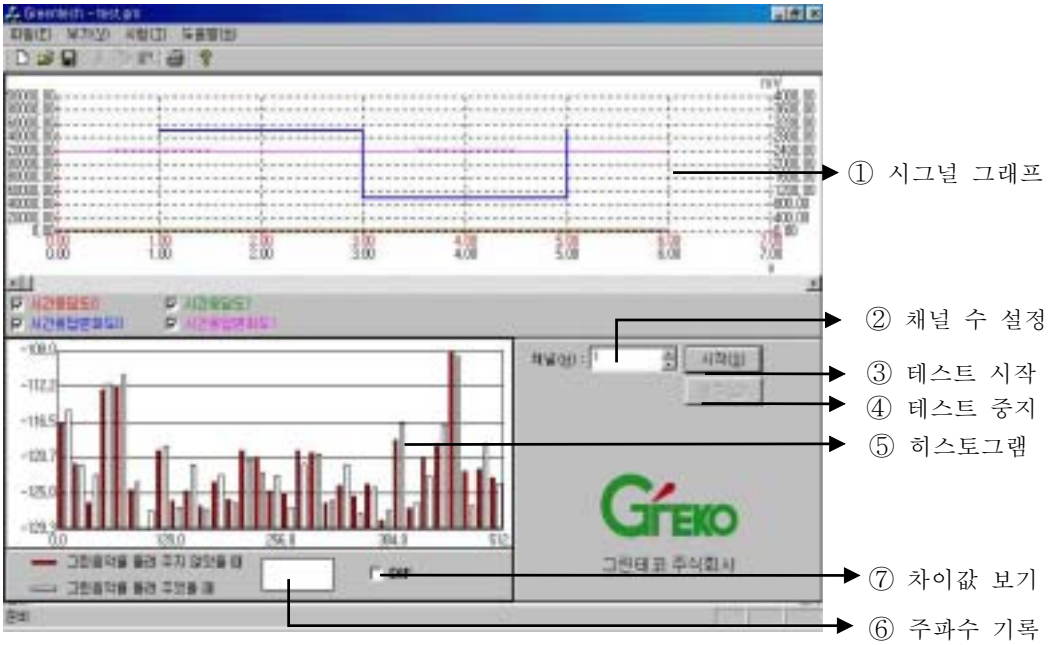


5) 시스템 시험 배치도

- 하우스 설치는 20kHz, 30kHz, 40kHz ,그린음악, 무처리 순으로 비치하여 시험

나. 2년차 시험

1) 식물 분석시스템 화면



① 시그널 그래프

시간에 따라 변하는 시그널을 그래프로 표시하는 창으로 채널별로 데이터를 다른 색으로 표현합니다. 이 그래프에 표시되는 데이터는 시간응답, 시간응답 변화도입니다.

② 채널수 설정

몇 개의 채널로부터 데이터를 획득할 것인지 결정하는 곳으로 1부터 8까지 설정이 가능합니다.

③ 테스트 시작

데이터 획득을 시작하는 버튼입니다. 이 버튼을 누르면 새로운 데이터를 받아들이기 위해 기존의 모든 데이터를 지우게 됩니다. 그리고 데이터 획득이 시작되고 이 시작 버튼은 중지 버튼을 누를 때까지 사용할 수 없게 됩니다.

④ 테스트 중지

데이터 획득 작업을 중지시킵니다. 이 버튼을 누르면 데이터 획득 작업이 중지되고 사용불가능하게 되었던 시작 버튼이 다시 사용가능하게 됩니다.

⑤ 히스토그램

입력된 시그널을 주파수 분석하고 분석된 주파수에서 그린 음악이 입력된 때와 입력되지 않은 때를 구분하여 그 차이를 표시하게 됩니다.

⑥ 주파수 기록

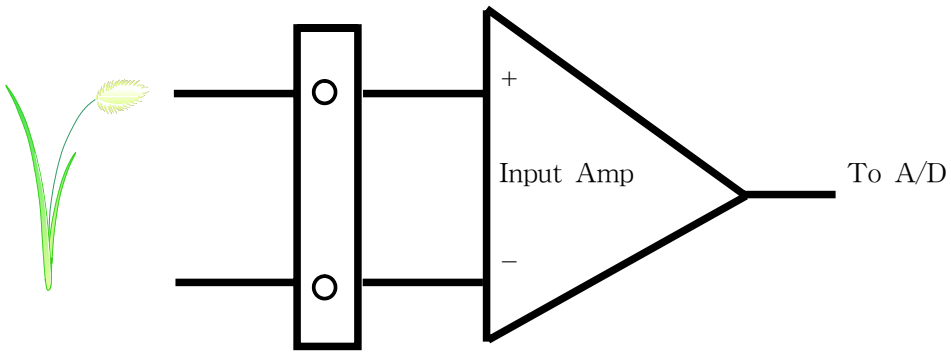
현재 분석하고 있는 시그널의 주파수에 대해 주파수가 얼마인지 기록할 수 있도록 한 곳입니다.

⑦ 차이값 보기

히스토그램에서 그린 음악이 적용된 구간의 주파수와 적용되지 않은 구간의 주파수 차이만을 표시할 수 있도록 하는 버튼으로 한번 누를 때마다 차이값 표시/전체값 표시가 전환됩니다.

2) Analog input (식물분석용)

A/D 시스템에서 입력으로 단극입력에 대하여 0~±10까지 입력받을수 있다.

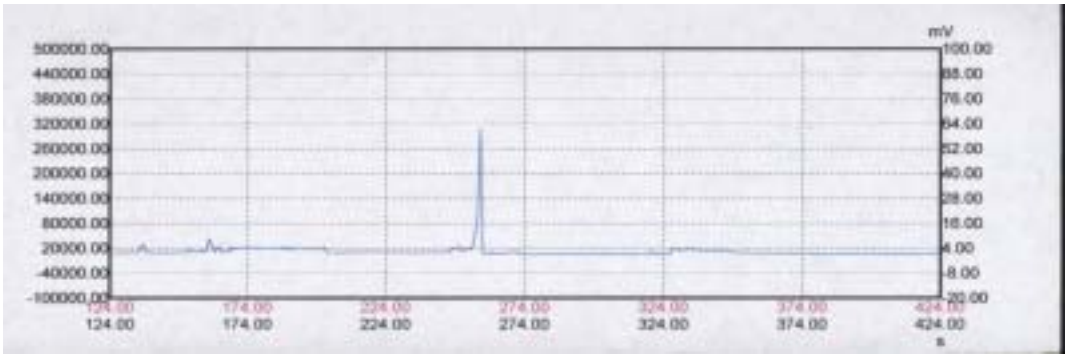


I/O Connector

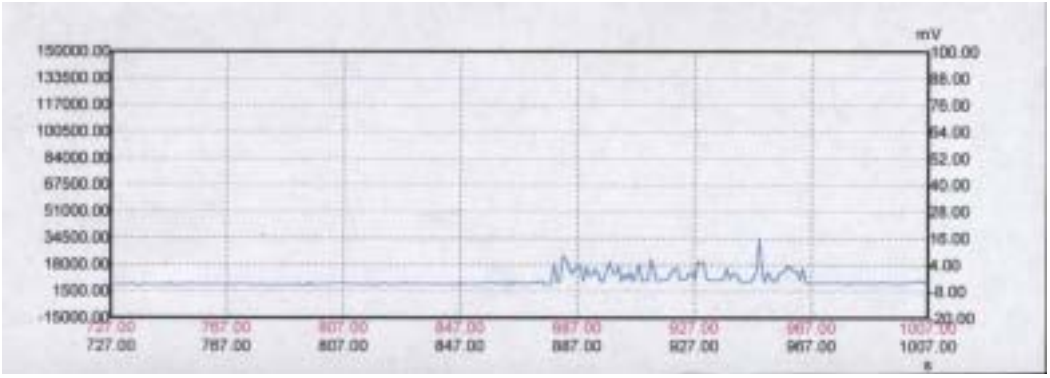
3) 작물의 외부 자극에 대한 분석

본 실험은 작물의 변화상태를 살펴본 것이다.

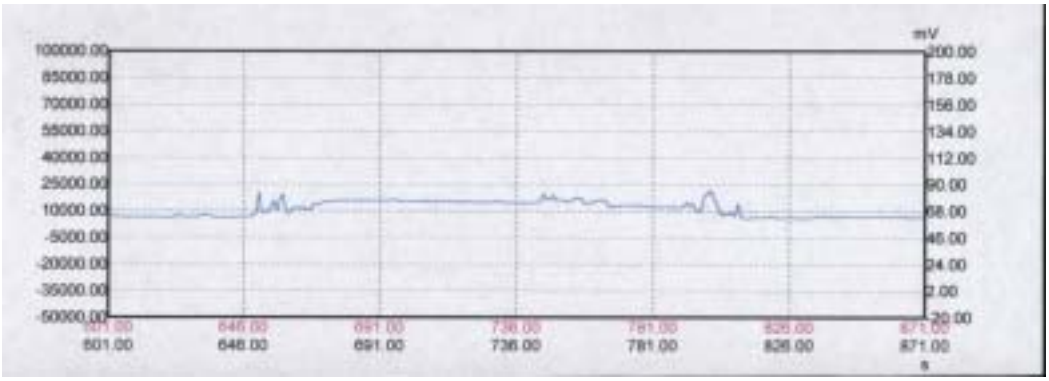
때리기, 음악에 대한 반응, 데우기를 시간응답의 변화의 측면에서 살펴보았다.



때리기에 대한 시간 응답도



음악에 대한 시간 응답도



데우기에 대한 시간 응답도

4)시스템 설치사진

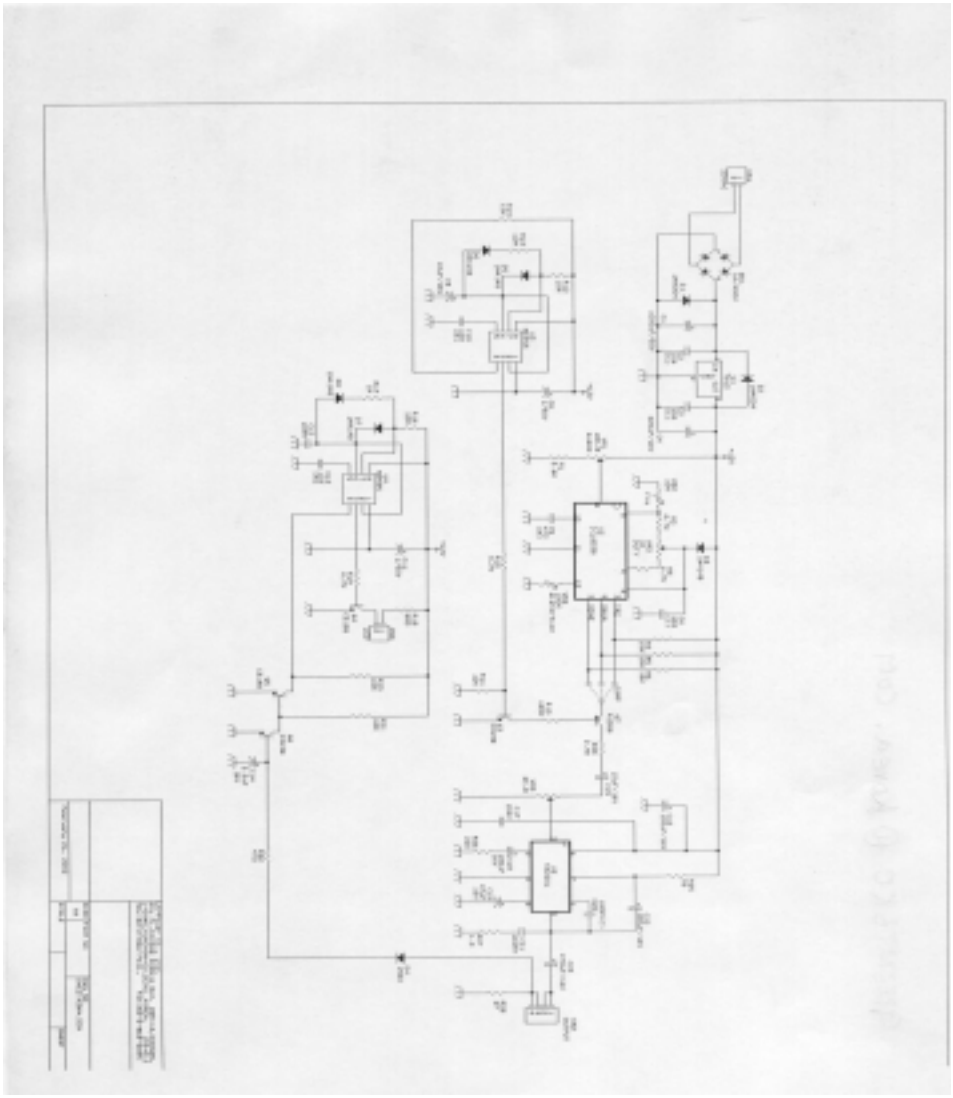
초음파 시험 houes 20kHz

초음파 시험 houes 30kHz

다. 3년차 시험

1) 농가실증 및 양산용 SYSTEM 설계

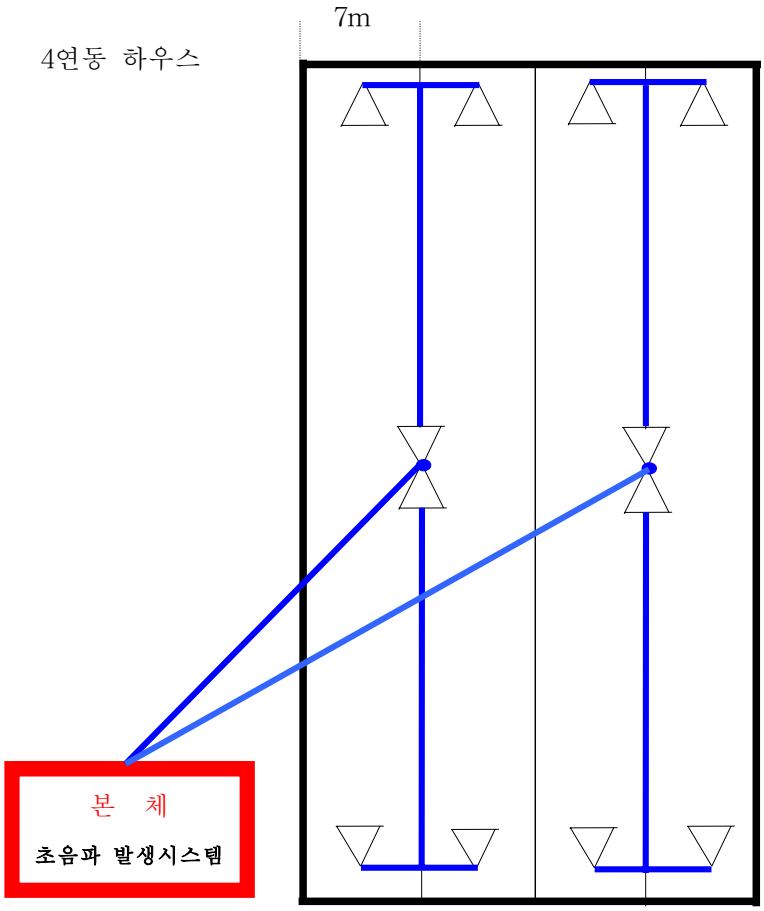
- 회로적 측면



- 구조적 측면

하우스 내의 고온과 고습인 관계로 자제를 방수용으로 주문제작 하였다.

아래 하우스 구근적인 문제점 때문에 시스템 설치시 작물농장의 면적을 파악 농장에 맞게 system을 설치하였다.



예) 농가에 실증시험 및 보급용 설치도면

2)실증시험농가 시스템 제작 및 설치

- 농가선정 및 시스템설치

작목명	농가명	소재지	설치일	규모(평)
파프리카	문형태	전남 화순군 천암리	4월 11일	1,000
파프리카	김석도	경남 진주시 대곡면 단목리	4월 12일	1,000
난	모광덕	경기도 안산시 사사동	4월 12일	600
오이	전태은	경기도 용인시 남서면 진목리	4월 13일	600
오이	신용수	강원도 홍천군 홍천읍 갈마곡리	4월 15일	1,000
수박	김학필	충남 부여군 부여읍 쌍북리	4월 16일	800
장미	이천희	충북 진천군 이월면 무원리	4월 16일	1,000
오이	김은규	경기도 화성군 우정면 조암리	4월 16일	600
쌈채소	최준배	경기도 고양시 장항동	4월 17일	600
호박	최양일	경기도 평택시 진위면 야막리	5월 6일	600

- 시스템점검

10농가의 하우스 구조가 각각 다르므로 설치 도면이 차이가 있었으나 작물에 초음파가 잘 전달될 수 있도록 도면 설계를 하였다 .

또한 주기적인 시스템을 점검하여 농가실증시험에 만전을 기했다

- 초음파시스템(그린엠포닉) 제작 : 사진참조 (10농가 : 10sets , A/S대기용 : 1set)

3. 결과 및 고찰

작물로부터의 반응을 아날로그로부터 디지털 신호로 변환함에 있어 입력신호가 미세하기 때문에 고성능 증폭기를 사용하였다.

작물에 가하는 음파에 대하여 시간응답도와 변화를 분석하였고 외부자극에 대해서는 자르거나, 때리기, 데우기 등 자극을 가함으로서 작물이 외부자극에 대하여 반응 한다는 것을 알 수 있었다.

작물이 어느 주파수대에서 효과가 있는지 시험하기 위해 20kHz, 30kHz, 40kHz, 그린음악구 등 처리에 필요하도록 소형 system음 설계 제작하여 시험동 하우스에 설치했다.

초음파는 인간의 귀에 들리지 않는 관계로 작물시험장소에 매일 system 체크 및 초음파가 제대로 작동유무를 확인하는 문제점이 제기 됐으나 회로를 수정 보완 초음파 출력부에 시각적 효과와 청각효과를 첨부하였다.

즉 조용한 자연의 소리를(60dB) 미만으로 우퍼스피커로 나오게 하였고, 눈으로 확인할 수 있는 Lamp를 깜박거리게 하여 초음파 이상시 Lamp는 물론 자연의 소리도 정지하게 회로를 보강 개발했다.

농가실증 시험시 넓은 600평이상에서 적용하여 좋은 결과를 가져왔다

결과적으로 작물은 외부자극에 어떠한 방식으로 반응을 보이며 대부분의 환경의 변화에 적응해 가는 것으로 이해할 수 있었다.

아울러 이러한 신호를 전기적 신호로 확인해 보았다.

또는 초음파 영역대에도 20kHz대가 가장 좋은 것으로 판명됐다.

4. 결과요약

작물이 초음파 신호를 가할 때 변화를 분석하였고 외부자극에도 작물 내부에서 성분 이동 변화하는 것을 전기적으로 확인하였다.

20㎑, 30㎑, 40㎑ 등 초음파 발생장치 제작 설계는 물론 시험결과 작물이 20㎑ 대에 가장 효과적인 것을 발견하였다.

농가실증 및 보급용도로 20㎑ 대로 제작하였고 제품명을 “그린엠포닉”이라고 붙였고 상표출원도 하였다.

2 절 채소작물의 최적 초음파 영역대 구명 및 농가실증 시험

요 약 문

Ⅰ. 제 목

채소작물의 최적 초음파 영역대 구명 및 농가실증 시험

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 농가현장에서 그린음악을 보급 활용한 결과 농작물의 생육촉진과 해충발생억제, 고품질의 작물 생산성 증대, 환경친화형 농업실현 등 효과가 인정되어 많은 농민들이 음악이 작물생육에 좋은 영향을 미친다는 인식을 하고 있으나 무선별 적으로 Radio, Record 등을 이용하고 있어 오히려 부작용이 우려되고 있다.

이에 기존 개발 보급된 그린음악의 소음 공해를 대체하기 위해 초음파 발생장치를 개발하고자 한다. 따라서 작물별, 생육단계별 음파 개발과 이에 맞는 초음파 기기의 체계적 개발과 보급이 필요하여 작물의 생산성과 생리활성 물질함량을 높이고 질 좋은 농산물을 생산하는 친환경농업을 위해 무소음 초음파기의 개발이 시급한 실정이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 작물의 생육을 최대로 촉진시키고 해충발생을 억제시키는 최적 초음파 영역대를 구명하기 위해 초음파 영역대를 다양하게 처리하여 생육 단계별 최적 시간대 구명 및 해충발생 현황을 조사하였다.

초음파 처리에 의한 작물의 생육 및 무기양분 흡수 특성과 생체활성 물질 생성에 미치는 영향시험과 더불어 농가에 초음파 발생장치를 설치하였을 경우에 효과적인 음

파강도와 시스템이 영향을 줄 수 있는 시설 면적 영역대를 구명고자 하였다. 그리고 시제품을 제작하여 농가실증 시험 및 현지 평가를 위해 가장 적정한 음파영역대의 처리시간, 음파강도 등을 종합하여 시제품을 제작하여 소규모에서 나타난 사실을 농가 현장의 대규모 조건하에서 확인하고 여기에서 나타난 새로운 사실들을 시제품에 반영 농가에 보급할 수 있는 값싸고 효과적인 제품을 개발하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 무소음 음파농법의 실현 가능
2. 음파시스템 및 안전 농산물의 수출 상품화로 국제경쟁력 제고
3. 소농약 재배 및 생산자재 절약으로 생산비 절감에 따른 농가소득 증대
4. 농약사용 회수 절감 및 비료 흡수 촉진에 의한 친환경농업 실현
5. 특허출원 및 시스템 상품화

SUMMARY

Investigation of the Optimum Ultrasonic Wave on the Vegetables and Demonstration of Farms

1. Effects of Ultrasonic on Crop Growth and Pest Control

To investigate effects of ultrasonic on crop growth and pest control, the vegetables(cucumber, lettuce, radish, Chinese cabbage and dropwort) were cultivated under plastic film houses(40㎡) from 2000 to 2001. Ultrasonic waves were treated for 3hrs from 6 to 9 a.m. everyday. The results were as follows.

1) Ultrasonic wave 20kHz showed higher effect than no ultrasonic wave on vegetables(cucumber, lettuce, radish, Chinese cabbage and dropwort) growth. Especially, ultrasonic increased yield of weight of cucumber by 59%, weight of radish 5-37% than no ultrasonic treatment.

2) The growth of tomato was not significant between all treatments, but weight of tomato with ultrasonic treatments showed higher effect than no ultrasonic treatment. And sugar degree of tomato with ultrasonic wave 20kHz increased by 5 Brix % compared with no ultrasonic treatment under plastic film houses.

3) Ultrasonic and green music treatments were more than no ultrasonic treatment in the effect on aphids control of Chinese cabbage.

4) Occurrence of greenhouse whitefly under plastic film houses decreased in ultrasonic wave 20kHz treatment of all treatments, respectively.

5) Occurrence of palm trips of cucumber increased in no ultrasonic treatment during growth.

6) Ultrasonic treatment were decreased by 26% a number of pests to 935 in ultrasonic wave 20kHz, compared with 1,260 in no ultrasonic treatment.

7) Ultrasonic treatment was increased by 15.6% content of isoquercitrin of flavonoid in red papper leaves after 18days ultrasonic treatment.

2. Farm Demonstration

To demonstrate effects of ultrasonic in farms, ultrasonic wave 20kHz was treated in watermelon farm, cucumber farm and pumpkin farm in 2002.

1) Ultrasonic wave 20kHz treatment increased major axis of watermelon by 3%, minor axis of watermelon by 2%, weight of watermelon by 4% and sugar degree of watermelon by 3%.

2) Ultrasonic wave 20kHz treatment increased weight of cucumber by 6%, length of cucumber by 11%, and sugar degree of cucumber by 23%.

3) The weight of pumpkin was not significant between all treatments, but ultrasonic wave 20kHz treatment increased length of pumpkin by 7%, and a number of pumpkin per plant by 23%.

3. Farmhouse Survey

Farmhouse survey was carried on 10 demonstration farms from Oct. 20, 2002 to Oct. 26, 2002. Experience of vegetables cultivation was over 5years. And the effects of ultrasonic on growth and yield of vegetables showed in 8 of 10 farmhouses. The effects of ultrasonic on pests control of vegetables showed in 9 of 10 farmhouses.

1. 서론

가. 연구배경 및 필요성

현재 농가현장에서 그린음악을 보급 활용한 결과 농작물의 생육촉진과 해충발생억제, 고품질의 작물 생산성 증대, 환경친화형 농업실현 등 효과가 인정되어 많은 농민들이 음악이 작물생육에 좋은 영향을 미친다는 인식을 하고 있으나 무선별 적으로 Radio, Record 등을 이용하고 있어 오히려 부작용이 우려되고 있다.

이에 기존 개발 보급된 그린음악의 소음 공해를 대체하기 위해 초음파 발생장치를 개발하고자 한다. 따라서 작물별, 생육단계별 음파 개발과 이에 맞는 초음파 기기의 체계적 개발과 보급이 필요하여 작물의 생산성과 생리활성 물질함량을 높이고 질 좋은 농산물을 생산하는 친환경농업을 위해 무소음 초음파기의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구는 작물의 생육을 최대로 촉진시키고 해충발생을 억제시키는 최적 초음파 영역대를 구명하기 위해 초음파 영역대를 다양하게 처리하여 생육 단계별 최적 시간대 구명 및 해충발생 현황을 조사하고자 하였다.

초음파 처리에 의한 작물의 생육 및 무기양분 흡수 특성과 생체활성 물질 생성에 미치는 영향시험과 더불어 농가에 초음파 발생장치를 설치하였을 경우에 효과적인 음파강도와 시스템이 영향을 줄 수 있는 시설 면적 영역대를 구명고자 하였다. 그리고 시제품을 제작하여 농가실증 시험 및 현지 평가를 위해 가장 적정한 음파영역대의 처리시간, 음파강도 등을 종합하여 시제품을 제작하여 소규모에서 나타난 사실을 농가현장의 대규모 조건하에서 확인하고 여기에서 나타난 새로운 사실들을 시제품에 반영 농가에 보급할 수 있는 값싸고 효과적인 제품을 개발하고자 하였다.

따라서 초음파를 이용한 고품질 원예작물의 생산증대 및 병해충의 발생을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 효과를 동시에 부여할 수 있는 새로운 방법의 기술 개발이 절실히 필요하게 되어 특정 주파수대의 초음파(20kHz)를 이용하여 고품질 원예작물의 생산성을 증대시키고 소음공해, 환경오염 및 생태계 파괴 없이 농작물의 병해충 발생을 억제시킬 수 있는 기술을 개발하여 그 결과를 보고한다.

나. 국내외 기술개발 현황

식물에 음파를 들려주어 생육을 촉진하려는 시도는 1860년 경 진화론을 주장한 찰스 다윈에 의해 최초로 시도된 이래, 1950년 인도의 싱 교수가 인도의 전통음악인 라가를 벼, 땅콩 및 담배에 들려주어 수확량 증가를 이룬 사례가 있으며, 톰프킨스(Thompkins) 등은 음파를 이용하여 식물의 성장 및 활력을 증진시키는 방법을 제시한 바 있다(P. Thompkins et al., The Secret of Plants, Harper & Low, 1973).

1960년 미국 Illinois 주의 식물학자 George Smith는 George Gershwin의 Rabsody in Blue를 옥수수와 콩에 들려 준 결과 안들려 준 것 보다 발아가 빠르고 줄기도 훨씬 더 두껍고 푸르렀다고 보고하고 있다.

1968년 미국의 오르간 연주자이자 가수인 Dorothy Retallack은 호박에 유럽의 고전음악을 들려주고 한쪽에서는 시끄러운 록 음악을 들려 준 결과 고전음악을 들려 준 것은 덩굴이 라디오를 감싸기도 하였지만 록 음악을 들려 준 것은 유리상자 벽을 타고 도망가는 모양을 보였다고 한다.

최근 농업에 대한 실제적인 이용을 가능케 하는 사람은 미국 Minnesota 대학교의 Dan Carlson박사로 그는 1983년 Sonic Bloom을 개발하여 세계적으로 농업음악을 보급하기도 하였다.

일본에서는 Sonic Bloom을 도입하여 전국적으로 30여개 농민단체들이 바이오 연구회를 조직하여 이 음악이 작물에 미치는 영향을 연구하고 있다.

음악이 식물에 미치는 영향에 대해 일반적으로 알려진 것은 음파가 식물세포를 자극하여 원형질 운동을 증진시키고 기공을 많이 열리게 하여 가스교환과 엽면에 살포한 비료의 흡수를 증진시키고 APT의 생산을 많게 한다고 말하고 있다. 그리고 생리활성물질 면에서는 GABA가 식물이나 해충에 미치는 영향에 관한 보고에서 인공사료로 사용한 *Choristoneura rosaceana* Harris(OBLR) 유충의 사료 중 GABA 수준을 1.6배부터 7배까지 높였을 때 유충의 무게, 생존율이 대조구에 비해 현저히 감소되었고 유충경과 일수는 25일 정도 지연되는 것으로 나타났으며, 식물체에서 GABA는 병원성 해충으로부터 공격을 받으면 1내지 4분내에 GABA 수준이 10에서 25배까지 증가되는 것으로 나타났다.

국내에서는 Sonic Bloom이 소개된 후 1994년 Green Music이 개발되어 양란 등 여러작물의 생육촉진 효과를 조사하여 보고되었다(이, 1995). 또한, 대한민국 특허공고 제 89-109호에는 식물을 지베렐린 수용액으로 처리하는 동안 음파를 적용시켜 식물의 성장속도를 증진시키는 방법에 대하여 게시되어 있으며, 주파수 2000Hz 이하의 “음악을 이용한 식물의 생육촉진 방법”이 게시되어 있고 “음파를 이용한 작물 생육촉진 및 농업해충 발생 억제기술 방법”이 게시되어 있다

이와 같이, 음파에 의하여 식물의 생육을 촉진하는 원리는 음파가 식물세포에 공명현상을 일으켜 신진대사를 자극하고, 음향에너지가 세포분자 및 원형질 운동을 촉진시킴에 기인한 것으로 알려지고 있다. 그러나 인간의 가청주파수대(약 20kHz 미만)에 매일 반복대는 음파로 인한 소음공해가 시스템설치 마을근처 및 시스템설치 농민에게 오히려 민원이 발생하게 되었다

한편, 현 농업체계에 있어서 생산성 향상을 위한 농약의 과도한 사용으로 생산자와 소비자의 건강을 위협하고, 환경 오염, 소음공해 및 생태계 파괴 등의 문제점을 야기시키고 있음은 주지의 사실이다. 이에 소음공해, 환경오염 및 생태계 파괴를 최소화할 수 있는 시도 중의 하나로, 초음파를 이용하여 작물의 해충밀도를 떨어뜨리기 위한 연구가 진행되어 왔다. 이와 같이 초음파를 이용한 고품질 원예작물 생산증대 및 병해충의 발생을 억제시켜 밀도를 떨어뜨리는 방법은, 화학물질을 사용하는 생육방법과는 달리 환경공해, 소음공해를 유발하지 않는다는 장점은 지니고 있지만, 아직 적절한 조건을 찾는 노력이 부족하여 실제적으로 사용되지 못하고 있는 실정이다.

2. 재료 및 방법

가. 1년차 시험

1) 비닐하우스 및 시험처리

채소작물의 최적 초음파 영역대를 구명하기 위하여 비닐하우스 내에서 초음파 처리에 의한 채소작물의 생육반응을 조사하였다. 재배작물은 오이, 배추, 무, 미나리,

토마토, 상추를 이용하였으며, 정식 후부터 수확 때까지 매일 일정시간에 초음파와 그린음악을 처리하여 비교 검토하였다. 작물의 재배는 2000년 4월부터 10월까지 농업과학기술원 잠사곤충부의 실험포장(수원 서둔동 소재)에서 실시하였으며, 재배의 안정성을 확보하기 위하여 전 생육기간 동안 비닐하우스 내에서 실시하였다. 또한 처리간의 간섭을 최소화하기 위해 각 비닐하우스 동간 거리를 10m이상 두고 철제 외벽을 설치하였다. 재배용 비닐하우스 시설은 팬타이트파이프를 휘어서 약 60cm 간격으로 둥글게 꽂은 후 EVA(두께 0.1mm) 필름을 피복하였으며 한동의 크기는 4×10m로 내부에 15이랑을 만들어 각 작물을 재배하였다.

시설 내의 환기관리는 28℃ 이상 고온 시에 측창을 수시로 열어 온도를 조절하였으며, 수시로 작물에 수분을 공급해 주었다.

시험구 처리는 초음파 20kHz, 30kHz, 40kHz, 그린음악 및 무처리로 하였으며, 초음파 발생은 각 비닐하우스 동 당 2개의 초음파 발생 스피커를 출입구 위에 서로 마주보게 설치하였다. 그린음악은 악기를 사용하여 제작한 연주음에 자연에서 녹취한 음향을 조화시켜 주파주 2,000Hz 이하의 주파주 대역을 지닌 음악(80dB)을 이용하였다. 초음파와 그린음악 처리는 전용발생장치 시스템(KGM-600p, (주)Greenteko)를 이용하여 오전 6시부터 오전 9시까지 약 3시간 동안 매일 음파가 발생되도록 하였다.

시험구배치는 비닐하우스 내에 닌괴법 3반복으로 하였으며, 작물의 재식 이랑은 폭 1m, 높이 0.15m로 만들어 2열로 하여 식재하였다.

2) 채소작물 생육조사

초음파 처리에 따른 채소작물의 생육과 수량반응을 조사하기 위해 배추는 대동 엇가리 배추(농우종묘)를 2000년 4월 20일과 8월 2일 파종하였으며, 육묘는 200공 플러그트레이를 이용하여 일반적인 육묘방법으로 하여 2000년 5월 6일과 8월 25일 비닐하우스 내에 정식하였다. 정식 후 약 15일 간격으로 2-3회에 걸쳐 생육조사를 실시하여 생체중을 측정하였다. 최종 수확기에는 일제히 뽑아서 뿌리를 제거한 후 생체중을 측정하였다.

상추의 생육과 수량 반응은 봄과 가을 2회에 걸쳐서 조사하였으며, 시험품종은 진자축면상추(농우종묘)를 사용하여 2000년 4월 10일과 8월 2일 파종하였다. 육묘는 200공 플러그트레이를 이용하여 일반적 육묘법으로 봄에는 25일, 가을에는 26일간 육묘

하여 5월 4일과 8월 28일에 각각 정식하였으며, 정식 후 15일 간격으로 3-4회 생육조사를 실시하여 생체중을 측정하였다.

무의 생육 및 수량 반응은 봄과 가을 2회에 걸쳐 조사하였다. 시험품종은 서호무(농우종묘)를 사용하였고 파종은 상추와 같은 방법으로하여 정식하였으며, 최종 수확기에 무를 일제히 뽑아서 무 무게와 상부 잎의 무게를 따로 분리하여 측정하였다.

토마토의 생육 및 수량 반응은 봄에 조사하였다. 시험품종은 모모따로요크(다키이종묘)를 사용하였고 파종은 50공 플러그트레이를 이용하여 2000년 4월 10일에 실시하였다. 정식은 6월 4일에 실시하여 측지는 모두 제거하고 제 2화방까지 착과 시킨 후 적심하였다. 그 후 8월 27일까지 3회 정도 수확하여 무게 및 당도를 측정하였다.

오이의 생육 및 수량 반응은 봄과 가을 2회에 걸쳐 조사하였다. 시험품종은 백성 3호를 접수로 슈퍼운용 대목에 단근삽접하여 활착시킨 후 사용하였다. 묘는 2000년 4월 13일과 8월 26일에 비닐하우스 내에 정식하였다. 육묘는 50공 플러그트레이를 이용하였고 주지는 1.8m까지 유인하여 그 후 적심하였다. 수확은 3-4회 실시하였고 최종 수확기에는 일제히 수확하여 오이 무게와 길이를 측정하였다.

미나리의 생육을 조사하기 위하여 시험품종은 보성 묘를 사용하였으며, 2000년 4월 15일에 가온 유리온실에서 폿트를 이용하여 재배하였다. 폿트에 심은 후 5월 6일에 비닐하우스 내로 옮겨 초음파 등을 처리한 후 20일 간격으로 최장길이를 측정하였다. 미나리의 최장길이는 5월 11일부터 8월 3일까지 조사하였다.

3) 당도측정

당도는 익은 토마토를 임의로 3개씩 3반복으로 하여 즙을 짠 후 과즙당도를 측정하였다. 분석기기로는 Digital refractometer(Palette 100)를 사용하였으며 Brix %로 표시하였다.

4) 식물체 성분 분석

가) Flavonol glucosides 분석

무처리와 초음파 처리한 고추의 잎을 채취하여 100mesh 이하로 마쇄하여 1g을 80% MeOH 50㎖로 상온에서 2시간 2회 반복 추출하고 추출액을 syringe filter(0.45 ㎛)로 여과한 다음 분석에 사용하였다.

HPLC는 TSP(CA, USA)의 분석용 liquid chromatography를 사용하였으며, Spectrasystem gradient pump, UV/VIS dector, SP 4600 integrator, Rhedyne injection valve(20(㎕)를 부착하여 사용하였다.

이동상으로는 2.5% AcOH : MeOH : Acetonitrile = 70 : 10 : 20의 혼합용매를 사용하였으며, 용매를 40분 동안 0.4㎖/min으로 isocratic elution 시켰다. UV dector의 파장은 350nm, 감도는 0.05 AUFS로 하였으며, intergrator의 chart speed는 0.25mm/min으로 하였다.

분석용 시약은 HPLC용이나 특급시약을 사용하였으며, 사용전 용매여과기(0.45㎛ memberane filter)로 여과하였다.

나. 2년차 시험

1) 비닐하우스 및 시험처리

1년차 시험과 같은 방법으로 실시하였다.

2). 해충발생 억제 시험

시험구 처리는 1년차에서 작물생육 효과가 인정된 초음파 20kHz, 30kHz 및 무처리로 하였으며, 초음파 발생은 각 비닐하우스 동 당 2개의 초음파 발생 스피커를 출입구 위에 서로 마주보게 설치하였다. 비닐하우스 내 초음파 처리는 전용발생장치 시스템(KGM-600p, (주)Greenteko)을 이용하여 오전 6시부터 오전 9시까지 약 3시간 동안 매일 음파가 발생되도록 하였다.

해충조사는 비닐하우스 내 초음파 처리에 의한 오이와 토마토에 발생하는 해충을 대상으로 전수 조사하였다. 조사시기는 2001년 5월 20일부터 7월 1일까지 실시하였다.

다. 3년차 시험

1) 농가실증 시험

채소작물의 생육 및 해충발생 억제에 효과적인 최적 초음파 영역대가 20kHz로 구명되어 농가에 실증시험을 실시하였다. 농가 선정은 전국 10개 농가를 대상으로 2002년 4월 11일부터 5월 6일까지 각 작목에 설치하였으며, 각 농가에서 재배한 작목은 오이 4농가, 수박 1농가, 파프리카 1농가, 호박 1농가, 장미 1농가, 난 1농가, 쌈채

소 1농가였다. 이들 농가는 모두 비닐하우스 또는 유리온실에서 작물을 재배하였고 초음파 발생은 각 비닐하우스 또는 유리온실 내에 20m 마다 2개의 초음파 발생 스피커를 서로 마주보게 설치하였다. 비닐하우스 내 초음파 처리는 전용발생장치 시스템(KGM-600p, (주)Greenteko)을 이용하여 오전 6시부터 오전 9시까지 약 3시간 동안 자동으로 매일 음파가 발생되도록 하였다.

실증시험 농가의 작물생육 조사는 오이, 호박, 수박을 조사하였으며, 오이는 재배 품종이 다다기이며 강원도 홍천 농가를 대상으로 10월 18일 무게, 길이, 당도를 측정하였다.

호박은 재배 품종이 중앙애호박으로 경기도 평택 농가를 대상으로 10월 24일 수확하

표 4. 실증시험 농가 현황

작목명	농가명	소재지	설치일	규모(평)
파프리카	문형태	전남 화순군 천암리	4월 11일	1,000
파프리카	김석도	경남 진주시 대곡면 단목리	4월 12일	1,000
난	모광덕	경기도 안산시 사사동	4월 12일	600
오이	전태은	경기도 용인시 남서면 진목리	4월 13일	600
오이	신용수	강원도 홍천군 홍천읍 갈마곡리	4월 15일	1,000
수박	김학필	충남 부여군 부여읍 쌍북리	4월 16일	800
장미	이천희	충북 진천군 이월면 무원리	4월 16일	1,000
오이	김은규	경기도 화성군 우정면 조암리	4월 16일	600
쌈채소	최준배	경기도 고양시 장항동	4월 17일	600
호박	최양일	경기도 평택시 진위면 야막리	5월 6일	600

여 무게 및 길이를 측정하였다. 수박은 재배 품종이 맛수박(한농)으로 7월 11일 출하시에 수박의 장경, 단경 및 당도를 측정하였다.

2). 실증시험 농가 설문조사

실증시험 10개 농가를 대상으로 2002년 10월 26일부터 일주일간 설문조사를 실시하였다. 그 동안 개발된 초음파 시스템을 재배농가에 설치하여 작물에 실제 미치는 효과와 영농경험을 통해 느낀 바를 본 설문 조사 문항에 기재하도록 하였다.

<설문조사 내용>

안녕하십니까?

본 설문조사는 지난 3년 동안 농촌진흥청과 그린테코(주)가 공동 주관하여 그린음악보다 한 단계 높은 기술력을 적용하여 새로 연구 개발한 초음파시스템 (엠포닉)의 효과를 측정코자 실시하는 것입니다.

전국의 시설재배 농가 중 열분의 독농가를 선정하여 현지 포장에 본 시스템을 설치하였습니다.

금년 한해동안 실증농가께서 영농경험을 토대로 평소에 느끼셨던 점을 본설문 문항에 표시하여 주시면 고맙겠습니다.

대단히 감사합니다.

2002년 10월 일

농촌진흥청 잠사곤충부 최 영 철

그린테코주식회사 연구소장 윤 해 중

올림

□ 해당되는 곳에 ○표 또는 기입하여 주십시오

1. 귀하의 시설재배 경험은 어느 정도입니까?
   가. 10년 이상(　) 나. 5~10년 (　) 다. 3~5년 (　) 라. 3년 미만 (　)

2. 초음파를 설치한 하우스에 어떤 작물을 재배하시나요?
   가. 초기 설치시 재배하던 작물 (_____)
   나. 현재 재배중인 작물 (_____)

3. 초음파가 작물의 생육과 수량향상 등에 미치는 효과는 어떻습니까?
   가. 좋다 (　) 나. 나쁘다 (　) 다. 잘 모르겠다 (　)

4. 초음파를 적용하여 생산한 농산물의 상품성(농산물의 질)이 어떻습니까?
   가. 좋다 (　) 나. 나쁘다 (　) 다. 잘 모르겠다 (　)

5. 초음파가 작물의 해충발생 억제에 미치는 효과는 어떻습니까?
   가. 좋다 (　) 나. 나쁘다 (　) 다. 잘 모르겠다 (　)

6. 초음파가 다음 중 어느 해충에 방제효과가 있다고 생각하십니까?
   (해당항목에 모두 표시해 주십시오)
   가. 진딧물 □ 나. 온실가루이 □ 다. 총채벌래 □ 라. 기타(해충명:)

7. 해충방제 효과로 인해 농약 친 횟수가 줄었다면 몇 회 정도입니까?
   가. 초음파시스템 설치 전에는 농약을 (_____)회 방제
   나. 초음파시스템 설치 후에는 농약을 (_____)회 방제

8. 앞으로도 이 시스템을 계속 사용할 계획이십니까?
   가. 계속 사용하겠다 (　) 나. 사용하지 않겠다 (　)
   다. 잘 모르겠다 (　)
   - 만약 사용을 안 하겠다면 그 이유는?

   _____

9. 초음파시스템의 사용현장을 본 이웃농가의 반응은 어떠하십니까?

가. 설치를 희망하고 있다 ( )

나. 설치는 원하나 가격 때문에 설치를 주저하고 있다 ( )

다. 설치할 필요가 없다고 생각한다 ( )

10. 초음파시스템의 설치로 인한 문제점이 있었다면?

_____

_____

_____

11. 초음파시스템을 설치하고 특히 좋은 점이 있었다면?

_____

_____

_____

12. 기타 의견이 있으시면 말씀해주세요.

_____

_____

_____

실증농가	**주 소**	
	성 명	

♣ 수고하셨습니다. ♣

3. 결과 및 고찰

가. 초음파 처리에 의한 작물의 생육 효과

초음파 처리에 따른 작물의 생육을 알아보기 위하여 40㎡ 면적의 비닐하우스 내에 오이, 무, 배추, 상추 및 미나리를 각각 재배하여 초음파를 매일 오전 6시에서 9시까지 처리한 결과(표 2), 무처리에 비해 초음파 처리구가 다소 생육이 좋았으며, 초음파 20kHz 처리구의 대부분 작물이 효과가 있는 것으로 나타났다. 작물별 초음파 처리 효과를 보면 오이의 경우 무처리에 비해 초음파 처리구가 개당 무게, 길이가 2-10% 정도 높았으며, 포기당 초장은 24-29% 정도 높았다. 특히 개당 무게는 무처리에 비해 59% 정도 더 무거워 가장 효과가 큰 것으로 나타났다.

무는 무처리에 비해 개당 무개가 5-37% 정도 무거웠으며, 30kHz에서 가장 좋았다. 배추, 상추, 미나리는 20kHz에서 가장 생육이 좋았으며, 토마토는 30kHz에서 무게 및 수량이 가장 좋았다.

따라서 초음파처리에 의한 작물의 생육 효과는 20kHz, 30kHz에서 효과가 있는 것으로 나타났으며, 작물에 따라 음파영역대가 달리 나타났다. 이 시험 결과 20kHz 영역대의 초음파 처리가 모든 작물에 골고루 효과가 있었다.

1차 조사 결과 20kHz 영역대에서 효과가 인정되어 그린음악과 초음파, 무처리 등 처리구를 줄여서 작물을 정식한 후 1개월 째에 2차 조사한 결과(표 3), 그린음악 및 초음파 처리구는 모든 작물에서 통계적으로 같은 유의수준을 보였으나 무처리구는 처리구에 비해 효과가 낮았다. 2차 조사에서 배추 및 미나리에서 포기 당 무게가 초음파 및 그린음악 처리구에서 무처리에 비해 효과가 인정되었으며, 오이의 경우 무게는 처리간에 유의차가 없었으나 길이에서는 처리구가 무처리구에 비해 효과가 인정되었다.

표 6. 초음파 처리에 따른 작물생육 비교

대상작물	처리구	조사내용		
		무게(g/개)	유과수(개/포기)	길이(cm/포기)
오이	무처리	94(100)d*	14(100)ns	297(100)
	20kHz	149(159)a	17(121)	296(100)
	30kHz	143(152)b	16(114)	346(116)
	40kHz	127(135)c	15(107)	260(88)
		무게(g/개)	총 무게(g/개)	
무	무처리	674(100)c	1,1009	
	20kHz	935(139)a	1,356	
	30kHz	810(109)b	1,223	
	40kHz	646(96)d	1,011	
		무게(g/포기)		
배추	무처리	3,061(100)d		
	20kHz	3,414(112)b		
	30kHz	3,510(115)a		
	40kHz	3,079(101)c		
		무게(g/포기)		
상추	무처리	612(100)c		
	20kHz	704(115)a		
	30kHz	676(110)b		
	40kHz	617(101)c		
		평균길이(cm/촉)		
미나리	무처리	32(100)b		
	20kHz	36(111)a		
	30kHz	31(95)b		
	40kHz	33(101)b		

* DMRT alpha = 0.05

표 7. 초음파 처리에 따른 작물생육 비교(2차)

처 리 구	g/plant			오 이 (cm)
	배 추	미 나 리	오 이	
그린음악	91.7a*	57.1a	2.17ns	145.3a
초음파(20kHz)	77.4ab	53.0ab	1.70	130.5ab
무처리	70.5b	51.0b	2.07	119.3b

* DMRT alpha = 0.01

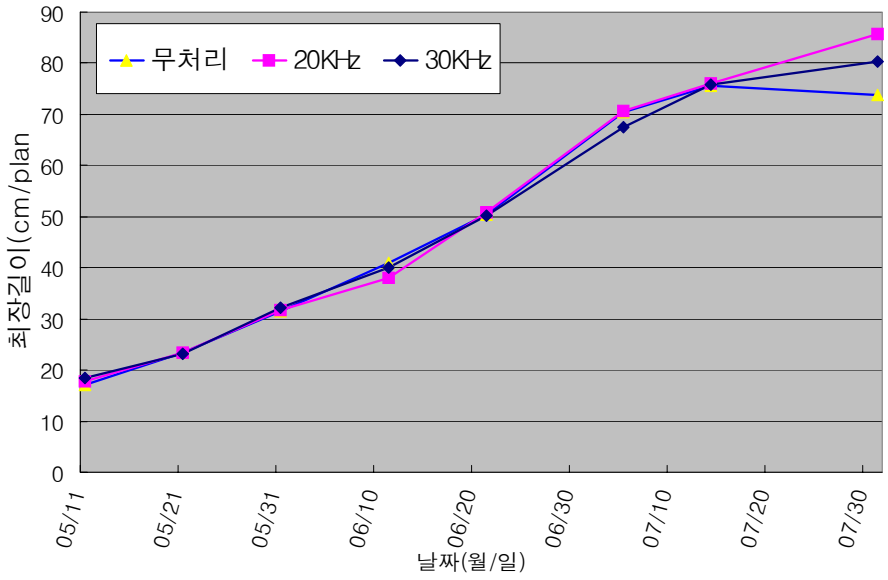


그림 210. 초음파 처리에 따른 미나리의 시기별 최장길이 변화

초음파 처리에 따른 미나리의 시기별 최장길이의 변화는 그림 1에서와 같이 생육초기에는 처리간 차이가 없었고, 파종 후 5월 11일부터 7월 13일까지는 처리간에 차이가 없었으나 그 후부터는 무처리에 비해 20kHz, 30kHz의 초음파 처리가 주당 최장길이가 더 길었다.

초음파 처리에 따른 토마토의 작물 생육 및 당도를 조사한 결과(표 5) 개 당 무게는 초음파 처리구의 30kHz에서 가장 좋았고 20kHz에서도 좋았으며, 주 당 수량은 모든 처리에서 큰 차이가 없었다. 당도는 초음파 20kHz에서 당도 5 Brix %로 가장 좋았다.

표 8. 초음파 처리에 따른 토마토의 생육 및 당도

처 리 구	생육상황		당도(Brix %)
	무게(g/개)	수량(개/주)	평 균
무처리	107.3(100)	16.2(100)	4.8(100)
초음파(20kHz)	109.4(102)	16.1(100)	5.0(104)
초음파(30kHz)	125.5(117)	16.8(103)	4.7(98)

나. 초음파 처리에 의한 작물의 해충발생 억제 효과

초음파 처리에 따른 배추에 발생한 진딧물의 발생을 알아보기 위하여 초음파 20kHz, 그린음악 및 무처리구를 조사한 결과 생육 초기에는 처리간에 차이가 없으나 4월 18일 이후 그린음악 처리구는 진딧물 발생이 가장 적었으며 초음파 처리구도 무처리에 비해 적었다.

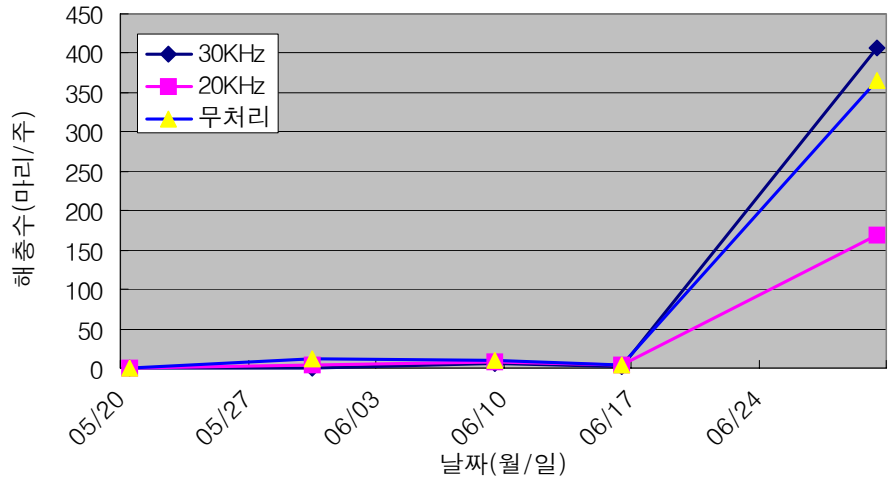


그림 3. 초음파 처리에 의한 토마토의 온실가루이 발생

비닐하우스 내 토마토에 발생하는 온실가루이를 2000년 5월 20일부터 7월 30일까지 조사한 결과 그림 3에서와 같이 5월 20일부터 6월 17일까지는 처리간에 차이가 없었으나 그 후부터는 20kHz의 초음파처리구가 온실가루이 발생이 가장 적었으며, 무처리와 초음파30kHz 에서는 온실가루이 발생이 많았다.

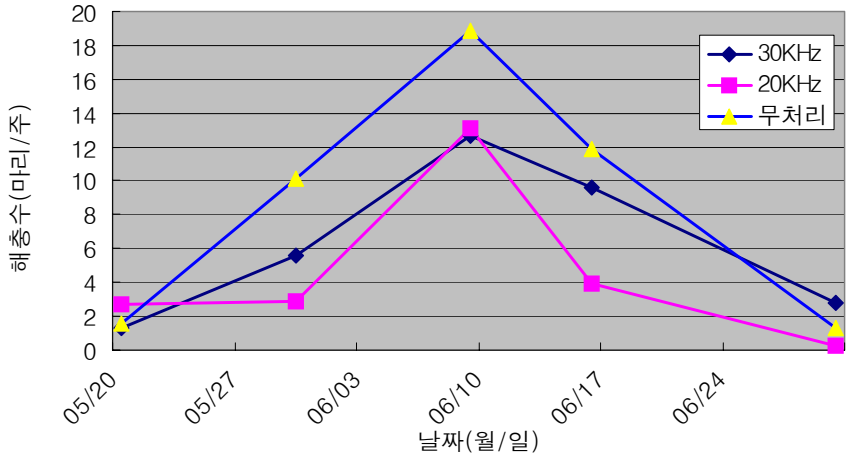


그림 212. 초음파 처리에 의한 오이의 총채벌레 발생

오이에 대한 비닐하우스 내에 발생하는 해충을 조사한 결과 총채벌레 발생은 생육 초기와 말기에는 처리간에 차이가 없었으나 생육기간 중에는 무처리구에서 총채벌레 발생이 가장 많았으며, 목화진딧물 및 온실가루이는 5월 20일부터 6월 17일까지는 처리간에 차이가 없었으나 목화진딧물은 30kHz에서 가장 발생이 많았고 온실가루이는 20Hz에서 가장 많이 발생하였다.

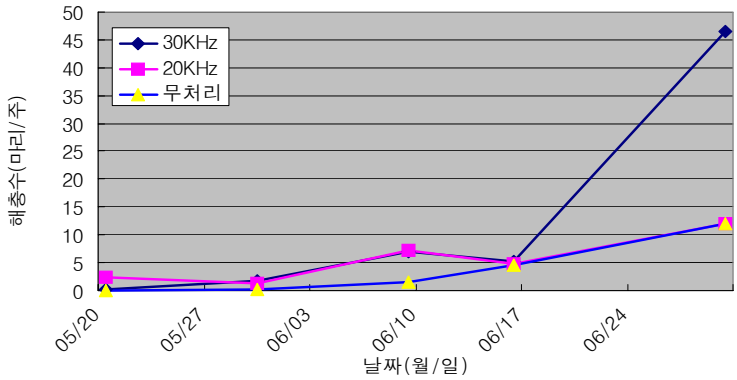
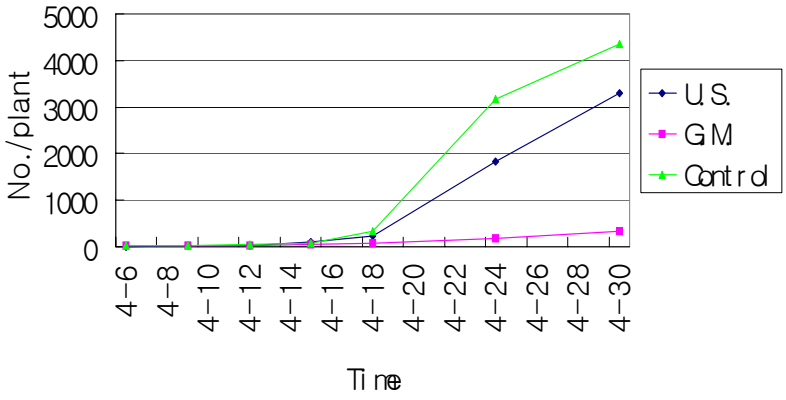


그림 213. 초음파 처리에 의한 오이의 목화진딧물 발생



US : 초음파, GM : 그린음악, Control : 무처리

그림 214. 초음파처리에 의한 배추의 진딧물발생 현황

표 9. 초음파처리에 의한 곤충 목별 발생 누적밀도 저하 효과(trap)

마리수	총마리수	파리목	딱정벌레목	나비목	거미류	매미목	기타
무처리구 (A)	1260 (100)	161 (100)	754 (100)	11 (100)	2 (100)	11 (100)	321 (100)
초음파구 (B)	935 (74)	137 (85)	544 (72)	4 (36)	4 (200)	12 (109)	232 (72)
A - B	325	24	210	7	-2	-1	89

비닐하우스 내에 트랩을 설치하여 트랩 내에 걸린 곤충의 밀도를 한 달간 조사한 결과 총마리수는 무처리에서 1,260마리인데 비해 초음파 처리구에서는 935마리로 약 26% 낮았으며, 거미류와 매미목을 제외하고는 초음파 처리 시 해충 발생이 낮아지는 것을 알 수 있었다.

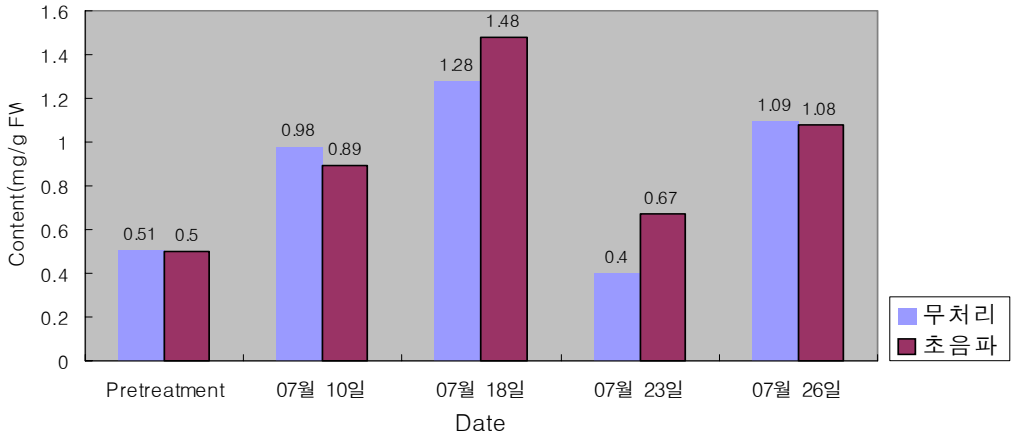


그림 215. 초음파 처리에 의한 고추체내의 flavonoid(Isoquercitrin)류 함량변화

초음파 처리에 의한 고추체내의 Flavonoid 중 Isoquercitrin의 함량의 변화를 알아보기 위해 고추잎을 채취하여 HPLC 분석 결과(그림 6) 초음파 처리 전에는 거의 같은 수준이었으나 초음파 처리 18일 후에는 무처리에 비해 약 15.6% 정도 Isoquercitrin함량이 높았다.

다. 농가실증시험

충남 부여군 부여읍 쌍북리 수박농가(품종 : 맛수박) 하우스에 초음파(20kHz) 시스템을 2002년 4월 16일에 설치하여 정식 후 바로 초음파를 수박에 처리하였으며, 약 3개월 정도 초음파를 처리하여 7월 11일에 수확한 후 생육을 조사하였다. 수박의 가로, 세로둘레와 무게를 조사한 결과는 표 7과 같다.

표 10. 수박농가의 초음파 처리에 따른 생육현황

처 리 구	cm/통		무게(kg/통)
	가로둘레	세로둘레	
무처리	89.6(100)	72.7(100)	9.6(100)
초음파(20kHz)	92.6(103)	74.5(102)	10.0(104)

초음파 처리한 수박의 가로둘레는 통 당 92.6cm로 무처리에 비해 3%, 세로둘레는 74.5cm로 무처리에 비해 2%정도 길었으며, 무게는 통 당 10kg으로 무처리에 비해 4% 정도 무거웠다. 그리고 수박의 당도를 부위별로 조사한 결과(표 8) 정중앙부위, 중간부위, 바깥부위 모두 초음파 처리구에서 높았으며, 초음파처리구 평균 당도는 10.6 Brix %로 무처리에 비해 3% 정도 높았다.

표 11. 수박농가의 초음파 처리에 따른 당도

처 리 구	부위(Brix %)			
	정중앙	중간	바깥	평균
무처리	11.4	11.2	8.4	10.3(100)
초음파(20kHz)	11.6	11.4	8.9	10.6(103)

강원도 홍천군 홍천읍 갈마곡리 오이농가(품종 : 다다기) 유리온실에 초음파(20kHz) 시스템을 2002년 4월 15일에 설치하여 정식 후 바로 초음파를 오이에 처리하였으며, 10월 18일에 수확한 후 생육을 조사하였다. 오이의 무게, 길이 및 당도를 조사한 결과는 표 9와 같다.

초음파 처리한 오이의 무게는 개 당 18.7g으로 무처리에 비해 6%정도 더 무거웠으며, 길이는 24.7cm로 무처리에 비해 11% 정도 길었다. 당도는 2.7 Brix %로 무처리에 비해 23%정도 높았다.

표 12. 오이농가의 초음파 처리에 따른 생육현황 및 당도

처 리 구	무게(g/개)	길이(cm/개)	당도(Brix %)
무처리	17.7(100)	22.2(100)	2.2(100)
초음파(20kHz)	18.7(106)	24.7(111)	2.7(123)

경기도 평택시 진위면 야막리 호박농가(품종 : 중앙애호박) 비닐하우스에 초음파(20kHz) 시스템을 2002년 5월 6일에 설치하여 정식 후 바로 초음파를 호박에 처리하였으며, 10월 24일에 수확한 후 생육을 조사하였다. 호박의 길이, 무게 및 포기 당 개수를 조사한 결과는 표 10과 같다.

초음파 처리한 호박의 무게는 개 당 33.1g으로 무처리와 같은 수준이었으며, 길이는 22.8cm로 무처리에 비해 7% 정도 길었다. 포기 당 개수는 초음파 처리구에서 12개로 무처리에 비해 23% 정도 많았다.

표 13. 호박농가의 초음파 처리에 따른 생육현황 및 당도

처 리 구	무게(g/개)	길이(cm/개)	포기 당 갯수
무처리	32.8(100)	21.4(100)	9(100)
초음파(20kHz)	33.1(101)	22.8(107)	12(133)

라. 농가설문조사

실증시험 10개 농가를 대상으로 2002년 10월 26일부터 일주일간 설문조사를 실시한 결과(표 11) 시설채소 재배경력은 10농가 모두 5년 이상이며, 10년 이상 농가가 8농가였다. 작물의 생육, 수량 및 상품성에 대해 초음파 효과를 알아 본 결과 10농가 중 8농가가 좋다고 응답하였으며, 해충발생 억제효과는 10농가 중 9농가가 좋다고 응답하였고 1농가는 잘모르겠다고 응답하였다. 방제 효과가 있는 해충으로 진딧물 방제가 가장 효과가 좋다고 응답한 농가는 9농가였다.

초음파 장치를 앞으로 계속해서 사용할 것인가에 대한 설문조사에서 10농가 모두 계속해서 사용하고 싶다고 응답했으며, 이웃 주변농가에서의 사용 여부에 대한 반응은 초음파 장치 설치 비용이 많이 들어서 조금 주저하는 것으로 나타났다.

이상을 종합하면 시설채소 작물에 초음파를 설치하면 작물에 생육효과가 있는 것으로 나타났으며, 초음파 처리함으로써 작물에 발생하는 해충을 방제하여 농약사용 횟수도 줄어 환경친화적인 농법이 가능할 것으로 기대된다.

표 14. 초음파 발생장치 농가실증시험 설문조사

구 분	조 사 항 목	농 가 수
시설채소 재배경력	10년 이상	8
	5~10년	2
	5년 미만	-
생육 및 수량	좋다	8
	나쁘다	-
	잘 모르겠다	2
상품성	좋다	8
	나쁘다	-
	잘 모르겠다	2
해충발생 억제	좋다	9
	나쁘다	-
	잘 모르겠다	1
방제효과 대상해충	진딧물	9
	온실가루이	-
	총채벌레	-
	기타	1
초음파 장치 계속사용 여부	계속사용	10
	사용중단	-
	잘 모르겠다	-
이웃농가 반응	설치희망	2
	비용문제 주저	8
	불필요	-

※ 재배작물 : 오이, 호박, 수박, 토마토, 장미 등, 조사농가 수 10농가

4. 결과요약

가. 초음파 처리에 따른 작물의 생육 및 해충발생 억제 효과

초음파 처리에 따른 작물의 생육 및 해충발생 억제 효과를 알아보기 위하여 40 ㎡ 면적의 비닐하우스 내에 오이, 무, 배추, 상추 및 미나리를 각각 재배하여 초음파를 매일 오전 6시에서 9시까지 처리한 결과는 다음과 같다.

1) 채소작물의 생육 효과는 무처리에 비해 초음파 처리구가 다소 생육이 좋았으며, 초음파 20kHz 처리구의 대부분 작물이 효과가 있는 것으로 나타났다. 작물별 초음파 처리 효과를 보면 오이의 경우 무처리에 비해 초음파 처리구의 개당 무게는 무처리에 비해 59% 정도 더 무거워 가장 효과가 큰 것으로 나타났다.

무는 무처리에 비해 개당 무개가 5-37% 정도 무거웠으며, 30kHz에서 가장 좋았다. 배추, 상추, 미나리는 20kHz에서 가장 생육이 좋았으며, 토마토는 30kHz에서 무게 및 수량이 가장 좋았다.

2) 초음파 처리에 따른 토마토의 작물 생육 및 당도를 조사한 결과 개 당 무게는 초음파 처리구의 30kHz에서 가장 좋았고 20kHz에서도 좋았으며, 주 당 수량은 모든 처리에서 큰 차이가 없었다. 당도는 초음파 20kHz에서 당도 5 Brix %로 가장 좋았다.

3) 초음파 처리에 따른 배추에 발생한 진딧물의 발생을 알아보기 위하여 초음파 20kHz, 그린음악 및 무처리구를 조사한 결과 생육 초기에는 처리간에 차이가 없으나 4월 18일 이후 그린음악 처리구는 진딧물 발생이 가장 적었으며 초음파 처리구도 무처리에 비해 적었다.

4) 비닐하우스 내 토마토에 발생하는 온실가루이를 2000년 5월 20일부터 7월 30일까지 조사한 결과 그림 3에서와 같이 5월 20일부터 6월 17일까지는 처리간에 차이가 없었으나 그 후부터는 20kHz의 초음파처리구가 온실가루이 발생이 가장 적었으며, 무처리와 초음파 30kHz에서는 온실가루이 발생이 많았다.

5) 오이에 대한 비닐하우스 내에 발생하는 해충을 조사한 결과 총채벌레 발생은 생육 초기와 말기에는 처리간에 차이가 없었으나 생육기간 중에는 무처리구에서 총채벌레 발생이 가장 많았으며, 목화진딧물 및 온실가루이는 5월 20일부터 6월 17일까지는 처리간에 차이가 없었으나 목화진딧물은 30kHz에서 가장 발생이 많았고 온실가루이는 20kHz에서 가장 많이 발생하였다.

6) 비닐하우스 내에 트랩을 설치하여 트랩 내에 걸린 곤충의 밀도를 한 달간 조사한 결과 총마리수는 무처리에서 1,260마리인데 비해 초음파 처리구에서는 935마리로 약 26% 낮았으며, 거미류와 매미목을 제외하고는 초음파 처리 시 해충 발생이 낮아지는 것을 알 수 있었다.

7) 초음파 처리에 의한 고추체내의 Flavonoid 중 Isoquercitrin의 함량의 변화를 알아보기 위해 고추잎을 채취하여 HPLC 분석 결과(그림 6) 초음파 처리 전에는 거의 같은 수준이었으나 초음파 처리 18일 후에는 무처리에 비해 약 15.6% 정도 Isoquercitrin함량이 높았다.

나. 농가실증 시험

수박농가, 오이농가 및 호박농가의 하우스에 초음파(20kHz) 시스템을 설치하여 생육을 조사하였다.

1) 초음파 처리한 수박의 가로둘레는 통 당 92.6cm로 무처리에 비해 3%, 세로둘레는 74.5cm로 무처리에 비해 2%정도 길었으며, 무게는 통 당 10kg으로 무처리에 비해 4% 정도 무거웠다. 그리고 수박의 당도를 부위별로 조사한 결과 정중앙부위, 중간부위, 바깥부위 모두 초음파 처리구에서 높았으며, 초음파처리구 평균 당도는 10.6 Brix %로 무처리에 비해 3% 정도 높았다.

2) 초음파 처리한 오이의 무게는 개 당 18.7g으로 무처리에 비해 6%정도 더 무거웠으며, 길이는 24.7cm로 무처리에 비해 11% 정도 길었다. 당도는 2.7 Brix %로 무처

리에 비해 23%정도 높았다.

3) 초음파 처리한 호박의 무게는 개 당 33.1g으로 무처리와 같은 수준이었으며, 길이는 22.8cm로 무처리에 비해 7% 정도 길었다. 포기 당 개수는 초음파 처리구에서 12개로 무처리에 비해 23% 정도 많았다.

다. 농가설문조사

1) 실증시험 10개 농가를 대상으로 2002년 10월 26일부터 일주일간 설문조사를 실시한 결과 시설채소 재배경력은 10농가 모두 5년 이상이며, 10년 이상 농가가 8농가였다. 작물의 생육, 수량 및 상품성에 대해 초음파 효과를 알아 본 결과 10농가 중 8농가가 좋다고 응답하였으며, 해충발생 억제효과는 10농가 중 9농가가 좋다고 응답하였다. 방제 효과가 있는 해충으로 진딧물 방제가 가장 효과가 좋다고 응답한 농가는 9농가였다.

2) 초음파 장치를 앞으로 계속해서 사용할 것인가에 대한 설문조사에서 10농가 모두 계속해서 사용하고 싶다고 응답했으며, 이웃 주변농가에서의 사용 여부에 대한 반응은 초음파 장치 설치 비용이 많이 들어서 조금 주저하는 것으로 나타났다.

3 절 초음파처리에 의한 작물의 생육 및 수량반응 효과구명

요 약 문

채소작물에 대한 고품질 선호가 증대됨에 따라 무농약 재배 기술이 요구되고 있어 병해충 발생 억제용 초음파 발생장치가 개발되었으나, 초음파 처리가 채소작물의 생육 및 수량 반응에 관한 연구는 보고된 바 없는 실정이다. 따라서 채소작물의 생육 및 수량반응에 미치는 초음파 처리 효과를 구명하고자 시험포장에서 상추, 무, 토마토, 오이의 재배기간 동안 초음파와 그린음악을 처리하여 생육과 수량을 조사 분석하였다.

초음파 처리구에서 상추의 엽수 및 생체중은 양호하였으며, 토마토의 수확과중 및 무의 주당과중이 높았고, 근경이 굵은 것으로 나타났다.

초음파 처리가 상추, 무, 토마토, 오이의 생육반응에 미치는 영향을 종합적으로 검토한 결과 무처리한 것과 비교하여 일부 조사항목에서 긍정적인 결과를 얻을 수 있었다.

SUMMARY

Ultrasonic wave and Green-music effects on vegetables(lettuce, radish, tomato, cucumber) growth and yield were examined in spring and autumn season. The results were as following.

○ In leaf lettuce, the growth, yield, chromaticity were not significant between all treatments.

○ In radish, the root diameter was the largest and root weight was the heaviest in ultrasonic wave treatments. The largest leaf length was smaller than others.

○ Until Dec. 11, yield in ultrasonic wave treatment was more than control, but yield and soluble solid content of tomato were not significant between all treatments.

Some of investigated items showed that ultrasonic treatment has positive influence.

1. 서론

채소는 경제·사회적으로 차지하고는 비중이 높은데 2000년 채소생산액이 6조 7천억원에 달하고 있으며 이는 농업 전체의 21%를 차지하는 주요 산업이다. 채소작물은 최근에도 시설재배 면적이 꾸준히 늘어나고 있으며 이에 따라 주년생산 체계가 확립되고 있다. 채소작물은 각종 비타민과 무기질의 공급원으로서 식생활에 없어서는 안되며 육류소비의 증가와 더불어 지속적으로 수요가 증가되고 있다.

이와 같은 채소작물은 국민의 식생활 또는 건강과 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 생활수준 및 사회 발전과 더불어 품질의 고급화와 기능성이 강조되고 있는데 채소를 고급화하고 기능성을 높이기 위한 연구는 질의 향상 및 안전성 제고에 초점이 맞춰지고 있다. 채소의 안전성 확보를 위하여 무농약 재배 또는 저농약 재배기술이 점차 확대되고 있으며 특히 이중에는 특정 음파를 이용하여 병해충 발생을 억제시키고자 하는 연구도 포함된다.

1860년대 다윈 이후 1950년대 Singh, 1960년대 Smith 등이 식물에 음악을 들려주고 그 반응을 보고하였다. 미국에서는 1983년 Carlson이 'Sonic bloom'이라는 식물생장촉진음악을 최초로 개발하여 보급하였으나 그 효과는 아직 불확실한 부분이 있다. 국내에서는 'Sonic bloom'이 소개된 후 1994년 'Green Music'이 개발되었고 양란 등 여러 작물의 생육촉진 효과를 조사하여 보고되었다(이완주 1995). 그러나 초음파를 처리하여 작물 생육에 대한 반응을 조사한 시험은 거의 없는 실정이다.

식물이 음파에 반응하는 기작은 분명하지 않지만 음파가 세포를 자극하여 세포 속의 원형질에 공명현상을 일으켜서 원형질 운동이 활발하게 되고 기공이 많이 열리며, 이에 따라 가스교환과 양분 흡수가 원활하게 되기 때문이라고 추정하고 있다.

본 연구는 최근 농축산 농가에 보급되고 있는 그린음악과 비교하여 초음파 발생기가 상추를 비롯한 4개 주요 채소작물에 생육과 수량반응에 미치는 효과를 구명하여 농업현장에 적용 가능성을 찾아보고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 총론

초음파처리가 채소작물의 생육반응에 미치는 영향을 구명하기 위하여 무, 상추, 오이, 토마토 작물을 이용하였으며 정식 후부터 수확기까지 매일 일정시간에 초음파와 그린음악을 처리하여 비교 검토하였다. 작물의 재배는 2001년 1월부터 12월까지 원예연구소 채소재배과의 실험포장에서 실시하였는데 재배의 안정성을 확보하기 위하여 전생육기간 동안 비가림용 프라스틱비닐하우스 내에서 실시하였다. 또한 처리간의 간섭이 최소화되도록 각 비닐하우스의 거리를 80m 이상 두었다. 재배용 시설은 팬타이트파이프를 휘어서 약 60cm 간격으로 둥글게 꽂은 후 EVA(두께 0.1mm) 필름을 1중 피복하였으며 한 동의 크기는 6m×30m 내외로 내부에 세 이랑을 만들어 작물을 정식하였다. 시설 내의 환기관리는 28℃ 이상에서 측창이 열리도록 자동조절 하였고, 10월 이후는 야간 최저 12℃ 이상이 되도록 온풍 및 지중가온을 실시하였다. 초음파의 처리는 20kHz와 30kHz가 발생되는 두 개의 발생기를 이용하여 각각 실시하였는데 음파의 발생원은 시험구 당 2개씩 지상 1.7m 지점에 설치하였다. 그린음악 처리와 무처리는 각각 단동 하우스에서 수행되었고 초음파처리는 단동 하우스 중간을 막아 서로 반대 방향으로 음파를 발생하는 스피커를 설치하고 20kHz와 30kHz 음파가 방출되도록 하였다. 그린음악은 악기를 사용하여 제작한 연주음에 자연에서 녹취한 음향을 조화시켜 주파수 2,000Hz 이하에 주대역을 지닌 음악을 이용하였다. 초음파와 그린음악 처리는 전용발생장치 (KGM-600P, Greenteko)를 이용하여 오전 6시부터 오전 9시까지 3시간 동안 음파가 발생되도록 하였다. 시험구 배치는 하우스 내에 난괴법 3반복으로 하였으며 음원의 발생원에서 각각 5, 10, 15m 간격으로 배치하였다. 재식이랑은 폭 1.2m, 높이 0.15m로 만들었으며, 이랑 가운데 점적호스 2줄을 설치하고 호스 위에 흑색 PE필름으로 멀칭하였다.

나, 상추

상추의 생육과 수량 반응은 봄과 가을 2회에 걸쳐 조사하였다. 시험품종은 '진자축면상추'(농우종묘)를 사용하였고 3월 10일, 8월 20일에 각각 파종하였다. 육묘는 200공 플러그트레이를 이용하여 일반적인 육묘방법으로 봄에는 28일, 가을에는 26일간 육묘하여 4월 6일, 9월 14일에 15×25cm 간격으로 각각 정식하였다. 본 시험은 비가림하우스 내에서 수행하였다.

정식 후 약 15일 간격으로 3~4회 생육조사를 실시하였고 엽수, 생체중 등을 측정하였다. 최종 수확기에 달하였다고 판단된 일자에 일제히 뽑아서 전체 지상부 무게, 가식부 무게를 측정하여 상품수량으로 환산하였고, 그 외 엽수, 추대길이, 건물중 등도 각각 조사하였다. 품질분석은 상추잎 색도는 최대로 신장된 잎의 엽신 부위의 a, b, L 값을 Spectrophotometer(CM2002, Mintolta)를 이용하여 측정하였다. 광합성능력 측정은 광 500㎛mol, CO_2 400㎕/ℓ, 엽온 20℃ 조건에서 휴대용광합성측정기(LI6400, Li-co)를 이용하여 순광합성량을 측정하였다.

다, 무

무의 생육 및 수량 반응은 봄과 가을 2회에 걸쳐 조사하였다. 시험품종은 서호무(농우종묘)를 사용하였고 4월 6일, 8월 20일에 20×25cm 간격으로 각각 파종하였다. 각 이랑에 3조로 재배하였으며 최종 한 주를 남기고 솎아 주었다. 경도는 경도계(FHM-5)를 이용하여 측정하였고 엽록소 함량 측정은 Chlorophyll meter(SPAD-502)를 이용하여 중앙부에 있는 잎을 측정하였다.

라. 토마토

토마토의 생육 및 수량 반응은 가을에 조사하였다. 시험품종은 '모모따로요크(다키이종묘)'를 사용하였고, 파종은 50공 플러그트레이를 이용하여 6월 14일에 실시하였다. 8월 10일에 45×120cm 간격으로 정식하였다. 1조식 재배였으며 측지는 모두 제거하였고 제 2화방까지 착과시킨 후 적심하였다. 당도는 가용성 고형물 함량은 Refrectometer (PR- 101, ATAGO)를 이용하여 측정하였다. 환원당 분석은 HPLC(Waters)를 이용하였는데 증류수를 이동상으로 하고 유속은 0.5ml/s였다. Sugar pack column을 사용하여 90℃에서 분리하였고 Refractive index detector를 이용하여 측정하였다.

마, 오이

오이의 생육 및 수량 반응은 봄과 가을 2회에 걸쳐 조사하였다. 시험품종은 백성 3호를 접수로 슈퍼운용 대목에 단근삽접하여서 활착시킨 후 사용하였다. 묘는 4월 6일, 8월 20일에 40×120cm간격으로 각각 정식하였다. 육묘는 50공 플러그트레이를 이용하였다. 1조식 재배였으며 주지를 1.8m까지 유인하였고 그 후 적심하였다. 엽록소 함량, 당도 및 경도는 무, 토마토와 같은 방법으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 상추

1) 봄재배 생육 및 수량

5월 16일 상추의 수확기에 최종적으로 생육을 조사한 결과 전체 엽수에서 초음파처리구는 26매로 약간 많았고, 최대 엽장과 엽폭은 각각 26～30cm, 23～27cm 정도였다..

표 1. 봄재배시 상추 생육

처 리	엽 수 (매/주)	추대길이 (cm)	최대 엽장 (cm)	최대 엽폭 (cm)
초음파(20kHz)	26.3 a[z]	18.0 a	26.6 a	22.8 b
초음파(30kHz)	26.1 a	18.0 a	28.8 a	25.4 a
그 린 음 악	24.3 a	20.3 a	29.2 a	26.1 a
무 처 리	24.2 a	16.8 a	29.7 a	27.0 a

[z] Duncans 다중검증

가식부의 생체중은 주당 136～159g 내외였으며 초음파 30kHz에서 가장 높았으나 모든 처리가 유의성이 없었다. 건물 수량도 마찬가지 경향이었다(표 2).

표 2. 봄재배한 상추 수량조사 결과

처 리	생체중(g/주)		건물중(g/주)	
	전 체	가 식 부	전 체	가 식 부
초음파(20kHz)	248.9 a[z]	136.0 a	11.78 a	6.81 a
초음파(30kHz)	287.6 a	159.3 a	11.99 a	7.02 a
그 린 음 악	257.9 a	144.1 a	10.97 a	6.62 a
무 처 리	278.4 a	154.2 a	11.21 a	6.71 a

* 조사일 : 2001. 5. 16. [z] Duncans 다중검증

2) 가을재배 생육 및 수량

수확기인 10월 12일 조사한 엽수는 무처리 14매에 비해 초음파와 그린음악 처리구가 모두 1매 정도가 많았다,

최대 엽장은 그린음악 처리구가 23.6cm로 가장 길었다. 최대 엽폭은 대조구 20cm 보다 다른 처리구가 모두 넓었다(표 3). 상추 잎의 광합성능력을 조사한 결과 초음파 30kHz 처리구가 10㎛mol$CO_2m^{-2}sec^{-1}$로 높았지만 처리간 통계적 유의성은 없었다(그림 1). 그리고 병해충은 모든 처리에서 거의 발생되지 않아 표기하지 않았다.

표 3. 가을재배한 상추 생육

처 리	엽 수 (매/주)	최대 엽장 (cm)	최대 엽폭 (cm)
초음파(20kHz)	15.3 a[z]	21.5 a	23.0 a
초음파(30kHz)	15.2 a	21.6 a	22.5 a
그 린 음 악	15.4 a	23.6 a	23.3 a
무 처 리	14.0 a	21.8 a	20.0 b

[z] Duncans 다중검증

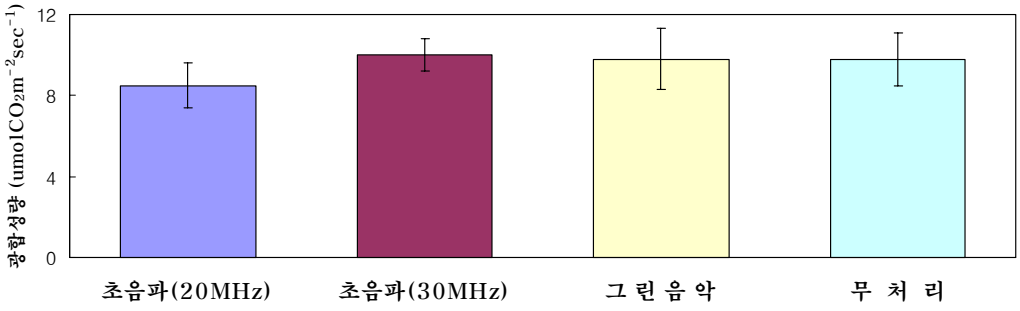


그림 1. 가을재배 상추의 광합성량

가을재배에서의 상추수량은 봄재배와 마찬가지로 초음파 30kHz 처리구에서 가식부의 주중이 131.6g으로 가장 높았고, 초음파 20kHz 처리구가 가장 낮았지만 무처리와 비교하였을 때 차이를 보이지 않았다. 초음파 처리간에 수량이 차이를 보이는 것으로 보아 토양이나 다른 환경조건의 영향이 초음파 처리효과 보다 컸을 것으로 생각되지만 그 원인에 대해서는 새로운 연구가 필요한 것으로 판단되었다. 건물률도 모든 처리가 10% 정도로 차이가 없었다.

표 4. 가을재배에서의 상추 수량

처 리	생체중(g/주)		건물율(%)
	전 체	가 식 부	
초음파(20kHz)	127.4 a[z]	99.7 a	10.3 a
초음파(30kHz)	167.8 a	131.6 a	10.8 a
그 린 음 악	150.5 a	117.5 a	10.4 a
무 처 리	149.2 a	117.9 a	10.0 a

[z] Duncans 다중검증

상추 잎의 색도를 분광측색계로 비교한 결과 L값은 처리간 차이가 거의 없이 40~43 정도이고, a값은 무처리가 약간 높지만 처리간 차이는 없었고, b값은 그린음악 처리가 가장 높았다. b값이 가장 높다는 것은 노란색이 다소 짙다는 것을 나타내며 UV광을 엽채류에 조사하면 엽록소의 함량이 줄어들고 노란색의 색소발현이 많아지는 결과(Lingakumar 1993)로 미루어 볼 때 상추 고유의 색소 발현과 관계가 있을 것으로 생각되어 차후 색소의 발현에 미치는 그린음악의 효과를 정밀조사할 필요가 있을 것으로 판단된다.

표 5. 상추 잎의 색도 조사 결과

처 리	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
초음파(20kHz)	42.8 a[z]	4.6 a	7.8 a
초음파(30kHz)	41.0 a	3.9 a	9.4 a
그 린 음 악	42.9 a	2.9 a	11.2 a
무 처 리	40.2 a	5.8 a	6.7 a

[z] Duncans 다중검증

나. 무

1) 봄재배에서의 생육반응

수확기인 5월 30일에 생육을 조사한 결과 뚜렷한 차이는 보이지 않았는데 근경에서는 무처리구의 72mm에 비해 초음파 처리구가 80mm 이상으로 굵었다. 그러나 최대엽장은 초음파 처리구가 작았다. 그 외 엽수는 19~21매, 근장은 25cm 내외로 처리간 차이가 없었다. 잎의 생체중과 건물중도 처리간 차이는 보이지 않았다(표 6).

표 6. 봄재배한 무의 생육

처 리	엽 수 (매/주)	엽 장 (cm)	근 장 (cm)	근 경 (mm)
초음파(20kHz)	20.3 a[z]	46.5 a	25.0 a	81.9 a
초음파(30kHz)	21.1 a	49.5 a	25.9 a	84.3 a
그 린 음 악	21.1 a	55.7 a	24.7 a	72.8 a
무 처 리	18.8 a	57.7 a	25.9 a	72.4 a

[z] Duncans 다중검증

수량은 초음파 30kHz 처리구가 주당 근중이 1,048g, 초음파 20kHz 처리가 968g으로 높았다.(표 7)

표 7. 봄재배한 무의 생체중과 건물중

처 리	생체중(g/주)		건물중(g/주)	
	잎	뿌 리	잎	뿌 리
초음파(20kHz)	329.1 a[z]	967.8 a	27.2 a	42.6 a
초음파(30kHz)	356.0 a	1,048.4 a	28.6 a	47.3 a
그 린 음 악	394.6 a	757.9 a	26.7 a	33.1 a
무 처 리	360.3 a	819.4 a	26.1 a	35.2 a

* 조사일 : 2001. 5. 30. [z] Duncans 다중검증

2) 가을재배에서의 생육 반응

수확기인 10월 23일에 생육을 조사한 결과 처리간 차이는 없었다. 이는 무를 재배한 포장이 처리간 간섭을 줄이기 위해 멀리 떨어져 둠으로써 토양환경이 균일하지 못한 데에서 기인하였을 것으로 추정된다(표 8).

표 8. 가을재배한 무의 생육

처 리	엽 수 (매/주)	최대엽장 (cm)	근 장 (cm)	근 경 (mm)
초음파(20kHz)	13.4 c[z]	44.7 b	15.6 bc	76.4 b
초음파(30kHz)	15.1 b	49.4 ab	15.2 c	78.9 b
그 린 음 악	18.1 a	57.2 a	18.4 ab	77.9 b
무 처 리	18.3 a	55.6 a	20.5 a	85.6 a

[z] Duncans 다중검증

무 잎의 생체중은 무처리구가 376g, 그린음악 처리가 359g, 초음파 30kHz 처리가 281g, 초음파 20kHz 처리가 185g 순이었으며, 잎의 건물율은 6.2~7.8%였다.

수량은 주당 뿌리 생체중으로 보았을 때 무처리구가 783g으로 가장 놓았고 그린음악 처리가 655g, 초음파 30kHz 처리가 559g, 초음파 20kHz 처리가 488g 순이었으며, 건물율은 3.2~4.1%로 초음파처리에서 다소 높은 경향을 보였다(표 9).

표 9. 가을재배한 무의 수량

처 리	생체중(g/주)		건물율(%)	
	잎	뿌 리	잎	뿌 리
초음파(20kHz)	184.8 c[z]	487.6 c	7.8 a	4.1 a
초음파(30kHz)	281.2 bc	559.4 bc	7.2 a	4.0 a
그 린 음 악	358.9 ab	655.2 b	6.2 a	3.2 a
무 처 리	375.7 a	783.2 a	6.7 a	3.8 a

[z] Duncans 다중검증

다. 토마토

8월 10일에 정식하여 제2화방까지 착과시키고 그 상위 2절에서 적심하여 재배하였는데, 제1화방 수확기인 11월 15일에 생육을 조사한 결과 처리간 차이가 없었다. 초장은 61~62cm, 경경은 13~14mm, 엽장은 52~54cm, 엽폭은 51~54cm, 마디는 15~16

절 정도였다.

엽록소 함량은 SPAD 42~49였고 처리간에는 차이가 없었다(그림 2).

주당의 경엽부의 생체중은 그린음악 처리가 819g, 초음파 30kHz 처리가 788g, 초음파 20kHz 처리가 708g, 그리고 무처리구가 691g 순이었다.(표 10)

표 10. 토마토의 생육

처 리	초 장 (cm)	경 경 (mm)	엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	마디수 (절/주)
초음파(20kHz)	61.8 a[z]	13.0 a	52.7 a	53.5 a	16.1 a
초음파(30kHz)	62.3 a	14.4 a	52.0 a	51.4 a	14.5 a
그 린 음 악	61.4 a	13.5 a	52.7 a	53.5 a	15.0 a
무 처 리	61.1 a	14.0 a	54.5 a	51.3 a	15.5 a

[z] Duncans 다중검증

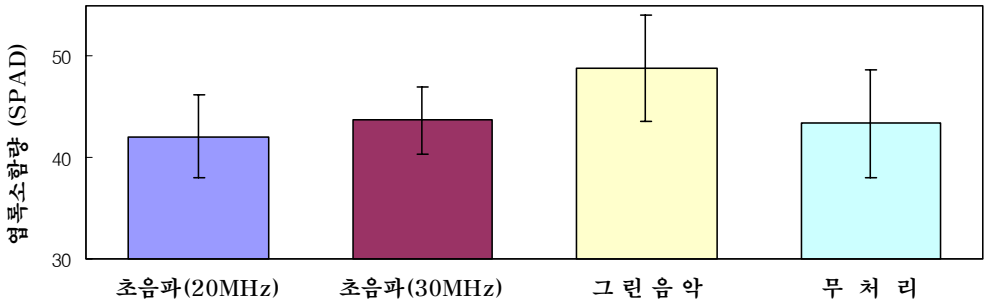


그림 2. 토마토의 엽록소 함량

12월 11일 최종수량을 조사한 결과 주당 총수확과수는 8~9개였으며 총수확과중은 초음파 30kHz 처리가 1,619g으로 가장 무거웠고, 무처리가 1,212g으로 가장 낮았다(표 11).

표 11. 토마토의 수량

처 리	수확과수(개/주)	수확과중(g/주)	평균과중(g)
초음파(20kHz)	7.9 a[z]	1,288.2 a	163.0 a
초음파(30kHz)	8.9 a	1,618.9 a	181.9 a
그 린 음 악	8.9 a	1,482.4 a	166.5 a
무 처 리	8.1 a	1,211.9 a	149.6 a

* 수확기간(11월 28일 ~ 12월 11일) [z] Duncans 다중검증

토마토를 2단재배하여 최종 수확한 결과 통계적 유의성은 없었으나 초음파 30kHz 처리가 수량이 다소 많은 경향이었다.(표 12)

표 12. 토마토 과실 품질

	당도(Brix %)	경도(kgf/m^3)	과실 건물율(%)
초음파(20kHz)	5.9 a^z	2.3 a	6.2 a
초음파(30kHz)	6.2 a	2.5 a	6.0 a
그 린 음 악	5.6 a	2.3 a	5.8 a
무 처 리	5.8 a	2.2 a	6.2 a

^{z} Duncans 다중검증

라. 오이

11월 15일경 생육을 조사한 결과 초장은 135~149cm 정도로 초음파 처리구가 다소 큰 경향이었으나, 경경은 9mm 전후, 엽수는 31~32매, 마디수는 24~25정도로 처리간 차이는 거의 없었다(표 13).

표 13. 오이 생육

처 리	초 장 (cm)	경 경 (mm)	엽 수 (개/주)	마디수 (절/주)
초음파(20kHz)	149 a^z	8.8 a	31 a	24 a
초음파(30kHz)	137 a	8.8 a	32 a	24 a
그 린 음 악	135 a	8.9 a	31 a	24 a
무 처 리	136 a	8.5 a	32 a	25 a

^{z} Duncans 다중검증

12월 11일에 조사한 줄기와 잎의 무게를 보면 초음파 20kHz 처리가 가장 많았다. 주당 측지수는 18~21개였으며, 주당 유과는 14~17개 발생하였다(표 14).

표 14. 오이의 지상부 무게 및 유과 발생수

처 리	생채중(g)		유과수 (개/주)	측지수 (개/주)
	줄기	잎		
초음파(20kHz)	628 a[z]	578 a	17 a	21 a
초음파(30kHz)	404 ab	393 a	16 a	18 a
그 린 음 악	443 b	399 a	15 a	18 a
무 처 리	450 b	392 a	14 a	20 a

[z] Duncans 다중검증

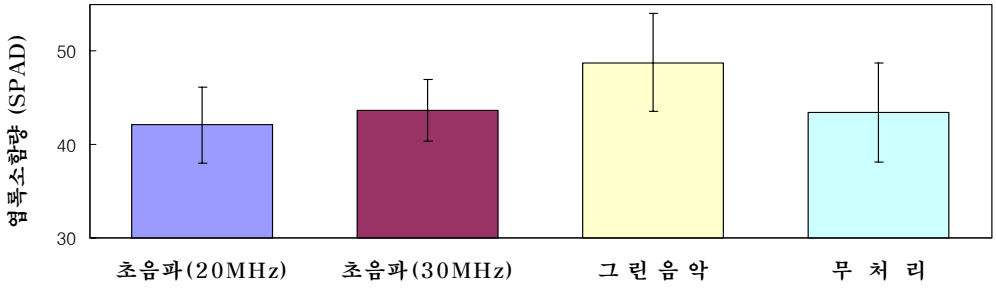


그림 3. 오이 잎의 엽록소 함량

엽록소 함량은 SPAD 42~49 정도로 토마토의 결과와 비슷하였고 처리간에는 그린음악 처리에서 다소 높게 나타났다(그림 3). 이와 같이 그린음악 처리구에서 잎의 엽록소 함량이 높아진 이유에 대해서는 명확하게 결론을 내릴 수 없었으나 기공의 자극 등으로 다소 잎의 기능을 오래 동안 유지할 수 있었는지, 나아가서 엽록소 함량이 광합성능력을 높이고 이어서 수량이 증가될 수 있는지에 대하여 좀더 깊이 있는 연구가 필요하였다.

표 15. 가을재배 수량

처 리	상품과수 (개/주)	상품과중 (g/주)	과실당도 (Brix %)	과실경도 (kgf/m^3)	과실건물율 (%)
초음파(20kHz)	18.6 a[z]	2618 a	3.8 a	1.9 a	4.8 a
초음파(30kHz)	16.7 a	2415 a	4.1 a	1.9 a	4.9 a
그 린 음 악	10.8 b	1522 b	3.5 a	2.0 a	5.0 a
무 처 리	16.8 a	2192 a	3.8 a	1.9 a	5.1 a

[z] Duncans 다중검증

오이 과실의 가용성 고형물 함량은 3.5~4.1%(Brix) 정도이었고, 과실의 건물률은 4.8~5.1% 였다(표 15).

4. 결과요약

상추를 비롯한 4개 채소작물을 대상으로 봄과 가을에 초음파를 처리하여 무처리와 생육과 수량반응을 비교 조사하여 분석한 결과는 다음과 같다.

○ 상추잎의 색은 처리간에 차이가 없었으나, 봄재배 시 뿌리 건물중은 초음파처리에서 다소 증가하였다.
○ 무는 봄재배시 뿌리의 굵기와 무게 그리고 건물율은 초음파 처리구가 다소 높았다.
○ 토마토의 생육은 초음파 처리에서 12월 중순까지 총수확과 무게는 초음파 처리가 무처리보다 약간 많았다.
○ 오이의 상품과수와 총상품 과중은 초음파 처리가 약간 높은 것으로 조사되었다.

이상의 결과를 종합하면 초음파 처리는 공시된 작물에 대한 생육 촉진, 수량증대, 품질 향상에 미치는 효과는 작물에 따라 다르게 나타났으며, 몇몇 항목에서 초음파구의 처리의 유효성을 발견할 수 있었다.

제 3 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1절 연구개발 목표와 내용

1. 연구개발 목표

○ 기술개발의 최종목표

- 초음파 장치 개발

  작물생육 최적 음파 영역 구명, 음파처리에 대한 작물의 전기적 반응 구명

- 초음파 처리에 의한 해충발생 억제 효과 구명

- 초음파 처리에 의한 작물체내 생리활성물질 구명 및 무기성분의 엽면 흡수효과 구명

2. 연도별 연구개발 내용

<1년차>

- 초음파 장치 개발(그린테코)

・아날로그-디지탈 벼환 장치 개발

・송수신회로 개발

・송수신 출력 크기(dB)확인 방법 구명

・DATA 수집 모드 개발

・분석용 도구 개발

・작물의 외부 자극에 대한 분석장치 개발

・ULTRA용 AMP, 사운드 모듈, POWER, FILTER 등 개발

- 최적 초음파 영역대 구명(농업과학기술원)

・작물의 생육을 최대로 촉진시키는 초음파 영역대 구명

・초음파처리에 의한 생육 단계별 최적 시간대 구명

<2년차>

○ 그린테코(주)

- 최적 시제품 제작
- 1년차 결과를 이용 최적 음파영역 내 도출로 인한 초음파 발생장치 개발

○ 농업과학기술원

- 초음파처리에 의한 해충발생 억제 효과 시험
- 초음파 처리에 의한 작물의 생육 및 수량 반응에 미치는 영향 구명

○ 원예연구소

- 초음파 처리에 의한 채소작물의 생육 및 수량 반응에 미치는 영향 구명
- 초음파 처리가 작물의 무기양분 흡수 특성과 생체활성 물질 생성에 미치는영향 시험

<3년차>

○ 그린테코(주), 농업과학기술원, 원예연구소

- 농가에 초음파 발생장치를 설치하였을 경우에 효과적인 음파강도와 시스템이 영향을 줄 수 있는 시설 면적 영역대 구명
- 시제품 제작과 농가실증 시험 및 현지 평가
- 가장 적정한 음파영역대 : 처리시간, 음파강도 등을 종합하여 시제품 제작
- 소규모에서 나타난 사실을 농가 현장의 대규모 조건하에서 확인
- 여기에서 나타난 새로운 사실들을 시제품에 반영 농가에 보급할 수 있는 값싸고 효과적인 제품을 개발

2절 평가의 착안점

평가방법	평 가 항 목	비 고
현장조사	해충발생억제 조사	시험현장에서 작물에 발생하는 해충의 밀도 조사를 통해 처리간 차를 확인
현물조사	음파발생장치 - 목적음파 발생 여부 - 음파강도 여부	음파측정기에 의해 측정 평가
야장조사	분석결과 - 작물의 생육현황 비교 분석 - 음파에 의한 작물의 반응분석	통계처리에 의한 분석 및 식물분석 시스템에 의한 작물의 반응 분석을 기록

3절 연구개발 목표의 달성도

1. 초음파처리에 의한 해충발생 억제 효과 시험

○ 채소작물 재배용 비닐하우스 설치 100%

○ 영역대별 초음파 시스템 설치 100%

○ 공시작물 식재 및 생육조사 100%

○ 해충발생 조사 100%

제 4 장 연구개발결과의 활용계획

1. 특허출원 : 채소작물의 최적 초음파 영역대 구명
   ○ 활용분야 : 시설원예(채소, 화훼, 특용작물), 시설 과수 등
   ○ 활용방안
   - 농촌지도 사업을 통하여 시설원예(채소, 화훼) 단지, 버섯재배 단지, 시설 감귤 등 주산단지에 중점 보급(2002. 12월 농진청 분석팀의 자체 평가에서 새기술 시범사업에 적합한 우수 개발제품으로 판정)
   - 환경친화형 농업지구에 순회교육을 통한 보급
   - 수출산업으로 육성 농업 경쟁력 제고

제 5 장 참고문헌

1. 이완주 1995 동식물 생육을 촉진시키는 "그린 음악". 연구와 지도 36(1):27-29.
2. Tompkins P., C. Bird 1972 The secret life of plants. Harper & Row, Publishers, Inc., New York.
3. M. Spillane 1986 A 'sound' diet for plants. Bulletin of Sonic bloom Co.
4. 日 全國農業新聞 1993. 8. 6, 소리효과를 이용한 유기농산물 생산.
5. Al-ldrissi Ramputh and Alan W. Bown 1996 Rapid γ-Aminobutyric Aid Synthesis and the Inhibition of the Growth and Development of Oblique-Banded Leaf-Roller Larvae. Plant Physiol 111:1349-1352.
6. 이준구 1996 Green music 이 미나리(Oenanthe *stolinifera* DC)의 생육에 미치는 영향. 서울대학교 농업생명과학대학 학사논문.
7. 서울대학교 농과대학 농생물학교 동창회 1991 응용곤충학 총론 pp. 479.
8. Sattelle D. B. 1990 GABA report of insects. Advances in insect physiology 22:1-114.
9. Markham K. R. 1989 Flavones, flavonols and their glycosides. In : Methods in plant biochemistry. 1 : 197-235.
10. Harborne J. B. 1993 The Flavonoids in 'Flavonoids as feeding deterrents' 598-618.
11. 농촌진흥청 1997 Green music에 의한 작물·가축 생산성 증대 및 품질향상 연구. pp. 171.
12. Qin, Y. C, W. L. Lee, Y. C. Choi and M. Y. Ahn 2000 Prelimnary Study on the Relationship Among Sound, Chinese Cabag Growth and Aphids' Injury. Journal of China Agricultural Universty. 6(3) : 85-89.
13. Qin, Y. C, W. L. Lee and Y. C. Choi 2001 Study on Sonic Influence upon Crop Yield and Insect Pest Damage. Korean Journal of Indistrual Entomology. 2(3)

14. 이완주. 1999. 음악을 들으면서 자라는 식물은 생육이 촉진되고 해충의 발생이 억제된다. 연구와 지도 205(3):27-30
15. 정연규. 1988. 시설내의 토양 및 수경재배오이의 생리반응에 미치는 염류작용에 관한 연구. 원광대학교 학위논문
16. 한국농촌경제연구원. 2000. 농업통계및 농림직제. 농림부
17. Guidi,-L. et al. 1998. Growth and photosynthesis of Lycopersicon esculentum plants as affected by nitrogen deficiency. Biologia Plantarum 40(2):235-244.
18. Lingakumar. K. and G. Kulandairelu. 1993. Change induced by ultraviolet-B radiation in vegetable growth foliar characteristics and photosynthetic octivities in *Vigna unguiculata.* Arst. J. Plant Physiology 20:299-308
19. Martinez, V., Nunez, J.M., Ortiz, A., Cerda, A. 1994. Photosynthesis, water relations and leaf growth of cucumber exposed to salt stress. J. plant nutrition 17(8):1359-1368.
20. Spillane. M. 1986. Sound diet for plants. Bulletin of Sonic Bloom Co.