

634.9751
L293 人

최 종
연구보고서

GOVP 12009305

소나무속 화분 이용 기술 개발

Technical Development of the Use on *Pinus* Pollen

연구기관
전북대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “소나무속 화분 이용 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 10. 30.

주관연구기관명 : 전북대학교
총괄연구책임자 : 김 계 환
연 구 원 : 임 재 규
연 구 원 : 오 혁 근
연 구 원 : 서 병 수
연 구 원 : 윤 계 순
연 구 원 : 정 용 섭
연 구 원 : 강 희 용

요 약 문

I. 제 목

소나무속 화분 이용 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

화분(pollen)은 꿀벌 유충이 성장하는데 필수로 하는 단백질을 비롯한 필수 영양소의 급원이 되고 있을 뿐만 아니라 최근 영양적 가치가 높은 건강식품으로서 관심이 증대되고 있다. 저명한 꽃가루(花粉) 연구가인 바인딩 박사(Dr. G. J. Binding)는 화분은 완전한 영양물질이며 오랫동안 복용하여도 부작용이 없는 완전식품(完全食品; perfect food)임을 밝힌 바 있다.

화분은 식물 생식기관의 한 부분으로서 종족을 유지·보존시켜주는 중요한 역할을 담당하고 있는데, 화분립의 크기(길이)는 큰 것이 300 μ m 이상이 되는 거대 화분이 있으나 대부분은 20~50 μ m 정도로 아주 작으며, 20cm 정도의 삼나무 화축에는 약 10억개 이상의 화분립이 달려있다. 그러나, 이러한 수 많은 화분들 중 직접 생식에 관여하는 화분은 극히 일부에 해당되며 나머지는 모두 자연상태로 소실되거나 토양층에 쌓이게 된다. 따라서, 화분 자체내에 많은 영양 성분을 함유하고 있는 화분 자원을 인간의 건강식품으로서 개발함은 중요한 의의가 있을 것이다.

우리 나라의 경우 전 국토의 약 65% 이상이 산지인데 그 중에서도 42% 이상이 소나무류(*Pinus* spp.)로 분포 또는 식재되어 있다. 여기에서 나오는 화분만으로도 천문학적인 화분자원인 바 이들 자원을 활용 개발한다면 농산촌 소득을 증대할 것으로 기대되어 본 연구가 시도되었다.

본 연구는 우리 나라 전역에 널리 분포하는 소나무속 4수종(소나무, 해송,

리기다소나무, 잣나무)의 화분에 대하여 1) 화학적 성분을 분석하여 영양성분을 재조명하고, 화분 파쇄 최적 조건 구명 및 외부형태학적 특징 조사를 통한 화분 건강식품으로 활용할 수 있는 기초자료를 제공함과 동시에 2) 과학적인 휴대용 화분채취기 개발을 통하여 화분을 안전하고 경제적으로 대량채취하여 농산촌 소득증대에 기여코져 수행하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

상기의 연구 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 내용의 연구들을 수행하였다.

1. 소나무속 화분 성분 분석

- 화분의 일반 성분 분석
- 화분의 아미노산 분석
- 화분의 비타민 분석

2. 소나무속 화분 파쇄 조건 시험 및 외부형태학적 특징 조사

- 화분 파쇄속도에 따른 파쇄율 조사
- 화분 파쇄시간에 따른 파쇄율 조사
- 광학현미경(LM)과 주사형전자현미경(SEM)에 의한 형태적 특징 조사

3. 휴대용 화분채취기 개발

- 화분채취기 설계 및 성능 평가
- 현장 화분 채취 적용 실행
- 휴대 가능한 최적 화분채취기 개발
- 다용도 사용 가능성 평가

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 소나무속 화분 성분 분석

소나무속의 소나무, 해송, 리기다소나무 및 잣나무 4수종 화분에 대하여 화학적 성분을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 소나무속 화분의 일반 성분(수분, 조회분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 당질) 함량은 일반곡류보다 높게 나타났다.
- 2) 소나무속 화분에서 18종의 아미노산이 확인되었으며, 특히 10종의 필수 아미노산을 포함하고 있어 영양원으로서 가치가 높은 것으로 나타났다.
- 3) 소나무속 화분은 비타민 C가 풍부하여 화분 건강제품으로써 가치가 높을 것으로 판단된다.
- 4) 소나무속 화분은 일반성분, 아미노산 그리고 비타민 등의 함량을 고려할 때 건강식품으로 이용될 만큼 영양학적 가치가 있다고 생각된다.

나. 소나무속 화분의 파쇄 조건 시험 및 외부형태학적 특징 조사

소나무속 4수종(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무)의 화분에 대하여 화분 파쇄 최적 조건 구명과 외부형태학적 특징을 조사하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) Overhead Stirrer를 사용하여 소나무와 잣나무 화분립은 5,000rpm으로 40분간, 해송과 리기다소나무는 5,000rpm으로 50분간 파쇄함으로써 100% 파쇄가 가능하였다.

- 2) 화분 건조온도와 건조시간은 파쇄율에 거의 영향을 주지 않은 반면 파쇄속도와 파쇄시간을 증가시킴으로써 화분 파쇄율이 점차 높아졌으며 수종마다 다르게 나타났는데, 이것은 화분의 표벽두께와 관련이 있는 것으로 사료된다.
- 3) 조사된 소나무속 화분립은 모두 몸체와 2개의 기낭을 가지고 있으며, 몸체의 표면무늬는 과립상, 기낭의 표면무늬는 난선상 또는 유공상 등으로 다양하게 나타났다.
- 4) 화분 형태 7가지 parameter의 상관분석 결과, 화분립 몸체 폭과 기낭을 포함한 화분립 전체 폭간에 밀접한 관련이 있음을 나타냈다.

다. 휴대용 화분채취기 개발

화분채취기에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 본 연구의 화분채취기는 야외 작업의 특성에 의해 주요 동력원을 엔진으로 하였으며, 진공브로어를 이용한 공기흡입기를 이용하여 화분과 공기의 혼합물을 채취기에 흡입한다.
- 2) 본 연구의 화분의 물성 및 입자 직경을 고려하여 원심분리 싸이클론 방식을 채택하였으며, 상당히 높은 포집 효율을 가질 수 있도록 개발하였다.
- 3) 각종 나무의 수고에 따라 본 연구의 화분 채취 시험기는 흡입관의 파이프 길이를 여러 가지 규격으로 쉽게 교체할 수 있도록 설계하여 채취기의 현장 적응성을 높였다.
- 4) 화분 채취 시험기 원가를 절감하고 제품화, 양산화를 위하여 각 주요 구성 부분에서 최대한 시판되고 있는 제품을 사용하여 제품의 표준화, 규격화를 도모하였다.

- 5) 산야에서 소나무류 화분을 효과적으로 대량채취할 수 있는 휴대용 화분 채취기를 개발하였다.
- 6) 본 연구 개발의 상업적인 성공을 위해서는 향후 본 제품의 다용도화와 계열화 연구를 계속하여야 할 것으로 생각된다.

2. 활용에 대한 건의

가. 소나무속 4수종(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무) 화분의 성분 분석과 파쇄 및 형태에 관한 본 연구 결과를 바탕으로 소나무류 화분 제품의 제조공시 영양성분 함량의 규격 기준에 활용할 수 있을 것이다.

나. 본 연구 개발에 의해 제작된 시험기를 원형으로 하여 앞으로 다음과 같은 계열화 제품을 개발하여 화분 채취를 비롯하여 비료살포 등 다용도 활용이 기대된다.

1) 화분채취기의 계열화

본 연구는 소나무류 화분 채취를 위한 배부식 휴대용 화분채취기 개발에 역점을 두었으나, 향후 엔진 출력의 다양한 선택을 통하여 휴대식, 예인식, 반자주식 등 다양한 계열화 제품을 개발하여 화분채취기의 적응성 및 효율을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

2) 다용도 화분채취기의 개발

화분채취기의 원가를 절감하고 이용 효율을 제고하기 위한 효과적인 방법으로 다양한 용도의 기기를 개발하는 것이 바람직하다. 현재 시판되고 있는 예초기, 농약살포기 등은 소량의 전문 부품을 구비하면 간단한 조립으로 화분채취기로 전환 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

3) 본 연구에서 개발된 화분 채취기는 특허 출원 중에 있음

SUMMARY

I. Project Title

Technical Development of the Use on *Pinus* Pollen

II. Objective and Significance of the Research

Pollen has been known, for honeybee larva, as an excellent food source that contains necessary nutrition such as protein. It has been evaluated as a health food with high quality of nutrition for recent years. The famous pollen researcher, Dr. G. J. Binding has once stated that pollen is perfect nutrition and food which doesn't produce unfavorable side effects even when it would be eaten for a long time.

Pollen is one part of reproductive organs in plant and plays an important role to continue and preserve plant species. There are huge pollen grains, bigger than 300 μ m, however, most of pollen grains are as little as 20~50 μ m. For example, a 20 cm long floral axis of Japanese Cedar (*Cryptomeria japonica*) has more than one billion pollen grains. However, only a few pollens are related with direct reproduction and others are washed or blown away to the ground. Therefore, development of the wasting pollen as a health food product, which has high quality of nutrition for human beings, would be meaningful.

More than sixty-five percent of land in Korea is mountain area and

forty-two percent of the mountain area is occupied by *Pinus* species. The number of *Pinus* pollen grains reaches into astronomical figures. When the pollen resources are developed and used, income of agro-forestry area will be increased.

For the present research, four *Pinus* species (*P. densiflora*, *P. thunbergii*, *P. rigida* and *P. koraiensis*) pollens were collected. 1) To provide basic data for utilization of *Pinus* pollens into health food products, the chemical components of the pollens were analyzed to re-light up the nutrient composition and the optimal conditions for pulverization and exo-morphological characters of the pollens were investigated. 2) To contribute to the income increase of agro-forestry area, a portable pollen-gathering machine was produced. It would be a scientific, safe and economical machine to gather big amount of pollen grains.

III. Content and Scope of the Research

To accomplish the objectives mentioned above for this project, the following researches were carried on.

1. Chemical Component Analysis of *Pinus* Pollens

- Analysis of general components of the pollen
- Analysis of amino acids of the pollen
- Analysis of vitamins of the pollen

2. Pulverization Condition and Exo-morphological Characters of *Pinus* Pollens

- Examination of pulverization ratio according to pulverization speed
- Examination of pulverization ratio according to pulverization time
- Observation of morphological characters of the pollen by a light microscope (LM) and a scanning electron microscope (SEM)

3. Development of a Portable Pollen-Gathering Machine

- Design and performance test of the pollen-gathering machine
- Pollen collection by the machine in the field
- Development of an optimal and portable pollen-gathering machine
- Evaluation of possibility for multiple functions of the machine

IV. Results and Recommendations

1. Results

A. Chemical Component Analysis of *Pinus* Pollens

The chemical components of *Pinus* (*P. densiflora*, *P. thunbergii*, *P. rigida* and *P. koraiensis*) pollens were analyzed and resulted as follows;

- 1) In the general components, the contents of moisture, crude ash, crude protein, crude fat, crude fiber and carbohydrate of the *Pinus* pollens were much higher than those of general crop grains.
- 2) Eighteen different amino acids in the *Pinus* pollens were detected. Especially ten essential amino acids among them indicated the pollen has high nutritional values.

- 3) With abundant vitamin C, the *Pinus* pollens was considered as a valuable pollen food product.
- 4) The *Pinus* pollens is worth health food, with contents of general components, amino acids and vitamins.

B. Pulverization Condition and Exo-morphological Characters of *Pinus* Pollens

The optimal pulverization condition and morphological characters of *Pinus* (*P. densiflora*, *P. thunbergii*, *P. rigida* and *P. koraiensis*) pollens were examined and observed. The results are as follows;

- 1) Overhead Stirrer pulverized one hundred percent of pollens of *P. densiflora* and *P. koraiensis* for 40 min. at 5,000 rpm. And it took 50 min. to pulverize one hundred percent of pollens of *P. thunbergii* and *P. rigida* at 5,000rpm.
- 2) The temperature and time of drying the pollens barely affected on pulverization ratio. When the pulverization speed and time got increased, the pulverization ratio got higher. The difference of pulverization ratio among species seemed to be related with the difference of exine thickness of pollen grains.
- 3) Every pollen grain of the present research had a pollen body and two air bladders (bags), and granulated sculpture pattern on pollen body. The sculpture pattern on air bladder was either rugulate or foveolate.
- 4) Correlation analysis of seven pollen parameters demonstrated that the pollen body width and the pollen width including air bladders were

closely related.

C. Development of a Portable Pollen-Gathering Machine

Through the present research on the pollen-collecting machine, following results were obtained.

- 1) The vacuum-blower in the machine produced the sucking pressure which made the air containing pollen be sucked into the machine.
- 2) The centrifugal cyclone method was taken to collect pollen. It was proven to be highly efficient in pollen collecting for the machine.
- 3) Field adaptability of the machine was high to be fit into different tree height. The length of machine pipe was flexible by changing sucking pipes.
- 4) To decrease the cost price in making the machine, existing machinery products had been used as parts for the machine. This might help the machine to meet existing standardization and normalization of machinery products.
- 5) This machine was portable which could be carried to anywhere even mountain areas to collect large amount of pollen.
- 6) To succeed in commercialization, continuous researches are recommended for multiple utilization and systematization of the current machine.

2. Recommendation on Utilization

- A. Based on the results of the current pollen pulverization and

morphology studies, standard guideline can be suggested for nutrition content of *Piuns* pollens food products.

B. The machine, developed in the current research, has a great potential to be adopted in other field works such as fertilizer spray.

1) Systematization of the machine

The present research part was focused on development of a distributing portable pollen-gathering machine. Other various machines such as towing and propelled machines can be developed based on the machine of the current research.

2) Pollen-gathering machine development for multiple usage

To reduce the cost price and increase the usage of the machine, various machines can be developed for multiple usage. Some existing machines such as fertilizer sprayer and lawn mower can be converted, with a few special parts, to a pollen-gathering machine.

3) The machine, developed in the present research, has applied for a patent.

CONTENTS

SUMMARY -----	7
CONTENTS -----	13
Chapter 1. Introduction -----	17
References -----	21
Chapter 2. Chemocal Component Analysis of <i>Pinus</i> Pollens -	25
Section 1. Introduction -----	26
Section 2. Materials and Methods -----	27
1. Materials -----	27
2. Contents and Methods -----	28
Section 3. Results and Discussions -----	43
1. Contents of general components of the pollen -----	43
2. Contents of amino acids of the pollen -----	44
3. Contents of vitamins of the pollen -----	51
Section 4. Conclusion -----	52
References -----	52
Chapter 3. Pulverization Condition and Exo-morphological	
Characters of <i>Pinus</i> Pollens -----	55
Section 1. Introduction -----	56
Section 2. Materials and Methods -----	57
1. Materials -----	57
2. Methods -----	57
A. Examination on pulverization optimal condition of pollen -----	57

B. Examination on Exo-morphological characters of pollen -----	58
Section 3. Results and Discussions -----	62
1. Pulverization condition of pollen grains -----	62
2. Exo-morphological characters of pollen -----	66
A. Pollen morphology -----	66
B. Correlation of pollen morphology parameters -----	74
Section 4. Conclusion -----	78
References -----	79
Legend for Figures -----	80
Plate -----	85
Chapter 4. A study on development of potable pollen-gathering	
machine -----	93
Section 1. Introduction -----	94
Section 2. Properties of the pollen -----	95
Section 3. Draft of the machine -----	95
Section 4. Evaluation of the ability of the machine -----	110
Section 5. Finish designing and producing -----	119
Section 6. Conclusion. -----	130
References -----	131
Appendix I: The finish design. -----	132

목 차

제 출 문	1
요 약 문	2
SUMMARY	7
CONTENTS	13
목 차	15
제 1 장 서 언	17
참 고 문 헌	21
제 2 장 소나무속 화분 성분 분석	25
제 1 절 서 언	26
제 2 절 재료 및 방법	27
1. 재 료	27
2. 내용 및 방법	28
제 3 절 결과 및 고찰	43
1. 일반성분 함량	43
2. 아미노산 함량	44
3. 비타민 함량	51
제 4 절 결 론	52
참 고 문 헌	52
제 3 장 소나무속 화분 파쇄 및 형태에 관한 연구	55
제 1 절 서 언	56
제 2 절 재료 및 방법	57
1. 재 료	57

2. 방 법 -----	57
가. 화분 파쇄 최적 조건 시험 -----	57
나. 화분 외부형태학적 특징 조사 -----	58
제 3 절 결과 및 고찰 -----	62
1. 화분 파쇄 조건 -----	62
2. 화분 외부형태학적 특징 -----	66
가. 화분립의 형태 -----	66
나. 화분형태 parameters의 상관관계 -----	74
제 4 절 결 론 -----	78
참 고 문 헌 -----	79
Legend for Figures -----	80
Plate -----	85
제 4 장 휴대용 화분채취기 개발에 관한 연구 -----	93
제 1 절 서 언 -----	94
제 2 절 화분의 특성 분석 -----	95
제 3 절 화분채취기의 총체적 설계 -----	95
제 4 절 시험용 화분 채취기의 특성 평가 -----	110
제 5 절 최종 설계 및 제작 -----	119
제 6 절 결 론 -----	130
참 고 문 헌 -----	131
부록 I : 최종설계도면 -----	132

제 1 장

서 언

최근 사회 문화 수준의 향상과 건강 인식의 고조는 다양한 식품과 특색있고 독특한 건강지향적 자연식품에 대한 요구도를 높이고 있다. 화분(pollen)은 꿀벌 유충이 성장하는데 필수로 하는 단백질을 비롯한 필수 영양소의 급원이 되고 있을 뿐만 아니라 영양적 가치가 높은 자연 건강식품으로서 관심이 증대되고 있다(Tyler *et al.*, 1981; Cojmerac, 1983; 유영수, 1988; 한국식품연감, 1997). 또한 저명한 꽃가루 연구가인 바인딩 박사는 화분은 완전한 영양물질이며 오랫동안 복용하여도 부작용이 없는 완전식품이라고 주장한 바 있다(Binding, 1980).

화분에 관한 연구는 일찌기 1671년 Nehemia Grew, 1687년 Malpighi, 1800년대의 Bauer, Fisher, von Mohl, Fritzsche 등에 의하여 연구되었으나, Wodehouse(1935) 및 Erdtman(1952)에 의하여 최초로 집대성 되었다고 할 수 있는데, 이들 대부분은 화분의 외부 형태학적인 연구에 치중했다. 우리 나라에서는 학술적으로 깊은 화분학적 연구는 없으나, 동의보감에서는 모든 꽃과 꽃가루를 질병의 치료제(의약품) 또는 식용으로써 사용한 기록이 많이 있으며, 화분의 효능에 대하여 상세히 기술한 바 있다(허준, 1610).

화분에는 각종 아미노산, 비타민, 당질, 지질, 무기질 뿐만 아니라 자연의 항생물질, 효소, 호르몬, 성장촉진물질 및 유효물질들이 다량 함유되어 건강에 도움이 된다고 여러 학자들이 보고한 바 있으며(Vivino and Palmer, 1944; Echigo, 1971; Wojciki *et al.*, 1986), 특히 17종의 아미노산(lysine, alanine, methionine, isoleucine, leucine, threonine, phenylalanine, histidine, serine, glycine, glutamic acid, aspartic acid, proline, valine, tyrosine, arginine, tryptophane)을 확인하여 그중 8종의 필수아미노산이 함유되어 있어 일반 식품류에 비해 높은 함유량을 보이고 있어 화분의 영양적 가치는 꿀벌의 주식원으로는 물론 인간의 건강식품으로서의 충분한 가치가 있다고 보고하였다(김재길, 1986).

화분은 식물 생식기관의 한 부분으로서 종족을 유지·보존시켜주는 중요한 역할을 담당하고 있는데, 화분립의 크기(길이)는 큰 것이 300 μ m 이상이 되는 거대 화분이 있으나 대부분은 20~50 μ m 정도로 아주 작으며, 20cm 정도의 삼나무 화측에는 약 10억개 이상의 화분립이 달려있다. 그러나, 이러한 수 많은 화분들 중 직접 생식에 관여하는 화분은 극히 일부에 해당되며 나머지는 모두 자연상태로 소실되거나 토양층에 쌓이게 된다. 따라서, 화분 자체내에 많은 영양 성분을 함유하고 있는 화분 자원의 소모되는 영양자원을, 인간을 위한 활용 자원으로 개발할 필요가 있다고 사료된다.

소나무류 화분은 예로부터 송화다식과 송화주로 널리 사용되었으며 이미 신라와 고려때 부터 제형과 연회때에도 빠지지 않는 식품재료였다(이성우, 1978, 1984). 동의보감에서는 소나무류 화분을 먹으면 경신하며 그 효능은 송피, 송엽, 자실 보다 우수하다고 기록되어 있다(허준, 1610).

소나무류 화분에 관한 연구로는 수분, 조희분, 조지방, 당류 등의 일반성분, 단백질 및 아미노산, 비타민 등에 대한 연구 보고(斗ヶ澤宣久 등, 1961; Scott and Mary, 1962; 勝又梯三 등, 1963; Bouveng, 1963; Mellwain and Clinton; 1966; Kochibe *et al.*, 1981; 이정숙과 이성우, 1983; Andrikopoulus *et al.*, 1985; Melita and Melita, 1987; Karizo, 1989; 김혜자, 1992)가 있으나, 여러 수종과 전반적인 성분을 대상으로 화분 성분 분석을 실시한 경우는 거의 없다.

최근 각종 화분을 이용한 엑기스 추출 및 제조 방법, 영양음료 제조 방법, B형 간염 치료제 개발 등의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 우리 나라에서도 “솔의눈” 과 같은 건강 음료 상품이 시판되고 있으나, 소나무류(*Pinus spp.*) 화분을 이용하여 식품화 하기 위한 검토는 상당히 미흡한 실정이다.

화분(pollen)은 이용 가치가 높은 식품화 가능한 영양물질이지만 화분 껍질은 외표벽(exine)과 내표벽(intine)으로 구성되어 있으며, exine은 sporopollenin으로 되어 있어(Erdtman, 1952; Faegri and Iversen, 1975) 대부분의 동물, 곤

중, 그리고 꿀벌 등이 분해하지 못하는 물질인 것으로 밝혀졌으나, 국내에서는 화분 표벽을 제거하여야 한다는 주장(김정우 등, 1984; 김병각 등, 1988; 김성준 등, 1991)과 소화율에 큰 차이가 없다는 주장(유영수, 1988; 김재길과 손재형, 1991)이 대립적인 견해를 가지고 있다.

일본 식품분석센타(1984)의 “화분 소화율에 관한 실험”에 의하면 완전 파쇄한 화분과 파쇄하지 않은 화분의 소화율이 각각 94.7%와 94.6%인 것으로 나타나 화분 껍질 파쇄 여부가 소화율에는 큰 영향이 미치지 않는다는 사실을 입증해 주고 있다. 현재 국내에서 논란의 대상이 되고 있는 화분 껍질 소화 흡수율에 대한 연구로, 피자식물(다래, 벚꽃, 붉나무, 옥수수, 싸리 등)은 화분 껍질의 파쇄 여부에 따라서는 소화 흡수율에 차이가 없는 것으로 보고된 바 있으나(김재길과 손재형, 1990), 밀원에 따른 모든 수종(예를 들어 품매화의 나자 식물)의 화분 껍질 파쇄 여부 및 소화 흡수율에 관한 결론은 미흡한 실정으로서 이에 대한 연구가 필요하였다.

우리 나라의 경우 전 국토의 약 65% 이상이 산지인데 그 중에서도 42% 이상이 소나무류(*Pinus* spp.)로 분포 또는 식재되어 있다. 여기에서 나오는 화분만으로도 천문학적인 화분자원인 바 이들 자원을 활용 개발한다면 농산촌 소득증대에 크게 기여할 것으로 보인다. 따라서 본 연구는 우리 나라 전역에 널리 분포하는 소나무속 4수종(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무)의 화분에 대하여 화학적 성분을 분석하여 영양성분을 재조명하고 화분 파쇄 최적 조건 구명 및 외부형태학적 특징 조사를 통한 화분 건강식품으로 활용할 수 있는 기초자료 제공함과 동시에 과학적인 화분채취기 개발 등을 통하여 화분을 안전하고 경제적으로 대량채취하여 농산촌 소득증대에 기여코저 수행하였다.

참 고 문 헌

- 김병각, 박설희, 천문호, 최용철. 1988. 한국 시판 화분식품에 관한 연구. 한국 식품위생학회지 3(1):1-5.
- 김성준, 이영근, 빈재춘, 배기철. 1991. 시판 천연화분 및 가공화분의 품질에 관한 비교 연구. 한국식품위생학회지 6(1):41-48.
- 김재길, 손재형. 1990. 화분립 파쇄에 따른 이화학적 성분조성의 변화. 한국양봉학회지 5(1):23-30.
- 김재길, 손재형. 1991. 화분립 파쇄에 따른 아미노산 조성의 변화. 한국양봉학회지 5(1):23-30.
- 김재길. 1986. 화분화의 화학적 조성 및 아미노산 함량. 한국양봉학회지 1(2):91-96.
- 김정우, 신상철, 김병각. 1984. 건강식품으로서의 화분제재에 관한 연구(제1보). 한국생약학회지 15(3):147-149.
- 김혜자. 1992. 적송 화분과 리기다송 화분의 성분 조성에 관한 연구 -일반성분, 무기질, 중금속, 비타민, 유리당의 함량-. 한국영양식량학회지 21(2): 201-206.
- 농림수산부. 1976. 식품수급표. FAO 한국협회. pp1-90.
- 보건사회부. 1994. 식품공전.
- 유영수. 1988. 동의보감에 나타나는 꽃가루(화분)의 효능에 관한 고찰. 한국양봉학회지 3(1):26-47.
- 이성우. 1978. 한국식생활사연구. 향문사. pp393.
- 이성우. 1984. 한국식생활사연구. 교문사. pp259.
- 이영주, 박무희, 황원성, 배만중, 한준표. 1994. 송화분이 고지방 식이 섭취 환

- 쥐의 혈청과 간장에 미치는 영향. 한국식품영양학회지 23(2):192-197.
- 이정숙, 이성우. 1983. 송화와 송엽의 성장에 따른 영양성분의 변화에 관한 연구. 한양대학교 생활과학회지. pp135-141.
- 한국식품연감. 1997. 농수축산신문. pp624-635.
- 허준. 1610. 동의보감.
- 斗ヶ澤宣久, 勝又悌三, 岩動悠子, 高橋睦子. 1961. 花粉の生化學的研究. 第1報. 赤松花粉の糖質について 農化. 35(7):623-628.
- 斗ヶ澤宣久, 勝又悌三, 太田達郎. 1967. 花粉の生化學的研究. 第6報. 花粉の無機成分および各種リン化合物について. 農化 41(5):178-183.
- 森芳郎. 1958. 粉體工學(新化學工學講座). 日刊工業新聞社. pp113.
- 上龍九井. 1974. 粉體と工業, 6-4. pp49.
- 狩野武, 宋廣鎬, 李鍾榮. 粉體輸送技術. 도서출판기술 출판.
- 狩野武. 1977. 粉體粒子の舉動. 産業技術センタ. pp227~292.
- 勝又悌三, 斗ヶ澤宣久, 小幡禰太郎. 1963. 花粉の生化學的研究. 第3報. アカアツノ花粉のアミノ酸について. 農化 37(8):439.
- 勝又悌三, 斗ヶ澤宣久. 1968. 花粉の生化學的研究. 第9報. 花粉の糖質代謝關與する酵素について(その1), 花粉のアミラーについて. 農化 42(1):1-7.
- 勝又悌三, 中村修. 1974. 花粉の生化學的研究 XII. 花粉のフラボノイド化合物について. 農化 12(1):21.
- 井伊谷鋼一. 1972. 集塵技術マニュアル. 日刊工業新聞社. pp26.
- Andrikopoulos, N.K., A. Sifaka-Kapadai, C.A. Demopoulos and V.M. Kapoulast. 1985. Lipids of *Pinus halepensis* pollen. Phytochemistry 24(12):2953.
- Bell, C.R. 1959. Mineral nutrition and flower to flower pollen size variation. American Journal of Botany 46(9):621-624.

- Binding, G.J. 1980. About pollen-health food and healing agent. Thorsons Publishing Limited. pp150.
- Bouveng, H.O. 1963. Polysaccharides in pollen. Investigation of Mountain Pine(*Pinus mugo* Turra) pollen. *Phytochemistry* 2341.
- Cojmerac, W.L. 1983. Bees, bee keeping, honey and pollination, 2nd ed. AVI Publishing Company. INC Westport Connecticut. pp59-61.
- Echigo, T. 1971. Studies on relationship of chemical component in honey, nectar and pollen. *Bull. Fac. Agr. Tamagawa Univ.* pp37.
- Erdtman, G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. New York.
- Faegeri, K. and J. Iversen. 1975. Textbook of pollen analysis. Munksgard Copenhagen. pp252.
- Karizo, M. 1989. Ash and material content of some forest tree species. *Lesnictvi* 34(9):837-843.
- Katiyar, S.K. 1989. Effect of light on pollen germination and pollen tube growth in *Pinus kesiya* Royle ex Gord. *Acta Botanica Indica* 17(1):133-135.
- Klaus, W. 1978. On the taxonomic significance of tectum sculpture characters in alpine *Pinus* species. *Grana* 17:161-166.
- Kochilbe, N., Y. Kamiya and S. Hagiwara. 1981. Sugar compositions of some *Pinus* pollen. *Science Reports of the Faculty of Education. Gunma University* 30:25.
- Kramer, K.V. and P.S. Green. 1989. The families and genera of vascular plants. I. Pteridophytes and gymnosperms. Springer-Verlag. pp207-248.
- Krizo, M. 1989. Ash and mineral content of pollen of some forest tree

- species. *Lesnictvi* 34(9):837-843.
- Melita, S.K. and T. Melita. 1987. Vitamin D and its metabolites in the pollen of pine. *Phamazia* 42:471.
- Mellwain, D.L. and E.B. Clinton. 1966. Characterzation of the phospholipids in *Pinus ponderosa* pollen. *Biochemistry* 5(12):4054.
- Mirov, N.T. 1967. *The Genus Pinus*. New York. Ronald Press.
- Scott, R.W. and J.S. Mary. 1962. Extraction and identification of lipids from Loblolly Pine pollen. *Phytochemistry* 1:189.
- Tyler, V.E., L.R. Brady and J.E. Robbers. 1981. *Pharmacogenosy*, 8th ed., Lee and Febiger, Philadelphia. pp426-448.
- Vivino, A.E. and L.S. Palmer. 1944. The chemical composition nutritional value of pollen collected by bees. *Arch. Biochem.* 4:129-136.
- Wodehouse, R. P. 1935. *Pollen grains*, off-set edition, Harfner, New York.
- Wojcicki, J., L. Samochowiec, B. Bartlowicz, A. Hinek, M. Jaworska and B. Gawronskalarz. 1986. Effect of pollen extract on the development of experimental atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* 62:39.

제 2 장

소나무속 화분 성분 분석

세부연구책임자 : 김 계 환

연 구 원 : 오 혁 근

윤 계 순

정 용 섭

연 구 보 조 원 : 이 석 재

조 성 호

송 세 정

김 영 은

박 진 아

양 진 희

임 미 경

김 선 경

제 1 절 서 언

최근 사회 문화 수준의 향상과 건강 인식의 고조는 다양한 식품과 특색있고 독특한 건강지향적 자연식품에 대한 요구도를 높이고 있다. 화분(pollen)은 꿀벌 유충이 성장하는데 필수로 하는 단백질을 비롯한 필수 영양소의 급원이 되고 있을 뿐만 아니라 영양적 가치가 높은 자연 건강식품으로서 관심이 증대되고 있다(Tyler *et al.*, 1981; Cojmerac, 1983; 유영수, 1988; 한국식품연감, 1997).

저명한 꽃가루 연구가인 바인딩 박사는 화분은 완전한 영양물질이며 오랫동안 복용하여도 부작용이 없는 완전식품이라고 주장한 바 있으며(Binding, 1980), 동의보감에서도 모든 꽃과 꽃가루를 질병의 치료제(의약품) 또는 식용으로써 사용한 기록이 많이 있다(허준, 1610).

화분에는 각종 아미노산, 비타민, 당질, 지질, 무기질 뿐만 아니라 자연의 항생물질, 효소, 호르몬, 성장촉진물질 및 유효물질들이 다량 함유되어 건강에 도움이 된다고 여러 학자들이 보고한 바 있으며(Vivino and Palmer, 1944; Echigo, 1971; Wojciki *et al.*, 1986), 특히 17종의 아미노산을 확인하여 그중 8종의 필수아미노산이 함유되어 있어 일반 식품류에 비해 화분의 영양적 가치는 인간의 건강식품으로서 가치가 있다고 보고하였다(김재길, 1986).

특히, 소나무류(*Pinus spp.*) 화분은 예로부터 송화다식과 송화주 등의 식품 재료로 널리 사용되었으며, 송화분을 먹으면 경신하며 그 효능은 송피, 송엽, 자실 보다 우수하다고 기록되어 있다(허준, 1610; 유영수, 1988).

소나무류 화분에 관한 연구로는 수분, 조화분, 조지방, 당류 등의 일반성분, 단백질 및 아미노산, 비타민 등에 대한 연구 보고(Kochibe *et al.*, 1981; 이정숙과 이성우, 1983; Melita and Melita, 1987; Karizo, 1989; 김혜자, 1992)가 있으나, 여러 수종과 전반적인 성분을 대상으로 화분 성분 분석을 실시한 경우

는 거의 없다.

최근 각종 화분을 이용한 엑기스 추출 및 제조 방법, 영양음료 제조 방법, B형 간염 치료제 개발 등의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 우리나라에서도 “술의눈” 과 같은 건강 음료 상품이 시판되고 있으나, 소나무류 화분을 이용하여 식품화하기 위한 검토는 상당히 미흡한 실정이다.

따라서 본 세부과제에서는 우리나라 전역에 걸쳐 널리 분포하는 소나무속 4수종(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무)의 화분에 대하여 화학적 성분을 분석하고 영양성분을 제조명하여 건강식품으로 활용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 시도되었다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 재 료

본 실험에 사용한 재료는 소나무속(*Pinus* L.) 4수종의 화분(pollen)으로 전국 각지에서 채취하여 사용하였다(Table 1). 소나무 화분은 전북 전주~진안간 국도 주변에서, 해송 화분은 변산반도국립공원 해안 주변에서, 리기다소나무(*P. rigida*)와 잣나무(*P. koraiensis*)는 전주~진안간 국도 주변과 전주시의 건지산에서 각각 채취하였다. 이를 그늘에서 건조시켜 체(sieve)로 쳐서 냉장고에 보관하여 시료로 사용하였다.

Table 1. Pollen collection year and date of some *Pinus* L. spp.

Scientific name	Common name	Date
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	소나무(적송)	May 9~12, 1997
<i>P. thunbergii</i> Parl.	해송(곰솔)	April 20~27, 1998
<i>P. rigida</i> Mill.	리기다소나무	April 25~May 10, 1999
<i>P. koraiensis</i> S. et Z.	잣나무	April 25~May 10, 1999

2. 내용 및 방법

화분의 영양원으로 가치가 높은 8가지 성분을 중심으로 분석하였다.

가. 수분함량조사(상압가열건조법)

- 1) 칭량접시를 105℃ 건조기에서 1시간 정도 건조시켜 식힌 다음 무게를 단다 (a).
- 2) 칭량접시에 화분 3~5g을 넣고 무게를 단 다음(b) 105℃ 건조기에서 3시간 건조시킨 후 데시케이터 중에서 30분 정도 식히고 무게를 단다 (c).
- 3) 무게 변동이 없을 때 까지 위의 조작을 반복한다.

$$\ast \text{수분(\%)} = b - c/b - a \times 100$$

나. 조지방 함량분석(에테르추출법)

- 1) 화분 2~10g을 달아(s) 105℃에서 2~3시간 건조시켜 식힌 다음 원통여과지에 넣고 화분 위에 탈지면을 충전하여 속시렛 추출기의 추출관에 넣는다.
- 2) 건조용기 속에 넣어 둔 추출기의 플라스크(받는용기)의 무게를 단다(W₀).
- 3) 받는 용기 속에 무수에테르를 1/2(또는 2/3)가량 넣어 동체에 연결하고,
- 4) 냉각기를 붙여 40~50℃의 수욕상에서 8시간 동안 추출한다.
- 5) 추출 후 냉각기를 떼고 추출관 속의 원통여과지를 핀셋으로 꺼내고 다시 냉각기를 추출관에 연결하여 수욕상에서 가온하여 받는 그릇중의 에테르가 전부 추출관에 옮겨지면 받는 그릇을 떼어 수욕상에서 에테르를 완전히 증발시킨다.
- 6) 위의 받는 그릇의 바깥을 거즈로 닦은 후 100℃ 건조기에서 약 1시간 동안 건조시켜 식힌 다음 무게를 잰다(W₁).

7) 무게가 더 이상 변화없을 때 까지 100℃ 건조를 되풀이 한다(그중 가장 작은 값을 취한다).

$$\text{※ 조지방(\%)} = (W_1 - W_0) / s \times 100$$

W_0 : 받은 그릇의 무게

W_1 : 조지방을 추출하여 건조시킨 그릇의 무게

s : 화분채취량(g)

다. 조단백 함량분석(kjeldahl 법)

- 1) 질소 함량이 2~3mg이 되는 화분(0.5g)을 함량하여 킬달플라스크에 넣고 분해 촉진제($\text{CuSO}_4 : \text{K}_2\text{SO}_4 = 1 : 4$) 약 0.5g을 넣는다.
- 2) 여기에 플라스크 내벽을 따라 진한 황산 10ml를 넣어 혼합한 후 플라스크를 금망상에서 5분 정도 약한불로 가열한 후 온도를 높여 끓여서 분해액이 투명한 담청색이 되도록 한다(1~2시간쯤).
- 3) 분해액을 냉각시킨 후 증류수 100ml를 주의하여 가한 후(조심) 증류플라스크로 옮긴다.
- 4) 증류장치의 흡수플라스크(삼각플라스크)에 0.05N 황산 10ml를 취하여 Brunswik 시약 2~3 방울을 떨어 뜨려서 냉각기의 끝이 액면속에 잠기도록 한다.
- 5) 3)의 증류플라스크를 증류장치에 고정하고 여기에 30% NaOH 용액 25ml를 재빨리 넣고 가열하여 약 100ml의 증류액을 삼각플라스크에 받은 후 가열을 중단한다.
- 6) 냉각기 안벽을 소량의 물로 씻어 삼각플라스크에 넣는다.
- 7) 중화되지 않고 남아 있는 여분의 황산 용액을 0.05N NaOH 용액으로 적정한다(용액의 청색이 녹색으로 될 때가 당량점).
- 8) 동시에 0.05N 황산 10ml를 취하여 0.05N NaOH로 적정하는 공시험을 병

행한다.

※ 0.05N 황산 1ml = 0.7003mg N

※ 질소(%) = $0.7003 \times 100 / \text{화분채취량(g)}$

a : 공시험에서 중화에 소요된 0.05N NaOH ml 수

b : 본시험에서 중화에 소요된 0.05N NaOH ml 수

※ 분해액의 일부를 사용했을 경우 다음식을 적용하였다.

※ 조단백질 (%) = N(%) × 질소계수

라. 회분 함량 분석(600℃ 직접회화법)

1) 빈사기 도가니의 뚜껑을 비스듬히 열어 550~600℃의 전기로에서 2~3시간 가열한 후 데시케이터에서 냉각시켜 도가니의 무게를 잰다(W₁).

2) 화분 1~3g을 위 도가니에 넣고 무게를 잰다(W₂).

3) 시료가 담긴 도가니를 550~600℃의 전기로에서 화분이 백색 또는 회색이 되게 한다(가열시간: 2~3시간).

4) 회분화가 끝나면 데시케이터에서 냉각시킨 후 무게를 잰다(W₃).

※ 무게의 변동이 없을 때 까지 같은 조작을 반복한다.

(두번째 부터는 회분화시간을 1~2시간으로 단축)

5) 유기물 분해시 생긴 탄소가 용융된 염의 표면에 연소되지 않은채 검은 반점으로 남는 경우

○ 냉각된 도가니에 증류수 10ml와 진한 질산 2~3방울을 가하여 정량용 거름종이(No. 5)로 거른다.

○ 거름액을 다시 도가니에 넣고 액체를 증발시킨 다음 거름종이로 거기에 남은 찌꺼기를 함께 회분화시킨다.

※ 회분(%) = $(W_3 - W_1) / (W_2 - W_1) \times 100$

마. 섬유질 함량 측정(벤네베르크, 스토오만 개량법)

- 1) 화분 2~5g을 정량하여 에테르로 5~6회 씻어 탈지하고 500ml의 플라스크에 넣고 석면 0.5g을 넣는다.
- 2) 뜨거운 1.25% 황산 200ml를 넣고 환류 냉각기를 달아 정확히 30분 동안 끓인다. 때때로 플라스크를 흔들고 기포가 심하게 일어나면 아밀 알콜 0.5 ml를 냉각기의 상부로부터 첨가한다.
- 3) 냉각기를 떼어 내고 플라스크에 여과관을 넣어 흡인 여과한다.
- 4) 여과액이 산성을 나타내지 않을 때 까지 플라스크와 잔류물을 뜨거운 물로 4~5회 씻는다.
- 5) 다음 뜨거운 1.25% NaOH용액 200ml를 사용하여 잔류물을 500ml의 플라스크에 씻어 넣고 정확히 30분 동안 끓인다.
- 6) 가열이 끝나면 유리 여과기(IG-3)로 감압 여과한다.
- 7) 잔류물을 포함하는 유리 여과기를 알칼리성이 나타나지 않을 때 까지 소량의 뜨거운 물로 4~5회 씻어낸다.
- 8) 위의 잔류물을 포함하는 여과기를 에탄올 15ml로 씻고 105℃에서 건조기 속에 1시간 두어 건조시킨 후 데시케이타에서 식힌 후 무게를 잰다(W₁).
- 9) 다음 450~500℃의 전기로 중에서 약 1시간 가열하고 온도를 서서히 내려 200℃ 이하가 되면 여과기를 데시케이타에 넣어 냉각 후 무게를 잰다(W₂).

$$\text{※ 조섬유 (\%)} = (W_1 - W_2) / S \times 100$$

W₁ = 유리 여과기로 105℃ 건조기에서 항량이 되었을 때의 무게

W₂ = 전기로에서 항량이 되었을 때의 무게

S = 화분 채취량

바. 당질 함량 분석(HPLC 분석법)

표준용액의 조제에는 과당, 포도당, 설탕의 표준품을 각각 100ml용 메스플라스크에 정밀히 달아 물 50ml에 녹인 후 아세토니트릴로 100ml 까지 채운다. 화분 약 5g을 50ml 메스플라스크에 정밀히 달아 물 25ml을 가하여 녹인 후 아세토니트릴로 50ml 까지 채운다. 이를 0.45 μ m 멤브레인 필터로 여과한 것을 시험용액으로 사용한다. HPLC분석을 위한 칼럼은 길이 30mm, 안지름 4mm의 μ -Bondapak/Carohydrate를 사용하여 RI detector로 검출하였다.

※ 정량시험

시험용액 및 표준용액을 각각 10 μ l씩 주입하여 얻은 피크의 넓이 또는 높이를 구하여 검량선을 작성한 후 시험용액의 당질의 농도(μ g/ml)를 구하고 다음식에 의해 화분중 당의 함량(mg/100g)을 산출하였다.

< HPLC 분석조건 >

Model	Waters 551
Detector	RI
Mobile phase	Water : acetonitrile = 28 : 72
Column	waters carbohydrate analysis
Flow rate(ml/min)	0.6

사. 아미노산 함량 분석

- 1) 화분 1g을 취하여 6N-HCl 15ml를 가한 후 질소가스를 충전한 후 110 $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 산가수분해를 한 후 H₂O를 가하여 50ml가 되게 mess flask에 옮긴후 여과하고, 여과액 50 μ l를 취하여 Pico-Tag Work Station을 이용하여 건조시킨다.
- 2) MeOH : H₂O : TIA = 2 : 2 : 1의 용액을 제조하여 건조한 시료에 각각 10 μ l씩 가하여 유도체 시약(MeOH : H₂O : TIA : PITC = 7 : 1 : 1 : 1)을 20 μ l씩 가하여 유도체화한다.
- 3) 산가수분해 시료를 용매 500 μ l를 가하여 희석한 후 Pico-Tag 방법에 의

해 분석하였다.

※ 시료준비

가) 가수분해된 시료 10배 희석

나) Dry : Pico-Tag Work Station, Vacuum

다) Redry - 유도체과정 - diluent 첨가

※ 표준물 제조 방법

가) 아미노산 standard solution(2.5 $\mu\text{mol}/0.1 \text{ N HCl } 1\text{ml}$) : 25배 희석

나) STD(시료)는 sample tube에 50 μl 첨가 - Dry(Pico-Tag)

다) Redrying : redry 시약(MeOH : H₂O : TIA = 2 : 2 : 1) 10 μl 를 sample tube에 첨가 - dry

라) Derivatization : 유도체 시약(MeOH : H₂O : TIA : PITC = 7 : 1 : 1 : 1) 20 μl 를 sample tube에 첨가 - dry

마) 각 sample tube : Diluent 50 μl 첨가

바) Injection volume : 10 μl

※ 이동상 제조

가) 이동상 B : 60% Acetonitrile(500ml), 0.1% EDTA 150 μl 첨가

나) 이동상 A : 19.5g sodium acetate trihydrate, 0.1% EDTA 600 μl 를 초순수에 녹임 pH 6.4

※ System 조건

가) Column 관 : 38°C

나) Autosampler : 15°C

다) 파장 : 254nm(UV/VIS)

농도(mg/g) = chromatogram상의 Amount(nmol/ml) x 분자량
(ng/nmol) x 10⁻⁶mg/ng x 초기농도(50ml/g) x 희석배수

아. 비타민 함량 분석(HPLC 분석법)

1) 비타민 B₁

※ 시약 및 기구

가) 4M 초산나트륨 용액 : 5.44g의 초산 나트륨을 물에 녹여 10ml로 한다.

나) 다카디아스타제 용액 : 다카디아스타제를 물에 녹여 2%로 하여 퍼무티트(Purmutit) 칼럼에 넣고 다카디아스타제중에 존재하는 비타민 B₁을 제거한 후 사용한다. 사용할 때 제조한다.

다) 원심분리기 및 분리용 튜브(25ml), 1.5ml 튜브

라) 균질기 (막자사발)

마) 37°C water bath

※ 표준용액의 조제

순도가 보증된 비타민 B₁ 여만염을 비타민 B₁으로 0.01~1.0mg/ml가 되도록 10% 삼염화초산 용액에 녹인다. 이 비타민 B₁용액 (5mg/ml)을 4M 초산나트륨을 2% 다카디아스타제 용액을 각각 20 : 3 : 1 의 비율로 혼합한 용액을 표준용액으로 하였다.

※ 시험용액의 조제

화분 1g을 정확히 달아 10% 삼염화초산 용액 5ml를 넣고 균질기로 5분 동안 균질화시킨다. 균질화한 용액을 10% 삼염화초산 용액으로 10ml로 한 후 고속원심분리관에 넣고 9,000rpm에서 30분간 원심분리한다. 이 상정액 200 μ l를 시험관에 취하여 4M 초산나트륨용액 30 μ l를 가한다(pH 4.5~4.7). 이에 2% 다카디아스타제 용액 10 μ l를 주입하고 잘 교반하면서 37°C에서 8~10시간 방치한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 여과액을 시험용액으로 하였다.

HPLC 기기의 조건은 다음과 같다.

< Vitamin B₁ 분석을 위한 HPCL의 분석조건 >

Model	JASCO 980
Detector	형광 검출기
Mobile phase	0.1M 인산나트륨 용액
Column	비타민 B ₁ 분리용 (Poly gltcerylmethacrylate, 구상, 15 μ l)
Flow rate(ml/min)	1.0

※ 정량시험

표준용액과 화분용액을 각각 50 μ l씩 HPCL에 주입하여 자동분석된 표준용액 피크의 면적 또는 높이에 의해 구한 검량선을 이용하여 화분용액의 비타민 B₁의 농도(μ l/ml)를 구하고 다음식에 의거하여 화분 중의 비타민 B₁의 함량을 계산하였다.

$$\# \text{비타민 B}_1 \text{의 양 (mg/100g)} = S \times (a \times b) / \text{화분채취량} \times 100/1000$$

S : 화분용액중의 비타민 B₁의 농도 (μ g/ml)

a : 화분용액의 전량(ml)

b : 화분용액의 희석배수

2) 비타민 B₂

※ 시약 및 기구

가) 메탄올 : 고속 액체 크로마토그래피용

나) 10mM NaH₂PO₄ 용액 : 1N 수산화나트륨용액으로 pH 5.5로 조정한다.

※ 표준용액의 조제

가) 리보플라빈 표준용액 : 비타민 B₂ 표준품을 온탕에 녹여서 40 μ g/ml로 한다. 그 100ml에 초산 수방울을 가해서 갈색 공전병에 넣어 냉장고에 보존한다. 사용할 때 희석해서 0.2 μ l/ml의 용액으로 만든다.

나) FMN(Flavin mononucleotide) 표준용액 : FMN을 물에 녹여 0.2 μ l/

ml(리보플라빈으로 환산)의 용액으로 만든다.

다) FAD(Flavin adeninedinucleotide) 표준용액 : FAD를 물에 0.5 μ l/ml
(리보플라빈으로 환산)의 용액으로 만든다.

※ 시험용액의 조제

화분 1g을 달아 소량의 물을 가해 균질기 또는 막자사발에서 가능한 미세하게 분쇄하고 지방이 많은 경우에는 미리 탈지한다. 이에 물을 가해 수용증(70~80℃)에서 잘 혼합하여 12~20분간 추출한다. 추출액은 식힌 후 0.45ml membrane filter로 여과한 여과액을 시험용액으로 하고, 1ml 증비타민 B20.05~0.5 μ g이 되도록 일정용량으로 하여 시험용액으로 하였다. HPLC 기기의 분석조건은 다음과 같다.

< Vitamin B₂ 분석을 위한 HPLC의 분석조건 >

Model	JASCO 980
Detector	형광검출기 (여기파장 : 445nm, 측정파장 : 530nm)
Mobile phase	메탄올 : 10ml NaH ₂ PO ₄ 용액(pH 5.5) = 35 : 65
Column	역상 분배형 (μ - Bondapak C18, Micropak - CH, Cosmosil 5 C18, Devesil ODS 등)
Flow rate (ml/min)	1.0

※ 정량 시험

표준용액과 화분용액을 각각 10 μ l씩 HPLC에 주입하여 자동분석된 표준용액 피크의 면적 또는 높이에 의해 구한 검량선을 이용하여 화분용액의 비타민 B₂의 농도 (μ g/ml)을 구하고 다음식에 의거하여 화분중의 비타민 B₂의 함량을 계산하였다.

$$\# \text{비타민 B}_2 \text{의 양 (mg/100g)} = S \times (a \times b) / \text{화분채취량} \times 100/1000$$

S : 화분용액중의 비타민 B₂의 농도 (μ g/ml)

a : 화분용액의 전량(ml)

b : 화분용액의 희석배수

3) 비타민 C

※ 시약 및 기구

가) 10% 메타인산용액 : 메타인산 10g을 물에 녹여 100ml로 한다. 불용물이 생기는 경우 여과하여 사용한다. 냉장고에서 일주일까지 보관할 수 있다.

나) 5% 메타인산용액 : 10% 메타인산용액을 볼로 2배 희석한다. 사용할 때 조제한다.

다) 균질기 (막자사발)

라) 메스플라스크(10ml, 25ml)

마) 원심분리기 및 분리용 튜브

※ 표준용액의 조제

아스코르빈산 10.0mg을 정밀히 달아, 5% 메타인산용액에 녹여 100ml로 한 것을 표준원액(100ppm)으로 한다. 필요한 경우 표준원액에 5% 메타인산용액을 넣어 원하는 농도로 희석하여 사용하였다. 사용할 때 조제하였다.

※ 시험용액의 조제

화분 일정량(비타민C 함량이 50mg/100g 이상인 경우 2g 정도, 10~50 mg/100g인 경우 5~10g 정도)을 정확히 달아, 동량의 10% 메타인산용액을 가하여 10분간 현탁시킨 후 적당량의 5% 메타인산을 넣어 균질화한다. 균질화된 시료를 100ml 메스플라스크에 옮기고 소량의 5% 메타인산용액으로 용기를 씻은 후 메스플라스크에 합하여 100ml로 한다. 그 후 3,000rpm에서 10~15분간 원심분리를 행하여 상등액을 취하고 0.45 μ m membrane filter로 여과한다. 메타인산용액으로 적당히 희석하여 시험용액으로 하였다.

< Vitamin C 분석을 위한 HPLC의 분석 조건 >

Model	JASCO 980
Detector	UV 254nm
Mobile phase	Water(Pic A), 0.05M KH ₂ PO ₄ = 아세트니트릴(60 : 40)
Column	μ- Bondapak C18
Flow rate(ml/min)	1.0

※ 정량시험

화분용액 및 표준용액 각각 10 μ l씩 주입하여 얻은 피크의 넓이 또는 높이를 구하여 검량선을 작성한 후 화분용액의 비타민 C의 농도(μ g/ml)를 구하고 다음식에 의해 화분 속의 아스코르빈산의 함량(μ g/100g)을 산출하였다.

$$\# \text{비타민 C 함량(mg/100g)} = S \times (a \times b) / \text{화분채취량} \times 100/1000$$

S : 화분용액중의 아스코르빈산의 농도 (μ g/ml)

a : 화분용액의 전량(ml)

b : 화분용액의 회석배수

4) 비타민 A

※ 시 약

가) 무알데히드에탄올 : 에탄올(특급) 1 l 에 50% 수산화나트륨용액 5ml 및 아연분말 5g을 가해 약 2시간 환류 후 증류한다. 단, 초류액 및 마지막 유액 각 10% 는 버린다.

나) 무수황산나트륨 : 무수황산나트륨(특급)을 2시간 이상 120 $^{\circ}$ C에서 가열한 후 데시케이타 중에서 방냉한 후 보관한다.

※ 표준용액의 조제

비타민A 아세테이트 결정을 비누화시켜 비타민A 알코올로하여 국제단위(IU) 또는 μ g단위로 환산한다. 이를 이수프로판올(특급)으로 희석하여 각각 1.0ml중 5, 25, 50IU가 함유되도록 하였다.

※ 시험용액의 조제

일반적으로 비타민A 20~30I.U(6~9 μ g)에 상당하는 화분을 정밀히 달아 환저 플라스크에 넣는다. 에탄올 30ml 및 10% 피로갈롤에탄올 용액 1ml를 가하여 잘 섞은 후 50% 수산화나트륨용액 3ml를 가해 환류냉각기를 부착하여 비등수욕중에서 30분간 비누화시킨다. 신속히 냉각하여 실온으로 한 후 물 30ml를 가해 갈색분액갈대기에 옮긴다. 플라스크는 물 10ml로 씻고 이어서 석유에테르(특급) 30ml로 씻은 후, 씻은 액은 분액갈대기에 합하여 잘 흔들어 혼합하여 방치한 후 물층을 별도의 갈색분액갈대기에 옮긴다. 물층은 석유에테르 30ml로 2회 추출하고, 전 석유에테르추출액을 합하여 물 10ml 1회, 이어 50ml씩으로 (페놀프탈레인시액으로 정색이 되지 않을 때 까지) 씻는다. 분액갈대기 중에서 물을 충분히 분리한 석유에테르층을 취하여 무수황산나트륨을 가해 탈수하고 석유에테르층을 갈색플라스크에 옮긴다. 이어 황산나트륨을 석유에테르 10ml 씩으로 2회 씻고, 씻은 액을 앞의 플라스크에 가한다. 석유에테르추출액을 모두 합하여 40~50℃에서 감압건조한 후 잔류물을 이소프로판올(특급)으로 녹여 1.0ml로 한 것을 시험용액으로 하였다.

※ 정량시험

시험용액 및 표준용액을 각각 20 μ l씩 주입하여 얻은 표준용액의 피크 면적 또는 높이에 의해 구한 검량선을 사용하여 시험용액의 비타민A의 농도(I.U/ml)를 구하고, 다음식에 의해 검체중 비타민A의 함량(I.U/100g)을 산출하였다.

$$\# \text{비타민 (I.U/100g)} = S \times (a \times b) / \text{화분채취량(g)} \times 100$$

S : 시험용액중의 비타민A 의 농도 (I.U/ml)

a : 시험용액의 전량(ml)

b : 시험용액의 회석배수

< 비타민 A 분석을 위한 HPLC분석조건 >

Detector	형광검출기 (여기파랑 340nm, 측정파랑 460nm)
Mobile phase	에탄올 : 물 = (95 : 5)
Column	μ- Bondapak C18 (역상분배형)
Flow rate(ml/min)	1.0

5) 비타민 E

※ 시 약

가) 무알데하이드 에탄올 : 에탄올(특급) 1ℓ 에 50% 수산화 나트륨용액 5ml 및 아연분말 5g을 가해 약 2시간 환류 후 증류한다.

나) hexan : 스펙트럼분석용

다) 무수황산나트륨 : 무수황산나트륨(시약특급)을 120℃에서 2시간 이상 가열시킨 후 데시케이타(실리카겔)에서 방냉하고 밀전하여 보존한다.

※ 표준용액의 조제

가) 토코페롤동족체 표준용액 - 토코페롤 동족체를 각각 100mg씩 정밀히 달아 hexan을 가해 녹여 100ml로 한 후, 각각의 5ml를 취하여 hexan을 가하여 25.0ml로 한다. 마개달린 갈색 유리병에 넣어 공기를 질소가스로 치환하여 밀전한 후 냉암소에 보관하였다(1개월간 사용할 수 있다).

나) 토코페롤 표준용액 - 토코페롤 약 100mg을 정밀히 달아 hexan을 가해 녹인 후 1,000ml로 한다. 이 5ml를 취해 hexan을 가해 250ml로 한다. 마개달린 갈색병에 넣어 공기를 질소가스로 치환하여 밀전한 후 냉암소에 보존하였다(1개월간 사용할 수 있다).

※ 시험용액의 조제

화분 10g을 환류플라스크에 취하여 ethanol 30ml를 가하고 10% pyrogallol ethanol 1ml를 가하여 산화를 방지하과 KOH용액 3ml를 가하

여 환류냉각기를 부착하여 비등수욕 중에서 30분 동안 환류 검화시킨다. 흐르는 물로 냉각시킨 후 실온에서 물 30ml를 가하여 분액깔대기에 옮긴다. 플라스크는 물 10ml, 석유 ether 30ml로 세척하여 씻은 액을 분액깔대기에 옮기고 잘 진탕 혼합하고 방치하여 석유 ether층을 분액깔대기에 옮기고, 이 조작을 2회 더 한 후 중성이 될 때 까지 물로 수세하여 물을 충분히 분리한 후 무수 Na_2SO_4 로 탈수하여 석유에테르층을 갈색플라스크에 옮긴다. 잔존하는 황산나트륨은 다시 석유에테르 10ml씩으로 2회 씻고, 씻은 액은 모두 플라스크에 합한다음 40~45℃에서 감압건조한 후 잔류물은 헥산 1.0ml를 가하여 녹여 이를 시험용액으로 하였다.

※ 시험조작

가) 고속 액체 크로마토그래피 조건

- 칼 럼 : 순상형 칼럼
- 이동상 : 헥산 · 이소프로판올(98 : 2)
- 유 속 : 0.5ml/분
- 검출기 : 형광 검출기 (여기파장 298nm, 측정파장 325nm)

나) 정량시험

시험용액 1.0ml에 토코페롤표준용액 1.0ml을 가해 (S) 이의 10 μ l를 고속 액체 크로마토그래프에 주입하여 얻은 토코페롤동족체의 피크 넓이 또는 높이 (P_{toc}) 및 토코페롤의 피크 넓이 또는 높이(P_{int})를 구한다. 또한 토코페롤동족체 각각에 대하여 각 토코페롤 표준용액 1.0ml를 취해 이에 토코페롤 표준용액 1.0ml를 가해 이의 10 μ l를 고속 액체 크로마토그래프에 주입하여 얻은 각 토코페롤 동족체의 피크 넓이 또는 높이 (P_{st-toc})와 토코페롤의 피크 넓이 또는 높이(P_{st-toc})를 구하고 이들의 중량(mg)에서 토코페롤 동족체의 토코페롤에 대한 환산계수(F)를 구한다. 검체중 토코페롤 동족체의 함량(mg/100g)은 다음 계산식에서 구

하였다.

다) 일반시료의 경우

$$\# \text{ 토코페롤동족체의 양 (mg/100g)} = S \times P_{\text{toc}}/P_{\text{int}} \times F \times 100/W$$

S : 시험용액에 함유된 토코페롤의 함량(mg)

$$S : V \times C$$

V : 시료에 첨가한 토코페롤표준용액의 양(ml)

C : 시료에 첨가한 토코페롤표준용액의 농도(mg/ml)

P_{toc} : 시험용액중 토코페롤동족체 피크의 넓이 또는 높이

P_{int} : 시험용액중 토코페롤 피크의 넓이 또는 높이

F : 환산계수

$$\# \text{ fa-} = C_{\text{st-5toc}}/C_{\text{st-int}} \times P_{\text{st-int}}/P_{\text{st-toc}}$$

$C_{\text{st-toc}}$: 표준용액중 토코페롤 동족체의 농도

$P_{\text{st-toc}}$: 표준용액중 토코페롤동족체 피크의 넓이 또는 높이

$C_{\text{st-int}}$: 표준용액중 토코페롤의 농도

$P_{\text{st-int}}$: 표준용액중 토코페롤 피크의 넓이 또는 높이

W : 화분 채취량(g)

제 3 절 결과 및 고찰

1. 일반성분 함량

소나무속(*Pinus*) 4수종의 일반성분 함량은 Table 1에 나타난 바와 같다. 4수종 화분의 성분을 비교해 보면 수분(10.5%), 조단백질(13.5%), 조지방(3.5%) 그리고 조섬유(8.5%)는 해송(*P. thunbergii*)이, 조회분(2.5%)은 리기다소나무(*P. rigida*)가, 당질(66.1%)은 잣나무(*P. koraiensis*)가 가장 높게 나타났다. 그러나 전반적으로 보면 4수종간 성분 함량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

김재길과 손재형(1991)이 보고한 피자식물(angiosperm) 화분의 일반성분 함량과 비교해 보면 수분(12.5%), 조회분(2.7%), 조단백질(24.2%), 조지방(3.7%)은 낮았으며, 조섬유(2.7%)와 당질(54.0%)은 높아 차이를 나타내었다.

이러한 일반성분 함량의 차이 원인은 이정숙과 이성우(1983), 김재길(1986)이 언급한 것처럼 외적 환경요인 등에 기인할 수도 있지만 나자식물과 피자식물의 서로 다른 분류군의 생리적 특징에 큰 원인이 있을 것으로 생각된다.

한편, 소나무속 4수종은 조회분 함량에 있어서 쌀(0.5%), 밀가루(1.8%), 보리쌀(0.4%)보다 높았으며, 조지방 함량도 쌀(2.1%), 녹두(1.0%), 보리쌀(1.9%)보다 매우 높게 검출되었다(농림수산부, 1976). 또한 단백질과 당질 함량도 일반곡류와 비교해 볼 때 높거나 유사한 함량을 나타내고 있다. 이와 같이 이들 4수종 화분의 일반성분은 곡물화분보다 함량면에서 높게 나타나고 있어 식품으로서 충분한 가치가 있다고 사료된다.

Table 1. Proximate Composition of the pollen of *Pinus densiflora*, *P. thunbergii*, *P. rigida* and *P. koraiensis* (unit; %)

Pollen	Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Carbohydrate
<i>P. densiflora</i>	9.8	2.3	11.9	2.9	7.7	65.4
<i>P. thunbergii</i>	10.5	2.2	13.5	3.5	8.5	61.8
<i>P. rigida</i>	9.9	2.5	13.1	2.9	7.5	64.1
<i>P. koraiensis</i>	9.8	2.1	11.1	2.8	8.1	66.1

2. 아미노산 함량

Table 2와 Fig. 1, 2, 3, 4, 5에 나타난 바와 같이 소나무속 4수종 화분에는 각각 총 18종의 아미노산이 포함된 것으로 확인되었으며, 그중 aspartic acid, glutamic acid, glycine, leucine, tryptophan 등이 높은 함량을 나타냈으며, 특히 10종의 필수 아미노산을 포함하고 있어 영양원으로서 가치가 높은 것으로 판단된다.

4수종간 화분의 아미노산 함량을 비교해 보면 리기다소나무(*Pinus rigida*)는 arginine, aspartic acid, cysteine, glutamin acid, lysine, methionine, tyrosine, tryptophan 8종류, 해송(*P. thunbergii*)은 alanine, glycine, isoleucine, leucine, phenylalanine, proline, valine 6종류, 소나무(*P. rigida*)는 histidine, serine, threonine 3종류의 아미노산에서 가장 높게 검출되었다. 반면 잣나무(*P. koraiensis*)는 18종류의 모든 아미노산에서 가장 낮게 검출되었다. 한편, 잣나무의 경우에는 반복 실험을 수행하였으나 전반적으로 성분의 함량이 매우 낮게 검출되었는데, 이것은 잣나무의 분류학적 위치가 잣나무아속(*Haploxylyon*; soft pines)인데 반해 나머지 3수종은 소나무아속(*Diploxylyon*; hard pines)에 속하기 때문이 아닌가 사료된다.

본 연구 결과를 김재길과 손재형(1991)이 보고한 피자식물 화분의 아미노산 함량과 비교해 보면 lysine(4.46mg)을 제외한 모든 아미노산에서 낮게 검출되었다. 또한 김재길(1986)이 보고한 피자식물 화분 자료와 비교해 볼 때도 histidine(2.70mg), methionine(1.92mg)을 제외한 모든 아미노산에서 낮게 검출되었다. 즉, 나자식물(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무 등)과 피자식물 화분이 분류군에 따라 화학적 성분 함량에 차이가 있는 것으로 생각된다.

Table 2. Amino acid content of the pollen of *Pinus densiflora*, *P. thunbergii*, *P. rigida* and *P. koraiensis*

Amino Acids	Amount(nmol/mL)			
	<i>P. densiflora</i>	<i>P. thunbergii</i>	<i>P. rigida</i>	<i>P. koraiensis</i>
Alanine	142.96	201.78	146.27	77.86
Arginine *	71.04	86.93	103.78	49.95
Aspartic acid	153.51	139.76	154.08	60.96
Cysteine	4.45	2.18	4.86	0.65
Glutamic acid	169.60	185.30	209.85	95.71
Glycine	140.72	154.28	143.87	62.14
Histidine *	38.14	32.60	35.83	10.89
Isoleucine *	81.75	90.21	76.72	30.00
Leucine *	135.37	154.48	123.83	57.98
Lysine *	94.13	98.51	103.97	54.17
Methionine *	31.50	23.18	33.25	8.39
Phenylalanine *	63.29	63.64	57.44	23.98
Proline	88.51	117.47	111.71	97.96
Serine	115.31	38.47	105.70	21.41
Threonine *	87.63	51.24	81.69	25.97
Tyrosine	29.30	23.76	29.59	9.60
Tryptophan *	406.65	416.93	481.45	50.01
Valine *	111.03	132.32	105.68	47.05

* Essential amino acid

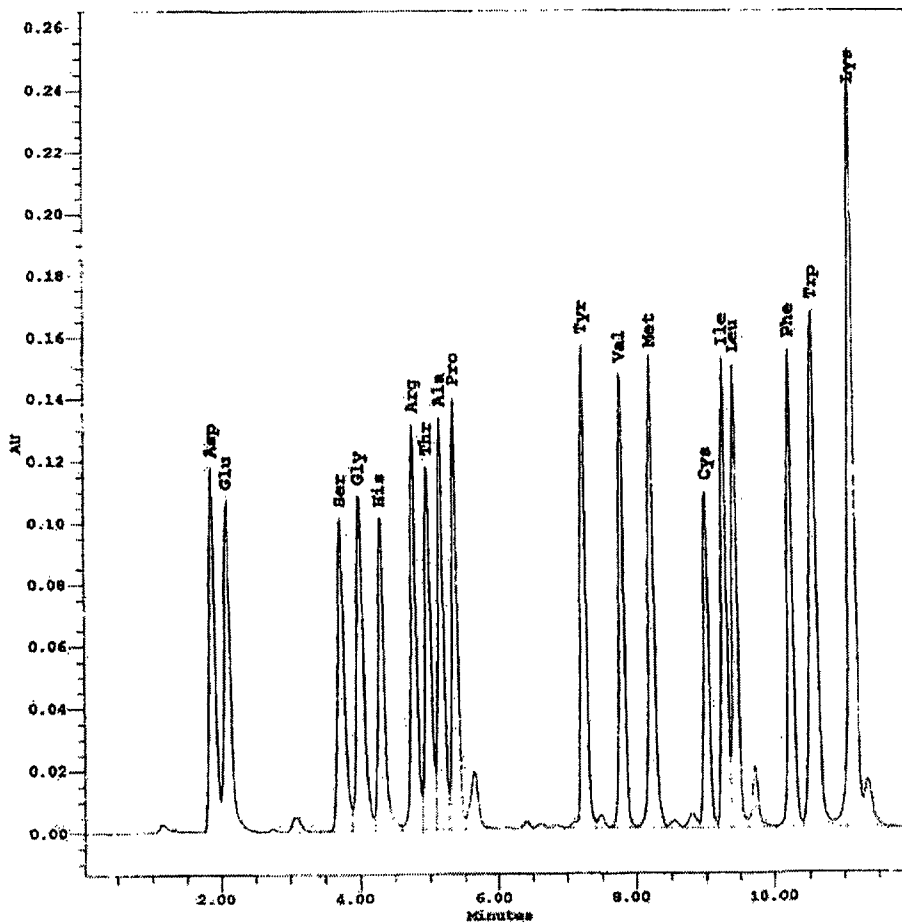


Fig. 1. Separation of hydrolyzate amino acid standard.

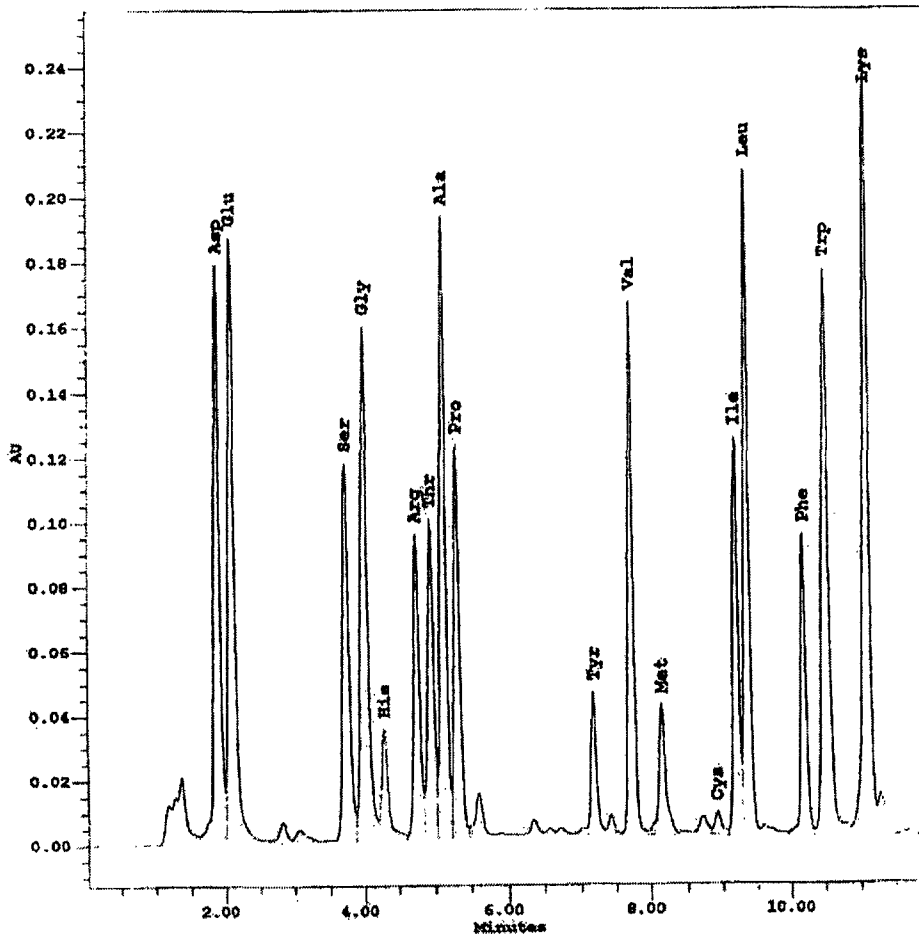


Fig. 2. Separation of hydrolyzate amino acid of *Pinus densiflora* pollen.

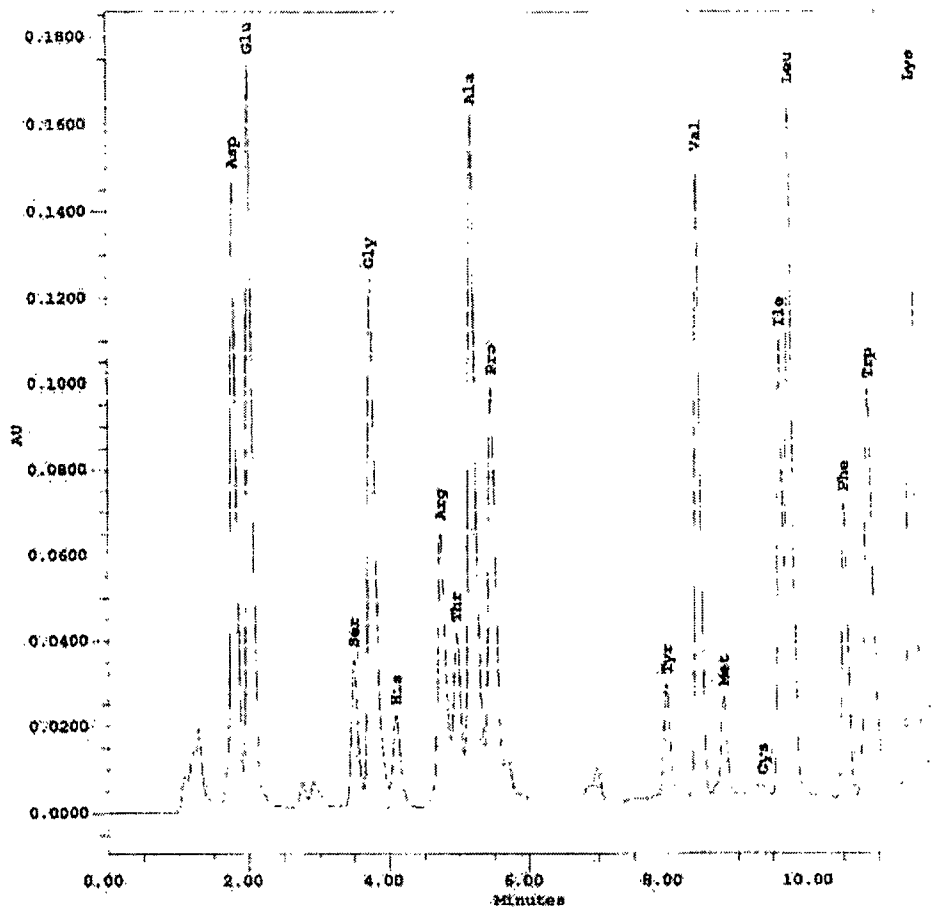


Fig. 3. Separation of hydrolyzate amino acid of *Pinus thunbergii* pollen.

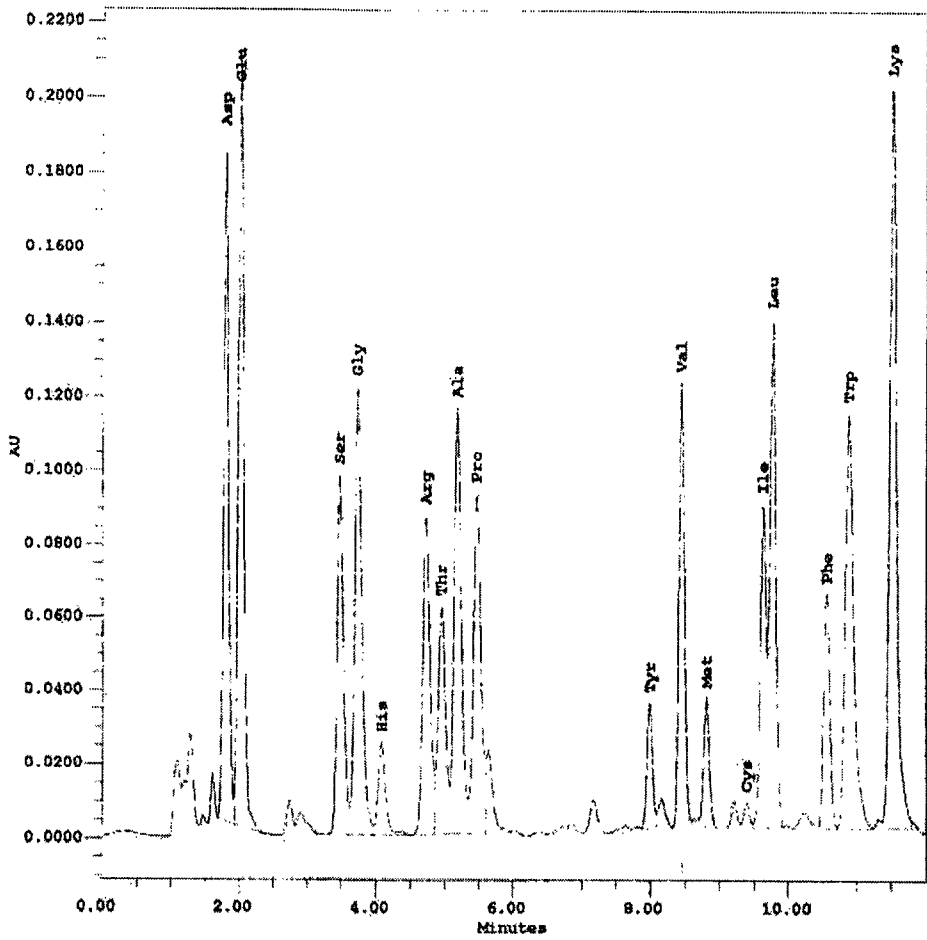


Fig. 4. Separation of hydrolyzate amino acid of *Pinus rigida* pollen.

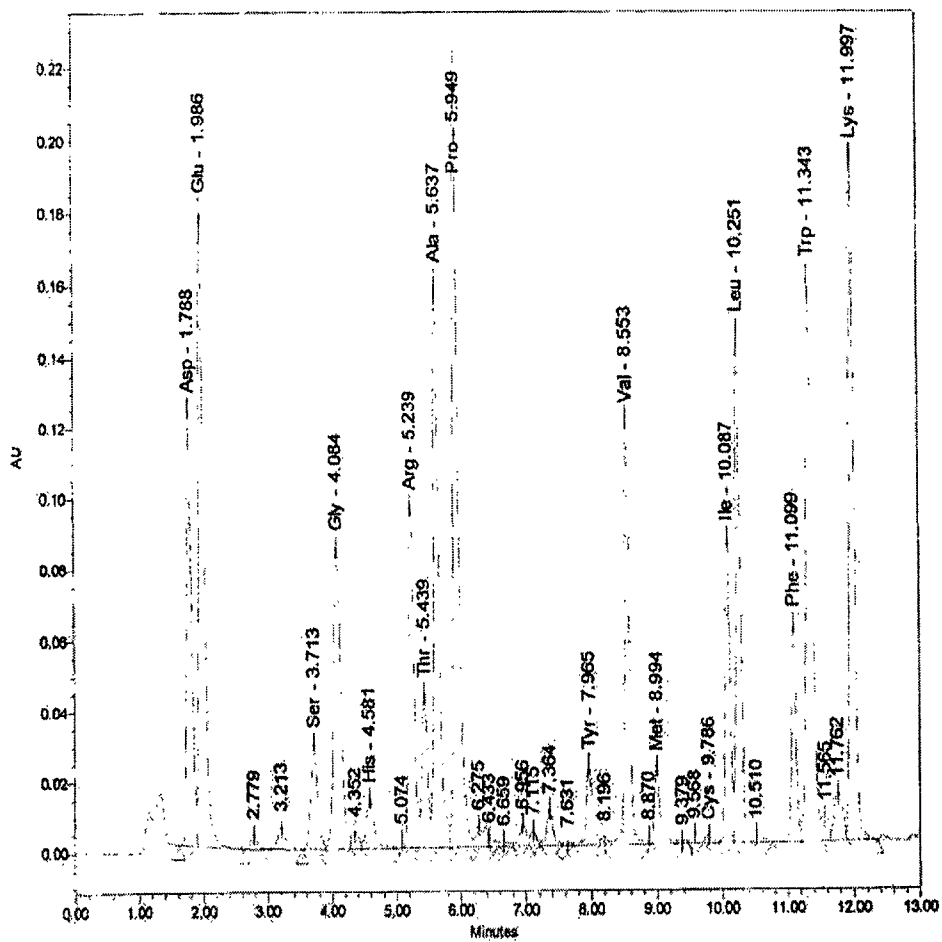


Fig. 5. Separation of hydrolyzate amino acid of *Pinus koraiensis* pollen.

3. 비타민 함량

Table 3에 나타난 바와 같이 소나무속 4수종 화분의 비타민 함량은 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 리기다소나무는 비타민 B₁(10.1mg)과 A(8.7mg), 소나무(적송)은 비타민 B₂(19.2mg), 해송(곰솔)은 비타민 C(35.3mg) 그리고 잣나무는 비타민 E(2.5mg)가 가장 높은 값을 보이고 있으나, 큰 차이는 없었다. 특히 이들 화분은 비타민 C가 매우 풍부하여 화분 건강식품으로서 가치가 높을 것으로 판단된다.

한편, 김혜자(1992)가 보고한 소나무와 리기다소나무 화분의 분석 결과를 본 결과와 비교해 보면, 비타민 B₁(각각 1.2mg, 1.6mg), B₂(1.0mg, 1.7mg), C(1.6mg, 0.8mg)의 경우는 매우 높게 검출되었지만, 비타민 C(각각 68.9mg, 77.1mg)는 매우 낮게 검출되었다.

Table 3. Vitamin contents of the pollen of *Pinus densiflora*, *P. thunbergii*, *P. rigida*, *P. koraiensis*

(unit; mg/100g)

Vitamin	<i>P. densiflora</i>	<i>P. thunbergii</i>	<i>P. rigida</i>	<i>P. koraisensis</i>
Vitamin B ₁	8.7	9.4	10.1	9.7
Vitamin B ₂	19.2	15.7	15.9	14.5
Vitamin C	31.5	35.3	32.9	34.2
Vitamin A	7.9	8.5	8.7	7.9
Vitamin E	2.0	1.8	1.9	2.5

제 4 절 결 론

소나무속의 소나무, 해송, 리기다소나무 및 잣나무 4수종 화분에 대하여 화학적 성분을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 소나무속 화분의 일반 성분(수분, 조회분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 당질) 함량은 일반곡류보다 높게 나타났다.
- 2) 소나무속 화분에서 18종의 아미노산이 확인되었으며, 특히 10종의 필수 아미노산을 포함하고 있어 영양원으로서 가치가 높은 것으로 나타났다.
- 3) 소나무속 화분은 비타민 C가 풍부하여 화분 건강제품으로써 가치가 높을 것으로 판단된다.
- 4) 소나무속 화분은 일반성분, 아미노산 그리고 비타민 등의 함량을 고려할 때 건강식품으로 이용될 만큼 영양학적 가치가 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

- 김재길, 손재형. 1990. 화분립 파쇄에 따른 이화학적 성분조성의 변화. 한국양봉학회지 6(2):71-75.
- 김재길, 손재형. 1991. 화분립 파쇄에 따른 아미노산 조성의 변화. 한국양봉학회지 5(1):23-30.
- 김재길. 1986. 화분화의 화학적 조성 및 아미노산 함량. 한국양봉학회지 1(2):91-96.
- 김혜자. 1992. 적송 화분과 리기다송 화분의 성분 조성에 관한 연구 -일반성분, 무기질, 중금속, 비타민, 유리당의 함량-. 한국영양식량학회지

21(2): 201-206.

농림수산부. 1976. 식품수급표. FAO 한국협회. pp1-90.

보건사회부. 1994. 식품공전.

유영수. 1988. 동의보감에 나타나는 꽃가루(화분)의 효능에 관한 고찰. 한국양
봉학회지 3(1):26-47.

이정숙, 이성우. 1983. 송화와 송엽의 성장에 따른 영양성분의 변화에 관한 연
구. 한양대학교 생활과학회지. pp135-141.

한국식품연감. 1997. 농수축산신문. pp624-635.

허준. 1610. 동의보감.

Binding, G.J. 1980. About pollen-health food and healing agent. Thorsons
Publishing Limited. pp150.

Cojmerac, W.L. 1983. Bees, bee keeping, honey and pollination, 2nd ed. AVI
Publishing Company. INC Westport Connecticut. pp59-61.

Echigo, T. 1971. Studies on relationship of chemical component in honey,
nectar and pollen. Bull. Fac. Agr. Tamagawa Univ. pp37.

Karizo, M. 1989. Ash and material content of some forest tree species.
Lesnictvi 34(9):837-843.

Kim, H.J. 1992. A study on the constitution of the pollen of *Pinus
densiflora* S. et Z. and *Pinus rigida* Mill. J. Korean Soc. Food
Nutri 21: 201-206.

Kim, S. J., Y.G. Lee, J.H. Bin and K. C. Bae. 1991. Comparison of Quality
of natural pollen and processed pollen. Kor. J. Food. Hygiene 6:
41-48.

Melita, S.K. and T. Melita. 1987. Vitamin D and its metabolites in the
pollen of pine. Phamazia 42:471.

- Tyler, V.E., L.R. Brady and J.E. Robbers. 1981. Pharmacogenosy, 8th ed.,
Lee and Febiger, Philadelphia. pp426-448.
- Vivino, A.E. and L.S. Palmer. 1944. The chemical composition nutritional
value of pollen collected by bees. Arch. Biochem. 4:129-136.
- Wojcicki, J., L. Samochowiec, B. Bartlowicz, A. Hinek, M. Jaworska and B.
Gawronskalarz.1986. Effect of pollen extract on the development of
experimental atherosclerosis in rabbits. Atherosclerosis 62:39.

제 3 장

소나무속 화분 파쇄 및 형태에 관한 연구

세부연구책임자 : 김 계 환
연 구 원 : 서 병 수
연 구 보 조 원 : 최 태 기
성 은 숙
김 상 용
조 성 종
박 준 모
황 영 희
임 성 진

제 1 절 서 언

화분(pollen)은 이용 가치가 높은 식품화 가능한 영양물질이지만 화분 껍질은 외표벽(exine)과 내표벽(intine)으로 구성되어 있으며, exine은 sporopollenin으로 되어 있어(Erdtman, 1952; Faegri and Iversen, 1975) 대부분의 동물, 곤충, 그리고 꿀벌 등이 분해하지 못하는 물질인 것으로 밝혀졌으나, 국내에서는 화분 표벽을 제거하여야 한다는 주장(김정우 등, 1984; 김병각 등, 1988; 김성준 등, 1991)과 소화율에 큰 지장이 없다는 주장(유영수, 1988; 김재길과 손재형, 1991)이 대립적인 견해를 가지고 있다.

일본 식품분석센터(1984)의 “화분 소화율에 관한 실험”에 의하면 완전 파쇄한 화분과 파쇄하지 않은 화분의 소화율이 각각 94.7%와 94.6%인 것으로 나타나 화분 껍질 파쇄 여부가 소화율에는 큰 영향이 미치지 않는다는 사실을 입증해 주고 있다. 현재 국내에서 논란의 대상이 되고 있는 화분 껍질 소화 흡수율에 대한 연구로, 피자식물(다래, 벚꽃, 붉나무, 옥수수, 싸리 등)은 화분 껍질의 파쇄 여부에 따라서는 소화 흡수율에 차이가 없는 것으로 보고된 바 있으나(김재길과 손재형, 1990), 밀원에 따른 모든 수종(예를 들어 풍매화의 나자 식물)의 화분 껍질 파쇄 여부 및 소화 흡수율에 관한 결론은 미흡한 실정으로 이에 대한 연구가 필요하였다.

소나무류(*Pinus* spp.)의 화분 형태는 기낭(air bladders)을 가지고 있고, 화분립의 크기, 발아구(aperture) 및 표면무늬(sculpture pattern)의 형태가 다양하여 많은 연구가 진행되어 왔다(Ikuse, 1954; Bell, 1959; Mirov, 1967; 김계환과 이상태, 1978; Kramer and Green, 1989; 소주엽 등, 1994). 그러나, 몸체(body)와 기낭의 표면무늬 형태에 있어서는 이견을 보이고 있어(Woodhouse, 1935; Klaus, 1978; 이연희, 1979; 이상태, 1983), 광학현미경(LM)과 주사형전자현미경(SEM)을 이용하여 보다 정확한 조사가 필요하였다.

따라서, 본 세부과제에서는 우리 나라 전역에 널리 분포하는 소나무속 4수종(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무)의 화분에 대하여 화분 파쇄 최적 조건 구명 및 외부형태학적 특징 등을 조사하여 화분 건강식품으로 활용할 수 있는 기초자료를 얻고자 시도되었다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 재 료

본 실험에 사용한 재료는 소나무속(*Pinus* L.) 4수종의 화분(pollen)으로 전국 각지에서 채취하여 사용하였다(Table 1).

Table 1. Pollen collection year and date of some *Pinus* L. spp.

Scientific name	Common name	Date
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	소나무(적송)	May 6~17, 1997
<i>P. thunbergii</i> Parl.	해송(곰솔)	April 27~May 27, 1998
<i>P. rigida</i> Mill.	리기다소나무	May 1~31, 1999
<i>P. koraiensis</i> S. et Z.	잣나무	May 1~31, 1999

2. 방 법

가. 화분 파쇄 최적 조건 시험

1) 화분 파쇄 방법

Overhead Stirrer(WHEATON)를 사용하여 먼저 화분(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무) 0.1g을 각각 Grinding Chamber에 넣은 후 직경 6mm Teflon

Pestles를 이용하여 Table 2 에 나타난 바와 같이 화분 건조온도, 건조시간, 파쇄속도 및 파쇄시간을 다르게하여 총 165개의 처리구를 만들어 파쇄하였다.

2) 화분 파쇄율 조사

파쇄된 165개의 처리구(Table 2) 화분을 slide 표본으로 제작하여 광학현미경(Olympus BH)에서 400~900 배율로 관찰하고 파쇄율을 조사하여 각각 4수종 화분의 파쇄 최적 조건을 구명하였다.

나. 외부형태학적 특징 조사

1) 광학현미경(LM) 관찰

가) 표본제작

성숙한 화분을 채취하여 Erdtman 방법에 대한 Livingstone의 변법(김계환, 1982)으로 초산분해하여, glycerine jelly에 매몰시킨 후 영구표본을 제작하였으며, 사용된 초산분해 과정은 다음과 같다.

- (1) 초산분해 혼합물(acetic acid : sulfuric acid = 9 : 1)을 재료가 든 원심분리관에 붓는다.
- (2) 재료가 든 원심분리관을 전기수욕조 안에 넣고 10분간 끓인 다음 수분간 냉각 후 2,000~3,000rpm으로 5분간 원심분리시켜 상등액을 따라낸다.
- (3) 증류수를 부어 원심분리시킨 후 상등액을 따라낸다.
- (4) 증류수를 다시 부어 잘 저은 후 고운 copper sieve(0.14mm)로 여과시킨다.
- (5) 여과된 재료에 다시 증류수를 부은 다음 2,000~3,000rpm으로 5분간 원심분리시켜 상등액을 따라낸다.

Table 2. Various pulverization conditions of *Pinus densiflora*, *P. thunbergii*, *P. rigida* and *P. koraiensis* pollen by Overhead Stirrer

Materials (pollen)	①Pollen dry temp. (°C)	②Pollen dry time (min.)	③Pulverization speed (rpm)	④Pulverization time (min.)			
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	Ⓣ non- treatment	ⓁⓂⓂ respectively treatment 30	2,000	10			
				20			
				30			
				40			
			3,000	10			
				20			
				30			
				40			
			4,000	10			
				20			
				30			
				40			
5,000	10						
	20						
	30						
	40						
<i>P. thunbergii</i> (해송)	Ⓣ non- treatment	ⓁⓂⓂ respectively treatment	2,000	10			
				20			
				30			
				40			
			3,000	10			
				20			
				30			
				40			
			<i>P. rigida</i> (리기다소나무)	Ⓛ 20 Ⓜ 30 Ⓜ 40	40	4,000	10
							20
							30
							40
<i>P. koraiensis</i> (잣나무)	Ⓜ 40	ⓁⓂⓂ respectively treatment 50				5,000	10
							20
							30
							40
						2,000	10
							20
							30
							40
			3,000	10			
				20			
				30			
				40			
4,000	10						
	20						
	30						
	40						
5,000	10						
	20						
	30						
	40						
				50			

(6) Glycerine과 증류수(1 : 1)의 혼합액을 넣어 저은 다음 2,000~3,000rpm으로 10분간 원심분리시켜 상등액을 따라낸다.

(7) 원심분리관을 1시간 이상 거꾸로 세워 놓은 후 원심분리관에 묻어 있는 화분을 긁어 모아 glycerine jelly에 매몰한다.

나) 검 경

제작된 영구표본은 광학현미경(Olympus BH)을 사용하여 검경하였다.

다) 측정립 수

수종당(4수종) 화분 180립씩, 총 720립을 각각 측정하였다.

라) 측정내용

- (1) 몸체(body)의 길이(PL1) (2) 몸체의 폭(PW1)
- (3) 전체 화분립의 길이(PL2) (4) 전체 화분립의 폭(PW2)
- (5) 기낭(air bladder)의 길이(BL) (6) 기낭의 폭(BW)
- (7) 표벽두께(EW)
- (8) 몸체 길이와 전체 화분립 길이와의 비율(PL1/PL2)
- (9) 몸체 폭과 전체 화분립 폭과의 비율(PW1/PW2)
- (10) 기낭의 길이와 전체 화분립 길이와의 비율(BL/PL2)
- (11) 기낭의 폭과 전체 화분립 폭과의 비율(BW/PW2)

2) 주사형전자현미경(SEM) 관찰

가) 표본제작

화분의 초산분해 과정을 거친 후의 처리 순서는 다음과 같다.

- (1) Tube에 50% alcohol을 8ml 넣고 5분간 원심분리시킨 후 상등액을 따라낸다.
- (2) Tube에 99.9% alcohol을 8ml 넣고 5분간 원심분리시킨 후 상등액을 따라낸다.
- (3) 다시 tube에 99.9% alcohol을 8ml 넣고 5분간 원심분리시킨 후 상등액을 따라낸다.
- (4) 75% alcohol을 tube에 넣어 보관하여 주사형 전자현미경 관찰용 재료로 사용한다.
- (5) 관찰용 재료를 ion-sputtering으로 표면에 5분간 gold coating(두께 100~200 Å, 5mA) 한 다음 화분립을 관찰한다.

나) 검 경

주사형전자현미경(ISI JSM - T 330A)을 사용하여 검경하였다.

다) 관찰내용

- | | |
|--------------|--------------|
| (1) 적도면 입상 | (2) 극면 입상 |
| (3) 몸체의 표면무늬 | (4) 기낭의 표면무늬 |

3) 상관 분석

화분 형태 7가지 parameters 조합간에 상관관계를 조사하기 위하여 SAS Version 6.04(SAS Institute, Cary, NC)를 이용하여 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 화분 파쇄 조건

165개의 처리구를 만들어 Overhead stirrer을 사용하여 소나무(적송), 해송(곰솔), 리기다소나무, 잣나무의 4수종 화분을 파쇄한 후 광학현미경으로 파쇄율을 조사한 결과 Table 3, Plate I, IV, VII, X에 나타난 바와 같다. Table 3에서 보는 바와 같이 화분 건조온도와 건조시간은 파쇄율에 큰 영향을 주지 않았던 바 화분 건조온도와 건조시간에 따른 파쇄율은 생략하고 중요한 결과 data만을 표시하였다. 반면 화분 파쇄속도(rpm)와 파쇄시간(분)의 정도에 따라 파쇄율이 점차 높아지는 것을 확인할 수 있었다(Table 3).

가. 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

화분립을 2,000rpm의 속도로 10분간 grinding한 결과 5%에 불과한 파쇄율이었으나, 같은 속도로 40분간 grinding한 결과 51%의 파쇄율을 나타내 파쇄시간이 증가함에 따라 파쇄율이 높아짐을 알 수 있었다. 또한, 2,000rpm의 속도로 30분간 grinding한 결과 파쇄율이 26%에 불과하였지만 4,000rpm의 속도로 같은 시간(30분) grinding한 결과 84%의 파쇄율을 나타내 파쇄속도가 파쇄율에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다.

본 연구 결과 5,000rpm의 속도로 40분간 grinding한 결과 파쇄율이 100%로 나타나 소나무 화분의 파쇄 최적 조건임을 나타냈다.

나. 해송(*P. thunbergii* Parl.)

화분립을 3,000rpm의 속도로 10분간 grinding한 결과 10%에 불과한 파쇄율이었으나, 같은 속도로 40분간 grinding한 결과 68%의 파쇄율을 나타내 파쇄

시간이 증가함에 따라 파쇄율이 높아짐을 알 수 있었다. 또한, 2,000rpm의 속도로 40분간 grinding한 결과 파쇄율이 46%에 불과하였지만 4,000rpm의 2배 속도로 같은 시간(40분) grinding한 결과 82%의 파쇄율을 나타내 파쇄속도가 파쇄율에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다.

본 연구 결과 5,000rpm의 속도로 50분간 grinding한 결과 파쇄율이 100%로 나타나 해송 화분의 파쇄 최적 조건임을 나타냈다.

다. 리기다소나무(*P. rigida* Mill.)

화분립을 2,000rpm의 속도로 20분간 grinding한 결과 8%에 불과한 파쇄율이었으나, 같은 속도로 40분간 grinding한 결과 40%의 파쇄율을 나타내 파쇄 시간이 증가함에 따라 파쇄율이 높아짐을 알 수 있었다. 또한, 3,000rpm의 속도로 30분간 grinding한 결과 파쇄율이 50%에 불과하였지만 4,000rpm의 속도로 같은 시간(30분) grinding한 결과 75%의 파쇄율을 나타내 파쇄속도가 파쇄율에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다.

본 연구 결과 5,000rpm의 속도로 50분간 grinding한 결과 파쇄율이 100%로 나타나 리기다소나무 화분의 파쇄 최적 조건임을 나타냈다.

라. 잣나무(*P. koraiensis* S. et Z.)

화분립을 3,000rpm의 속도로 20분간 grinding한 결과 30%에 불과한 파쇄율이었으나, 같은 속도로 40분간 grinding한 결과 78%의 파쇄율을 나타내 파쇄 시간이 증가함에 따라 파쇄율이 높아짐을 알 수 있었다. 또한, 2,000rpm의 속도로 30분간 grinding한 결과 파쇄율이 28%에 불과하였지만 5,000rpm의 속도로 같은 시간(30분) grinding한 결과 95%의 파쇄율을 나타내 파쇄속도가 파쇄율에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다.

본 연구 결과 5,000rpm의 속도로 40분간 grinding한 결과 파쇄율이 100%로

나타나 잣나무 화분의 파쇄 최적 조건임을 나타냈다.

이상의 소나무속 4수종의 화분 파쇄율을 비교해 보면 Table 3에서 보는 바와 같이 같은 파쇄 조건하에서도 수종마다 파쇄율이 다르게 나타났다. 예를 들어, 2,000rpm의 속도로 10분간 파쇄했을 때는 파쇄율이 모두 4~5%에 불과하였으나, 같은 속도로 30분간 파쇄했을 때는 잣나무 28%, 소나무 26%, 해송 20% 그리고 리기다소나무 18%로서 약간씩 차이가 있었다. 또한, 4,000rpm으로 40분간 파쇄했을 때는 리기다소나무가 파쇄율이 80%인 반면 잣나무는 92%로서 상당한 차이를 보였다. 즉, 화분 파쇄율은 같은 파쇄조건하에서 수종마다 다르게 조사되었는데, 그중 잣나무가 가장 높았고, 다음으로 소나무, 해송, 리기다소나무의 순이었다.

이러한 파쇄율의 차이는 여러 원인이 있겠지만, 본 연구의 화분 외부형태학적 조사 결과 화분의 평균 표벽두께(exine thickness)가 잣나무가 $2.39\mu\text{m}$ 로서 가장 얇고, 다음으로 소나무($2.70\mu\text{m}$), 해송($2.88\mu\text{m}$), 리기다소나무($2.97\mu\text{m}$)의 순으로 두꺼웠다(Table 4, 5, 6, 7). 즉, 화분 표벽두께가 얇을수록 화분 파쇄율이 높아지는 경향이었던 바 화분의 표벽두께가 화분 파쇄율에 많은 영향을 주는 것이 아닌가 사료된다.

Table 3. Pulverized rates of the pollen of *Pinus densiflora*, *P. thunbergii*,
P. rigida and *P. koraiensis* pollen by Overhead Stirrer

Pollen dry temp. (°C)	Pollen dry time (min.)	Pulverization speed (rpm)	Pulverization time (min.)	Pollen pulverized rate(%)			
				DEN	THU	RIG	KOR
⊖ non- treatment	⊖ 20	2,000	10	5	4	4	5
			20	11	9	8	12
			30	26	20	18	28
			40	51	46	40	52
	⊖ 30	3,000	10	12	10	10	13
			20	29	23	21	30
			30	62	52	50	65
			40	75	68	65	78
	⊖ 40	4,000	10	20	18	15	22
			20	67	65	63	70
			30	84	76	75	85
			40	91	82	80	92
⊖ 50	5,000	10	32	23	20	35	
		20	80	71	68	83	
		30	93	87	85	95	
		40	100	94	93	100	
		50	-	100	100	-	

Notes; DEN = *Pinus densiflora*

THU = *P. thunbergii*

RIG = *P. rigida*

KOR = *P. koraiensis*

2. 화분 외부형태학적 특징

가. 화분립의 형태

조사된 소나무속 4수종의 화분립은 모두 몸체(body)와 2개의 기낭(air bladders)으로 구성되어 있다. 몸체는 좌우상칭으로 극쪽에서 보면 원형~타원형, 기낭은 늘린 타원형~반원형이며, 크기나 부착각도 모양이 수종에 따라 다양하였다(Plate II, III, V, VI, VIII, IX, XI, XII).

화분립(pollen grain)의 크기에 있어서는 가장 큰 몸체와 기낭을 가진 것은 리기다소나무(*Pinus rigida*)로서 나머지 소나무, 해송, 잣나무에 비해 매우 크게 나타났으며 나머지 수종들은 거의 차이가 없었다. 예를 들어, 기낭을 포함한 전체 화분립의 길이(PL2)가 리기다소나무의 경우 평균 $81.44\mu\text{m}$ 인 반면 해송(*P. thunbergii*)은 평균 $66.56\mu\text{m}$, 소나무(*P. densiflora*)는 평균 $66.46\mu\text{m}$, 잣나무(*P. koraiensis*)는 평균 $65.26\mu\text{m}$ 로서 리기다소나무에 비해 매우 작게 나타났다. 표벽두께(exine thickness)는 리기다소나무가 평균 $2.97\mu\text{m}$ 로서 가장 두꺼웠고, 잣나무는 $2.39\mu\text{m}$ 로서 가장 얇게 나타났는데, 앞에서 언급한 것처럼 이것은 화분 파쇄율에 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다(Table 4~7).

화분립의 적도면 입상(equatorial view; P/E 비)은 4수종 모두 장구형(prolate)이며, 극면입상(polar view)은 장타원형(oblong)이다. 몸체의 표면무늬(sculpture pattern)는 모두 과립상(verrucate)이며, 기낭의 표면무늬는 광학현미경(LM) 관찰시에서는 망상(reticulate)으로 보였지만 주사형전자현미경(SEM)으로 관찰시에는 난선상(rugulate) 또는 유공상(foveolate) 등으로 나타났다(Table 4~7, Plate II, III, V, VI, VIII, IX, XI, XII)..

1) 소나무(적송; *Pinus densiflora*)

소나무 화분립의 형태와 관찰 결과는 Table 4와 Plate II, III에 요약되어

있다. 화분립은 2개의 기낭(air bladders)을 가지고 있으며, 기낭을 포함한 전체 화분립의 크기(PL2) 길이가 57.66~93.00(평균 66.46) μm , 폭(PW2)은 37.20~55.80(평균 45.67) μm 이다. 몸체(body)의 크기(PL1)는 길이가 35.34~55.80(평균 42.53) μm , 폭(PW1)은 35.34~52.08(평균 39.96) μm 이며, 기낭의 크기는 길이(BL)가 29.76~53.94(평균 36.80) μm , 폭(BW)은 24.18~37.20(평균 30.17) μm 이다.

화분립의 적도면 입상(equatorial view; P/E 비)은 1.24~2.00(평균 1.46)로 장구형(prolate)이며, 극면입상(polar view)은 장타원형(oblong)이다. 몸체의 표면무늬(sculpture pattern)는 과립상(verrucate), 기낭의 표면무늬는 광학현미경(LM) 관찰시에서는 망상(reticulate)으로 보였지만 주사형전자현미경(SEM)으로 관찰시에는 난선상(rugulate) 또는 유공상(foveolate)으로 나타났다. 표벽두께(exine thickness)는 2.23~3.91(평균 2.70) μm 로서 외표벽(ektexine)이 내표벽(endexine)보다 약간 두꺼웠다. 또한, 화분립의 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 전체 화분립의 폭(PW2)과의 비율이 0.87로 다른 parameter들 간의 비율들에 비해 가장 많은 차이를 보였다.

2) 해송(곰솔; *Pinus thunbergii*)

해송 화분립의 형태와 관찰 결과는 Table 5와 Plate V, VI에 요약되어 있다. 화분립은 2개의 기낭(air bladders)을 가지고 있으며, 기낭을 포함한 전체 화분립의 크기(PL2) 길이가 65.10~70.22(평균 66.56) μm , 폭(PW2)은 43.62~50.03(평균 46.30) μm 이다. 몸체(body)의 크기(PL1)는 길이가 41.94~46.13(평균 43.18) μm , 폭(PW1)은 39.34~50.27(평균 41.22) μm 이며, 기낭의 크기는 길이(BL)가 36.64~39.89(평균 37.76) μm , 폭(BW)은 30.59~33.20(평균 31.53) μm 이다.

화분립의 적도면 입상(equatorial view; P/E 비)은 1.40~1.52(평균 1.44)로 장구형(prolate)이며, 극면입상(polar view)은 장타원형(oblong)이다. 몸체의 표면무늬(sculpture pattern)는 과립상(verrucate), 기낭의 표면무늬는 광학현미경

(LM) 관찰시에서는 망상(reticulate)으로 보였지만 주사형전자현미경(SEM)으로 관찰시에는 난선상(rugulate) 또는 유공상(foveolate)으로 나타났다. 표벽두께(exine thickness)는 2.72~2.99(평균 2.88) μm 로서 외표벽(ektexine)이 내표벽(endexine)보다 약간 두꺼웠다. 또한, 화분립의 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 전체 화분립의 폭(PW2)과의 비율이 0.89로 다른 parameter들 간의 비율들에 비해 가장 많은 차이를 보였다.

3) 리기다소나무(*Pinus rigida*)

리기다소나무 화분립의 형태와 관찰 결과는 Table 6과 Plate VIII, IX에 요약되어 있다. 화분립은 2개의 기낭(air bladders)을 가지고 있으며, 기낭을 포함한 전체 화분립의 크기(PL2) 길이가 70.49~85.84(평균 81.44) μm , 폭(PW2)은 51.62~58.96(평균 54.18) μm 이다. 몸체(body)의 크기(PL1)는 길이가 49.20~60.63(평균 52.83) μm , 폭(PW1)은 45.38~52.64(평균 47.83) μm 이며, 기낭의 크기는 길이(BL)가 39.80~50.31(평균 45.18) μm , 폭(BW)은 31.25~38.69(평균 35.29) μm 이다.

화분립의 적도면 입상(equatorial view; P/E 비)은 1.13~1.88(평균 1.51)로 장구형(prolate)이며, 극면입상(polar view)은 장타원형(oblong)이다. 몸체(body)의 표면무늬(sculpture pattern)는 과립상(verrucate), 기낭의 표면무늬는 광학현미경(LM) 관찰시에서는 망상(reticulate)으로 보였지만 주사형전자현미경(SEM)으로 관찰시에는 난선상(rugulate) 또는 유공상(foveolate)으로 나타났다. 표벽두께(exine thickness)는 2.74~3.18(평균 2.97) μm 로서 외표벽(ektexine)이 내표벽(endexine)보다 약간 두꺼웠다. 또한, 화분립의 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 전체 화분립의 폭(PW2)과의 비율이 0.88로 다른 parameter들 간의 비율들에 비해 가장 많은 차이를 보였다.

4) 잣나무(*Pinus koraiensis*)

잣나무 화분립의 형태와 관찰 결과는 Table 7과 Plate XI, XII에 요약되어 있다. 화분립은 2개의 기낭(air bladders)을 가지고 있으며, 기낭을 포함한 전체 화분립의 크기(PL2) 길이가 58.78~76.73(평균 65.26) μm , 폭(PW2)은 43.25~53.10(평균 46.79) μm 이다. 몸체(body)의 크기(PL1)는 길이가 39.34~49.10(평균 43.21) μm , 폭(PW1)은 36.74~46.41(평균 40.48) μm 이며, 기낭의 크기는 길이(BL)가 34.13~44.73(평균 37.92) μm , 폭(BW)은 27.62~33.85(평균 29.59) μm 이다.

화분립의 적도면 입상(equatorial view; P/E 비)은 1.15~1.77(평균 1.40)로 장구형(prolate)이며, 극면입상(polar view)은 장타원형(oblong)이다. 몸체(body)의 표면무늬(sculpture pattern)는 과립상(verrucate), 기낭의 표면무늬는 광학현미경(LM) 관찰시에서는 망상(reticulate)으로 보였지만 주사형전자현미경(SEM)으로 관찰시에는 난선상(rugulate) 또는 유공상(foveolate)으로 나타났다. 표벽두께(exine thickness)는 2.14~2.79(평균 2.39) μm 로서 외표벽(ektexine)이 내표벽(endexine)보다 약간 두꺼웠다. 또한, 화분립의 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 전체 화분립의 폭(PW2)과의 비율이 0.87로 다른 parameter들 간의 비율들에 비해 가장 많은 차이를 보였다.

Table 4. Pollen morphological data of *Pinus densiflora* S. et Z.

Parameters	<i>Pinus densiflora</i>
Pollen body	
pollen body length(μm); PL1	35.34-(42.53)-55.80 ¹ (± 3.27) ²
pollen length including air bladders(μm); PL2	57.66-(66.46)-93.00 (± 4.24)
pollen body width(μm); PW1	35.34-(39.96)-52.08 (± 2.53)
pollen width including air bladders(μm); PW2	37.20-(45.67)-55.80 (± 2.82)
equatorial view(P/E ratio)	prolate, 1.24-(1.46)-2.00 (± 0.11)
polar view	oblong
exine thickness(μm)	2.23-(2.70)-3.91 (± 0.35)
sculpture pattern	verrucate
Air bladders	
air bladders length(μm); BL	29.76-(36.80)-53.94 (± 3.03)
air bladders width(μm); BW	24.18-(30.17)-37.20 (± 1.85)
sculpture pattern	rugulate or foveolate
PL1 / PL2 (rate)	0.64
PW1 / PW2 (rate)	0.87
BL / PL2 (rate)	0.55
BW / PW2 (rate)	0.66

Notes; P = pollen length including air bladders

E = pollen width including air bladders

1 Minimum-(mean)-maximum

2 \pm Standard deviation

Table 5. Pollen morphological data of *Pinus thunbergii* Parl.

Parameters	<i>Pinus thunbergii</i>
Pollen body	
pollen body length(μm); PL1	41.94-(43.18)-46.13 ¹ (± 2.79) ²
pollen length including air bladders(μm); PL2	65.10-(66.56)-70.22 (± 3.40)
pollen body width(μm); PW1	39.34-(41.22)-50.27 (± 2.79)
pollen width including air bladders(μm); PW2	43.62-(46.30)-50.03 (± 2.92)
equatorial view(P/E ratio)	prolate, 1.40-(1.44)-1.52 (± 0.16)
polar view	oblong
exine thickness(μm)	2.72-(2.88)-2.99 (± 0.31)
sculpture pattern	verrucate
Air bladders	
air bladders length(μm); BL	36.64-(37.76)-39.89 (± 2.70)
air bladders width(μm); BW	30.59-(31.53)-33.20 (± 2.31)
sculpture pattern	rugulate or foveolate
PL1 / PL2 (rate)	0.65
PW1 / PW2 (rate)	0.89
BL / PL2 (rate)	0.57
BW / PW2 (rate)	0.68

Notes; P = pollen length including air bladders

E = pollen width including air bladders

1 Minimum-(mean)-maximum

2 \pm Standard deviation

Table 6. Pollen morphological data of *Pinus rigida* Mill.

Parameters	<i>Pinus rigida</i>
Pollen body	
pollen body length(μm); PL1	49.20-(52.83)-60.63 ¹ (± 4.28) ²
pollen length including air bladders(μm); PL2	70.49-(81.44)-85.84 (± 6.18)
pollen body width(μm); PW1	45.38-(47.83)-52.64 (± 3.89)
pollen width including air bladders(μm); PW2	51.62-(54.18)-58.96 (± 3.82)
equatorial view(P/E ratio)	prolate, 1.13-(1.51)-1.88 (± 0.13)
polar view	oblong
exine thickness(μm)	2.74-(2.97)-3.18 (± 0.40)
sculpture pattern	verrucate
Air bladders	
air bladders length(μm); BL	39.80-(45.18)-50.31 (± 4.52)
air bladders width(μm); BW	31.25-(35.29)-38.69 (± 3.32)
sculpture pattern	rugulate or foveolate
PL1 / PL2 (rate)	0.65
PW1 / PW2 (rate)	0.88
BL / PL2 (rate)	0.55
BW / PW2 (rate)	0.65

Notes; P = pollen length including air bladders

E = pollen width including air bladders

1 Minimum-(mean)-maximum

2 \pm Standard deviation

Table 7. Pollen morphological data of *Pinus koraiensis* S. et Z.

Parameters	<i>Pinus koraiensis</i>
Pollen body	
pollen body length(μm); PL1	39.34-(43.21)-49.10 ¹ (± 4.24) ²
pollen length including air bladders(μm); PL2	58.78-(65.26)-76.73 (± 4.24)
pollen body width(μm); PW1	36.74-(40.48)-46.41 (± 3.93)
pollen width including air bladders(μm); PW2	43.25-(46.79)-53.10 (± 4.28)
equatorial view(P/E ratio)	prolate, 1.15-(1.40)-1.77 (± 0.09)
polar view	oblong
exine thickness(μm)	2.14-(2.39)-2.79 (± 0.61)
sculpture pattern	verrucate
Air bladders	
air bladders length(μm); BL	34.13-(37.92)-44.73 (± 4.84)
air bladders width(μm); BW	27.62-(29.59)-33.85 (± 3.14)
sculpture pattern	rugulate or foveolate
PL1 / PL2 (rate)	0.66
PW1 / PW2 (rate)	0.87
BL / PL2 (rate)	0.58
BW / PW2 (rate)	0.63

Notes; P = pollen length including air bladders

E = pollen width including air bladders

1 Minimum-(mean)-maximum

2 \pm Standard deviation

나. 화분형태 parameters의 상관관계

1) 소나무(적송; *Pinus densiflora*)

측정된 7가지 화분형태 parameters 조합간에 Pearson 상관관계를 분석한 결과(Table 8), 화분립 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 화분립 전체 폭(PW2) 간의 상관계수가 0.68118로 가장 높게 나타나 고도의 유의한 정의 상관관계로 나타났다. 반면, 기낭을 포함한 화분립 전체 폭(PW2)과 표벽두께(ET)간의 상관계수는 -0.09777로 가장 높은 부의 상관관계로 나타났다.

Table 8. Pearson correlation coefficients (R) between 7 pollen parameters in *P. densiflora*

Parameters	PL1	PL2	PW1	PW2	BL	BW	ET
PL1							
P>R	0.0						
PL2	0.53091						
P>R	0.0001	0.0					
PW1	0.53582	0.29038					
P>R	0.0001	0.0001	0.0				
PW2	0.49196	0.24957	0.68118				
P>R	0.0001	0.0007	0.0001	0.0			
BL	0.22763	0.25664	0.24439	0.20720			
P>R	0.0021	0.0005	0.0009	0.0053	0.0		
BW	0.35198	0.34638	0.28362	0.31737	0.20926		
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0048	0.0	
ET	0.10136	0.15131	-0.02715	-0.09777	0.07627	0.12074	
P>R	0.1757	0.0426	0.7175	0.1917	0.3089	0.1064	0.00

Notes; PL1 = Pollen body length
 PL2 = Pollen length including air bladders
 PW1 = Pollen body width
 PW2 = Pollen width including air bladders
 BL = Air bladders length
 BW = Air bladders width
 ET = Exine thickness

2) 해송(곰솔; *Pinus thunbergii*)

측정된 7가지 화분형태 parameters 조합간에 Pearson 상관관계를 분석한 결과(Table 9), 화분립 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 화분립 전체 폭(PW2) 간의 상관계수가 0.80733로 가장 높게 나타나 고도의 유의한 정의 상관관계로 나타났다. 반면, 발아구 길이(BL)와 표벽두께(ET)간의 상관계수는 -0.16216로 가장 높은 부의 상관관계로 나타났다.

Table 9. Pearson correlation coefficients (R) between 7 pollen parameters in *P. thunbergii*

Parameters	PL1	PL2	PW1	PW2	BL	BW	ET
PL1							
P>R	0.0						
PL2	0.51818						
P>R	0.0001	0.0					
PW1	0.64536	0.41004					
P>R	0.0001	0.0001	0.0				
PW2	0.59838	0.46344	0.80733				
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0			
BL	0.29644	0.35313	0.57942	0.50038			
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0		
BW	0.36550	0.36419	0.45704	0.37812	0.35890		
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0	
ET	0.08868	-0.10876	-0.00028	0.04316	-0.16216	-0.12511	
P>R	0.2365	0.1461	0.9978	0.5651	0.0296	0.0942	0.00

Notes; See Table 8 for abbreviations

3) 리기다소나무(*Pinus rigida*)

측정된 7가지 화분형태 parameters 조합간에 Pearson 상관관계를 분석한 결과(Table 10), 화분립 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 화분립 전체 폭(PW2) 간의 상관계수가 0.85482로 가장 높게 나타나 고도의 유의한 정의 상관관계로 나타났다. 반면, 기낭을 포함한 화분립 전체 길이(PL2)와 표벽두께(ET)간의 상관계수는 0.03157로 가장 낮은 상관관계로 나타났다.

Table 10. Pearson correlation coefficients (R) between 7 pollen parameters in *P. rigida*

Parameters	PL1	PL2	PW1	PW2	BL	BW	ET
PL1							
P>R	0.0						
PL2	0.21022						
P>R	0.0046	0.0					
PW1	0.65466	0.14783					
P>R	0.0001	0.0477	0.0				
PW2	0.61757	0.31395	0.85482				
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0			
BL	0.21776	0.36945	0.40324	0.40982			
P>R	0.0033	0.0001	0.0001	0.0001	0.0		
BW	0.28201	0.53343	0.21520	0.30441	0.44807		
P>R	0.0001	0.0001	0.0037	0.0001	0.0001	0.0	
ET	0.05878	0.03157	0.11509	0.12520	0.20138	0.08367	
P>R	0.4331	0.6739	0.1239	0.0940	0.0067	0.2641	0.0

Notes; See Table 8 for abbreviations

4) 잣나무(*Pinus koraiensis*)

측정된 7가지 화분형태 parameters 조합간에 Pearson 상관관계를 분석한 결과(Table 11), 화분립 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 화분립 전체 폭(PW2) 간의 상관계수가 0.92360로 가장 높게 나타나 고도의 유의한 정의 상관관계로 나타났다. 반면, 화분립 몸체 길이(PL1)와 표벽두께(ET)간의 상관계수는 0.06304로 가장 낮은 상관관계로 나타났다.

Table 11. Pearson correlation coefficients (R) between 7 pollen parameters in *P. koraiensis*

Parameters	PL1	PL2	PW1	PW2	BL	BW	ET
PL1							
P>R	0.0						
PL2	0.82560						
P>R	0.0001	0.0					
PW1	0.76125	0.72221					
P>R	0.0001	0.0001	0.0				
PW2	0.81336	0.78940	0.92360				
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0			
BL	0.45681	0.55445	0.58930	0.54543			
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0		
BW	0.60157	0.69684	0.63493	0.65536	0.57963		
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0	
ET	0.06304	0.12016	0.08277	0.10116	0.07050	0.15720	
P>R	0.4005	0.1081	0.2693	0.1766	0.3470	0.0351	0.0

Notes; See Table 8 for abbreviations

이상과 같이 소나무속 4수종의 화분 형태 parameters 조합간에 상관관계를 분석한 결과 4수종 모두 화분립 몸체 폭(PW1)과 기낭을 포함한 화분립 전체 폭(PW2)간의 상관관계가 가장 높은 것으로 나타났다. 즉, 화분립 몸체 폭이 크면 클수록 기낭을 포함한 화분립 전체 폭도 크다는 것을 알 수 있다. 반면 표벽두께(ET)는 다른 6가지 parameters 조합들과의 상관계수가 매우 낮아 관련이 매우 적음을 나타냈다.

제 4 절 결 론

소나무속 4수종(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무)의 화분에 대하여 화분 파쇄 최적 조건 구명과 외부형태학적 특징을 조사하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Overhead Stirrer를 사용하여 소나무와 잣나무 화분립은 5,000rpm으로 40분간, 해송과 리기다소나무는 5,000rpm으로 50분간 파쇄함으로써 100% 파쇄가 가능하였다.
2. 화분 건조온도와 건조시간은 파쇄율에 거의 영향을 주지 않은 반면 파쇄 속도와 파쇄시간을 증가시킴으로써 화분 파쇄율이 점차 높아졌으며 수종마다 다르게 나타났는데, 이것은 화분의 표벽두께와 관련이 있는 것으로 사료된다.
3. 조사된 소나무속 화분립은 모두 몸체와 2개의 기낭을 가지고 있으며, 몸체의 표면무늬는 과립상, 기낭의 표면무늬는 난선상 또는 유공상 등으로 다양하게 나타났다.
4. 화분 형태 7가지 parameter의 상관분석 결과, 화분립 몸체 폭과 기낭을 포함한 화분립 전체 폭간에 밀접한 관련이 있음을 나타냈다.

참 고 문 헌

- 김계환, 이상태. 1978. 한국의 나자식물 화분의 형태학적 연구. 한국임학회지 40:35-42.
- 김계환. 1982. 한국산 무환자나무목 화분의 형태학적 연구. 한국임학회지 55:1-21.
- 김병각, 박설희, 천문호, 최웅철. 1988. 한국 시판 화분식품에 관한 연구. 한국 식품위생학회지 3(1):1-5.
- 김성준, 이영근, 빈재춘, 배기철. 1991. 시판 천연화분 및 가공화분의 품질에 관한 비교 연구. 한국식품위생학회지 6(1):41-48.
- 김재길, 손재형. 1990. 화분립 파쇄에 따른 이화학적 성분조성의 변화. 한국양봉학회지 5(1):23-30.
- 김재길, 손재형. 1991. 화분립 파쇄에 따른 아미노산 조성의 변화. 한국양봉학회지 6(2):71-75.
- 김정우, 신상철, 김병각. 1984. 건강식품으로서의 화분제재에 관한 연구(제1보). 한국생약학회지 15(3):147-149.
- 소주엽, 태경환, 고성철, 소응영. 1994. 한국산 나자식물 화분의 비교형태. 생물학회지 37(2):203-221.
- 유영수. 1988. 동의보감에 나타나는 꽃가루(화분)의 효능에 관한 고찰. 한국양봉학회지 3(1):26-47.
- 이상태. 1983. 한국산 나자식물에 대한 계통분류학적 연구 -소나무속의 화분학 -. 성균관대학교 생물학연구연보 4:145-156.
- 이연희. 1979. 한국식물의 화분에 관한 연구. 식물분류학회지 9(1-2):7-25.
- Bell, C.R. 1959. Mineral nutrition and flower to flower pollen size variation. American Journal of Botany 46(9):621-624.

- Erdtman, G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. New York.
- Faegeri, K. and J. Iversen. 1975. Textbook of pollen analysis. Munksgard
Copenhagen. pp252.
- Ikuse, M. 1954. Pollen grains of Japan. Hirokawa Publishing Co. Tokyo.
pp6-249.
- Klaus, W. 1978. On the taxonomic significance of tectum sculpture
characters in alpine *Pinus* species. Grana 17:161-166.
- Kramer, K.V. and P.S. Green. 1989. The families and genera of vascular
plants. I. Pteridophytes and gymnosperms. Springer-Verlag.
pp207-248.
- Mirov, N.T. 1967. The Genus *Pinus*. New York. Ronald Press.
- Saitama Beekeeping Co. Ltd., Technical Dept. 1984. Freeze-smaching of the
pollen-loads of honeybees. Honeybee Science 5(4):155-156.
- Wodehouse, R. P. 1935. Pollen grains, off-set edition, Harfner, New York.

Legend for Figures

Plate I. Light micrographs(LM) of pollen grains of *Pinus densiflora* S. et
Z. pulverized by Overhead Stirrer. (all x400)

1~4. *P. densiflora* (소나무)

1. Raw pollen before any treatment
2. Pulverized for 10 minutes at 4,000rpm
Pulverizing ratio; about 20%
3. Pulverized for 20 minutes at 5,000rpm

Pulverizing ratio; about 80%

4. Pulverized for 40 minutes at 5,000rpm

Pulverizing ratio; 100%

Plate II. Light micrographs(LM) of pollen grains of *P. densiflora* S. et Z.

(all x900)

5~6. *P. densiflora* (소나무)

5. Pollen grain in equatorial view.

6. Pollen grain in polar view, showing oblong.

Plate III. Scanning electron micrographs(SEM) of pollen grains of *P.*

densiflora S. et Z.

7~10. *P. densiflora* (소나무)

7. Pollen grain in equatorial view, showing body and air baldders.

x2,000

8. Pollen grain in polar view, showing oblong. x2,000

9. Part of sculpture pattern in body, showing verrucate. x7,500

10. Part of sculpture pattern in air baldders, showing rugulate or

or foveolate. x7,500

Plate IV. Light micrographs(LM) of pollen grains of *Pinus thunbergii* Parl.

pulverized by Overhead Stirrer. (all x400)

11~14. *P. thunbergii*. (해송)

11. Raw pollen before any treatment

12. Pulverized for 20 minutes at 3,000rpm

Pulverized ratio; about 23%

13. Pulverized for 20 minutes at 4,000rpm

Pulverized ratio; about 65%

14. Pulverized for 50 minutes at 5,000rpm

Pulverized ratio; 100%

Plate V. Light micrographs(LM) of pollen grains of *P. thunbergii* Parl.

(all x900)

15~16. *P. thunbergii* (해송)

15. Pollen grain in equatorial view.

16. Pollen grain in polar view, showing oblong.

Plate VI. Scanning electron micrographs(SEM) of pollen grains of *P. thunbergii* Parl.

17~20. *P. thunbergii* (해송)

17. Pollen grain in equatorial view, showing body and air baldders. x1,200

18. Pollen grain in polar view, showing oblong. x1,700

19. Part of sculpture pattern in body, showing verrucate. x10,000

20. Part of sculpture pattern in air baldders, showing rugulate or or foveolate. x6,000

Plate VII. Light micrographs(LM) of pollen grains of *Pinus rigida* Mill. pulverized by Overhead Stirrer. (all x400)

21~24. *P. rigida* (리기다소나무)

21. Raw pollen before any treatment

22. Pulverized for 30 minutes at 2,000rpm

Pulverizing ratio; about 18%

23. Pulverized for 40 minutes at 3,000rpm

Pulverizing ratio; about 65%

24. Pulverized for 50 minutes at 5,000rpm

Pulverizing ratio; 100%

Plate VIII. Light micrographs(LM) of pollen grains of *P. rigida* Mill.

(all x900)

25~26. *P. rigida* (리기다소나무)

25. Pollen grain in equatorial view.

26. Pollen grain in polar view, showing oblong.

Plate IX. Scanning electron micrographs(SEM) of pollen grains of *Pinus rigida* Mill.

27~30. *P. rigida* (리기다소나무)

27. Pollen grain in equatorial view, showing body and air baldders. x1,300

28. Pollen grain in polar view, showing oblong. x1,300

29. Part of sculpture pattern in body, showing verrucate. x15,000

30. Part of sculpture pattern in air baldders, showing rugulate or or foveolate. x15,000

Plate X. Light micrographs(LM) of pollen grains of *P. koraiensis* S. et Z. pulverized by Overhead Stirrer. (all x400)

31~34. *P. koraiensis* (잣나무)

31. Raw pollen before any treatment

32. Pulverized for 20 minutes at 3,000rpm

Pulverized ratio; about 30%

33. Pulverized for 30 minutes at 4,000rpm

Pulverized ratio; about 85%

34. Pulverized for 40 minutes at 5,000rpm

Pulverized ratio; 100%

Plate XI. Light micrographs(LM) of pollen grains of *P. koraiensis* S. et Z. (all x900)

35~36. *P. koraiensis* (잣나무)

35. Pollen grain in equatorial view.

36. Pollen grain in polar view, showing oblong.

Plate XII. Scanning electron micrographs(SEM) of pollen grains of *P. koraiensis* S. et Z.

37~40. *P. koraiensis* (잣나무)

37. Pollen grain in equatorial view, showing body and air baldders. x1,600

38. Pollen grain in polar view, showing oblong. x1,400

39. Part of sculpture pattern in body, showing verrucate. x15,000

40. Part of sculpture pattern in air baldders, showing rugulate or or foveolate. x15,000

Plate I

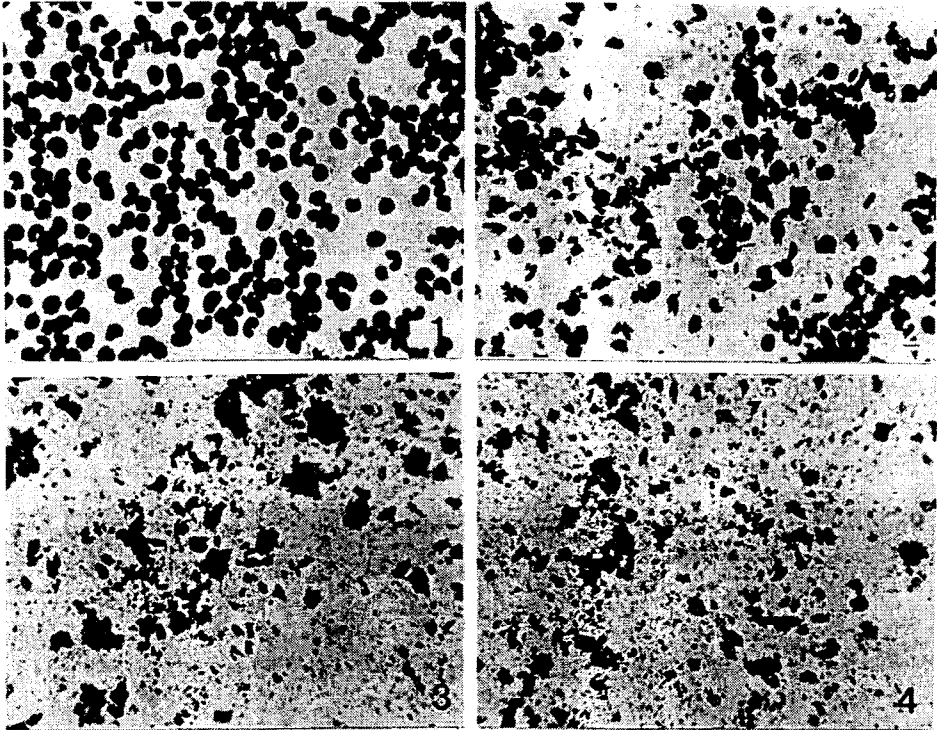


Plate II

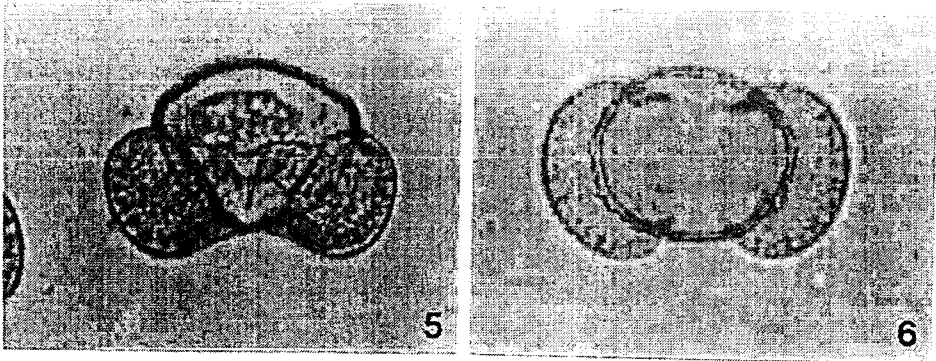


Plate III

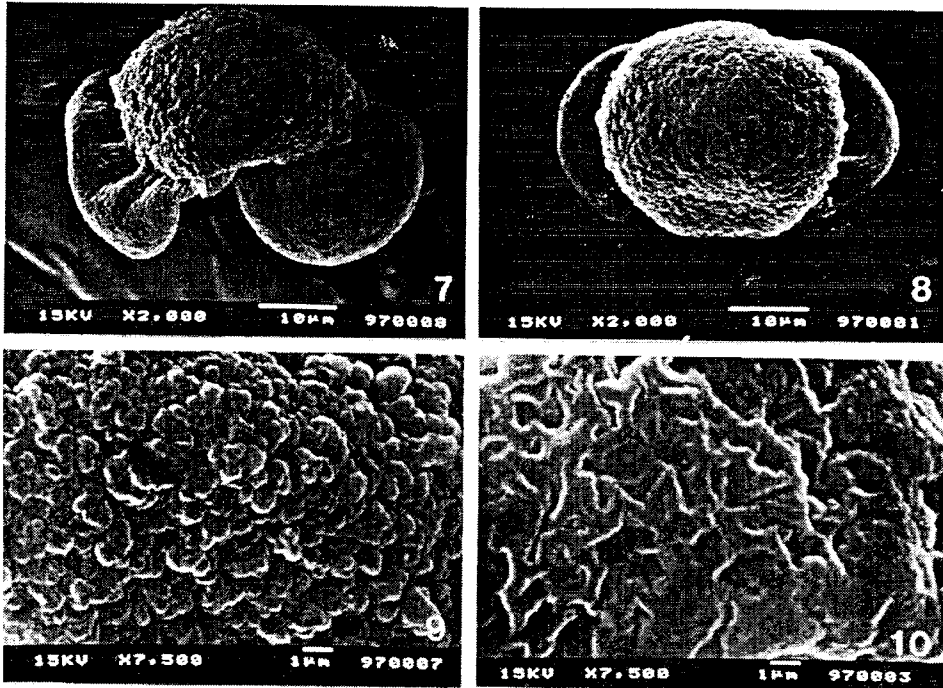


Plate IV

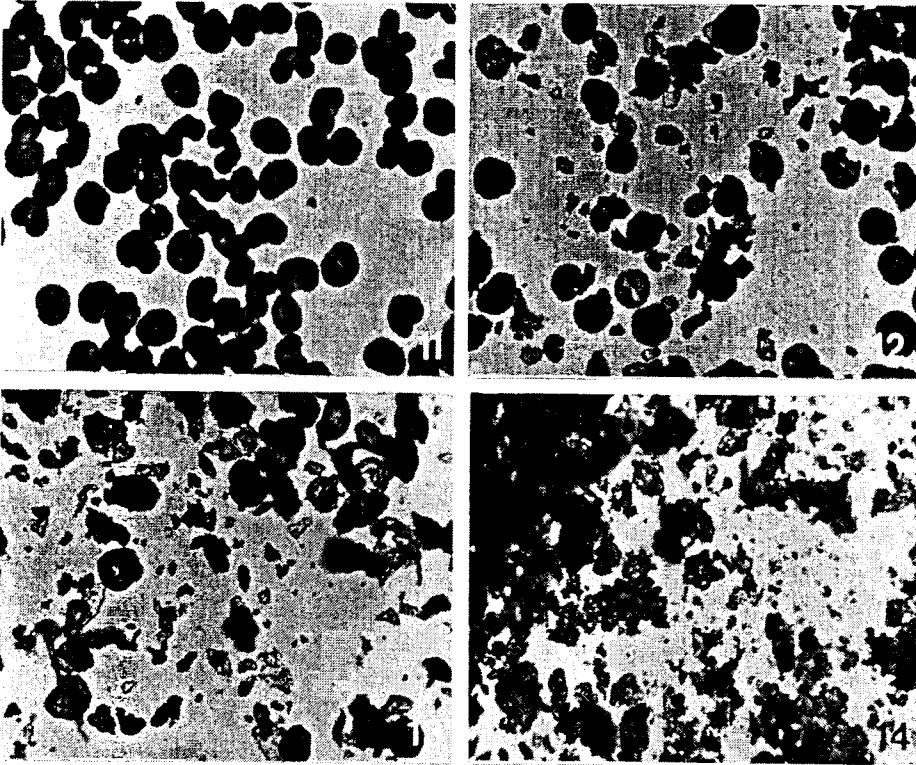


Plate V

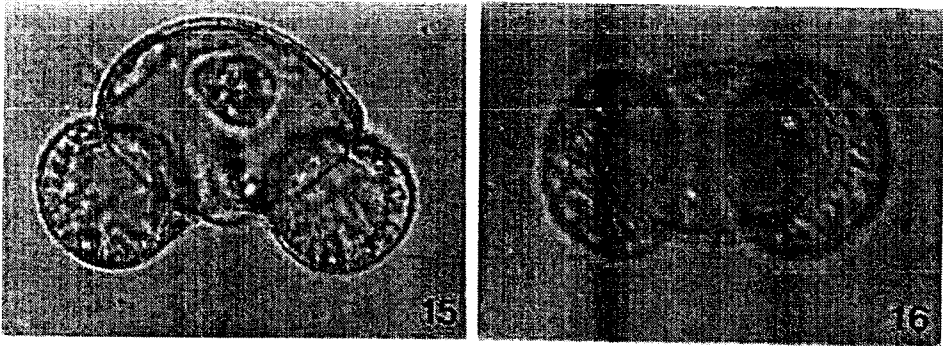


Plate VI

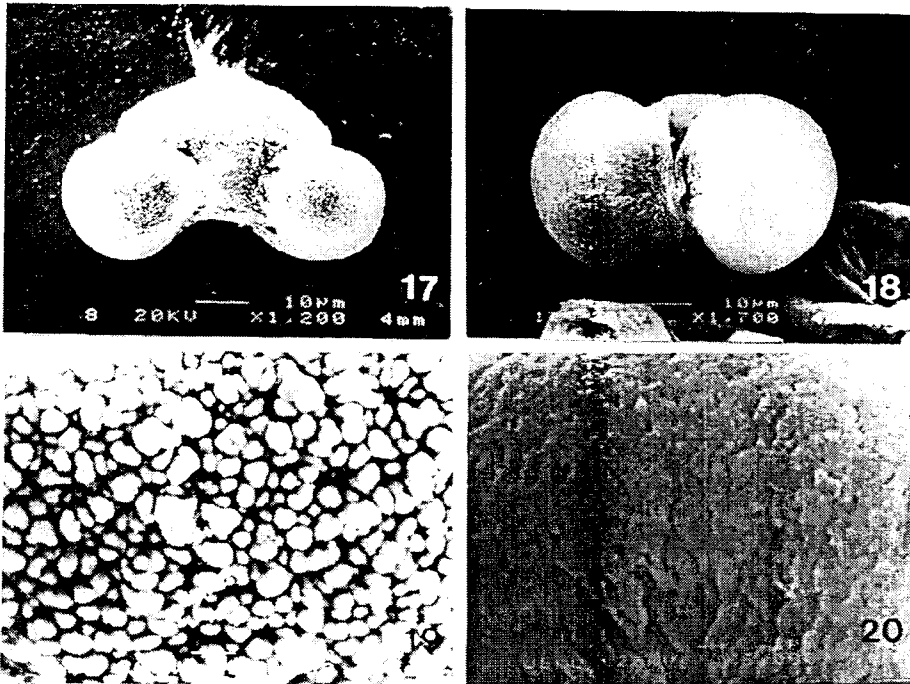


Plate VII

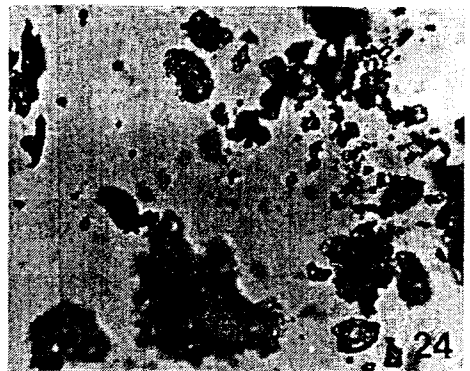
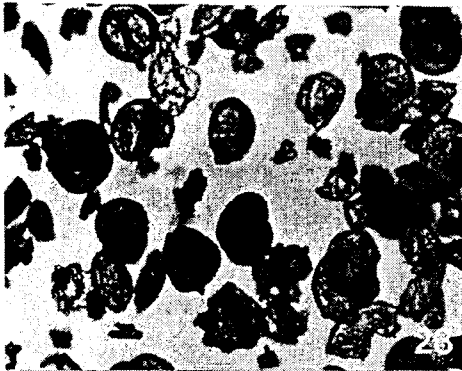
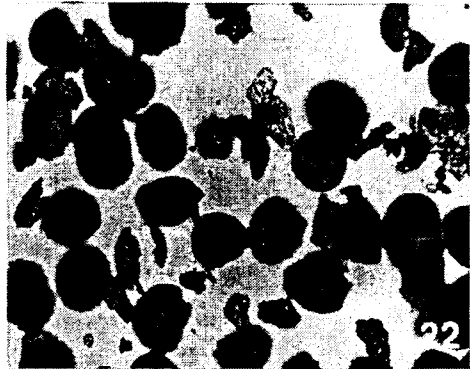
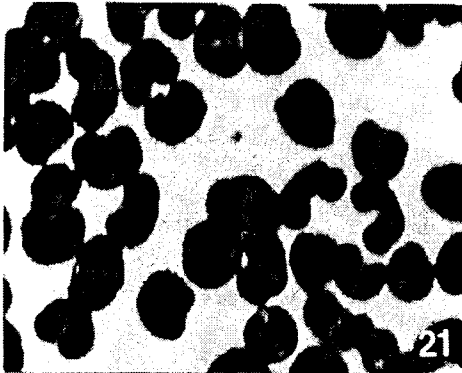


Plate VIII

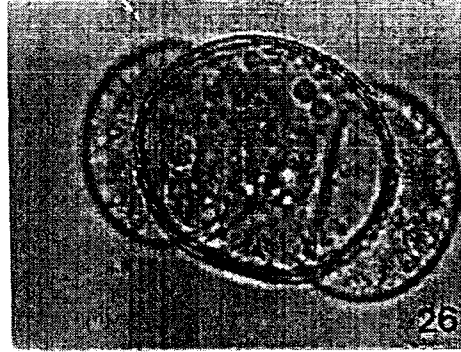
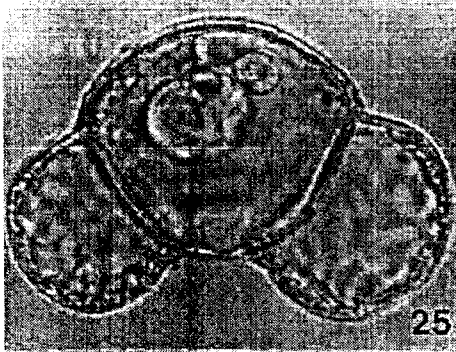


Plate IX

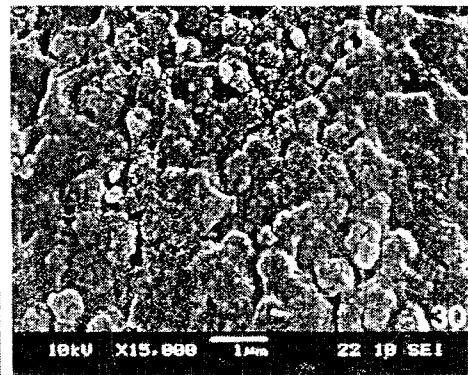
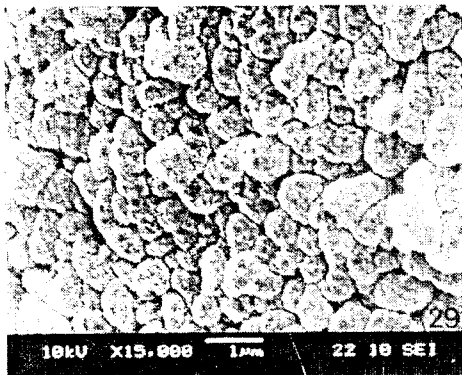
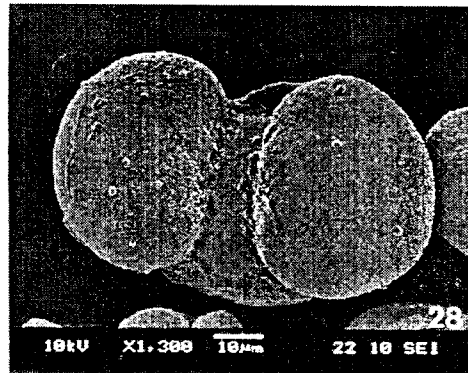
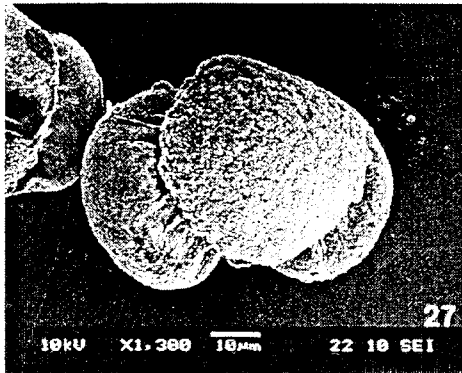


Plate X

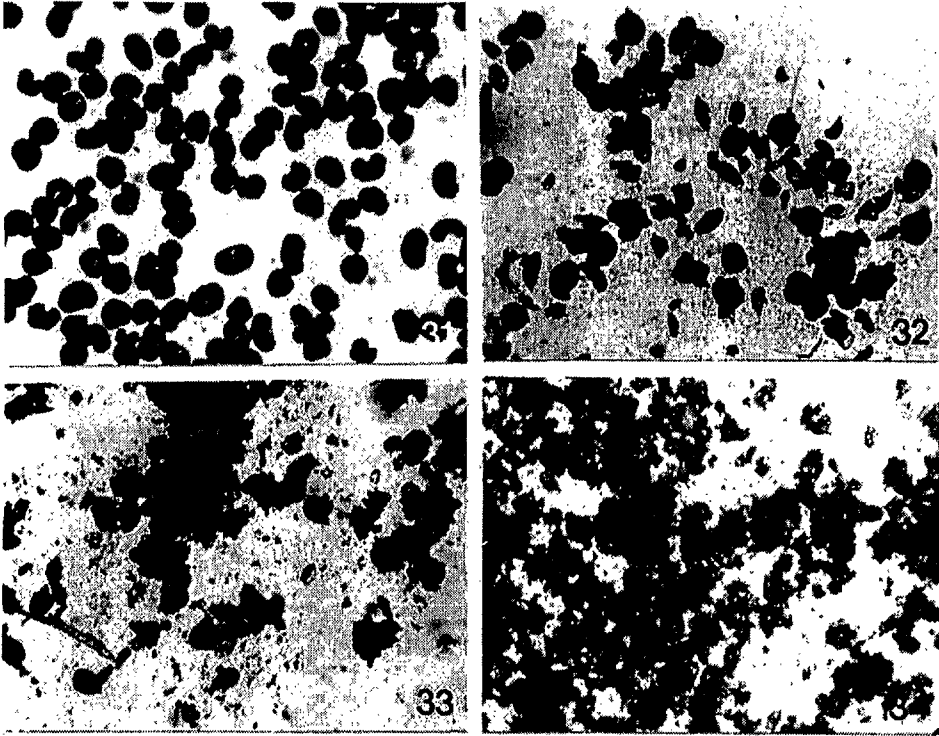


Plate XI

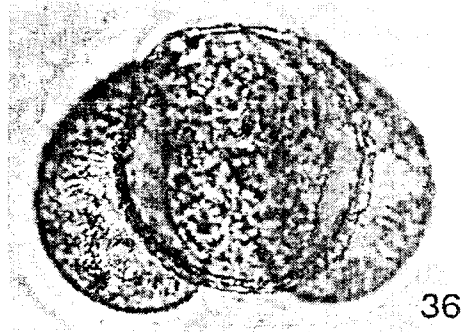
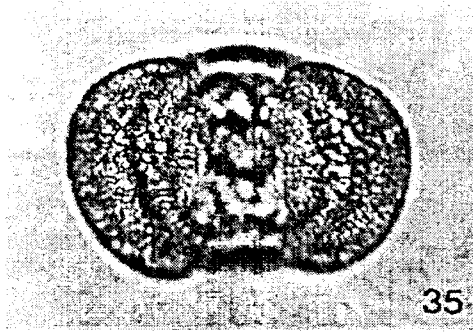
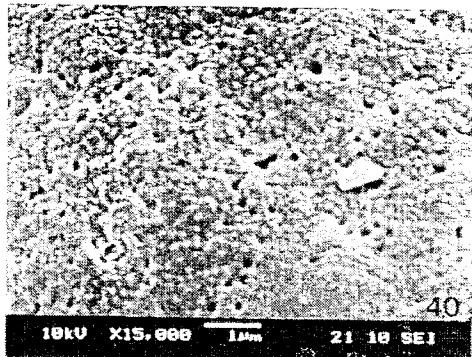
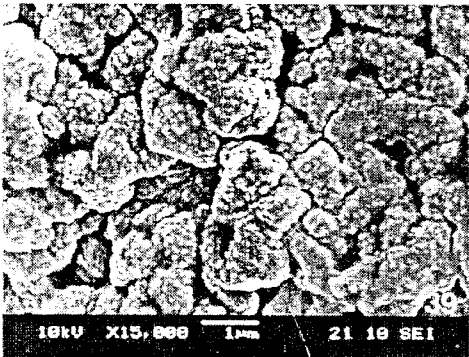
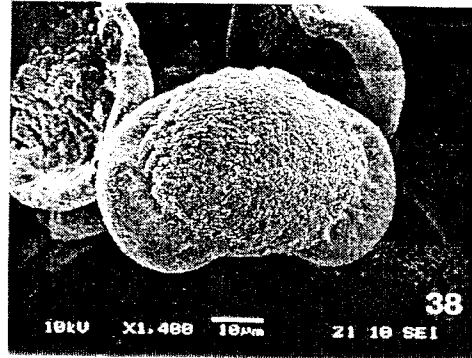
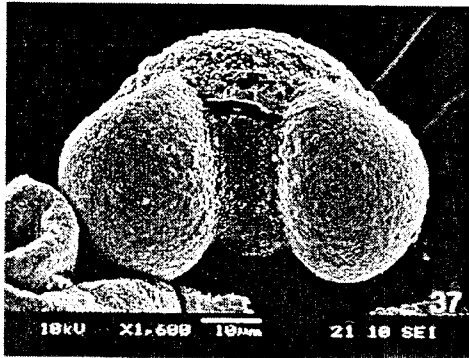


Plate XII



제 4 장

휴대용 화분채취기 개발에 관한 연구

세부연구책임자 : 임 재 규
연 구 원 : 강 희 용
연 구 보 조 원 : 송 준 희
이 중 삼
박 한 주
김 학 근
권 경 수

제 1 절 서 언

화분은 영양 가치가 높은 건강식품으로서 오래 전부터 많은 관심을 받아 왔으며, 고부가가치의 식품이다. 화분 채취를 위한 각종 방법이 동원되었으나 종래의 화분 채취 방법은 대체로 화분이 형성된 꽃대를 나무 가지와 함께 꺾어서 건조한 후 그것을 털어 수집하는 방법에 의존하여 왔다. 이런 방법은 채취 효율이 아주 낮으며, 가지를 꺾기 때문에 나무에 손상을 주며 화분의 손실이 많았다. 또한 높은 가지의 화분은 채취가 거의 불가능하였다.

화분 채취는 야외작업이라는 특성을 감안하여 화분채취기의 설계 및 제작에 있어서 제품 성능의 신뢰성, 안전성 등 특성을 고려해야 하며, 사용 대상이 주로 농민이라는 점을 감안하여 제품 원가의 절하 및 타용도에 차용 가능성 등도 고려해야 한다.

상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 화분을 함유한 공기를 진공 발생 부분에 의해 형성된 부압으로써 흡입하고, 원심분리 방법에 의해 공기와 화분을 분리시키고 화분만 포집하며, 또한 각종 소나무류(*Pinus spp.*) 수종의 수고에 따라 수송관의 길이를 조절하여 높은 곳의 화분도 채취할 수 있도록 해야한다. 즉, 안전하고 효율적으로 화분을 채취할 수 있도록 화분채취기를 설계 및 고안해야 한다.

본 연구 개발의 목적은 소나무류(소나무, 해송, 리기다소나무, 잣나무 등) 화분을 간편하고 경제적이며 효과적으로 대량 채취하기 위한 야외 채취 작업에 적합한 휴대용 화분 채취기를 개발하는데 있다.

제 2 절 화분의 특성 분석

화분의 채취 과정은 분체 수송 기술의 범주에 속하는 기술로서 화분 입자의 운동 특성 및 공기 동역학적 특성과 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 화분 입자 크기와 단위체적당 무게는 이러한 동역학적 특성에 크게 영향을 미치고 있다. 또한 흡입된 화분 입자의 크기는 포집 방식을 결정하는 가장 중요한 인자 중의 하나이다.

본 연구는 화분 외부형태학적 특징 조사와 중복되므로 제 1세부연구과제에서 수행하였다.

제 3 절 화분채취기의 총체적 설계

본 세부과제에서는 크게 화분의 물성에 대해 파악하였고, 화분채취기 설계와 관련하여 분체 수송의 기본 이론에 입각하여 채취의 총체적 설계 방안을 정하였다. 기본 방안에 따른 총체 설계, 운동원리 설계, 동력 설계를 진행하며, 따라서 모형기의 부분설계 및 부품설계를 진행하였다.

1. 화분채취기의 총체 설계

가. 화분채취기의 기술적 범주

화분채취기는 기술적으로 분체 수송 기술의 범주에 속하며 분체의 공급, 수송 및 포집 등 3단계의 과정을 거치게 된다. 여기서 분체의 공급원은 진동에 의해 대기 속에 분산되어 부유하는 화분들이다.

나. 화분채취 구성

화분 분체의 원활한 공급을 위해서는 화분 분체가 소나무류(*Pinus spp.*) 수종에서의 이탈 및 공기 중에서의 확산이 확실하게 이루어져야 하며, 이를 위하여 가지를 강제적으로 진동할 수 있는 진동자의 설치가 필요하다.

분체의 수송 방식은 대체로 공기 흡입식과 고압 수송식으로 나누며, 본 연구의 화분 분체의 미립성 및 공기와의 혼합 밀도 특성상 흡입식 수송이 적합하다고 판단되었다.

분체의 포집 방법은 혼입 화분체의 입자 평균 지름, 밀도 및 점도 등을 고려하여 선회식, 침강식 및 필터식 포집 방법 등 다양한 방법으로 포집 효과에 대한 실험을 진행할 수 있었다. 본 연구개발에서는 주로 포집 장비의 구조가 간단하고 효과적인 원심분리를 이용한 싸이클론 선회식과 필터식으로 실험을 실시하여 상용한 포집 장치의 원리설계 및 구조설계를 진행하였다. 그러나 입자의 미세화에 의해 선회식 방식은 불충분한 포집이 예상되었으며, 필터식 방법은 체의 공동이 막히는 현상을 처리하는 문제가 대두될 것으로 예상되었다.

다. 연구수행 내용 및 결과

1) 화분채취기 설계를 위한 준비

가) 총체적 구상

(1) 화분채취기의 기술적인 성격

화분은 약(꽃밥)에서 이탈한 후 유리상태로 대기중에 부유하며, 대기중의 화분을 흡입 및 화분 입자를 포집하는 작업은 분체 수송 기술의 범주에 속한다. 분체 수송 장비는 주로 배기펌프(혹은 압축펌프)에 의한 분체의 흡입(또는 압입) 부분과 흡인된 분체의 포집 부분으로 나누어 설계·제작하

였다.

(2) 화분채취기의 사용 특성

본 기계의 사용 대상은 야외에서 생육하는 소나무속(*Pinus*) 4수종의 화분을 채취하며, 야외작업의 성격상 전력의 사용이 어려울 뿐만 아니라 사용자가 장소를 이동하면서 작업을 진행하기 때문에 체적이 작고 가벼워야 한다. 상기 사용상의 특성을 고려하여 본 연구에서는 화분채취기를 휴대식으로 설계하였으며, 이동 중에서도 쉽게 동력을 얻을 수 있는 소형 가솔린 엔진을 동력원으로 하였다. 그림 1은 본 기계의 사용 상황을 스케치한 것이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 본 설계에서 휴대용 화분 채취기는 가솔린 엔진, 배기펌프로 구성된 동력부①와 진동자 및 흡입구 등으로 구성된 흡입부④ 그리고 중간연결부인 수송파이프와 연결 호스③ 등으로 구성되었으며, 조작 및 운반의 편의를 위하여 기계 중량의 대부분을 차지하는 엔진과 배기펌프② 등 부분은 등에 짊어질 수 있도록 설계하였다.

(3) 공기 수송 장치의 설계 계획 작성

공기 수송 장치의 설계상은 그림 2에 나타낸 플로 차트의 순서대로 계획을 작성하여 기본적인 설계 구상으로부터 가장 세부적인 부품 설계의 과정을 거치게 된다. 본 연구에서 포집하고자 하는 대상은 소나무류 화분으로서 일정한 공기 진동의 경우 공기와의 혼합이 양호하다. 비중이 상대적으로 작기때문에 공기 수송이 용이하며, 또한 상기 특성 때문에 수송에 필요한 공기 압력에 대한 요구가 낮아 흡입식 공기 수송으로 충분히 화분을 수송(수송 배관을 따라) 및 포집할 수 있으리라 사료되었다.

(4) 공기 수송기의 일반적인 구성 요소

분입체를 기류 중에 부유시켜 수송하는 공기 수송기는 일반적으로 다음 4가지 기기 및 부품을 조합하여 구성된다.

(가) 혼입기 : 분입체를 수송관 내에 혼입하여 기류에 부유시키기 위

한 재료 공급기이며, 수송의 시점에 설치한다.

- (나) 수송관 : 공기와 함께 분입체를 수송하는 관로 및 그 부속 부품류이며 수송의 중요 부분이다.
- (다) 분리기 : 분입체를 기류에서 분리하여 수송관 밖으로 배출하기 위한 기기이며, 대개 분리기 밑에 배출기가 있다.
- (라) 공기 펌프 또는 공기 압축기 : 수송에 필요한 기류를 얻기 위한 공기 또는 기체의 압력상승기라 할 수 있으며, 수송 방식에 따라서 압축기와 진공 펌프로 구분된다.



그림 1. 휴대용 화분채취기 작업 상황 가상도(스케치)

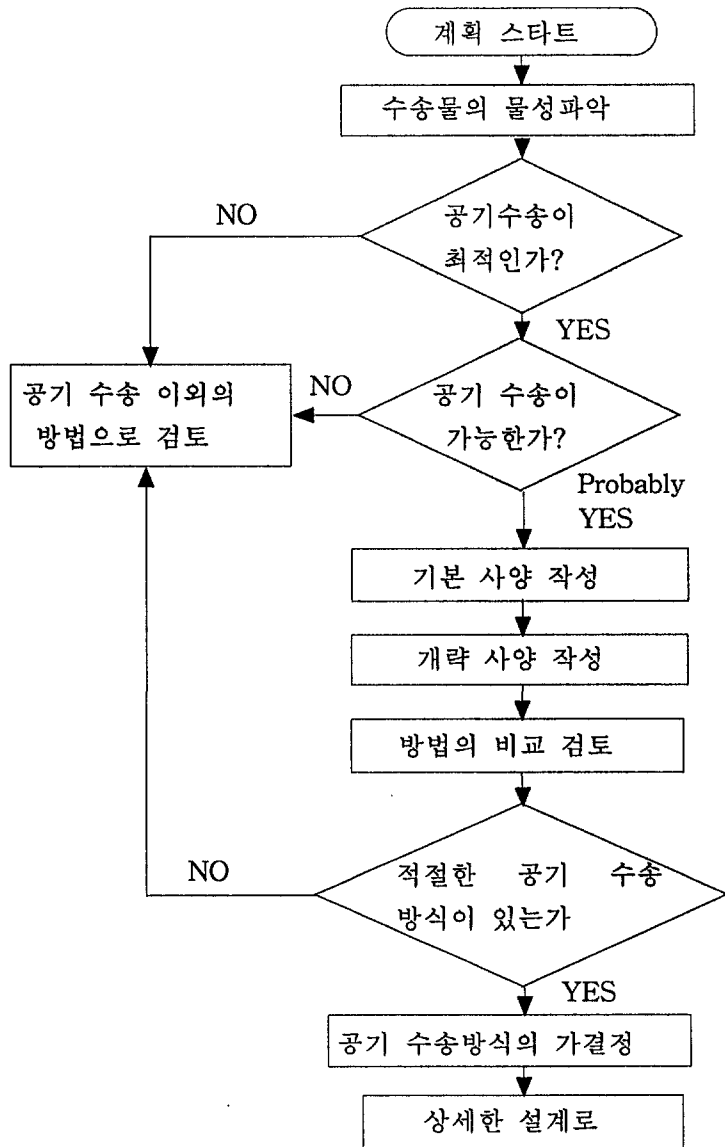


그림 2. 공기 수송 장치 계획 순서의 일반적인 플로 차트

나) 주요 구성 요소의 선택 및 설계

(1) 흡입기의 원리 설계

본 연구에서는 소나무류 꽃대에 부착되어 있는 화분 분체를 분리시켜 대기 중에 부유하는 유리 상태로 전환시킴으로써 화분 분체와 공기의 혼합을 실현하여야 한다.

소나무류 화분 분체의 입자 크기가 대체로 평균 50~100 μ m로서 아주 미세하며 비중도 공기에 비하여 많이 크지 않기에 일정한 기계적 진동에 의한 공기 유동으로도 그 입자가 대기 중에 충분히 분산되어 혼합될 수 있으리라 사료되었다. 그러므로 본 연구에서는 화분채취기의 흡입 부분을 기계 진동자와 흡입 후드를 결합한 흡입기로 구성하고자 하였다.

(2) 공기 수송 장치의 타입 선택

공기 수송 장치의 계획에 있어서 그림 2와 같은 플로차트의 내용에 의한 작업을 수행하여 공기 수송 장치의 채용 여부를 결정하며, 여기서 공기 수송 장치의 타입을 선택하는 것이 가장 중요한 일환이다. 공기 수송 장치는 수송 압력의 크기에 따라 흡인식, 저압 압송식, 고압 압송식으로 나눈다.

흡인식은 수송물을 공기와 함께 흡입하여 대기압 이하의 압력의 기류로 수송한다. 일반적으로 수송관 안의 흐름 방식은 모두 저농도의 부유하는 흐름으로 간주해도 되고, 원리적으로는 수송물을 기류속에 분산 부유시켜, 기류의 동압에 의해 분류하여 수송한다.

흡인식 공기 수송 방식은 설비가 비교적 간단하고, 운전 취급이 용이하고, 신뢰성이 높으며, 내구성이 있고 보수 관리가 용이한 등의 특징을 갖고 있다.

저압 압송식에서는 $(1.1\sim 1.5)\times 10^5$ Pa의 대기압 이상 압력의 기류로 분

체를 분리하여 수송는 방법을 말한다.

수송 압력이 $0.5 \times 10^6 \text{Pa}$ 이상이 되는 공기 수송 장치를 고압 압송식 공기 수송 장치라 하고, 공기원 기계로 수크류형 공기 압축 또는 왕복형 공기 압축기를 사용한다. 일반적으로 대용량, 장거리 수송, 수송물을 저속으로 고농도 수송하는 경우 등에 쓰인다.

본 연구에서 수송할 화분 분체는 앞에서 언급한 진동부의 진동에 의한 공기 흐름에 의해 꽃대와 분리되어 공기 중에서 자유 상태의 부유체가 되어 혼합되므로 그 농도가 비교적 작고 화분 입자의 비중이 작기 때문에 비교적 작은 공기 흐름의 압력에서도 빠른 유동이 가능하므로 본 연구에서는 흡입식 수송 방식을 선택하였다.

(3) 공기 수송 장치의 배기펌프 선택

공기 수송 장치에 사용할 수 있는 배기펌프로는 원심펌프, 축류펌프, 왕복식 및 회전식 압축기 등이 있다. 일반적으로 원심펌프는 그 구조가 간단하고 효율이 높기에 보일러의 강제 통풍, 광산의 환기 등을 비롯하여 널리 쓰이고 있다. 원심펌프에 대응하여 축류펌프가 있으며, 1단 후치식 축류 펌프와 다단식 축류펌프의 두 가지로 나눌 수 있다. 일반적으로 원심펌프에 비해 배기(혹은 송풍) 압력이 크나 구조가 복잡하며, 특히 축 방향의 Size가 커서 부피가 작은 기계에서는 요구를 충족시키기 어렵다. 그의 왕복식 피스톤 압축펌프가 있는데 이들은 원심펌프에 비해 구조의 복잡성과 부피가 훨씬 커서 본 연구의 휴대식 화분채취기용 배기펌프로는 부적합하다고 판단되었다.

상기 분석과 같이 본 화분채취의 배기펌프로 사용 성능을 충족시키면서 구조가 간단하고 신뢰성이 높으며, 또한 수리하는데도 편리하고 경제적인 터보 원심펌프를 사용하기로 하였다. 터보 원심펌프의 주요 구조인 터보 Fan의 형상은 그림 3과 같다.

(4) 화분 입자의 포집 방법

수송해 온 화분 입자를 포집하여 화분채취기에서 분리·수집하는 것도 대단히 중요한 일환으로서, 본 장비 설계에서 난제로 될 가능성도 있다. 공업상에서 많이 사용되고 있는 분진 입자의 포집 방법에는 침강선형, 리시버식, 버플식등 여러가지 분진 포집 방법외에 입자에 정전기를 발생시켜 양극과 음극이 서로 흡인하는 특성을 이용하는 포집 방법이 소개되고 있다. 그림 4는 각각 침강선형 및 여과포식 포집 장치를 나타낸 것이다.

다. 연구 결과

1) 소나무속 4수종 화분의 이탈 상태의 관찰 및 분석 결과 자연적인 바람에 의한 입자의 이탈이 용이하게 진행되었으며, 강제적인 진동원에 의한 진동을 실시할 경우 화분의 이탈이 충분하게 진행됨을 알 수 있었고, 비교적 간단한 기계적 진동에 의해서도 화분 입자가 공기 중에 충분히 확산될 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 화분 수송의 흡입기 중 진동자의 설계를 앞에서 언급한 것처럼 간단한 구조의 왕복 혹은 요동 운동을 하는 진동자로 설계할 수 있었다. 진동자의 운동원은 엔진의 동력을 이용할 수 있고 경우에 따라 수동식으로 설계도 가능하다.

2) 화분채취기 모형 설계

화분채취기의 사용 환경, 화분의 물성 분석 등을 토대로 모형 제품의 총체적 설계, 전체 구조의 운동 설계, 각 주요 구성 부분의 대체적인 형태 및 타입 등 주요 설계 내용을 결정하였다.

시험용 화분채취기의 설계에 관련 도면은 그림 5~10에 나타낸 바와 같다.

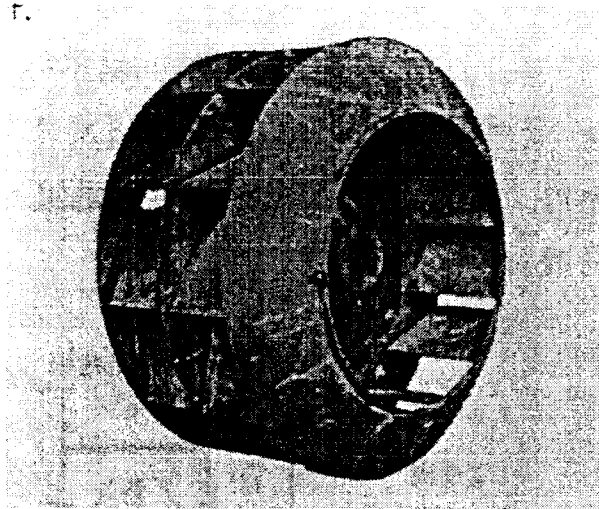


그림 3. 원심분리식 터보 팬

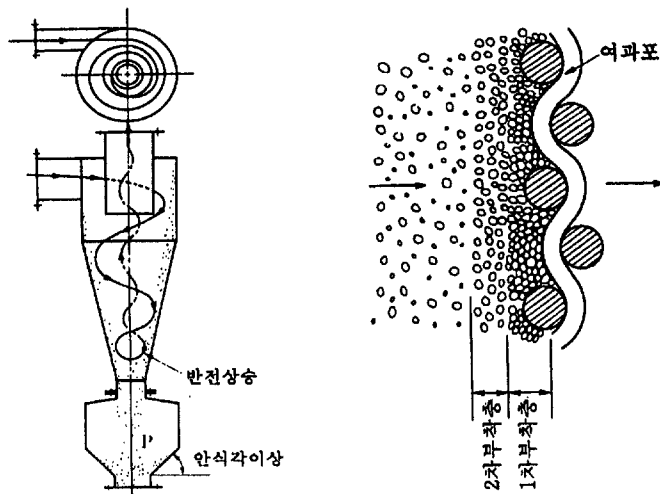


그림 4. 침강선형 원심분리기와 여과포 포집 방법의 모식도

16. 흡입기 지지판2
15. 덮판
14. 흡입기 지지판1
13. 엔진 지지판
12. 기름탱크
11. 기름탱크 조인트
10. 엔진 본체
9. 엔진 머플러
8. 유니버설 조인트
7. 회전축 지지대
6. 회전자 축
5. 회전자 축 베어링
4. 회전자
3. 흡입기 케이
2. 흡입기 케이트
1. 흡입호스

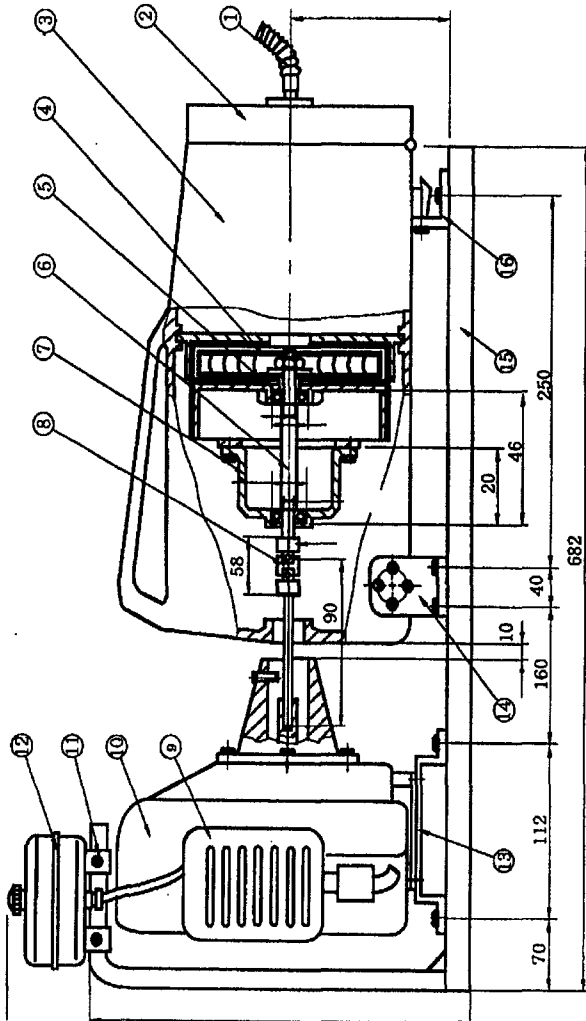
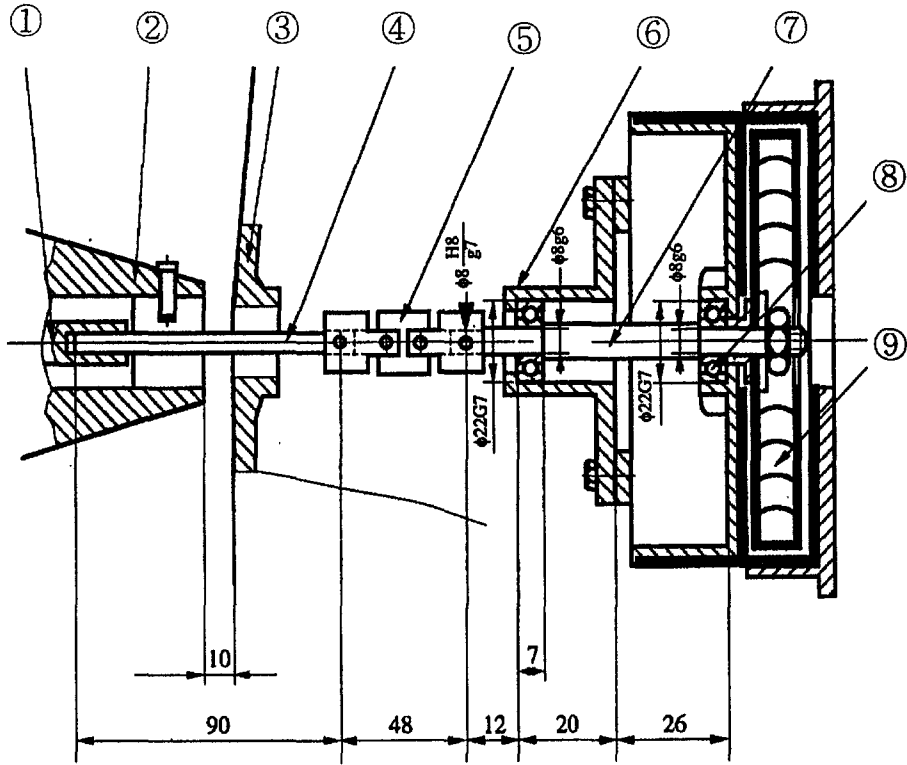


그림 5. 모형기의 총 조립도



- | | | |
|----------|------------|-------------|
| 1. 엔진출력축 | 2. 엔진 | 3. 흡입기 케이스 |
| 4. 전달축 | 5. 유니버설조인트 | 6. 회전자축 지지대 |
| 7. 회전자축 | 8. 베어링 | 9. 흡입펌프 회전자 |

그림 6. 터보팬 브로어와 엔진의 연속 부분 배합 치수도

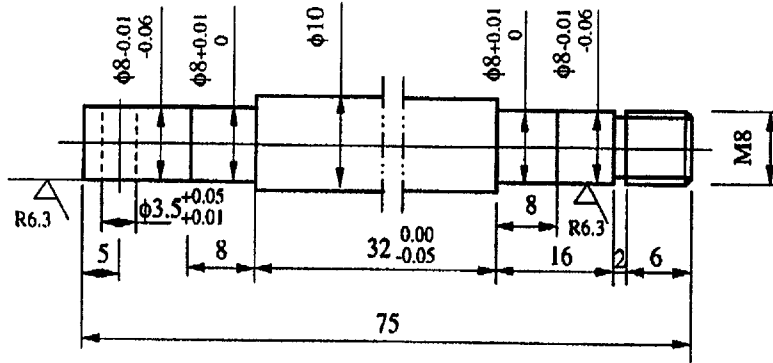


그림 7. 진공 브로어 회전자 축 가공도면

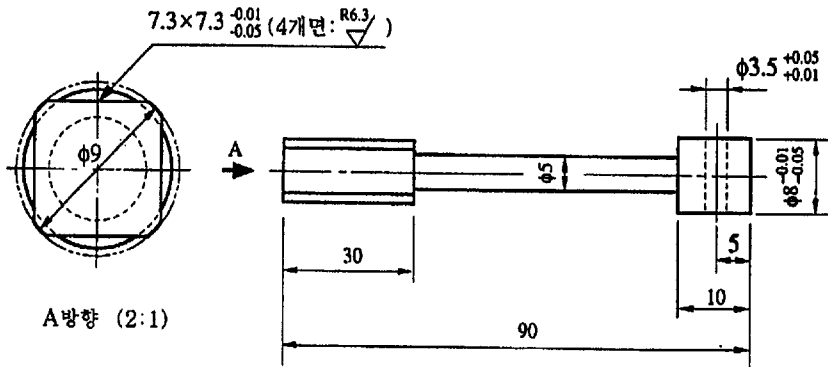
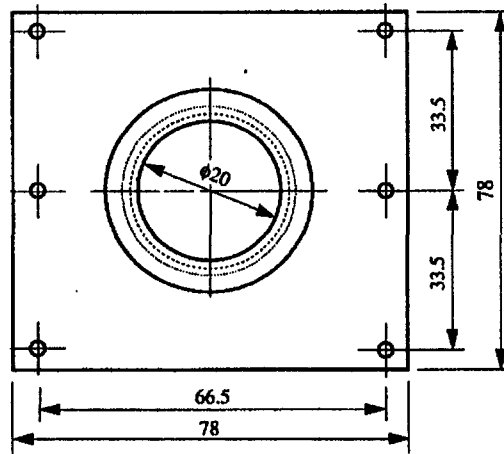
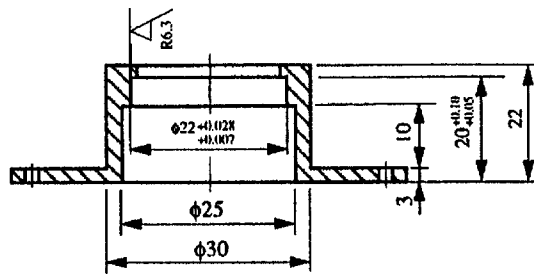


그림 8. 회전자축과 유니버설 조인트의 연결축



기타 : $R12.5$

재질 : 연강
수량 : 1개

그림 9. 회전자축 지지커버

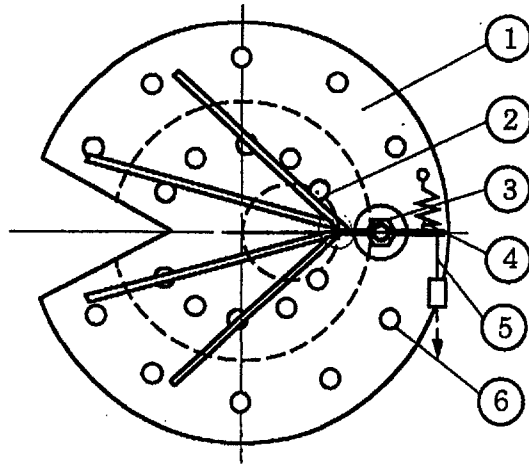
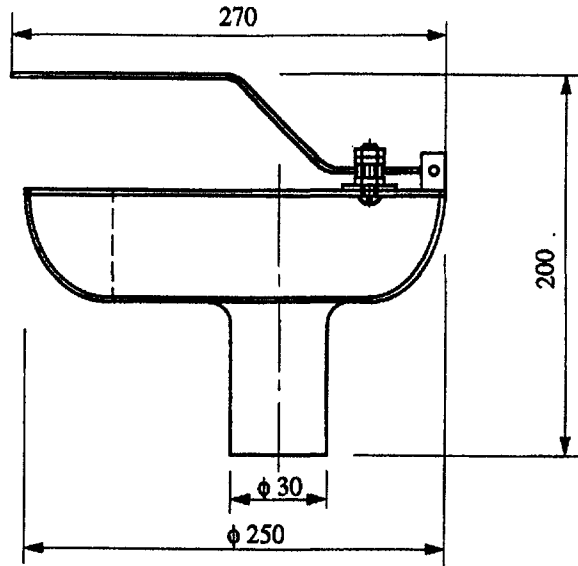


그림 10. 진동 흡입기의 구조 도면

제 4 절 시험용 화분채취기의 특성 평가

1. 연구내용 및 방법

가. 화분채취 시험기의 기계 특성 실험 및 분석

시험용 화분채취기는 흡입기와 동력부인 소형 휘발유 엔진으로 구성되었다. 흡입기의 공기펌프 회전자축과 동력 엔진 출력축은 중간 연결 계통으로 연결하기에 부품 및 조립 편차로 인해 기계적 진동이 발생한다. 이러한 기계 진동은 화분채취기의 소음 및 부품들이 수명을 저하하며, 사용 성능에 심각한 영향을 준다. 기계 진동을 분석 연구하고 감소하기 위하여 아래와 같은 연구를 수행하였다.

- 1) 엔진 출력축의 회전 정밀도 시험
- 2) 공기펌프 회전자축의 회전 정밀도 시험
- 3) 엔진 출력축과 공기펌프 회전축의 기하학적 위치 정밀도 측정 시험
- 4) 연결 방법의 개선 시험

나. 기계 성능 개진을 위한 조정 및 설계 제작

이 부분 작업은 주로 시험용 채취기의 기계 특성에 영향을 주는 인자들을 앞의 각 항목 실험을 통하여 분석하여, 조립 과정중의 조정 실험을 행하였다. 조립 조정으로 해결되지 않을 경우는 부분적 부품의 변경 설계를 통하여 해결하였다.

다. 실험실 흡입 실험

화분 미립자와 성질이 유사한 입자를 가지고 실험실에서 현장의 실제 상황을

모의하여 흡입 실험을 실시하였다. 이 실험에는 아래와 같은 내용이 포함된다.

1) 화분 미립자의 부유 상태 분석

소나무류 꽃대 또는 유사한 물체에 미립자를 부착시키고 일정한 진동원으로 가진하여 미립자를 부유시켜 이들 입자의 대기 분포 상태를 관찰 분석하여 진동시스템의 성능을 분석하였다.

2) 실험용 흡입기의 흡입 시험

실험용 흡입기를 가지고 모의 미립자를 흡입하는 실험을 통하여 흡입기의 흡입 성능을 체크하고 흡입 효율을 분석하여, 설계상에서 개선해야 할 부분을 찾아내었으며 입자 포집 부분의 포집 효과를 분석하였다.

3) 실험용 흡입기 동력 성능 분석

실험실 흡입 실험 과정에서 흡입량과 동력엔진 출력 사이의 관계를 분석하고 적절한 엔진 출력을 추산한다.

라. 현장 흡입 실험

실험 항목은 실험실 흡입 시험과 같다. 다만 현장 흡입 실험에서는 실제의 화분 입자의 흡입 과정을 통하여 화분이 각종 물성 및 이탈 상태와 실험용 흡입기의 성능, 예컨대 진동자, 흡입 도관, 흡입 공기펌프, 동력엔진 및 포집 부분과의 관계를 실험하여 초보적인 실험 데이터를 얻었다.

마. 현장 채취 성능 평가

현장 흡입 실험에서 얻은 각종 수치에 대한 분석을 통하여 화분채취기의 각 주요 부분에 대한 수정, 설계 및 제작에 이용하였다.

1) 꽃대 진동 부분 : 진동부의 가진 형태 및 진동싸이클수를 결정하였다.

2) 화분 이동 통로 : 이동통로의 설계형상을 결정하며, 특히 이동 통로의 직경,

길이 등이 흡입에 미치는 영향을 알아보았다.

- 3) 흡입 펌프 : 흡입 펌프의 유형, 용량 등과 흡입 효율과의 최적의 관계를 알아보았다.
- 4) 화분 포집 : 흡입된 화분의 포집은 개발 과정의 하나의 난제로 예상되었다. 실험 및 성능 평가를 통하여 각종 유형의 포집 방법의 포집 특성을 분석하고 포집 방식을 초보적으로 결정하였다.

바. 수종별 채집 특성 분석 및 설계

본 연구개발은 여러 가지 소나무류의 화분 채취에 이용되기에 수종에 따른 화분의 특성에 따라 상기 부분에서 분석한 각 부분의 설계 형태를 변경·조정할 필요가 있다. 따라서 각 예상 채취 수종에 대하여 상기 “마” 항의 1)~4) 항목에 대하여 각각 실험 분석하였다.

사. 제작 공정 분석 및 실험

시험용 흡입기의 제작 및 그것에 대한 실험실 실험과 현장 실험을 통하여 얻은 결과에 대하여, 각 부분의 변경 및 조정 설계를 행하여 비교적 실용적인 시험기를 설계하였다. 본 연구 단계에서는 실험기의 총체적 설계와 부품 설계 과정에서 시험용 화분채취기의 실험적인 성능, 실제 환경에서의 사용 성능 및 제작 공정에 관련된 여러 가지 인자를 종합적으로 분석하여 비교적 적절한 샘플용(상업적인 측면을 갖고 있는) 화분채취기를 설계하였다.

2. 연구수행 내용 및 결과

가. 연구대상 화분채취 모형기

화분채취기 모형기의 기계적 특성에 영향을 주는 주요한 인자들인 회전축의 회전 정밀도 실험을 통하여 모형기를 조립하는 동시에 조정 실험을 진행하였다. 시험용 모형 화분채취기의 설계 도면은 이미 나타낸 바 있으며, 사진 1은 제작된 화분채취기 야외 조작 방법을 나타낸 것이다. 사진 2는 모형기의 각 주요 부분의 실제 구조로서 여기서 ①은 엔진, ②는 흡입펌프, ③은 흡입구 및 진동자를 나타낸 것이다.

사진 3은 화분 흡입 및 진동자를 나타낸 것이다. 진동자는 좌우로 요동할 수 있는 장치를 이용하여 소나무류 꽃대를 잡은 후 와이어를 당기는 힘에 의하여 꽃대를 진동시켜 화분의 이탈을 가속하는 장치로서 실험실 흡입 실험 결과 진동 효과가 양호하였다.



사진 1. 화분채취기 모형의 조작



사진 2. 화분채취기 모형의 실물 사진

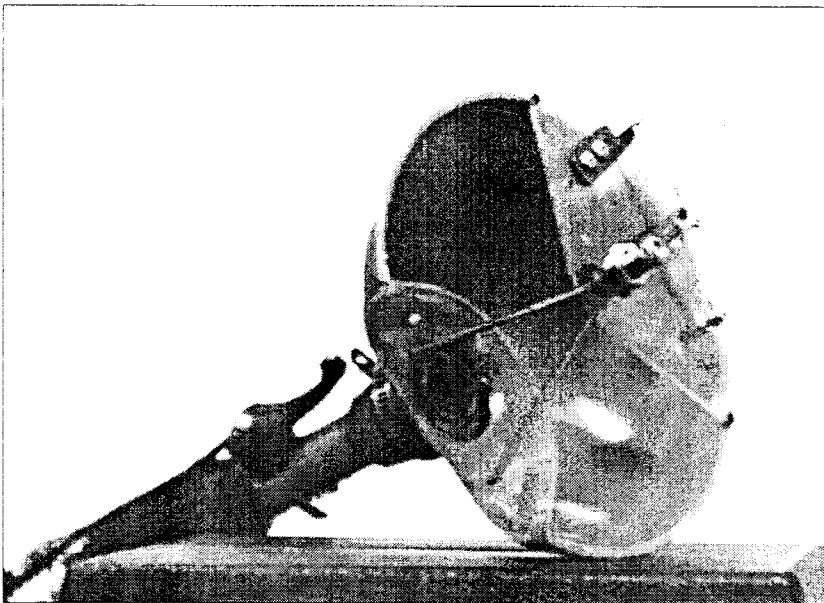


사진 3. 흡입구 및 진동자

나. 화분채취 시험기의 기계 특성 실험 및 분석

시험용 화분채취기는 흡입기와 동력부인 소형 휘발유 엔진으로 구성되어 있다. 흡입기의 공기펌프 회전축과 동력 엔진 출력축은 중간 연결 계통으로 연결하기에 부품 및 조립 편차로 인해 기계적 진동이 발생한다. 이러한 기계 진동은 화분채취기의 소음 및 부품들이 수명을 저하하며, 사용 성능에 심각한 영향을 준다. 기계 진동을 분석 연구하고 감소하기 위하여 아래와 같은 연구를 수행하였다.

1) 엔진 출력축의 회전 정밀도 시험

본 화분채취기에 이용된 엔진은 일본 미쓰비시사의 소형 2사이클 엔진으로서 주요한 사양은 표 1과 같다.

표 1. 동력엔진의 사양

사 양 엔 진	총배기량 (ml)	최대출력 (kw)	최대회전수 (rpm)	사용연료 휘발유	연료탱크용량 (ℓ)
MITSUBISHI TL 43	42.7	1.54	6550	2행정 휘발유	1.2

엔진출력축에 대한 회전 정밀도는 1/1000(mm)의 다이얼 게이지에 의해 아래의 그림 11과 같이 측정하였으며, 측정 결과는 표 2와 같다.

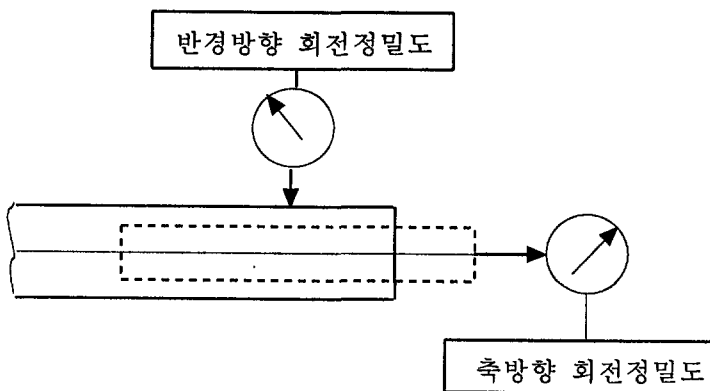


그림 11. 엔진출력축 정밀도 측정 방법

표 2. 엔진출력축의 회전 정밀도 및 축방향 유동 정밀도

구 분	반경방향 회전정밀도	축방향 유동정밀도
정 밀 도	0.001(mm)	0.05(mm)

2) 공기펌프 회전축의 회전 정밀도 시험

공기펌프 회전축의 회전 정밀도 및 이동 정밀도 시험 방법은 위에서 언급한 엔진출력축의 정밀도 측정 방법과 기본적으로 같으며, 단지 회전축의 축방향의 3점에 대하여 회전 정밀도를 측정하였다. 측정 결과는 표 3과 같다.

표 3. 공기펌프 회전축의 회전 정밀도 및 축방향 유동 정밀도

구 분	반경방향 회전 정밀도			축방향 유동 정밀도
	축 끝단부	축 끝단부 10mm	축 끝단부 30mm	
정밀도	0.05(mm)	0.068	0.075	0.02(mm)

엔진 출력축과 공기펌프의 회전축에 대한 회전 정밀도 및 유동 정밀도 시험을 통하여 본 모형의 각 구성 부분의 정밀도는 요구에 부합되었다. 그러나 조립 후의 회전 정밀도는 조립 공차의 영향을 많이 받는다.

3) 연결 방법의 개선 실험

본 모형기 엔진의 본체에 공기펌프 회전축의 고정 부분을 직접 고정시키기는 구조상 어렵다. 따라서 엔진과 공기펌프를 각각 밀판에 고정시키는 방법으로 조립 공차 요구를 만족하기는 기술상 어려우므로 본 모형기는 엔진출력축과 공기펌프 회전축을 유니버설 조인트를 이용하여 연결하는 방법을 택하였다. 선택한 유니버설 조인트는 구조적으로 치수가 작은 SKD 8형(주식회사 성현) 이었다. 조립된 모형기의 회전 시험을 통하여 약 1000~3500 rpm인 중저속에서는 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 5000 rpm이상인 고속에서는 비교적 큰 진동과 소음이 발생하였으며, 이는 주로 유니버설 조인트의 회전시 편심으로 인한 진동에 기인된다고

사료되며, 근본적인 대책은 엔진의 몸체와 공기펌프 본체 구조를 일괄적으로 설계하여 직접 고정하는 방법이라고 생각한다.

다. 실험실 흡입 실험

화분 미립자와 성질이 유사한 세정된 밀가루 분말 입자를 야외에서 채취한 소나무류에 부착시킨 후 기계적 진동을 가하여 분말이 공기 중에서 부유하는 상황을 고찰하였으며, 또한 제작된 흡입기의 진동자를 이용하여 분말의 이탈 상태와 흡입기의 흡입 상태를 실험하였다. 구체적인 실험은 아래와 같다.

1) 화분 미립자의 부유 상태 분석

소나무류 가지와 꽃대를 채취하여 그 위에 세정된 밀가루 분말을 뿌려서 꽃대에 부착된 화분을 모의하였다. 그리고 모형기의 가진 장치인 진동자를 이용하여 가지를 진동시킨 후 분말의 이탈 상태를 체크하였다.

2) 실험용 흡입기 동력 성능 분석

실험실 흡입 실험 과정에서 흡입량과 동력엔진 출력 사이의 관계를 분석하고 적절한 엔진 출력을 추산하였다.

모형기를 가지고 흡입 실험을 진행한 결과 엔진 회전속도, 엔진출력 및 흡입량의 관계는 표 4와 같다.

표 4. 엔진의 회전속도, 출력 및 흡입량의 관계

엔진 회전속도	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
엔진 출력(kw)	0.74	0.79	0.85	0.94	1.34	1.39	1.42	1.48	1.50	1.50
흡입량(g/min)	0.5	0.8	1.1	1.3	1.4	1.7	1.8	2.2	2.7	3.3

라. 현장 흡입 실험

본 모형기를 이용하여 야외의 소나무류 화분을 채취 실험한 결과 바람의 영향 및 흡입구의 구조적 제한 등으로 실험실 채취 속도 보다는 약 25~30% 떨어지는 것으로 나타났다. 그림 12는 현장 흡입과 실험실 흡입속도를 비교한 그림이다.

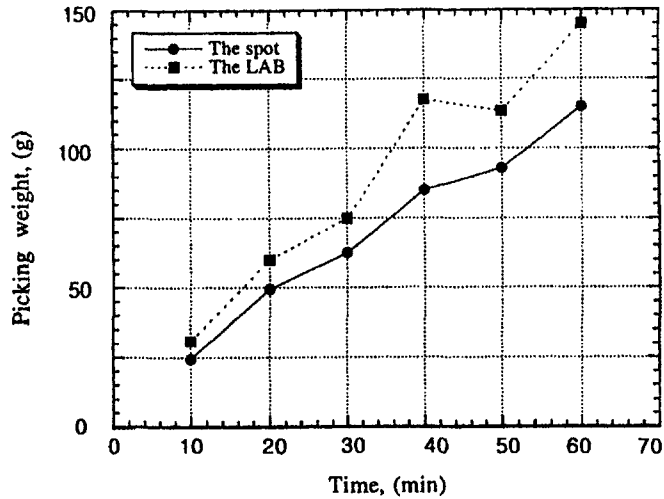


그림 12. 실험실과 현장 채취 속도 비교 그래프

3. 채취 성능 평가 및 결론

현장 흡입 실험에서 얻은 각종 수치에 대한 분석을 통하여 화분채취기의 각 주요 부분에 대한 수정, 설계 및 제작에 이용하였다.

가. 진동자를 이용하여 가진하는 방법으로 화분을 채취하는 실험을 통하여 모형기에 이용된 수동식 가진 방법은 구조가 간편하고 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 진동자의 가진 싸이클 수는 15회/분 정도가 적당하였다.

나. 화분의 포집 방법은 재래식 여과포에 의한 방식을 택하였다. 이 방식은 구조가 간단하고 조작이 편리한 이점이 있으며, 포집 초기에는 양호한 포집 효과를 나타내나 일정한 양의 화분이 들어간 후 화분 미립자가 여과포의 섬유 공간을 메워 포집 효율이 현저하게 저하되는 현상이 나타났다. 따라서 앞으로의 연구에서 섬유 공간을 메운 미립자를 털어내기 위한 진요식, 가진식 또는 역세 기류식 등의 방법을 선택할 필요가 있다.

제 5 절 최종 설계 및 제작

본 연구 개발의 최종 단계에서는 모형기의 기계적 특성(운동특성, 동력특성, 제작공정 관련 특성)을 연구 분석하였다. 미립자의 흡입 성능 및 포집 성능에 대한 실험실 연구 및 화분 입자의 흡입 성능에 대한 현장 실험을 통해 실험용 화분채취기의 각 부분의 특성을 분석하여 개진된 설계 방안을 제시하고 설계하였다.

1. 연구개발 목표 및 계획

성능 평가를 토대로 문제점을 발견하고 보완하였으며, 변경된 부분을 설계하여 최종실험기를 설계·제작하였다. 화분채취기의 각 주요 부분에 대하여 상호 연관성, 기계적 특성, 신뢰성 및 원가 절감을 위한 분석을 진행하여, 각종 작업 환경에 적용할 수 있는 화분채취기를 설계·고안하고 제조 가능성을 분석하였다.

2. 연구 내용 및 방법

이미 제작된 1차 시험기의 각종 특성을 분석하고 포집 성능에 대한 실험실 연구 및 화분 입자의 흡입 성능에 대한 현장 실험을 통해 실험용 화분채취기의 각

부분의 특성을 분석하는데, 개진된 설계 방안을 제시하는데 기초하여 2차 모형기를 설계 및 제작하였다. 2차 모형기의 설계 개념은 아래의 그림 13과 같은 과정으로 진행하였다.

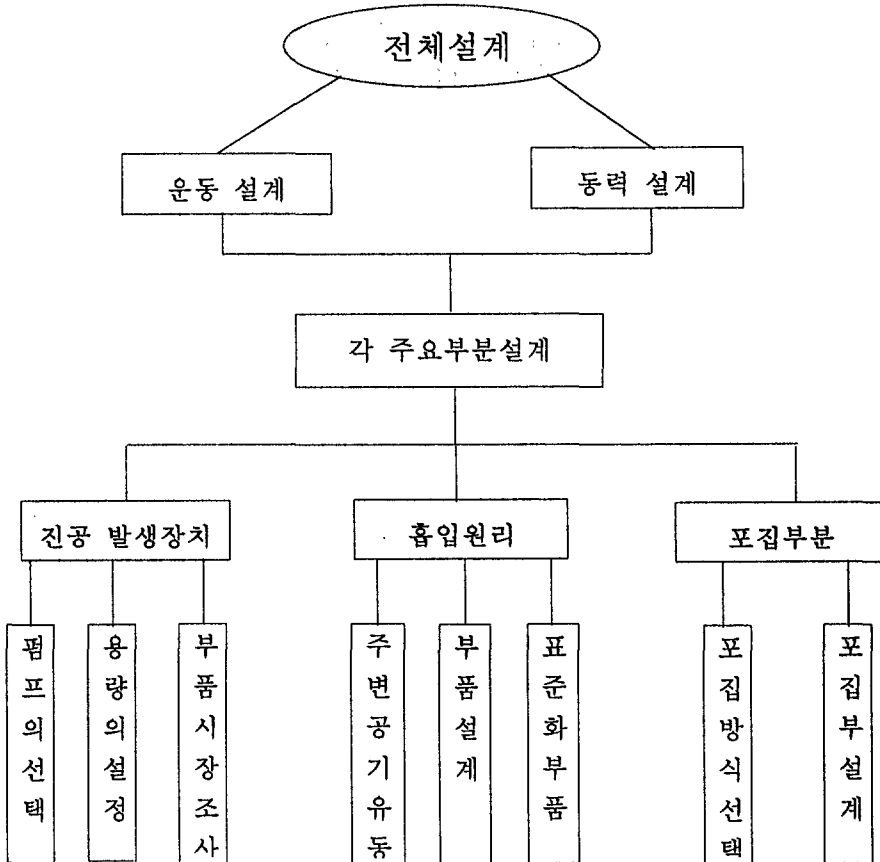


그림 13. 최종 시험기의 설계·계획

3. 연구 결과 및 분석

가. 1차 화분채취 시험기에 대한 평가 분석

1) 1차 시험기의 특성

가) 유니버설 조인트에 의한 진동 및 소음

1차 시험기는 엔진과 흡입펌프를 중간 연결부인 유니버설 조인트를 사용하여 운동과 동력을 전달하는 구조적 특징을 갖고 있다. 이것이 조립적 특성으로는 엔진 출력축과 흡입펌프의 회전축의 동축성을 만족하기 어려움으로 고속 전달시 유니버설 조인트에 의한 진동이 많이 발생한다. 따라서 소음도 상당히 크게 나타났다.

나) 고속 제한성에 따른 치수의 증가

일반적으로 공기 흡입펌프는 동력원 출력이 일정할 경우 흡입 풍량과 흡입 압력을 동시에 크게 할 수 없으며, 작은 치수의 흡기기로 큰 풍압을 얻고자 하려면 흡입 Fan의 회전 속도를 증가해야 한다. 그러나 1차 시험기는 상기 구조상의 문제 때문에 회전 속도를 높일 수 없다. 따라서 고 풍압을 얻기 위해서는 치수가 상대적으로 큰 흡입기를 사용해야 한다.

2) 1차 시험기의 흡입 특성

앞에서 이미 지적한 바와 같이 시험기의 흡입 특성은 아직 안정적이지 못하며, 흡입량도 작은 것으로 나타났다. 본 최종 설계 및 제작 단계에서는 흡입 풍량도 증가시켜 이 문제를 해결하였다.

3) 상용화를 위한 부품의 조사

흡입기 설계 및 제작에 있어서 상용화를 위한 고려를 어느 정도 했으나 아직 미흡하였으며, 최종 설계 과정에서는 상용화를 위한 시장 조사가 많이 선행되었다.

나. 최종 시험기의 설계

1) 운동설계

최종 시험기의 구성은 1차 실험기의 원동기와 흡입기 사이의 유니버설 조인트를 탈피하고 터보 브로어의 회전수를 높여 흡입구의 풍압을 증가하기 위해 벨트 전달 방식의 증속 기구를 선택하였다. 모형기의 구성은 그림 14에 나타난 바와 같다.

구성을 보면 원동기와 흡입기는 벨트 전달 장치를 사용하여 운전 과정의 안정성을 향상시키고 벨트 전달 장치의 진동 및 충격 흡수 특성 때문에 고속구동이 가능하며, 흡입기의 터보 브로어는 약 14,000~18,000 rpm의 높은 회전수에서 작동 가능하여 높은 풍압을 얻을 수 있었다. 또한 브로어도 1차 모형기의 1단 터보 브로어를 최종 실험에서는 4단 터보 브로어로 교체하여 풍량과 풍압을 증가시켰다.

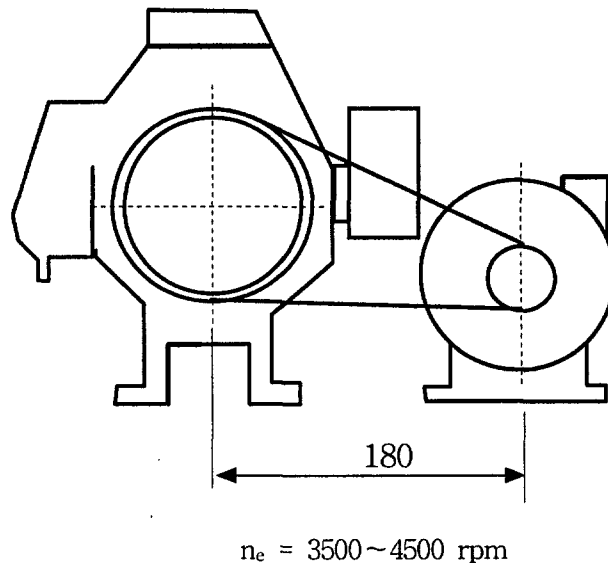


그림 14. 2차 모형기의 구성

벨트 전달 장치의 증속비는 $r=4:1$ 이며, 원동기인 엔진의 정격 출력 속도가 약 $n_e = 3500 \sim 4500 \text{ rpm}$ 이므로 터보 브로어의 정격 회전수는 약 $14,000 \sim 18,000 \text{ rpm}$ 이다.

2) 흡입기의 성능 및 선택

흡입기의 성능은 주로 펌프의 형식 및 사양에 따라 결정된다. 일반적으로 저압 흡입식 수송 장치에 사용되는 흡입펌프에는 터보 Fan, 터보 브로어와 루츠 브로어 등을 사용하며, 본 연구의 흡입 요구상 터보 Fan 또는 터보 브로어가 적정하다고 판단되었다. 1차 실험기의 실험 결과 흡입기의 풍량과 풍압이 상대적으로 부족함이 나타났기에 최종 실험기에서는 4단 터보 브로어를 선택하였다.

초보적인 실험결과 흡입기의 대체적인 성능은 표 5와 같다.

표 5. 2차 모형기용 브로워 성능

성 능	단 수	풍량 (m^3/mim)	풍압(Aq)	출력(kw)	회전수
수 치	4	2.5	1,000	약 1.0	약 15,000

본 시험기의 상용화와 원가 절감의 일환으로 최종 실험기 흡입기 선택을 위한 많은 시장 조사가 선행되었고 표 6은 공기 기기의 주요 생산업체를 나타낸 것이다.

표 6. 국내 공기 기기 생산업체

업 체 명	터보 Fan	터보브로워	링브로워	기 타
(주) 우림		○		○
광주전자	○	○	○	○
대우모터		○	○	○
동은기연	○	○		○
경서기업		○	○	○
동건공업	○	○	○	○

3) 포집 장치

포집 장치는 본 연구의 중요한 부분으로서 많은 실험과 선택이 필요하다. 본 연구에서는 앞에서 구성한 2차 모형기의 흡입장치를 이용하여 각종 포집 방법에 대해 실험적인 연구를 진행하였다. 현재 진행하고자 하는 포집 방식으로 여과포에 의한 포집, 싸이크론에 의한 포집 및 여과포와 싸이크론을 겸용한 장치를 제작하여 포집 능력 및 효율을 실험하였다.

여과포식 집진방식은 아래와 같은 구조에 대하여 실험을 실시하였다.

가) 주머니식 여과포

나) 평면 여과포

다) 이형 여과포

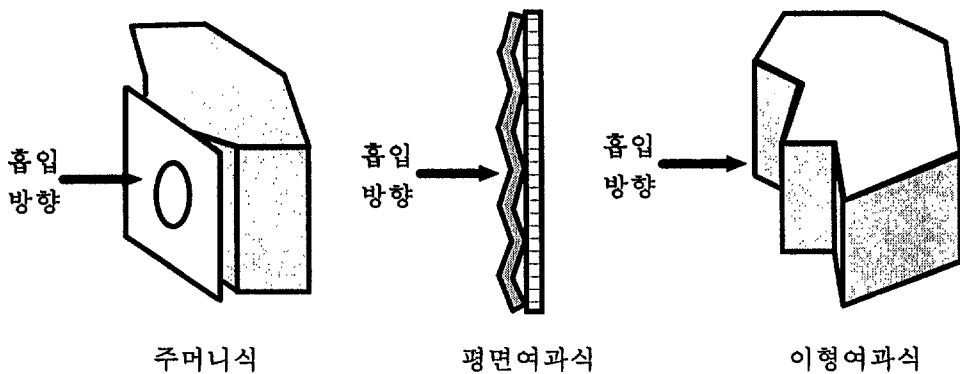


그림 15. 각종 실험용 여과 장치의 모식도

4. 최종 설계 도면

가. 설계 개념도

화분 채취의 일반 공정은 아래의 그림 16과 같다.

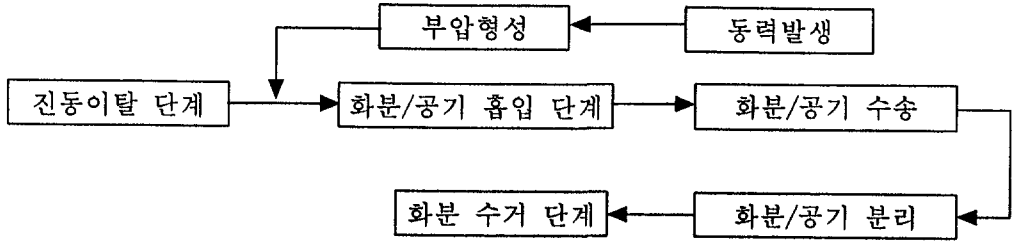


그림 16. 화분채취기의 일반 공정

화분채취의 일반 공정을 위한 각 주요 구성 부분

<사용요구에 따른 각 부분의 구성>

- 1) 화분이 소나무 꽃대를 이탈하여 대기 중에 부유하게 하기 위한 가진장치 부분
- 2) 대기 중의 떠도는 화분을 공기와 함께 흡입하는 흡입구 부분
- 3) 흡입한 화분과 공기를 분리시키는 분리장치 부분
- 4) 흡입구를 통해 흡입한 화분과 공기의 혼합체를 분리장치까지 이송하는 수송관 부분
- 5) 대기 중의 소나무 화분과 혼합된 공기를 흡입하는 국부적인 부압을 형성할 수 있는 진공 흡입장치
- 6) 진공 흡입장치를 구동하는 동력 발생 장치
- 7) 기타 보조장치

상기 화분 채취의 일반 공정에 근거하여 구성한 본 연구의 화분채취기의 최종 구성도는 그림 17과 같다.

- ① 진동분리부분 ② 흡입후드 ③ 수송배관 ④ 수송부분 ⑤ 포집부분
- ⑥ 진공발생부분 ⑦ 벨트전달장치 ⑧ 휘발유엔진 ⑨ 수송배관

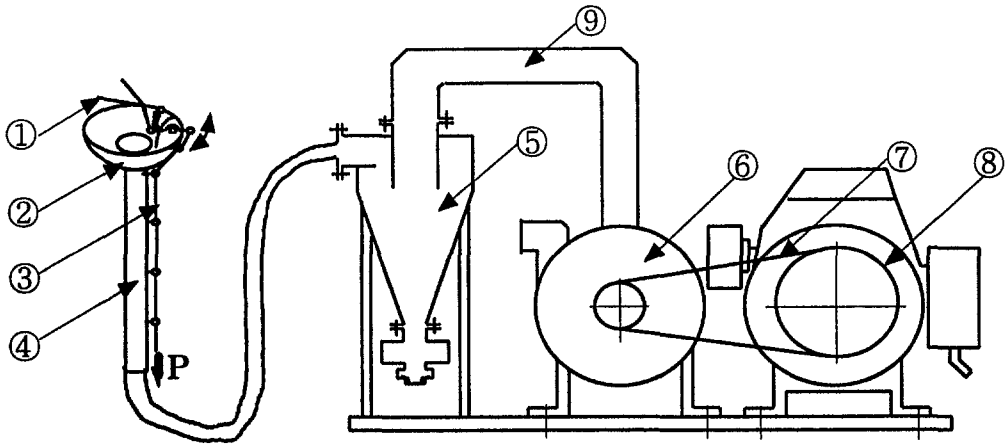


그림 17. 최종 실험기의 각 주요 부분 구성도

나. 본 연구의 총체적 설계 및 각 부분별 공작 도면 및 제조 도면은 부록 I 에 별도로 수록하였다. 또한 본 연구의 설계 도면에 의한 화분 채취 최종 실험기의 현장 실험 과정 및 주요 구성 부분의 실제 형상은 사진 4~6과 같다.



사진 4. 최종 실험기를 이용한 현장 채취 작업

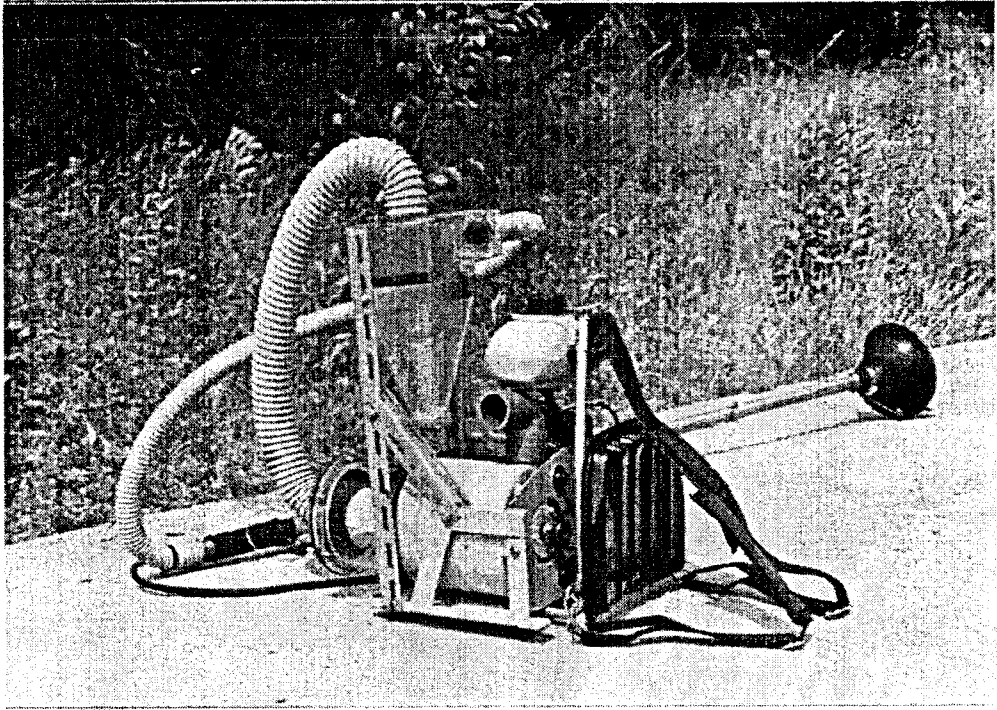


사진 5. 최종 실험기의 실물 형상을 나타내는 사진

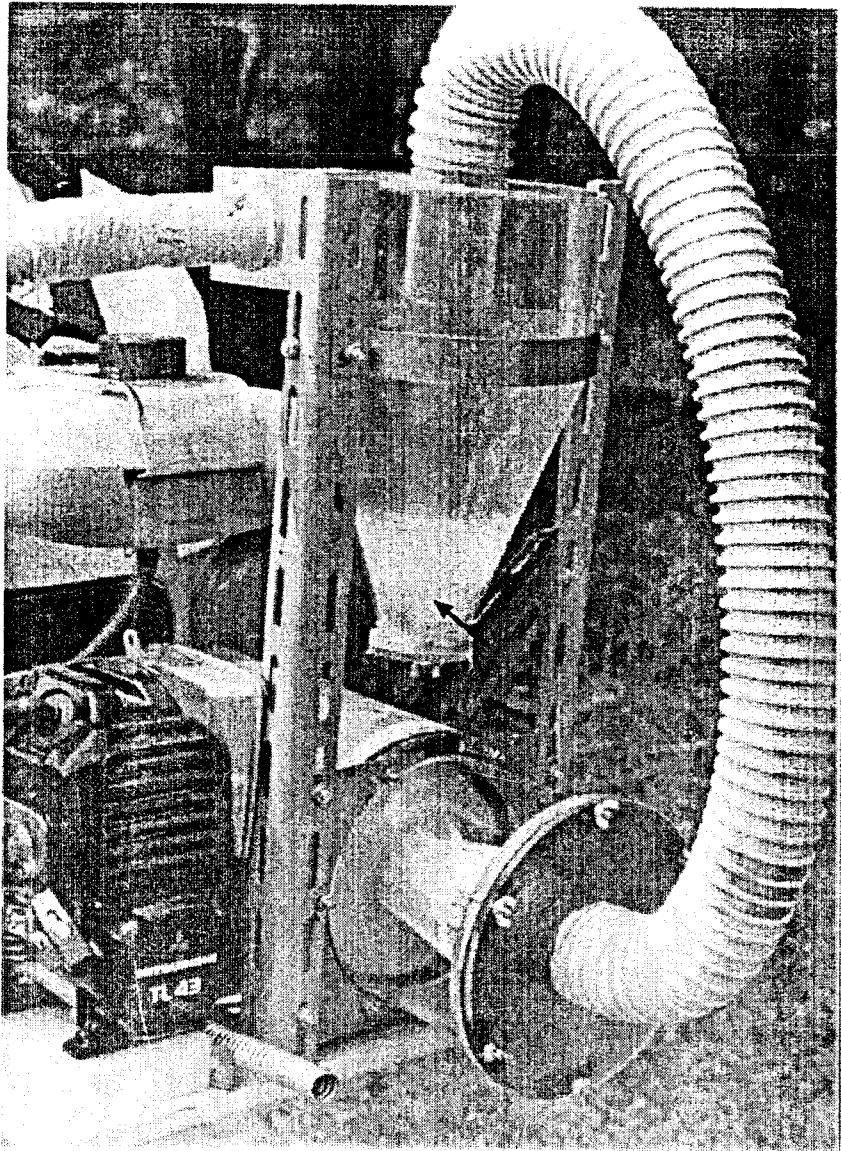


사진 6. 원심분리기 중에서 채취된 화분 선회하는 형상

제 6 절 결 론

본 연구에서는 화분의 물성과 꽃대에서의 이탈 상태, 대기 중에서의 분산 및 부유 상태 등의 조사에 근거하여 야외 작업에 적합한 휴대용 화분채취기의 개발에 관한 연구를 수행하였으며, 화분의 특성 분석과 실험용 화분채취기의 설계, 제작 및 성능 등을 분석하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 자연상태 및 인공적인 강제 진동에 의해 화분은 비교적 용이하게 꽃대로부터 이탈되며, 대기중에서의 분산 상태도 양호하여 진공 흡입이 가능한 것으로 판단되었다.
2. 소나무류 화분 입자의 평균 직경은 대체로 50~100 μm 로서 비교적 미세한 편이며, 진공흡입에 의해 채취된 화분과 공기의 분리, 즉 화분 입자의 포집은 대체로 선형침강식 원심분리 사이클론 방식, 여과포에 의한 방식 등을 이용 가능하나, 여러 측면에서 원심분리 사이클론 방식이 상당히 우수한 포집 효율을 보여주고 있다.
3. 각종 나무의 수고에 따라 본 연구의 화분 채취 시험기는 흡입관의 파이프 길이를 여러 가지 규격으로 쉽게 교체할 수 있도록 설계하여 채취기의 현장 적용성을 높였다.
4. 화분 채취 시험기 원가를 절감하고 제품화, 양산화를 위하여 각 주요 구성 부분에서 최대한 시판되고 있는 제품을 사용하여 제품의 표준화, 규격화를 도모하였다.
5. 본 연구 개발의 상업적인 성공을 위해서는 향후 본 제품의 다용도화와 계열화 연구를 계속하여야 할 것으로 생각된다.
6. 본 연구 결과를 “휴대용 소나무 화분 채취기”로 특허 출원하였으며, 출원번호(또는 접수번호) 11995237011를 부여 받았다.

참 고 문 헌

鄭善謨, 黃炳九 共著. 運搬荷役機械, 産業機械 시리즈(I). 제6장 유체 컨베어.
pp202-212.

狩野武 著/宋廣鎬 李鍾榮 譯. 粉體輸送技術. 도서출판기술 출판.

李鍾純 著. 新編 流體技術

분체공학회편. 1986. 분체공학편람. pp1-88.

일간공업신문사 출판. 1975. 입도측정기술. pp69-334.

森 芳郎 著. 1958. 粉體工學(新化學工學講座). 日刊工業新聞社. pp113.

Nikuradse, J. and Forsch, Geb. 1932. Ing-Wes., pp356.

Weisbach, J. 1996. Ingenieur-und Maschinen Mechanik, 1. pp1044.

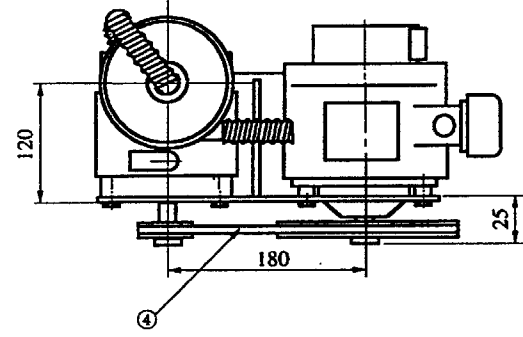
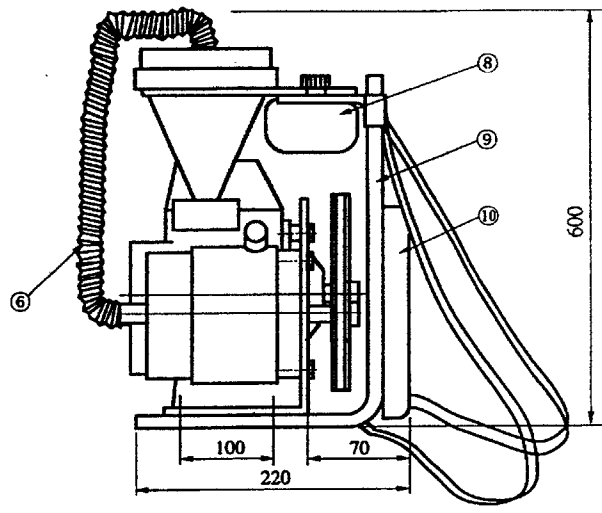
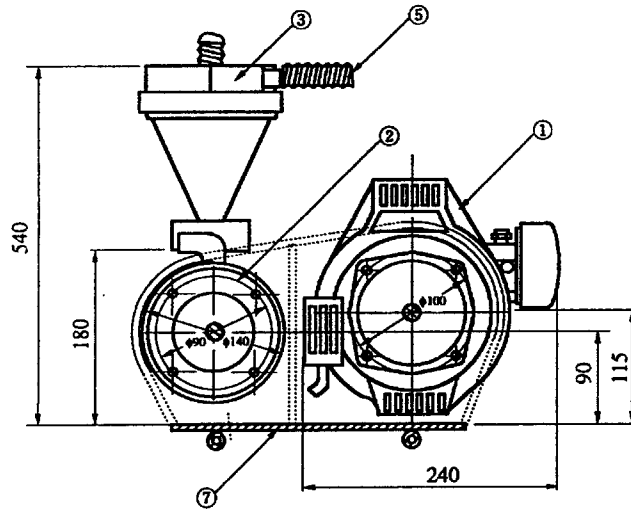
井伊谷鋼一. 1972. 集塵技術マニュアル. 日刊工業新聞社. pp26

狩野武 著. 1977. 粉體粒子の舉動. 産業技術センタ. pp227-292.

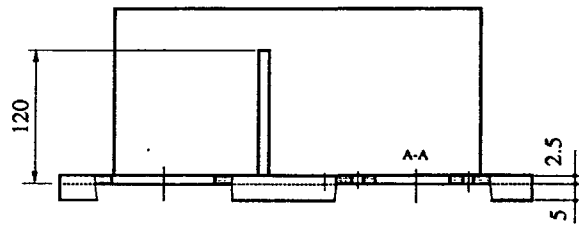
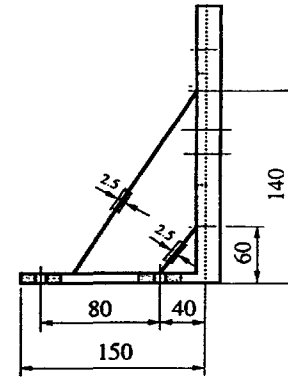
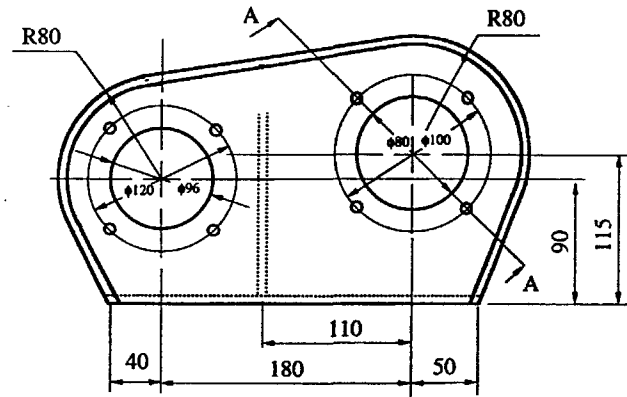
上龍九井. 1974. 粉體と工業, 6-4. pp44.

부록 I

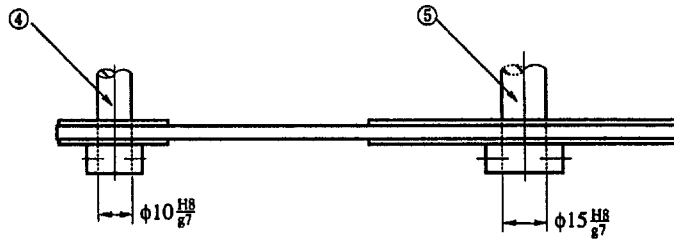
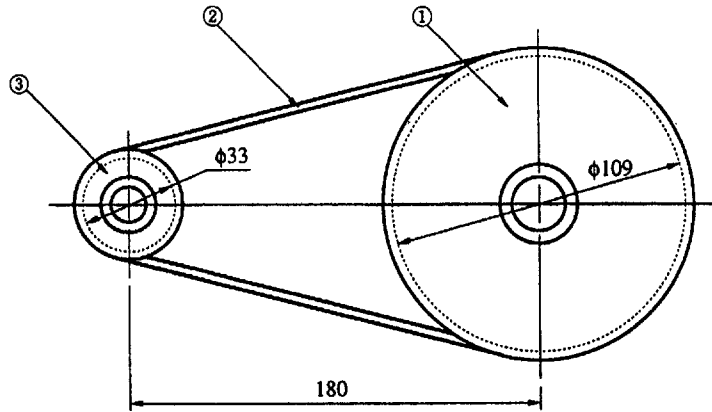
최종설계도면



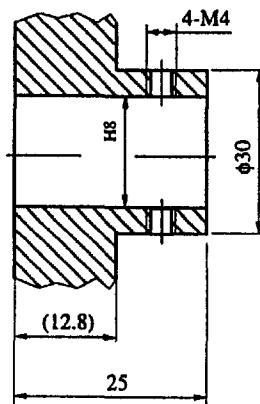
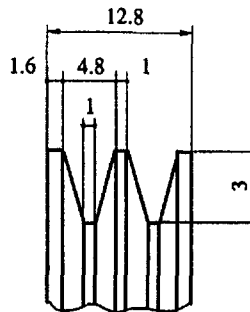
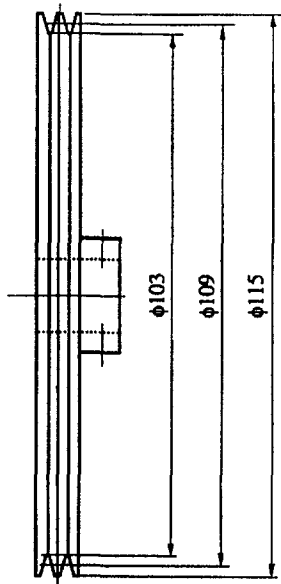
10	배부 등받이		1	set
9	배부체		1	set
8	휘발유탱크		1	set
7	조립본체		1	set
6	공기송출배관		1	set
5	화분흡입배관		1	set
4	벨트전달장치		1	set
3	원심 분리기		1	set
2	터보 브로어		1	set
1	휘발유 엔진		1	set
품번	명 칭	재 질	개 수	비 고
년 월 일	척 도	화분채취기 치수연결도		
제도	사도			
		산각법		



1	조립본체	연 강	1	
품번	명 칭	재 질	개 수	비 고
	년 월 일	척 도	조립본체	
제도	사도	검도		
		산각법		



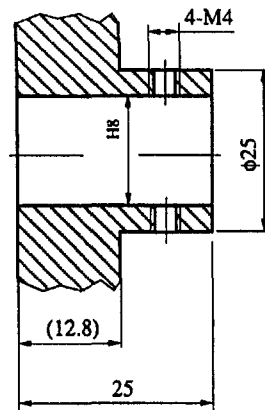
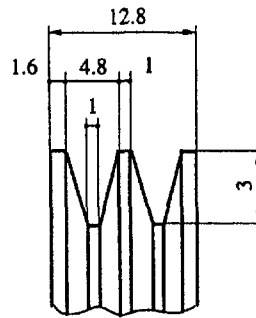
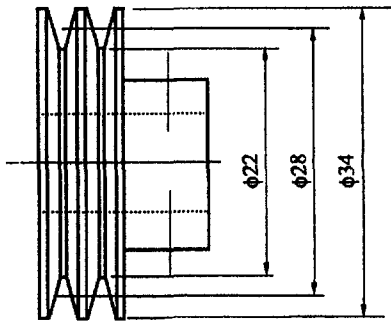
5	주동축	S20	1	
4	중동축	S20	1	
3	중동륜	알루미늄합금	1	
2	2열V벨트	고무기지복합	1	
1	주동륜	알루미늄합금	1	
품번	명 칭	재 질	개 수	비 고
	년 월 일	최 도	벨트전달장치	
제도	사도	검도		
		삼각법		



기술요구 :

1. 4-M4구멍은 축과 함께 가공
2. 모든 모따기는 R2
3. 표면조도 Ra12.5

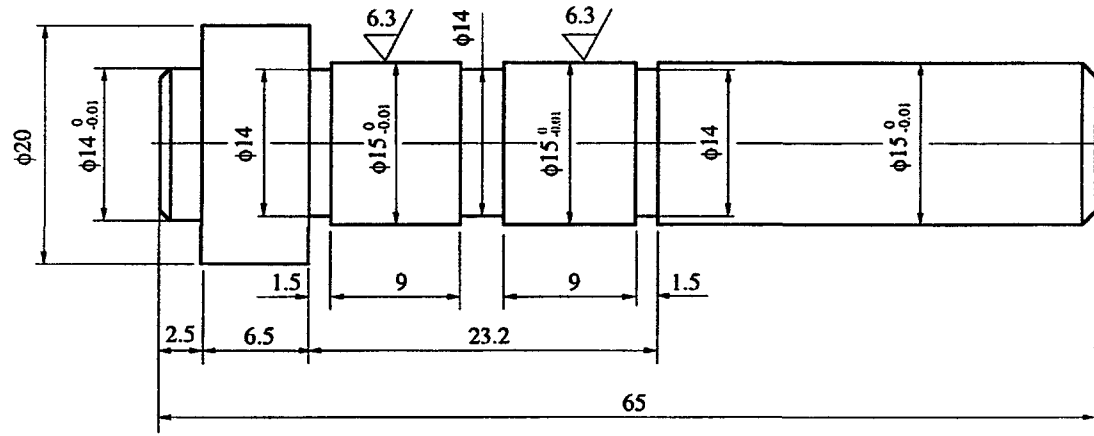
전달1	주동륜		알루미늄합금		1	
품번	명칭		재질		개수	비고
	년	월 일	척도		주동륜	
제도	사도	검도				
			삼각법			



기술요구 :

1. 4-M4구멍은 축과 함께 가공
2. 모든 모따기는 R2
3. 표면조도 Ra12.5

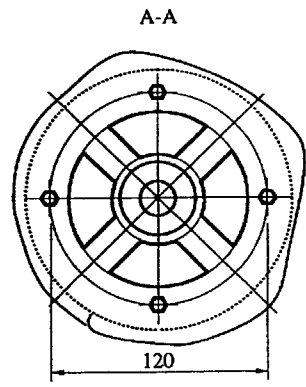
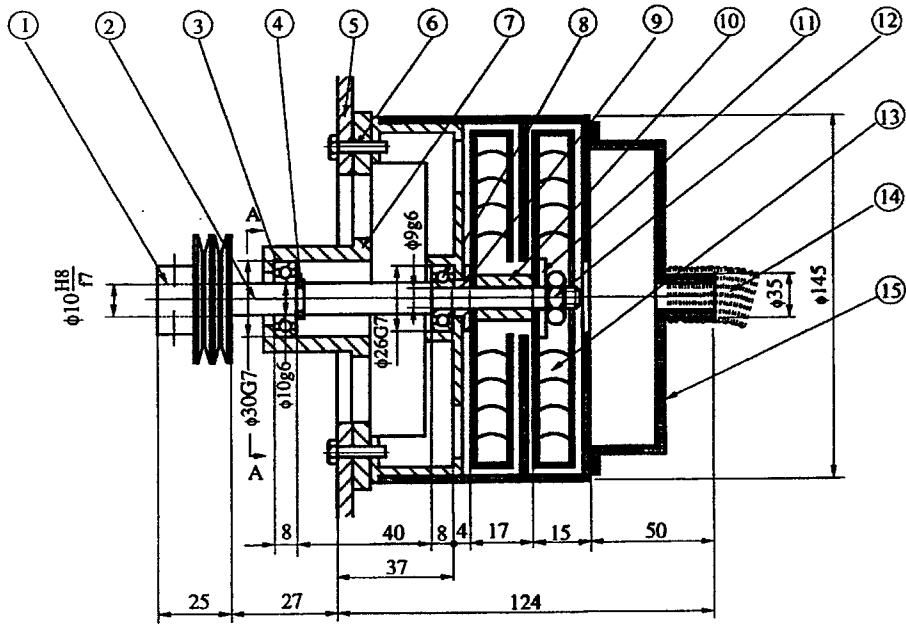
전달3	중동륜			알루미늄합금	1	비고
품번	명	칭	재질		개수	
	년	월	일	척도	중동륜	
제도	사도	검도				
				삼각법		



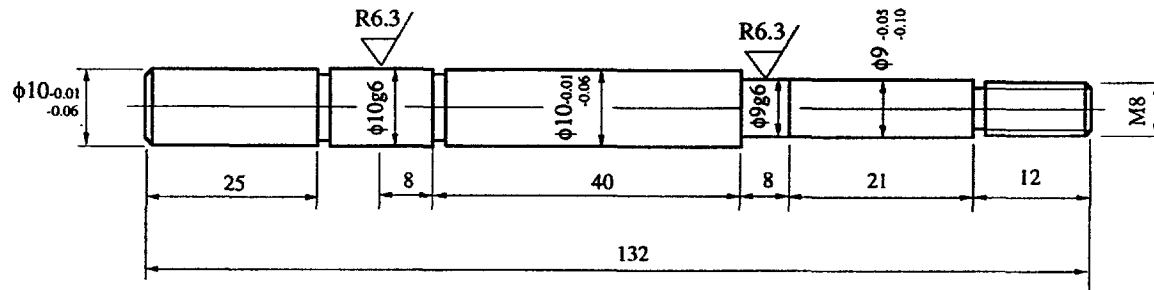
기술요구 :

1. 4-M4구멍은 축과 함께 가공
2. 모든 모따기는 R2
3. 기타 표면조도 Ra12.5

전달5	주동축			SC45	1	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
년 월 일				척 도	주동축	
제도	사도	검도				
				삼각법		



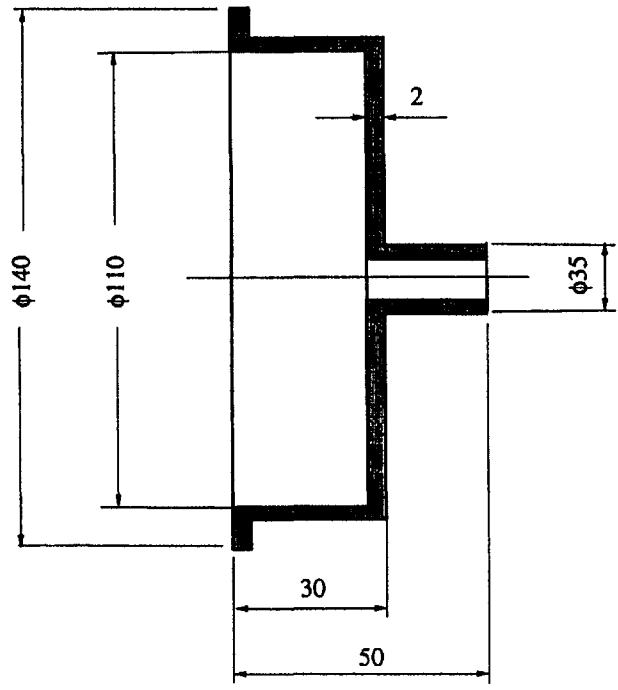
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척도	흡입장치 조립도	
제도	사도	검도				
				상각법		



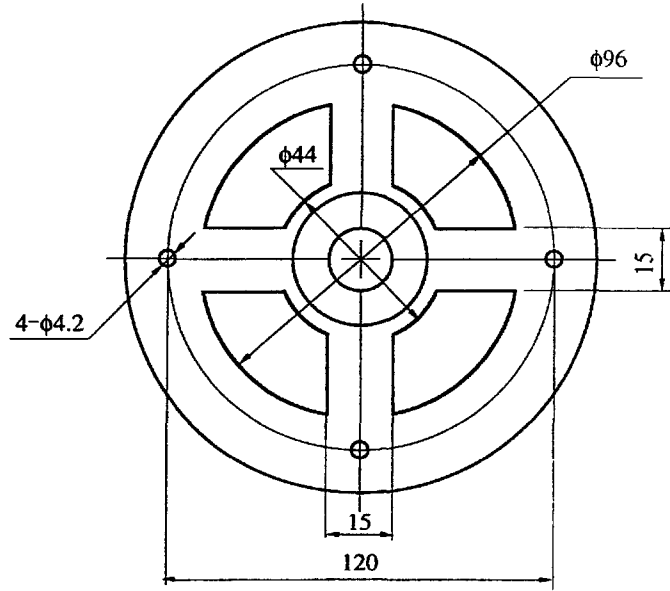
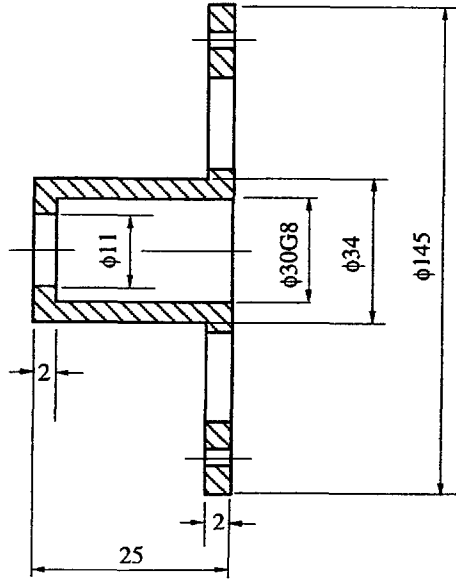
기술요구 :

1. 모든 모따기는 R2
2. 기타 표면조도 Ra12.5

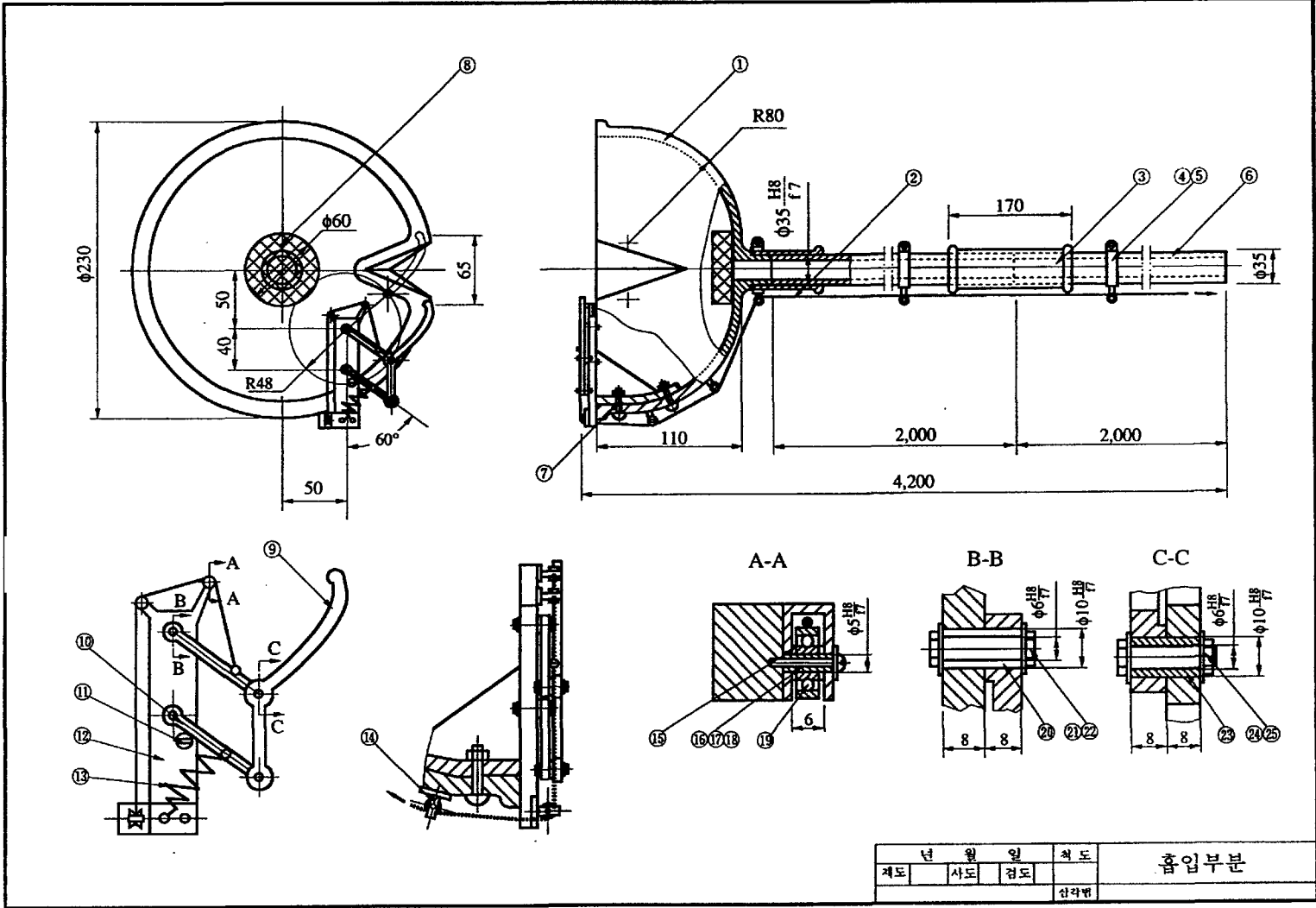
전달2	중동축			SC45	1	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척도	중동축	
제도	사도	검도				
				삼각법		



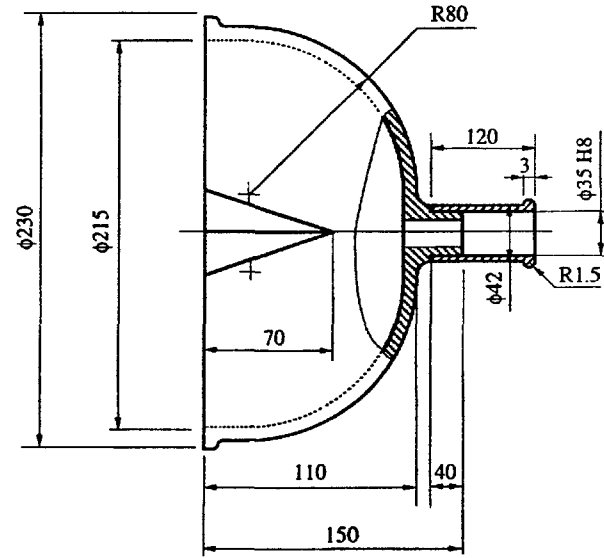
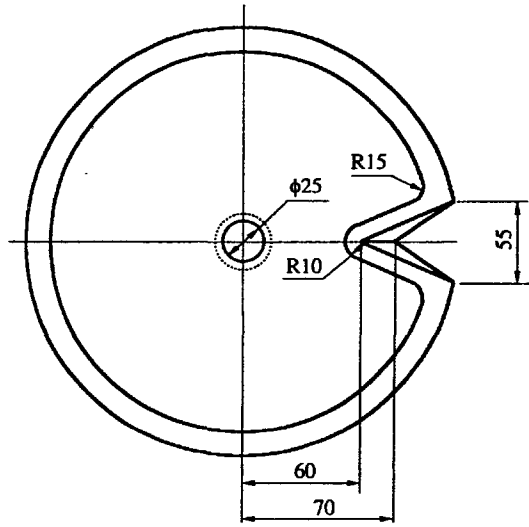
진공15	연결통			연 강	1
품번	명 칭			재 질	개 수 비 고
	년	월	일	척도	연결통
제도	사도	검도			
				삼각법	



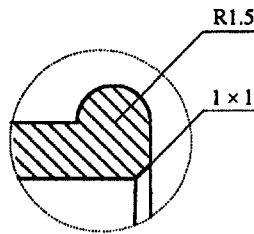
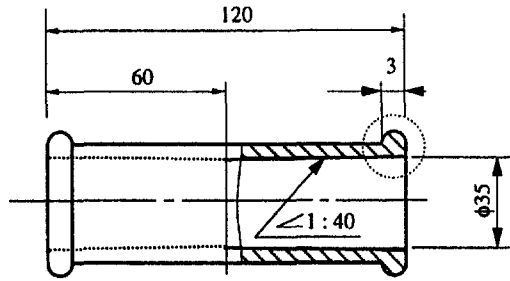
진공5	중동축지지카바	연 강	1	
품번	명 칭	재 질	개 수	비 고
	년 월 일	척 도	중동축지지카바	
재도	사도	검도		
		삼각법		



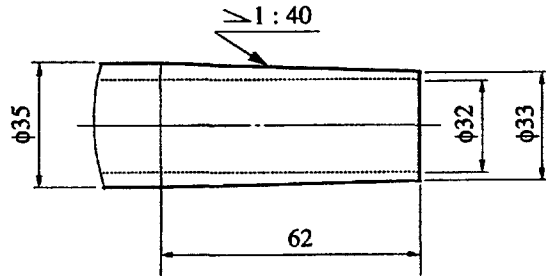
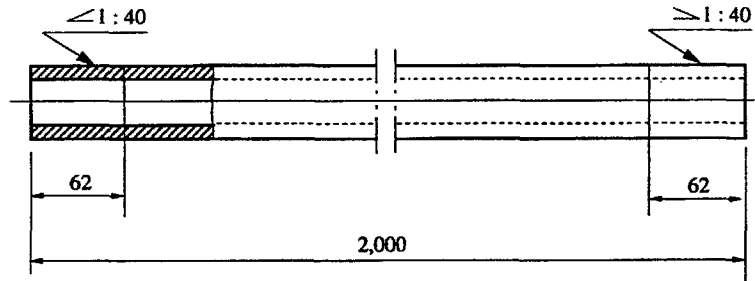
년	월	일	척도	흡입부분
제도	사도	검도		
				안각번호



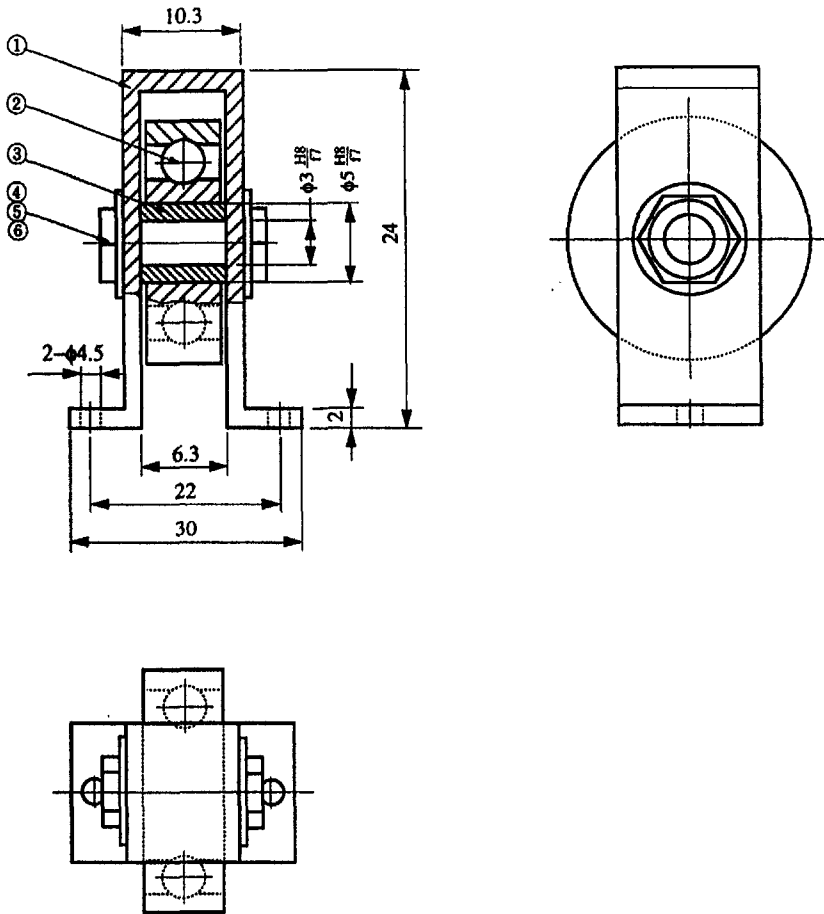
흡입1	흡입통			ABS	1	
품번	명칭			재질	개수	비고
	년	월	일	척도	흡입통	
제도	사도	검도				
				삼각법		



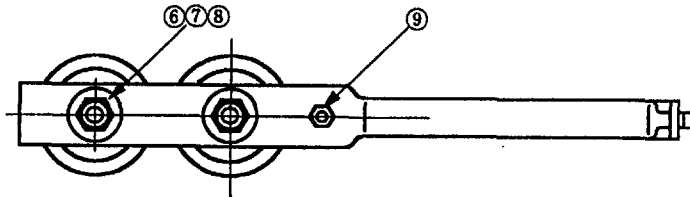
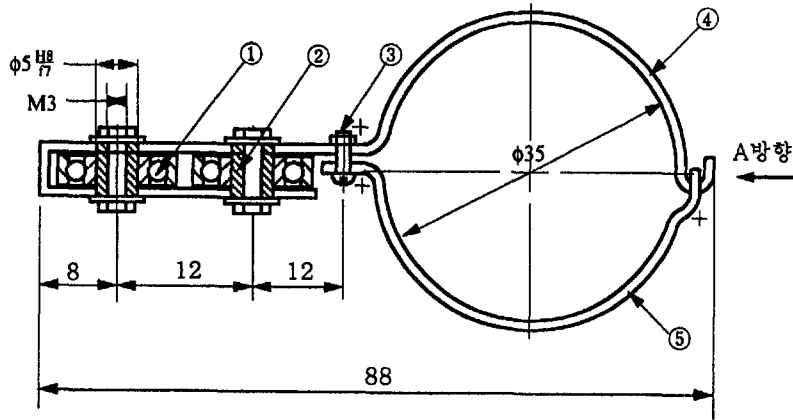
출입3	연결관			Stain	1	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척도	연결관	
제도	사도	검도				
				삼각법		



흡입6	흡입배관			Stain	2	시판 pipe
품번	명칭			재질	개수	비고
년	월	일	척도	흡입배관		
계도	사도	검도	삼각법			



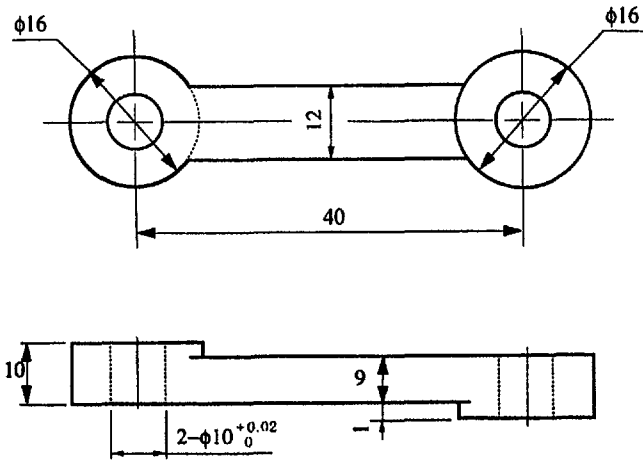
6	M3너트	S20	8	
5	와셔	S20	8	
4	M3볼트	S20	8	
3	부시	SC45	8	
2	베어링	공구강	8	
1	본체	S20	4	
품번	명칭	재질	개수	비고
년 월 일		척도	로울러 set	
제도	사도	검도		
		삼각법		



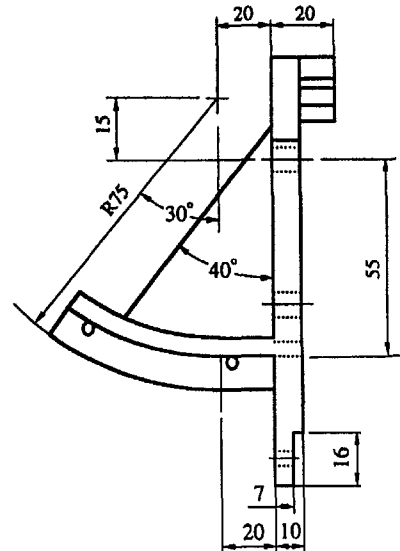
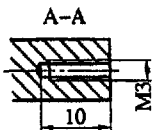
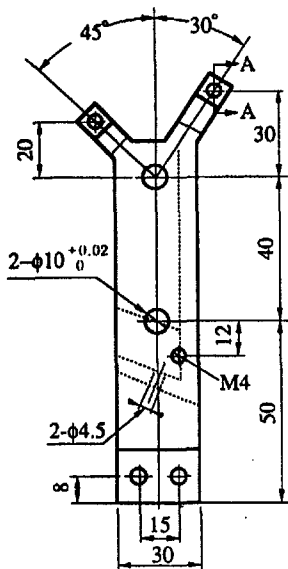
A방향



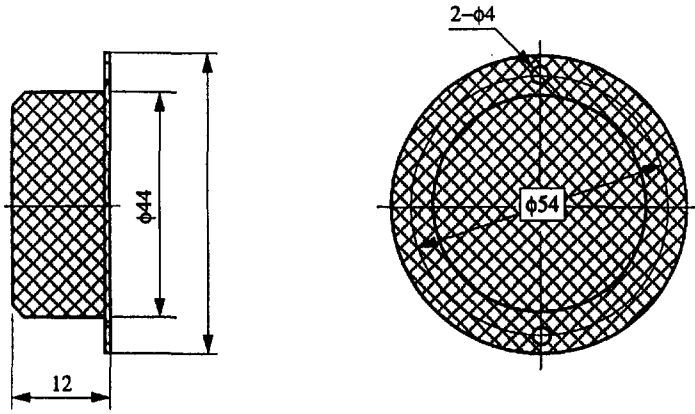
9	M4너트	S20	4	
8	평와셔	S20	8	
7	M3너트	S20	8	
6	M3볼트	S20	8	
5	고정대홀더	연 강	4	
4	베어링고정대	연 강	4	
3	M4볼트	S20	4	
2	부 시	SC45	10	
1	볼베어링	공구강	10	
품번	명 칭	재 질	개 수	비 고
년	월	일	척도	로울러 set
제도	사도	절도	삼각법	



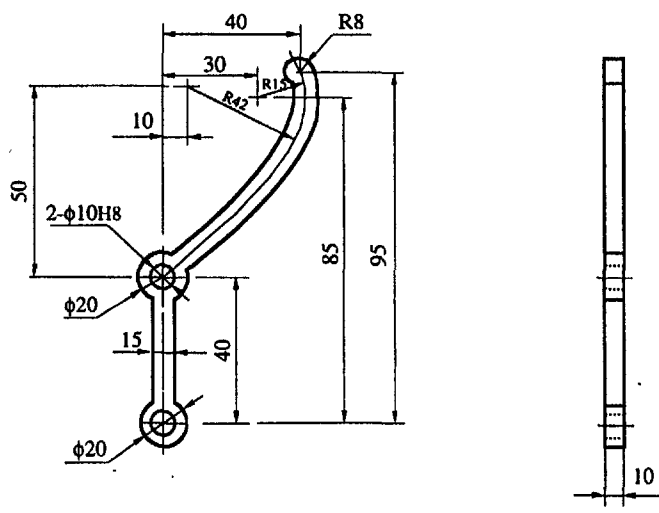
흡입10	평행운동바		ABS	2	
품번	명칭		재질	개수	비고
년 월 일	척도	평행운동바			
제도	사도	검도			
삼각법					



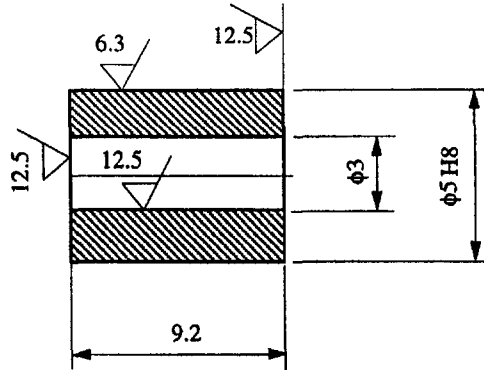
흡입11	진동자 고정대		ABS	1	
품번	명칭		재질	개수	비고
년 월 일	척도	진동자 고정대			
제도	사도	검도			
삼각법					



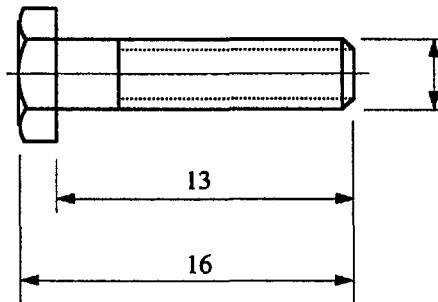
품입8	여과망			Stain	1	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
년 월 일				척 도	여과망	
제도	사도	검도				
				삼각법		



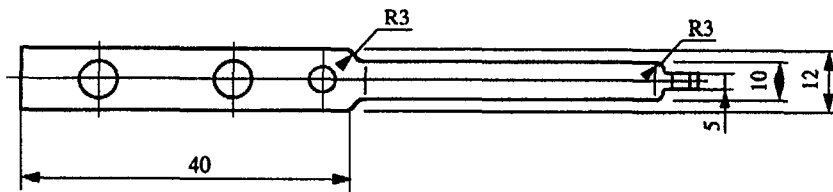
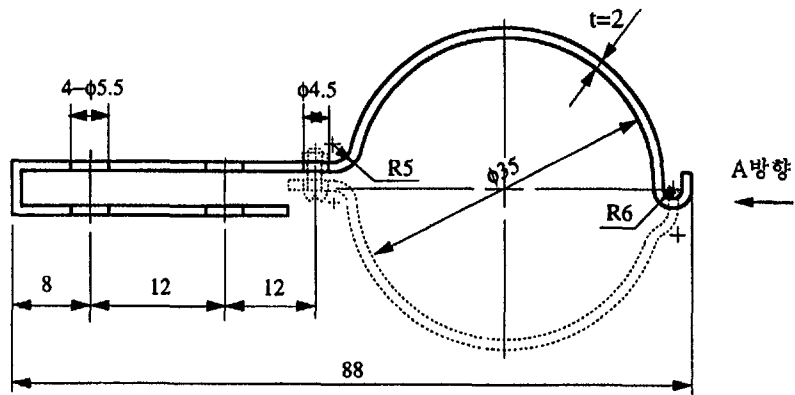
품입9	진동자			ABS	1	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
년 월 일				척 도	진동자	
제도	사도	검도				
				삼각법		



	부 시			SC45	10	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척도	부 시	
제도	사도	검도				
				삼각법		



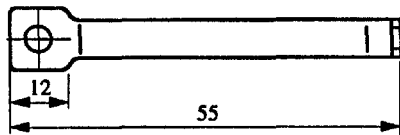
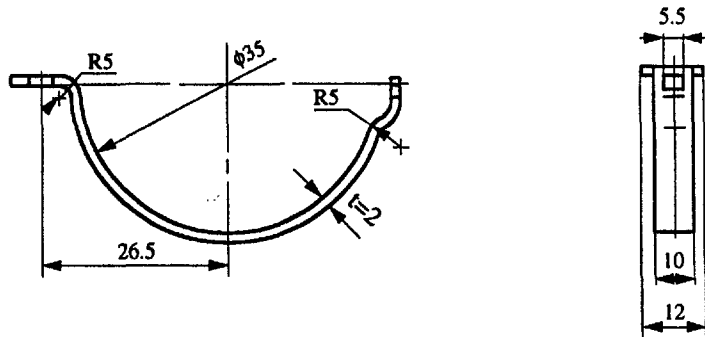
	M3볼트			S20	8	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척도	M3볼트	
제도	사도	검도				
				삼각법		



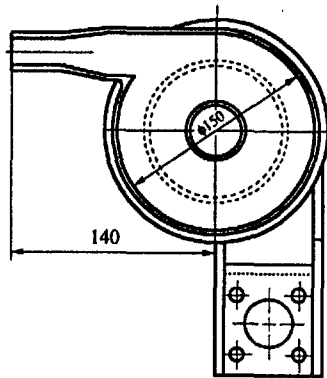
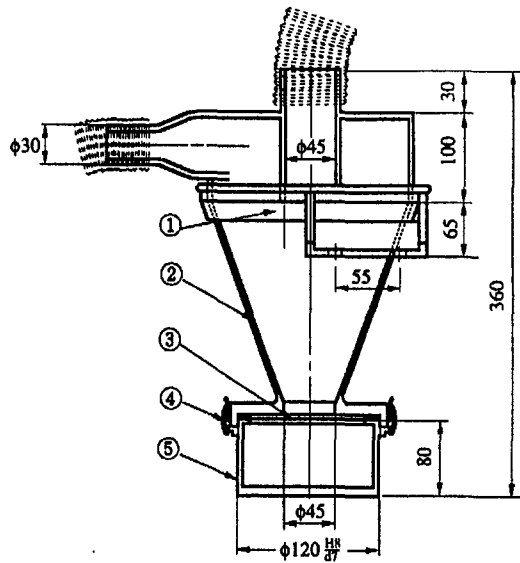
A방향



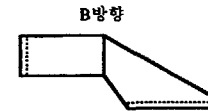
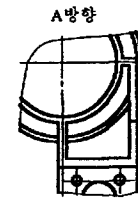
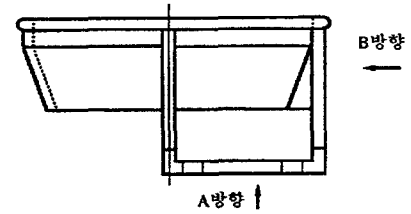
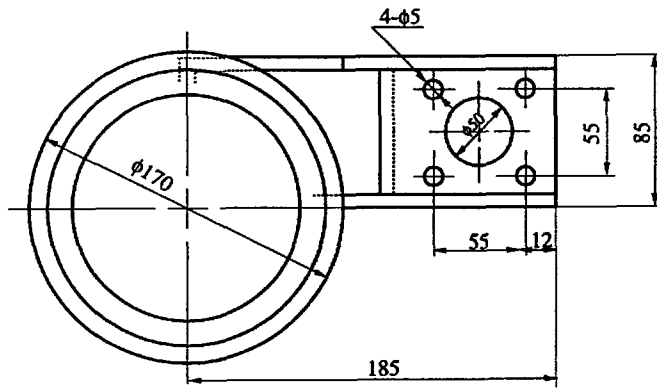
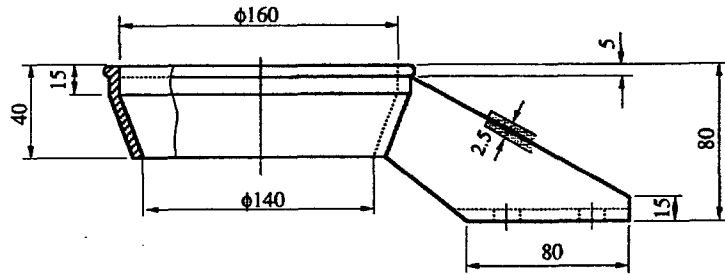
	베어링고정대			연 강	5	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척 도	베어링고정대 및 홀더	
제도	사도	검도				
				삼각법		



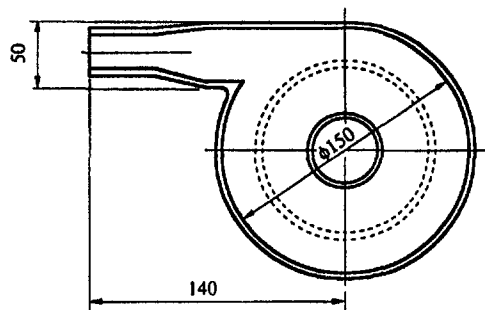
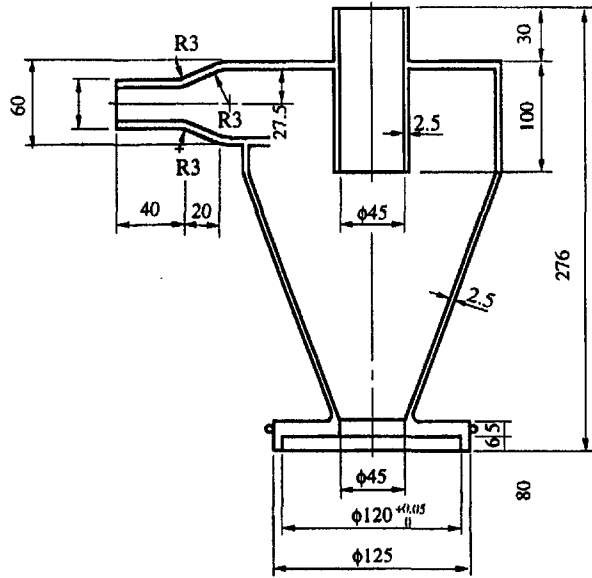
1	고정대홀더			연 강	5	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
년 월 일				척 도	베어링고정대 및 홀더	
제도	사도	검도				
				삼각법		



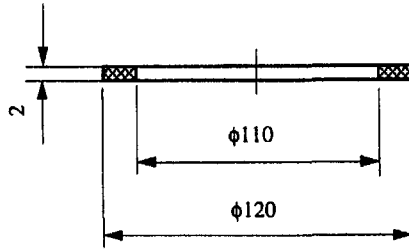
5	수거통	PVC	1	
4	잠금고리	연 강	3	
3	고무패킹	고 무	1	
2	분리기본체	PC	1	
1	분리기홀더	PC	2	
품번	명 칭	재 질	개수	비 고
년	월	일	척도	원심분리장치
제도	사도	검도		
			삼각법	



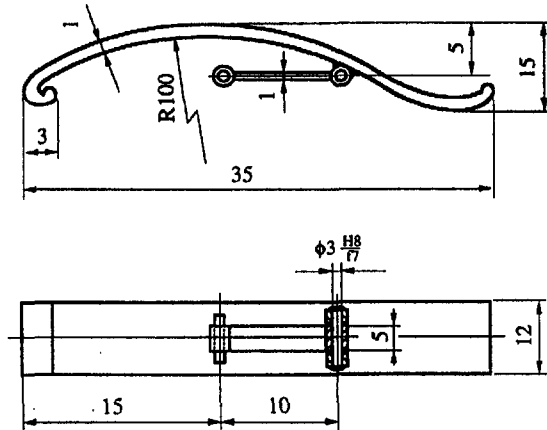
분리1	분리통홀더			PC	1	
품번	명칭			재질	개수	비고
	년	월	일	척도	분리통홀더	
제도	사도	검도				
				삼각법		



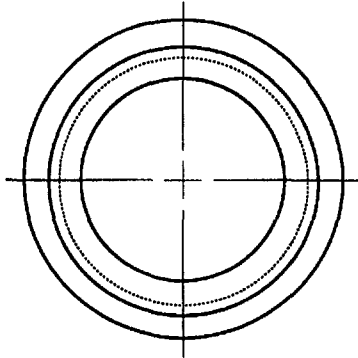
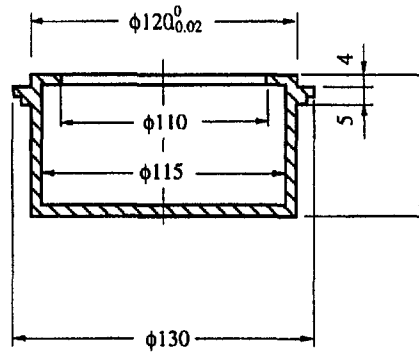
분리2	분리기본체	PC	1	
품번	명 칭	재 질	개 수	비 고
	년 월 일	척 도	분리기본체	
제도	사도	검도		
		삼각법		



분리3	고무패킹			고무	1	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척도	고무패킹	
제도	사도	검도				
				삼각법		



분리4	잠금고리			S20	3	
품번	명 칭			재 질	개 수	비 고
	년	월	일	척도	잠금고리	
제도	사도	검도				
				삼각법		



분리5	수거통	PVC	1	
품번	명칭	재질	개수	비고
	년 월 일	척도	수거통	
재도	사도	검도		
		삼각법		