

최 종
연구보고서

부가가치 증진을 위한 바위솔 주년재배 체계
확립과 약리성분 변화탐색

Systemic Establishment of Round-Year Cultivation for
Orostachys japonicus A. Berger and Investigation on Its
Pharmaceutically-Active Components for Improvement of
Added-Value

주년재배 바위솔의 약리성분 탐색
Investigation on Pharmaceutically-Active Components of
Orostachys japonicus A. Berger

바위솔 주년재배 체계확립
Systemic Establishment of Round-Year Cultivation for
Orostachys japonicus A. Berger

연구기관

경상대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “부가가치 증진을 위한 바위솔의 주년재배 체계확립과 약리성분의 변화 탐색” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 5월 일

주관연구기관명 : 경 상 대 학 교

총괄연구책임자 : 신 성 철

세부연구책임자 : 강 진 호

요 약 문

I. 제 목

부가가치 증진을 위한 바위솔의 주년재배 체계확립과 약리성분의 변화탐색

II. 연구개발의 목적 및 필요성

한방 암 치료의 중심식물이며 건강식품의 한 소재인 바위솔을 주년재배 기술을 통하여 년 중 출하함으로써 가격을 안정시키고 공급을 원활하게 하여 농가 소득에 이바지 하고자 하는 것이 본 연구의 중요한 목표이다. 이를 위해 자연산이 출하되는 10월 이외의 달에도 출하가 가능하도록 하는 주년재배 기술의 더욱 보완하고자 한다. 또 주년재배로 생산된 바위솔의 유효성분이 자연산과 같거나 더 뛰어나다는 것을 입증하고 유효성분의 변화와 생물학적 활성 (항암작용 및 항산화작용 등)을 탐색함으로써 개발된 바위솔의 주년재배의 산업적 이용에 관한 정보를 제공하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

제 1 세부과제: 주년재배 바위솔의 약리성분 변화탐색

여러 가지 조건 하에서 재배된 바위솔과 자연산 바위솔의 생물학적 활성 물질의 함량이 평가되었다. 특히 폴리페놀, 폴리페놀 배당체와 같은 극성 유기화합물의 함량과 테르펜 및 스테로이드를 포함하는 비극성 물질의 함량이 고성능 액체 크로마토그래피, 기체 크로마토그래피 및 다른 전형적인 분광학적 방법을 이용하여 평가하였다. 항산화 효과, 항미생물 및 항암효과와 같은 바위솔의 생물학적 활성이 체계적인 방법을 통하여 연구되었다.

활성성분의 함량 조사

페놀산에 속하는 4-hydroxybenzoic acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, gallic acid 및 methyl gallate의 네 가지 폴리페놀과 flavonol aglycone에 속하는 kaempferol 및 quercetin 두 가지 폴리페놀 및 플라보놀이 속하는 kaempferol-3-O- β -D-glucoside, kaempferol-3-O- β -D-galactoside, kaempferol-3-O- α -L-rhamnoside, quercetin-3-O- β -D-glucoside 및 quercetin-3-O- α -L-rhamnoside의 다섯 가지 폴리페놀 배당체 성

분의 함량이 night-break, 및 일장조절 실험으로에서 얻어진 바위솔에서 평가되었으며 자연산 바위솔에서의 함량들과 비교되었다. 폴리페놀과 폴리페놀 배당체의 함량은 여러 가지 조건 하에서 재배된 바위솔과 자연산 바위솔에서 큰 차이를 보여주지 않았다.

폴리페놀류 및 폴리페놀 배당체류의 함량은 night-break 및 일장조절 실험 모두에서 조사된 빛의 양이 증가함에 따라 증가하였다. night-break 및 일장조절과 같은 경작 조건은 바위솔에서의 폴리페놀과 폴리페놀 배당체의 생성에 부정적인 영향을 미치지 않았다.

여러 가지 조건하에서 재배된 바위솔과 자연산에 함유되어 있는 두 가지 스테로이드-campesterol 및 β -sitosterol의 함량과 네 가지 트리테르펜-taraxetrone, β -amyrin, (-)-friedelin, glutinol의 함량이 추적되었으며 서로 비교되었다. 스테로이드와 트리테르펜의 함량은 자연산 바위솔과 여러 가지 조건 하에서 재배된 바위솔 사이에서 큰 차이가 발견되지 않았다.

조사된 스테로이드와 트리테르펜의 함량 변화는 가해진 빛의 량뿐만 아니라 비료의 종류 및 시비량과 상관이 없는 것으로 조사되었다. 스테로이드와 트리테르펜의 함량의 관점에서 볼 때 여러 가지 조건 하에서 재배된 바위솔의 품질은 자연산 바위솔에 비해 나쁘지 않았다.

생물학적 활성 조사

night-break, 일장조절, 빛의 조사량 변화 및 사용된 비료에 따른 바위솔의 총페놀 함량의 변화 및 그들의 항산화효과가 평가되었으며 결과들이 자연산의 그것과 비교되었다. 총페놀 함량은 조사된 빛과 질소비료의 양이 증가에 대략적으로 비례하였다. 자연산 바위솔에 포함된 총 페놀함량이 여러 가지 조건하에서 재배된 바위솔 보다 약간 높았다. 식물의 항산화 능력은 조사된 빛과 질소비료의 양이 증가함에 따라 증가되는 경향을 보여주었다. 바위솔의 총페놀함량과 항산화능은 인산 및 칼륨 비료의 양과는 큰 상관관계가 없는 것으로 조사되었다.

조사된 7종의 그램 양성균 모두 5종에서 1.25 - 2.5 mg/ml의 최소성장 저해 농도를 보여주었다. 기존 항암제로 사용되는 cisplatin 및 taxol과 각테일해 사용했을 때 2 ng/ml의 적은 양에서 위암세포 mkn28을 80%이상 소멸시키는 항암효과를 보여주었다.

제 2 세부과제: 바위솔의 주년재배 체계 확립

제 2 세부과제 에서 연구를 통하여 도출된 결과로는 추대 및 개화를 조절하기 위한 2시간의 night-break 처리를 가할 경우 6월 하순에 되도록 큰 묘를 정식하는 것

이 전초수량을 높일 수 있고, 일장은 적어도 13시간 이상, 동절기 재배온도는 20℃ 이상 유지하여야 할 뿐만 아니라 차광이 되도록 적게 일어나도록 관리하여야 하며, 전초 수량을 증대시키기 위한 질소, 인산, 칼리의 시비 효율은 적었다. 이러한 연구 결과를 통하여 출하시기를 조절하기 위한 주년재배는 6월부터 2시간의 night-break를 처리함과 동시에 온도가 하강하는 가을부터는 20℃ 이상으로 가온하면서 재배할 경우 월동 이후인 3월 초순까지도 소화의 개화 없이 재배가 가능한 것으로 요약된다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

주년재배된 바위솔과 자연산 바위솔의 조사된 유효성분의 함량을 비교하면 주년재배된 바위솔과 자연산에 의미를 부여할 만한 차이가 없다는 사실이 입증되었다. 이것은 바위솔 주년재배를 농가에 적극 권하는 기초 자료로 활용될 수 있을 것이며 주년재배를 통하여 바위솔이 출하시기의 폭이 넓게 조절되고 값의 안정화를 통해 바위솔의 부가가치를 증진시킬 것이다. 생물활성 조사에 의하면 바위솔은 비타민 C나 합성 항산화제인 BHT와 비슷한 정도의 항산화 능력을 보여주었다. 이것은 산화에 의한 퇴행성 변화를 지연 또는 치료할 수 있다는 것을 의미한다. 이 식물들은 상당히 큰 항미생물 효과와 기존 항암제로 사용되는 cisplatin 및 taxol과 각테일해 사용했을 때 2 ng/ml의 적은 양에서 mkn28형 위암세포를 소멸시키는 항암효과를 보여주었다. 본 연구에서 이와 같은 결과들에 의하면 바위솔의 주년재배가 농가에 적극 권장될 가치가 있는 것으로 판단된다. 또한 본 연구는 바위솔을 건강 보조식품 또는 의약품으로 개발하는 후속연구로 이어져야 할 것으로 생각된다.

SUMMARY

I. Title

Systemic Establishment of Round-Year Cultivation for *Orostachys japonicus* A. Berger and Investigation on Its Pharmaceutically-Active Components for Improvement of Added-Value

II. Purpose and Significance of Research

Orostachys japonicus A. Berger is one of the key herbal plants for cancer remedy and health foods in Korea. Contribution to the economical growth of farmers raising *Orostachys japonicus* A. Berger is a pivotal target of this research. The knowhow for the round-year cultivation provided by us will enable to send out the plants to market throughout the year and stabilize the price. It was tried to demonstrate that the content of the biologically-active substances in *Orostachys japonicus* A. Berger grown under the round-year cultivation is not inferior to those in wild one. In addition, the concentration of the pharmaceutically effective substances and the biological activities of *Orostachys japonicus* A. Berger have been evaluated. The valuable informations for the round-year cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger introduced by us will be beneficial to the farmers and lead them to the industrial utilization.

III. Contents and Scope of Research

project 1 : investigation on pharmaceutically-active components of *Orostachys japonicus* A. Berger

The contents of the biologically-active substances in *Orostachys japonicus* A. Bergers cultivated under various conditions and those of wild ones were evaluated. Especially, the contents of polar organic compounds such as polyphenol glycosides, polyphenols and nonpolar ones including terpenes and steroids were estimated by high performance liquid chromatography, gas chromatography and traditional spectroscopic methods. Biological activities of *Orostachys japonicus* A.

Bergers such as anti-oxidative effect, and antimicrobial and anticancer activity were investigated by convenient methods.

Project 2: systemic establishment of round-year cultivation for *Orostachys japonicus* A. Berger

It is a short day plant bloomed in fall and died. Its herbaceous products are converged on the time to reduce the farmer's profit. The study was done to establish its year-round cultivation under 2 hour night-break treatment resulted from our previous experiments to change its harvest time. Herbaceous yield related to the farmer's profit was increased with transplantation of larger seedlings during late June, longer than 13 hour daylength, higher than 20°C, or less shading. The yield was little influenced by fertilization of nitrogen, phosphorus and potassium compared to cereal crops. Especially increment of nitrogen fertilization resulted in reduction of its growth but increment of withering rate. Its year-round cultivation was summarized as its seedlings transplanted as larger as possible were grown under 2 hour night-break treatment since June and maintained above higher than 20°C during winter season, which was cultured without bolting and flowering of its florets to early March.

IV. Results of Research and Proposition for Application

Results of Research

project 1: investigation on pharmaceutically-active components of *Orostachys japonicus* A. Berger

Content of pharmaceutically-active components

The content of four polyphenols-4-hydroxybenzoic acid (1), 3,4-dihydroxybenzoic acid (2), gallic acid (3) and methyl gallage (4), two flavonol aglycones-kaempferol (5) and quercetin (6), and five flavonol glycosides-kaempferol-3-O-β-D-glucoside (7), kaempferol-3-O-β-D-galactoside (8), kaempferol-3-O-α-L-rhamnoside (9), quercetin-3-O-β-D-glucoside (11), quercetin-3-O-α-L-rhamnoside (12) from *Orostachys japonicus* A. Bergers grown under from night-break and day-length controlled experiments was estimated and compared with those in the wild ones. No significant difference was found in the content of the polyphenols and polyphenol

glycosides between the cultivated *Orostachys japonicus* A. Bergers and the wild ones. The amount of the phenolic acids **1-4** and the flavonol aglycones **5, 6** and flavonol glycosides **7-9, 11** and **12** were increased with increasing light irradiation under both the night-break and day-length control conditions. It was disclosed that the cultivation conditions such as the night-break and the day-length control were not adversely affect the production of phenolic acids and flavonols in *Orostachys japonicus* A. Bergers.

The content of two steroids-campesterol (**15**) and β -sitosterol (**16**), and four triterpenes-taraxetrone (**19**), β -amyrin (**20**), (-)-friedelin (**21**), glutinol (**22**) in the *Orostachys japonicus* A. Bergers cultivated under various conditions was estimated and compared with those in the wild one. The production of the investigated steroids and triterpenes dose not dependent on the amount of the added light as well as the amount and the variety of fertilization. No significant difference was found in the content of the steroids **15** and **16**, and the triterpenes **19-22** between the cultivated *Orostachys japonicus* A. Bergers and the wild ones. From viewpoint of the content of the steroids **15** and **16**, and the triterpenes **19-22** the quality of cultivated *Orostachys japonicus* A. Bergers is not inferior to the wild ones.

Biological activity

Changes in the contents of total phenolic compounds in *Orostachys japonicus* A. Bergers as well as their antioxidant capacity according to the control of night-break, day-length control, variation in luminosity and fertilizer used were examined. The results were compared with those obtained from wild ones. The contents of the total phenolic compounds in the plants roughly proportional to the increasing level of irradiation and nitrogen fertilization. The total content of phenolic compounds in the wild plants was slightly higher than those cultivated under various conditions. The antioxidant capacities of the plants were increased roughly with increasing level of irradiation and nitrogen fertilization. Overall, the total content of phenolic compounds of the plants and their antioxidant capacity were not significantly affected by the amount of phosphorus and potassium fertilizers used. The extract of the methanol of the plant showed the minimum inhibitory concentration of 1.25 - 2.5 mg/ml over five gram (+) bacteria. When

gastric cancer, cells mkn 28 was treated by mixture of the extract, cisplatin and taxol, anticancer effect that destroyed the cancer cells more than 80% was observed.

Project 2: establishment of round-year cultivation for *Orostachys japonicus*

A. Berger

It is a short day plant bloomed in fall and died. Its herbaceous products are converged on the time to reduce the farmer's profit. The study was done to establish its year-round cultivation under 2 hour night-break treatment resulted from our previous experiments to change its harvest time. Herbaceous yield related to the farmer's profit was increased with transplantation of larger seedlings during late June, longer than 13 hour daylength, higher than 20°C, or less shading. The yield was little influenced by fertilization of nitrogen, phosphorus and potassium compared to cereal crops. Especially increment of nitrogen fertilization resulted in reduction of its growth but increment of withering rate. Its year-round cultivation was summarized as its seedlings transplanted as larger as possible were grown under 2 hour night-break treatment since June and maintained above higher than 20°C during winter season, which was cultured without bolting and flowering of its florets to early March.

Proposition for Application

It has been demonstrated that the content of the biologically-active substances and biological activity of *Orostachys japonicus* A. Bergers grown under the round-year cultivation are not inferior to those of the wild ones. Since the plants exhibited anti-oxidant activity compared to that of either ascorbic acid or BHT, it could utilize for the purpose of the suppression of diseases caused by a biological oxidation. In addition, the plants showed a significant antimicrobial activity and anticancer effect on the cell of stomach cancer. These results may be utilized as basic data which the authority recommends the round-year cultivation of the plants. The round-year cultivation will expand the breadth of sending out the plants to market and stabilize the price, resulting the increase of the added value. The present study should be followed by further research on manufacturing health promoting foods and/or new medicines.

CONTENTS

| | |
|---|----|
| Chapter 1 Introduction | 11 |
| Section 1 Objective of Study | 11 |
| Section 2 Significance of Study | 14 |
| Section 3 Scope of Study | 15 |
| Chapter 2 Research Background | 16 |
| Section 1 Trend of domestic and foreign study | 16 |
| Section 2 Unsettled Questions | 17 |
| Section 3 Prospects | 18 |
| Chapter 3 Contents and Results | 20 |
| Section 1 Project 1 | 20 |
| 1. Experiment | 20 |
| 2. Contents and Results | 25 |
| Section 2 Project 2 | 44 |
| 1. Introduction | 44 |
| 2. Materials and Experiment | 47 |
| 3. Contents and Results | 52 |
| Chapter 4. Achievement and Contribution | 91 |
| Section 1 Achievement | 91 |
| Section 2 Contribution | 92 |
| Chapter 5. Application Plan of Results | 94 |
| Section 1 Significance of Additional Studies | 94 |
| Section 2 Application into Other Projects | 94 |
| Section 3 Plan for Industrialization | 96 |
| Chapter 6. Information on Foreign Technology | 97 |
| Chapter 7. References | 98 |

목 차

| | |
|------------------------------------|----|
| 제 1 장 연구개발과제의 개요 | 11 |
| 제 1 절 연구개발의 목적 | 11 |
| 제 2 절 연구개발의 필요성 | 14 |
| 제 3 절 연구개발의 범위 | 15 |
| 제 2 장 국내외 기술개발 현황 | 16 |
| 제 1 절 국내외 관련기술의 현황 | 16 |
| 제 2 절 관련기술의 문제점 | 17 |
| 제 3 절 앞으로의 전망 | 18 |
| 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 | 20 |
| 제 1 절 제 1 세부과제 | 20 |
| 1. 실험 | 20 |
| 2. 연구내용 및 결과 | 25 |
| 제 2 절 제 2 세부과제 | 44 |
| 1. 서론 | 44 |
| 2. 재료 및 방법 | 47 |
| 3. 연구내용 및 결과 | 52 |
| 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 | 91 |
| 제 1 절 목표달성도 | 91 |
| 제 2 절 관련분야 기여도 | 92 |
| 제 5 장 연구개발결과의 활용계획 | 94 |
| 제 1 절 추가연구의 필요성 | 94 |
| 제 2 절 타사업에의 응용 | 94 |
| 제 3 절 기업화 추진방안 | 96 |
| 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보 | 97 |
| 제 7 장 참고문헌 | 98 |

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

돌나무과 바위솔 (*Orostachys japonicus* A. Berger)은 거친 토양의 산지 또는 오래된 가옥의 지붕 등에 자생하는 CAM (crassulacean acid metabolism) 식물로서 환경 적응성이 매우 강하다 (신동영 등, 1994). CAM (crassulacean acid metabolism) 식물로 분류되고 있는 바위솔 중 바위솔 (*Orostachys japonicus* A. Berger), 둥근 바위솔 (*O. malacophyllus* F.), 난쟁이 바위솔 (*O. sikokianus* O.)의 3 종류가 우리 나라에 자생하고 있다. 다년생 초본으로서 자색 또는 녹색을 띠는 잎은 多肉質의 線狀披針形이다. 9월에 抽臺 (bolting)하기 시작한 다음 6~15 cm의 總狀花序와 그 葉腋에 흰색의 작은 꽃을 다량형성하고 종자가 성숙하면 말라죽는 것으로 알려져 있다 (이창복, 1993).

한방에서 瓦松으로 불려지는 바위솔은 간담, 지혈, 습진 및 화상의 치료제로 이용되어 왔다. 최근에는 바위솔의 항암 및 항돌연변이의 효능이 알려지면서 한방에서는 여러 가지 암의 기본적인 치료제로 사용되고 있다 (신동영 등, 1994; 육창수, 1989; 박희준 등, 1991). 바위솔은 년중 내내 소비될 뿐만 아니라 수요도 꾸준히 증가하고 있기 때문에 일부 독농가를 중심으로 비닐하우스 내에서 인공재배되기 시작하였다 (신동영 등, 1994). 자연산과 마찬가지로 인공재배된 바위솔도 출하가 고사하기 직전인 9~10월에 한정된다. 따라서 생체로 이용될 수 있는 기간이 짧을 뿐만 아니라 자연산 바위솔의 출하시기와 중복되므로 단가가 매우 낮다. 이러한 이유 때문에 임의로 바위솔의 출하시기를 조절할 수 있는 周年栽培의 필요성이 크게 대두되었다 (신동영 등, 1994; 강진호 등, 1995a,b). 바위솔은 추대에 이어 일어나는 개화와 종자성숙을 거치면 말라죽기 때문에 바위솔의 년중 출하될 수 있도록 주년재배가 가능하여야 생식, 녹즙 등 생체로 이용되는 기간을 증대시켜 소비의 안정적 확보와 이로부터 부가가치를 창출할 수 있을 것이다.

바위솔의 재배에 관한 연구보고는 극히 적으며, 특히 이의 주년재배에 관한 연구는 본 과제의 연구원인 강 등 (1995a, b, 1996, 1997)이 행한 일련의 연구에 국한되고 있다. 이를 요약하면 全草로 이용되고 추대 및 개화 후에 고사하는 일임식물 (monocarp)인 바위솔은 추대와 화서에 형성된 소화의 개화가 분리되어 일어나기 때문에 추대와 개화 조절은 상대적으로 쉬울 뿐만 아니라 이러한 특성으로 인하여 출하시기도 생산자의 의도에 따라 조절이 가능하다. 한편 단일식물인 바위솔의 추대

및 개화 조절은 일장연장을 통한 방법보다는 암기중단 처리가 효과적이었다. 암기중단 처리방법으로는 1일 2시간 이상 가하여야 하며, 추대 억제는 6월 하순 이전에, 소화의 개화 억제는 8월 하순 전후에는 처리되어야 <그림 1>과 같은 처리효과를 거둘 수 있었다. 이러한 방법으로 생산된 바위솔은 산야에서 채취한 바위솔의 출하와 겹치지 않도록 조절할 수 있어 홍수출하를 피할 수 있기 때문에 완벽한 주년재배기술만 확립될 수 있다면 바위솔의 생산과 이를 이용한 제품개발로 부가가치를 더욱 높일 수 있을 것으로 예측된다.

그러나 바위솔의 이러한 주년재배 기술개발을 위한 아주 중요한 결과가 확보되었고 추대 및 개화 조절로 10월 이후로 개화를 조절할 수 있다고는 하지만 저온으로 인하여 월동 중 고사할 우려가 있다 (Taiz & Zeiger, 1991). 또한 바위솔은 일입식물이기 때문에 수명을 10월 이후로 지연시키는 기술, 즉 주년재배 기술이 개발되었다 할지라도 자연산 바위솔과 설정된 주년재배 기술을 통하여 생산된 바위솔 사이에는 약리성분에서 차이가 없어야 생산농가에 설정된 기술을 보급할 수 있을 것이다.



<사진 1> 암기중단 처리시기에 따른 바위솔의 추대 및 개화 (10월 24일 촬영; 강진호 등, 1997)

자생하는 우리나라에서 와송에서는 30 여종의 화학 성분이 분석되었으며 (박희준 등, 1994) 여기에는 10 여종의 flavonoid pyranose (Sung *et al.*, 2002), terpenoid, oxalic acid, sedoheptulose alc, triterpenoid, 스테로이드 및 지방산 에스테르 등이

포함되어있다 (Park *et al.*, 1991a).

추대 및 개화 억제를 통하여 바위솔을 주년 재배할 수 있더라도 생산된 바위솔을 이용하기 위해서는 자연산으로 10월에 수확되는 전초와 유효 약효성분의 함량에서는 차이가 없어야만 한다. 약리성분에서 차이가 없다면 주년재배를 통하여 생산된 바위솔을 년 중 활용하는 것이 가능하다. 그러나 주년재배를 통하여 생산된 바위솔의 기능성 성분에서 차이가 있어 약리효과를 거둘 수 없다면 설정된 주년재배 기술이 생산 현장에 접목될 수 없을 것이다. 그러므로 본 과제의 연구진에서 이제까지 확립한 기술과 이를 진일보 진진시킨 기술을 생산현장에 활용할 수 있는가의 여부는 자연산과 주년재배로 생산된 바위솔의 품질에 차이가 없던가, 아니면 약리효과가 보다 우수하여야 할 것이다. 본 과제는 개발된 주년재배 기술을 보다 세밀히 보완하고 이러한 기술을 통하여 생산된 바위솔의 약리성분 변화를 추적하는데 궁극적인 연구목표가 있다.

바위솔의 주년재배 기술을 확립함에 있어서 추대 및 개화는 분리되어 일어난다는 연구결과를 본 과제 연구자들이 도출한 바 있다. 그러나 일장조절의 한 형태인 night-break를 통하여 온도가 높은 여름철 정상적인 생장기간 동안에 이루어진 시험으로부터 도출된 결과이다. 그러나 개화에 관여하는 요인은 일장 이외에도 저온도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 바위솔의 주년재배는 자연산의 홍수 출하가 일어나는 10월 이후를 경과하여야 가능하다고 할 수 있기 때문에 night-break 처리 하에서 겨울철을 안전하게 지날 수 있는 가운이 필요하다. 보일러를 이용한 가운은 기름을 연소시켜야 하기 때문에 이것이 생산단가를 상승시켜 경영압박 요인으로 작용한다. 따라서 기름의 소비와 관련된 한계온도를 규명함으로써 최소한의 경비로 월동을 가능케 하는 기술이 설정되어야 완벽한 주년재배기술이 확립될 수 있다. 월동과 관련된 이러한 연구는 거의 보고되어 있지 않기 때문에 이에 관한 연구를 수행하고자 한다.

한방에서 그 이용이 증대되어 재배규모가 많아지고 있고 이에 필요한 주년재배 기술의 확립이 필수적이라 할 수 있을지라도 주년재배를 통하여 생산된 바위솔이 약효에서는 차이가 없던가 아니면 보다 뛰어난 품질을 보여야 된다. 바위솔에 함유된 물질에 대한 분석연구가 일부 진행되어 그 결과가 학회에 보고되고 있다. 이러한 연구는 분석절차의 확립, 함유화합물의 계통분류 등 기초 연구에 국한되어 있다. 바위솔도 다양한 화합물들을 함유하고 있을 것으로 추정되지만 이에 대한 명확한 분석절차, 함유물질 등에 관하여는 연구의 초기 단계에 머물러 있다. 특히 산업화가 가능한 주년재배로 생산된 바위솔, 특히 개화 유무에 따른 기능성성분 차이에 대한 분석은

전혀 보고되지 않아 주년재배로 생산된 바위솔을 한약재 또는 건강보조 식품의 원료로 활용 가능한가를 판단할 수 없다.

요약하면 본 연구의 목적은 자연산이 출하되는 10월을 벗어난 연중 주년재배가 가능하도록 개발된 주년재배 기술을 더욱 보완함과 아울러 주년재배로 생산된 바위솔의 기능성 성분을 탐색함으로써 개발된 바위솔 주년재배의 산업적 이용에 관한 정보를 제공하는데 있다.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

- 가. 10월에 집중되는 바위솔의 홍수출하를 극복할 수 있는 주년재배 기술개발
- 나. 바위솔을 포함한 CAM 식물의 추대 및 개화 기작 규명 및 이의 활용기술 개발
- 다. 바위솔의 생리활성 물질의 분리·동정 및 함량 측정 기술확립
- 라. 바위솔의 항암을 포함한 새로운 기능성 물질 탐색 기술개발
- 마. 바위솔 약리성분의 항암작용을 포함한 약리효과 및 생리활성 규명

2. 경제·산업적 측면

- 가. 주년재배를 통한 바위솔의 년 중 공급으로 고부가가치 창출
- 나. 한방 및 녹즙 등 관련 산업의 일거리 창출 및 생산성 향상
- 다. 새로운 기능성 물질의 탐색을 통한 시장 진입 및 소비촉진
- 라. 주년재배 및 약리성분에 대한 연구 결과를 유사 약용작물에 도입함으로써 유통 규모 확대

3. 사회·문화적 측면

- 가. 재배자가 극히 제한된 기간 내에 수확하여야 하는 강박관념으로부터 탈피함으로써 정신적 해방감 부여
- 나. 부가가치를 높일 수 있는 재배기술 및 품질에 대한 확신을 제공함으로써 재배 및 가공업체의 사기진작에 기여
- 다. 과학적 근거가 부족한 민간요법에 대한 약리효과의 근거를 마련함으로써 이용에 대한 불안감 제거

제 3 절 연구개발의 범위

1. 바위솔의 주년재배 체계확립

- 가 유식물의 크기에 따른 개화 (추대)
- 나 온도, 광도 및 일장에 따른 개화 (추대)
- 다 Night-break를 통한 추대 및 개화 억제
- 라 주년재배 체계 설정시험
- 마 제2소과제 분석용 시료생산

2. 주년재배 바위솔의 약리성분 변화탐색

- 가 자연산 바위솔의 약리성분 함량조사
- 나 주년재배 바위솔의 약리성분의 함량변화조사
- 다 자연산 바위솔과 주년재배 바위솔의 약리성분 비교·평가
- 라 새로운 약리성분의 탐색
- 마 중요약리성분의 생리활성 (항산화효과, 항미생물효과 항암효과를 포함한 약리작용)의 조사

제 2 장 국내외 기술개발현황

제 1 절 국내외 관련기술의 현황

일장 또는 암기중단 처리로 바위솔의 추대와 개화 촉진 또는 억제로 출하시기를 임의로 조절하기 위한 일련의 시도들이 본 과제의 연구진에 의하여 행하여진 바 있다. 앞에서 그 결과를 설명한 바와 같이 단일식물인 바위솔의 추대 및 개화 조절은 일장연장을 통한 방법보다는 암기중단 처리가 경제적 측면에서 효과적이며, 암기중단 처리방법으로는 1일 2시간 이상씩 추대 억제는 6월 하순 이전에, 소화의 개화 억제는 8월 하순 전후에는 처리되어야 <그림 1>과 추대 및 개화를 억제할 수 있다는 결과를 학회에 보고한 바 있다 (강진호 등, 1995a, b, 1996, 1997). 이러한 연구결과로부터 바위솔의 주년재배가 가능하다는 결론에 도달하였으나, 개화에 미치는 환경요인이 일장뿐만 아니라 저온도 크게 관계가 있을 것으로 판단된다. 본 과제에서 추구하고자 하는 연구목적의 일부인 주년재배를 위해서는 또 다른 요인인 온도에 대한 바위솔의 반응도 추적되어야만 주년재배 기술이 확립될 수 있을 것이다.

먼저 본 과제의 연구진이 일장조절을 통하여 추대 및 개화를 조절한 기초연구를 요약하면 바위솔과 동과식물인 *Kalanchoe blossfeldiana*는 밤 길이를 이 등분한 시간대 전후로 암기중단처리가 주어지는 것이 가장 효과적이며, 이와 유사한 결과가 *Xanthium* 등에서 보고된 바 있다 (Schwabe, 1985; Zimmer, 1985). 그러나 *Kalanchoe blossfeldiana*는 1분간의 암기중단 처리로 개화를 억제할 수 있는 것으로 알려져 있으나, 단일식물은 30분 정도가 효과적인 반면, 장일식물은 2시간 이상을 처리하여야 처리효과를 거둘 수 있다 (Schwabe, 1985). 반면 식물의 개화 및 추대에 미치는 온도의 영향, 특히 저온에 관한 영향은 많이 이루어져 왔다. 그러나 바위솔은 C₃와 C₄ 식물과는 달리 CAM 식물로서 국내외를 불구하고 저온감응성에 대한 연구 보고는 거의 전무한 실정이다.

바위솔은 한방에서 오랫동안 여러 가지 치료목적으로 사용되어 왔으며 (지형준 등, 1988) 충청도 지방의 어떤 자궁암 환자가 효능을 본 다음부터 암의 민간료법으로 사용되어왔다 (배성식, 1992). 바위솔의 약효성분에 관한 연구는 1980년대 중반부터 이루어졌으며 초기연구 단계에서 oxalic acid, sedoheptulose alc, triterpenoid, 스테로이드 및 지방산 에스테르 등이 주성분을 이루고 있다는 사실이 밝혀졌다 (Park *et al.*, 1991a). 중국산 바위솔에서는 배당체화합물인 Sedoheptulosan, Isopropylidene

sedoheptulose, 및 Kaempferol-3-glucosyl-7-rhamnoside가 확인되었다 (좌춘욱 등, 1984, 1985). 우리 나라에서 자생하는 와송에서는 10 여종의 flavonoid pyranose (Sung *et al.*, 2002)와 terpenoid를 포함하는 30여종의 화학성분 (박희준 등, 1994)이 분석되었다. 생리활성과 관련된 연구에서는 메탄올 추출물이 aflatoxin의 돌연변이 유발성을 크게 감소시키며 이와 같은 효과는 triterpene, steroid 및 폴리페놀 계열 화합물들의 복합적인 상승작용으로부터 생기는 것으로 추정되었다 (Park *et al.*, 1991b). 최근에는 바위솔로부터 분리된 페놀성 화합물이 HIV-1 Protease의 활성을 저해한다는 사실이 관찰되었다 (Park *et al.*, 1995). 본 연구진이 수행한 문헌조사에 의하면 바위솔의 화학성분 탐색에 대해 국내외에서 발표된 논문은 모두 7편 (Chemical Abstract, 미국화학회 발행)으로서 바위솔의 생리활성물질에 대한 연구가 극히 초기단계라 할 수 있다. 바위솔이 함유하고 있는 물질에 대한 이와 같은 빈약한 연구결과로부터 바위솔의 추대 및 개화와 관련된 연구결과를 확보하는 것은 불가능한 일이다. 따라서 산업적으로 매우 큰 의미를 내포하고 있는 추대 및 개화 유무에 대한 생리활성물질의 함량변화와 생리활성물질의 항암작용을 포함한 약리 또는 생물활성효과를 규명할 필요성이 있다.

제 2 절 관련기술의 문제점

바위솔의 주년재배 기술을 확립함에 있어서 추대 및 개화는 분리되어 일어난다는 연구결과를 본 과제 연구자들이 도출한 바 있다. 그러나 일장조절의 한 형태인 night-break를 통하여 온도가 높은 여름철 정상적인 생장기간 동안에 이루어진 시험으로부터 도출된 결과이다. 그러나 개화에 관여하는 요인은 일장 이외에도 저온도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 바위솔의 주년재배는 자연산의 홍수 출하가 일어나는 10월 이후를 경과하여야 가능하다고 할 수 있기 때문에 night-break처리하에서 겨울철을 안전하게 지날 수 있는 가온이 필요하다. 보일러를 이용한 가온은 기름을 연소시켜야 하기 때문에 이것이 생산단가를 상승시켜 경영압박 요인으로 작용한다. 따라서 기름의 소비와 관련된 한계온도를 규명함으로써 최소한의 경비로 월동을 가능케 하는 기술이 설정되어야 완벽한 주년재배기술이 확립될 수 있다. 월동과 관련된 이러한 연구는 거의 보고되어 있지 않기 때문에 추대 및 개화 기작에 관한 연구를 수행한 본 과제의 연구진에서 이에 관하여 연구하는 것이 qq다 효과적인 방법으로 사료된다.

한방에서 그 이용이 증대되어 재배규모가 많아지고 있고 이에 필요한 주년재배 기술의 확립이 필수적이라 할 수 있을지라도 주년재배를 통하여 생산된 바위솔이 약효에서는 차이가 없던가 아니면 보다 뛰어난 품질을 보여야만 한다. 바위솔에 함유된 물질에 대한 분석연구가 일부 진행되어 그 결과가 학회에 보고되고 있다. 이러한 연구는 분석절차의 확립, 함유화합물의 계통분류 등 기초 연구에 국한된다. 바위솔도 다양한 화합물들을 다량 함유하고 있을 것으로 추정되지만 이에 대한 명확한 분석절차, 함유물질 등에 관하여는 연구의 초기 단계에 머물러 있다. 특히 산업화가 가능한 주년재배로 생산된 바위솔, 특히 개화 유무에 따른 기능성성분 차이에 대한 분석은 전혀 보고되지 않아 주년재배로 생산된 바위솔을 한약재 또는 건강보조 식품의 원료로 활용 가능한가를 판단할 수 없다. 따라서 주년재배로 생산된 바위솔의 기능성성분과 이와 관련된 연구를 수행할 필요가 있다.

제 3 절 앞으로의 전망

바위솔은 한방의 칩약에 이용되어 왔다. 건강에 대한 관심이 고조되면서 유형도 이용에 제한이 큰 칩약이 아니라 건강식품으로서 일상적으로 이용하는 녹즙의 형태로도 소비가 되고 있다. 다양한 용도에도 불구하고 바위솔의 소비가 폭발적으로 증가하지 못하는 이유는 CAM 식물이기 때문에 생장이 느리고 한편으로 일임식물(monocarp)이기 때문에 극히 제한된 기간에만 원료의 수급이 이루어진다. 이러한 이유 때문에 자연산이 공급되는 10월에는 가격이 폭락하고 그 이외의 기간에는 공급이 수요를 따라 잡지 못하여 가격이 상승하여 소비가 많이 이루어지지 못하고 있다. 따라서 상기에서 설명한 바와 같이 주년재배 기술이 확립된다면 년 중 공급이 가능케 되어 새로운 형태의 소비가 창출 될 수 있어 년 중 생산이 가능하고 소비자는 년 중 신선한 바위솔을 공급받을 수 있을 뿐만 아니라 보다 저렴한 가격으로 공급받을 수 있다. 따라서 이러한 여건은 바위솔이 일회성으로 소비자에게 다가가는 것이 아니라 일정 소비층을 확보할 수 있어 안정적 재배가 가능토록 하는 요인이 되기 때문에 주년재배의 전망은 아주 밝다고 할 수 있다.

산업현장에서는 부가가치를 증진시키기 위한 많은 노력이 이루어지고 있으며, 특히 건강과 관련 약용식물에서 천연 약효성분을 찾으려는 연구가 매우 활발하게 이루어져 일부는 성공을 거두고 있다. 옛날부터 다양한 용도로 이용되어 오던 바위솔은 항암의 효능이 있는 것으로 알려지면서 항암성분에 대한 탐색에 연구를 집중화할 필

요가 있다. 그러나 항암 성분을 체계적으로 추적하는 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 약리효과를 나타낼 가능성이 있는 바위솔 성분에 관한 현재까지의 연구에서는 여러 종의 스테로이드 계열의 화합물들과 폴리페놀 계열의 화합물들이 분리되었다. 스테로이드 화합물들은 각종 질병의 치료제로서, 폴리페놀 계열의 화합물들은 항산화제 및 노화방지제로서 효능이 있는 것으로 알려져 있다. 바위솔에도 이러한 같은 계열의 화합물들과 다른 약리성분들도 함유되어 있는 것으로 추정되고 있다. 최근에 개발된 역상 (reverse phase) 크로마토그래피 또는 이온교환 크로마토그래피 등의 기법을 이용하여 지금까지 탐색하지 못한 새로운 펩티드나 질소헤테로고리를 분리·동정하여 바위솔로부터 새로운 의약품의 신소재를 개발할 수 있다면 바위솔을 부가가치가 높은 작목으로 전환시킬 수 있어 그 전망이 매우 밝다고 할 수 있다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 제 1 세부과제

1. 실험

가. 폴리페놀 및 폴리페놀 배당체의 함량 분석

1) 물질

폴리페놀 표준물질 1- 6와 폴리페놀 배당체 화합물 9는 Sigma-Aldrich에서 구입하였다. 폴리페놀 배당체 화합물 7,8, 11 및 12는 문헌에 알려져 있는 방법을 따라 자연산 바위솔로부터 분리 정제하였다.¹⁻³ 자연산 바위솔 시료 시중에서 구입하였으며 주년재배 시료는 경상대학교 농장에서 재배한 다음 채취하였다. 연구에 사용된 모든 용매는 HPLC 분석용으로서 Merk Co. 제품을 구입하였다.

2) 시료의 추출

채취된 바위솔 생체 시료 각 10g 씩을 정량적인 추출과 분석을 위해 동결 건조하였다. 각 시료를 분말로 분쇄한 다음 70% methanol (50 mL)에 현탁시키고 2분 동안 5000 rpm에서 세 번씩 homogenizer (NISSEI AM-7 homogeniser)로 추출하였다. 추출물을 여과지 (Whatman No1)를 사용하여 감압 하에서 여과하였다. 여과된 추출물을 합하고 30 °C의 감압 하에서 약 15 mL로 농축하고 methanol을 가하여 20mL로 부피를 조절하였다. 매 분석시 마다 10 µL 씩의 시료가 HPLC 분석에 적용되었다.

3) HPLC 분석

폴리페놀과 폴리페놀 배당체 화합물들의 함량은 ChemStation software, model G1322 A 기체제거기, G1312A 두상 그래디언트 펌프, a model G1329/1330A의 열 자동시료 채취기, a model G1316 컬럼오븐, 다이오드 배열 흡광 검출기가 장착된 Agilent HPLC, series 1100 (Agilent, Waldbronn, Germany)를 사용하여 분석되었다.

사용된 컬럼은 4.0 20 mm i.d. C18 ODS 보호 컬럼이 장착된 T150 3.0 mm i.d. 4-m C₁₈ Hydro-Synergi (Phenomenex, Torrance, CA)이었으며 작동온도는 25 °C이었다. 1% 포름산을 포함한 20% 아세트나이트릴 수용액을 이동상으로 사용하였다.

4) 정량분석

Orostachys japonicus A. Berger에 포함된 성분들의 정체는 280 nm (폴리페놀에 대해)과 365 nm (폴리페놀 배당체에 대해)에서 검출과장에서 얻은 HPLC 크로마토그램과 확보된 표준물질들을 첨가함으로써 크로마토그래피 상의 피이크의 변화를 관찰하는 공크로마토그래피 (cochromatography) 기법으로 동정하였다. 화합물들의 함량은 표준 검량곡선을 토대로 HPLC 크로마토그램 상에 기록된 피이크 면적의 변화로부터 계산되었다. 모든 실험은 신뢰도를 확보하기 위해 3번 반복한 다음 얻어진 데이터들의 평균값을 구하였다.

폴리페놀들의 대한 함량은 각각의 표준물질 1-6의 HPLC 피이크 면적을 이용하여 추적하였다. kaempferol 배당체 화합물은 kaempferol 5를 quercetin 배당체 화합물은 quercetin-3-O- β -D-glucoside 13의 HPLC 피이크를 기준으로 함량을 조사하였다.

나. 스테로이드 및 테르펜 계열 화합물의 함량 분석

1) 시약

Folin & Ciocalteu's phenol 시약, butylated hydroxytoluene (BHT), ascorbic acid 및 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)은 Sigma Chemical Co (USA) 제품, octacosane는 Spelco Co (USA) 제품을 구입하여 사용하였다. 그 밖에 시중의 특급 용매와 시약을 사용하였다. 2 종의 식물 스테로이드와 5종의 테르펜 지표물질들은 바위솔 시료로부터 다음에 기술하는 방법으로 분리되었다. 분리된 지표물질들의 순도는 GC에 의해 99% 이상인 것으로 확인되었으며 MS 스펙트럼과 원소분석에 의해 구조가 동정되었다.

2) 바위솔 시료의 수확

자연산 개화 후를 제외한 모든 시료는 2005년 11월 12일 개화 직전에 채취하였다.

3) 지표물질의 분리 및 정제

자연산 바위솔 (30 g)을 CHCl_3 을 사용하여 끓는 온도에서 24 시간 동안 추출 (1500 ml \times 3회)하였다. 추출물을 silica gel 흡착제와 n-hexane/ethyl acetate의 혼합 용매를 이용하여 관 크로마토그래피 (30 cm \times 4.5 cm)함으로써 6개의 분획 (A-F)으로 분리하였다.

각 분획을 silica gel상에서 prep-TLC (20 cm×20 cm)하였다. A그룹을 n-hexane/ethyl acetate (10:1)를 사용하여 전개하면 Rf=0.74 및 Rf=0.66의 2개의 밴드로 나누어 졌다. B그룹을 n-hexane/ethyl acetate(20:1)를 이용하여 TLC상에서 전개하면 Rf=0.7, Rf=0.6 및 Rf=0.54의 3개의 밴드로 나누어 졌다. C그룹을 n-hexane/ethyl acetate(5:1)를 이용하여 TLC상에서 전개하면 Rf=0.65 및 Rf=0.56의 2개의 밴드로 나누어 졌다. D그룹을 n-hexane/ethyl acetate(30:1)를 이용하여 TLC상에서 전개하면 Rf=0.75 및 Rf=0.62의 2개의 밴드로 나누어졌다. E그룹을 n-hexane/ethyl acetate(40:1)를 이용하여 TLC에서 전개하면 Rf=0.7 및 Rf=0.62의 2개의 밴드로 나누어졌다. F그룹을 n-hexane/ethyl acetate(100:1)를 이용하여 TLC상에서 전개하면 Rf=0.77 및 Rf=0.70의 2개의 밴드로 나누어졌다. 밴드의 확인은 요오드 발색법을 사용하였다.

분획 A에서 Rf=0.74인 밴드 혼합물을 MeOH에 완전히 녹인 다음 COSMOSIL (10×250mm) 5C₂₂-AR-II 칼럼이 장착된 분리용 HPLC(waters)에서 MeOH/H₂O (98:2)용매를 사용하여 크로마토그래피하면 지연시간 (r.t.)=196.018인 Campesterol **1**(5 mg)이 얻어졌다. 분획 A에 Rf=0.66인 밴드를 같은 방법으로 관크로마토그래피 하여 r.t.=204.873의 β -Sitosterol **2**(3 mg)을 얻었다. 분획 C에서 Rf=0.74의 밴드를 같은 HPLC 조건 하에서 크로마토그래피 하여 r.t.=161.506와 r.t.=177.466인 Taraxerone **5a**(3 mg) 와 **5b**(5 mg)를 얻어졌다. 분획 D에서 Rf=0.62인 밴드를 같은 조건 하에서 크로마토그래피 함으로써 r.t.=103.403의 β -Amyrin **6**(2 mg)을 얻었다. 분획 F에서 Rf=0.77인 밴드를 같은 조건 하에서 크로마토그래피 함으로써 r.t.=186.607의 (-)-Friedelin **7**(3 mg)을 얻었다. 분획 F의 Rf=0.70을 같은 조건 하에서 크로마토그래피하면 r.t.=215.431의 Glutinol **8**(3 mg)을 얻었다. 분리된 **1**, **2**, **5a**, **5b** 및 **6-8**의 구조는 지표물질 의 질량분석 스펙트럼을 비교함으로써 동정하였다.

4) 기체 크로마토그래피(GC)

GC 분석은 FID (flame ionization detection)을 장착한 Agilent Technologies 6890N Network GC System (USA)을 이용하여 실시하였다. 컬럼은 A Supelco SAC-5 capillary column (30 m×0.25 μ m)을 사용하였다. 흘림속도 20 cm/s의 질소를 캐리어 가스로 사용하였다. 오븐 온도는 265 °C, 주입기와 검출기의 온도는 300 °C로 조절되었다. 시료 (1 μ l)이 25:1의 split injection으로 주입되었다.

Calibration curves

스테로이드 β -sitosterol (**1**), campesterol(**2**) 및 테르펜 Taraxerone A (**5a**) 및 B (**5b**), β -amyrin (**6**), (-)-friedelin (**7**) 및 glutinol (**8**)의 클로로포름 표준용액 (stock

solutions)을 만든 다음 검량곡선을 구하기 위해 적당한 농도로 희석하였다. 각 검량곡선을 다섯 가지 농도를 이용하여 구하였다. 모든 분석 실험에서 사용된 내부 표준물질인 octacosane의 농도는 60 µg/ml 클로로포름 용액이었다. 바위솔 분말 1 g을 이 용액 10 mL에 넣고 homogenizer (Nissei, AM-7, Nihonseiki kaisha LTD., Japan)를 이용하여 10,000 rpm에서 추출하였다 (2분×3회). 이 용액을 여과지 (Whatman No1)로 거르고 하루 동안 방치하였다. 상층액 1 µL을 GC 분석에 사용하였다. 각 지표 물질 (analyte)의 함량은 대응하는 검량곡선으로부터 계산하였다.

다. 총페놀 함량 및 항산화효과

1) 시약

Folin & Ciocalteu's phenol 시약, butylated hydroxytoluene (BHT), ascorbic acid 및 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)은 Sigma Chemical Co (USA)제품, octacosane는 Spelco Co (USA) 제품을 구입하여 사용하였다. 그 밖에 시중의 특급 용매와 시약을 사용하였다. 2 종의 식물 스테로이드와 5종의 테르펜 지표물질들은 바위솔 시료로부터 다음에 기술하는 방법으로 분리되었다. 분리된 지표물질들의 순도는 GC에 의해 99% 이상인 것으로 확인되었으며 MS 스펙트럼과 원소분석에 의해 구조가 동정되었다.

2) 바위솔 시료의 수확

자연산 개화 후를 제외한 모든 시료는 2005년 개화 직전에 채취하였다.

3) 총 페놀함량의 결정

채취된 바위솔 생체 시료 각 50 g 씩을 정량적인 추출과 분석을 위해 동결 건조한 다음 믹서기를 이용하여 분말로 만들었다. 바위솔 분말 10 g을 메탄올 용매에 넣고 50 °C에서 10시간 동안 추출하였다(200 ml×3회). 회전식 증발기를 이용하여 메탄올 용액을 농축한 다음 감압 하에서 건조시키면 1.3 g의 메탄올 추출물이 얻어졌다. 메탄올 추출물을 -20 °C에서 저장하였다. 총페놀 함량은 UV/Vis spectrophotometer를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 조사하는 Folin-Ciocalteu의 방법으로 분석되었다 (Singleton *et al.*, 1965) 즉 추출물의 200 ppm 메탄올 용액 1 ml을 실온에서 2% Na₂CO₃ 1 ml과 혼합하고 3분간 방치한 다음 1 ml의 Folin & Ciocalteu의 phenol 시약으로 처리하였다. 메탄올을 가하여 용액의 부피를 정확하게 5 ml로 조절하여 농도가 500 ppm이 되게 하였다. 총 페놀 함량은 caffeic acid로부터 얻어진 검량곡선과

비교함으로써 평가되었다.

4) DPPH법에 의한 항산화효과 측정

DPPH 시험은 Blois의 방법 (Blois, M.S, 1958)을 수정하여 실시하였다. 즉 여러 가지 농도 (250, 500, 1000 ppm)의 추출물, BHT 또는 ascorbic acid 의 에탄올 용액에 5.5 ml에 DPPH (0.76 mM) 에탄올 용액 1 ml을 가하였다. 빛을 차단하고 30 °C에서 15 분간 방치한 다음 UV/Vis spectrophotometer을 사용하여 525 nm의 흡광도 감소를 측정하였다. DPPH 용액은 매일 만들어 빛이 차단된 4 °C의 플라스크에 저장하면서 사용하였다. 모든 측정은 3회 실시되었다. 전자공여능은 $100 - [(시료첨가 구의 흡광도 / 시료 무 첨가구의 흡광도) \times 100]$ 로 나타내었다.

라. 항균효과

1) 배지

항미생물 활성측정에 사용된 배지로써 Muller-Hinton II 배지는 Difco사의 제품을 사용하였다.

2) 미생물 균주

항미생물 활성에 사용된 균은 그람양성균으로 *S. aureus*, *B. subtilis*, *C. diptheriae*, *S. mutans*, *C. freundii*, *S. epidermidis*, *P. vulgaris*를 사용하였고, 그람음성구균으로 *E. coli*, *S. paratyphi A*, *S-typhi*를 사용하였다.

3) 최소성장 저해농도 (MIC)측정

바위솔 메탄올 추출물의 항균효과는 한천배지 희석법 (Victor-Lorian, 1991; Koneman *et al.*, 1992)을 약간 변형하여 박테리아의 성장 저해효과 (MIC) 측정하였다. 한천이 첨가된 생육배지를 멸균한 것에 바위솔 메탄올 추출물을 0.625, 1.25, 2.5, 5, 10mg/ml의 농도로 무균적으로 가하여 잘 혼합한 다음 petridish에 20ml씩 분주한 다음 고르게 응고시켜 추출물이 첨가된 항생배지를 만들어 사용하였다. 동일한 방법으로 메탄올이 첨가된 항생배지를 만들어 대조구로 사용하였다. 그리고 각 균주의 단일집락을 10ml의 액체배지에 접종하여 각각 균의 최저생육온도에서 12시간씩 액체배지에서 2회 계대배양한 배양액을 생균수가 1.5×10^6 CFU/ml 가 되도록 적절하게 희석하여, 농도별로 추출물이 첨가된 항생배지와 대조구에 도말하여 균 생육적온에서 24시간 동안 배양하였다. MIC의 판정은 육안으로 검사하여, 육안으로 검사하기

힘든 well의 고체배지를 50 μ l씩 취하여 평판배지에 도말한 후 배양하여 집락형성 유무로 결정하였다.

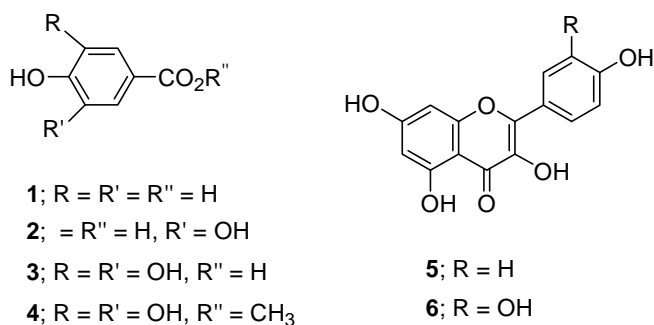
마. 항암효과

암세포주의 성장 및 생존률을 MTT (3-[4, 5-dimethylthiazol-2-yl]-2, 5-diphenyltetrazolium bromide)를 사용하여 분석함. 위에서 언급한 암세포주를 10% FBS, antibiotics-antimycotics가 첨가된 배지로 세포 크기에 따라 1- 2.5 \times 10⁴ cells/ml이 되게 희석한 후 test ! plate에 200 μ l 씩 가함. 37°C, 5% CO₂ 배양기에서 24시간 동안 배양한 후 새 배지를 200 μ l 씩 넣어주고 검색 시료를 1 μ l씩 가함. 동시에 sample이 들어있지 않은 96-well plate에도 세포 용액을 깔아 30분 정도 cell을 plate바닥에 부착시킨 후 바로 5 mg/ml MTT 20 μ l를 넣어 주고 4시간 경과 후 상등액을 제거한 뒤 100% DMSO로 생성된 formazan을 녹여 570 nm에서 흡광도를 측정함.

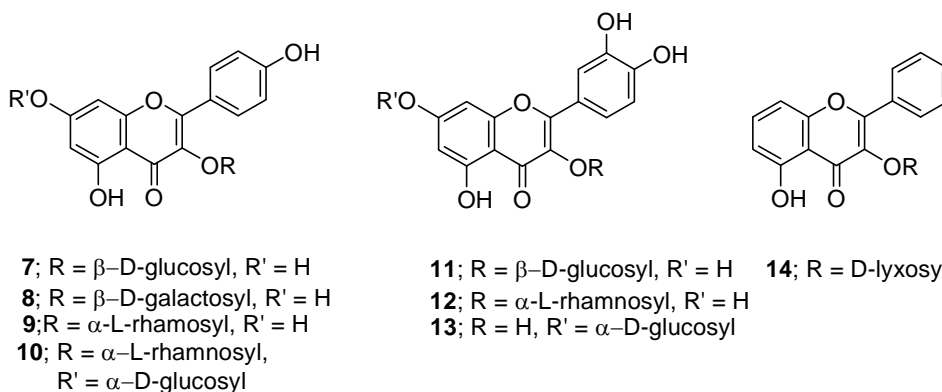
2. 연구 내용 및 결과

가. 폴리페놀 및 폴리페놀 배당체의 함량 분석

폴리페놀과 폴리페놀의 배당체 화합물들은 녹색식물에 널리 분포되어 있는 부류의 화합물들이다. 이들은 항산화 작용, 활성산소의 제거 또는 중금속 킬레이트로 작용하고^{4,5} 항 박테리아 및 항바이러스, 알레르기 억제효과, 고혈압, 관절염, AIDS 등의 건강에 유익한 영향을 가져다주기 있기 때문에 많은 관심을 끌고 있다.⁶ 바위솔에서 분리되는 것으로 알려진 폴리페놀에는 4-hydroxybenzoic acid (1), 3,4-dihydroxybenzoic acid (2), gallic acid (3), methyl gallate (4) 등 네 종류의 벤조산 유도체와 agricon이라고 부르는 kaempferol (5) 및 quercetin (6)이 있다.¹⁻³



바위솔에서 지금까지 분리된 폴리페놀 배당체들에는 kaempferol-3-O- β -D-glucoside (7), kaempferol-3-O- β -D-galactoside (8), kaempferol-3-O- α -L-rhamnoside (9), 3-O- α -L-rhamnosyl-7-O- β -D-glucosylkaempferol (10), quercetin-3-O- β -D-glucoside (11), quercetin-3-O- α -L-rhamnoside (12) 및 quercetin-7-O- β -D-glucoside (13), flavonol-3-O-D-lyxoside (14)의 8종이 있다.



1차년도 연구에서는 폴리페놀 표준물질 6종은 Fluka에서 구입하였다. 폴리페놀 배당체 중 7, 8, 9, 11 및 12의 표준물질 5종은 알려진 방법을 따라 자연산 바위솔로부터 분리하였다.

자연산과 재배 조건을 달리하는 10종의 바위솔 시료에 대해 폴리페놀 6종과 폴리페놀 배당체 5종에 관한 함량의 분석을 수행하였다. 연구는 전체 연구 개발의 목표인 주년재배 바위솔의 약리성분 변화탐색 ① 자연산 바위솔의 약리성분 함량조사 ② 수확 시기에 따른 바위솔의 약리성분의 함량변화조사의 범위 내에서 수행되었다. 1차년도 연구가 계획대로 차질없이 수행되었으며 1차년도 제1 세부과제 연구개발 목표에서 세웠던 목표를 달성하였다. 연구 내용을 상세하게 설명하면 다음 항들과 같다.

1) 실험조건의 최적화

추출 방법 및 폴리페놀계 아그리콘인 5와 6의 함량을 추적하기 위한 가수분해 시간, HPLC 이동상 및 컬럼을 변화시키면서 최적화된 실험조건을 조사하였다. 결과들을 종합하면 표 1, 표 2와 그림 1과 같다. 본 연구의 최적화된 실험조건은 25°C에서 homogenizer의 회전속도 5000 rpm 및 2 min 씩 3회 추출, 4 시간 가수분해, acetonitrile/1% formic acid in water(20:80) 이동상 및 ZORBOX SB-C18 4.6×250mm의 컬럼을 사용하는 것이었다.

| 추출 방법 | | |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 상온추출 (25 °C, 5000 rpm, 3× 2 min) | 가온추출 (90 °C, 2 h) | 환류추출 (95 °C, 4 h) |

표 1. 추출방법의 비교

2) 표준물질들이 R²값

폴리페놀 및 폴리페놀 배당체 화합물의 신빙성 있는 함량 분석 데이터들을 얻기 위해 폴리페놀계 화합물들의 표준물질 1 - 6의 표준 검량곡선을 작성하고 이로부터 R²값을 계산하였다. 표준물질의 R²값들을 종합하면 표 3과 같다.

표준물질들의 R² 값들은 모두 1 - 0.0007 이상의 이상적인 범위 내에 포함되므로 측정의 신뢰도가 확보되었다. 표준물질의 대표적인 예로써 quercetin 6의 HPLC 크로마토그램과 표준검량곡선을 도시하면 그림 2a 및 2b와 같다.

| 이동상 | 이동상 조성 | 컬럼의 종류 |
|-----|--|----------------------------|
| A | Acetonitrile : 0.025M KH ₂ PO ₄ (30:70) | ZORBOX SB-C18 4.6×150mm |
| B | Acetonitrile : 0.025M KH ₂ PO ₄ (30:70) | |
| C | (A) 50mM ammonium dihydrogen phosphate pH2.6 (B) 0.2mM ortho-phosphoric acid pH1.5 (C) 20% solvent A in 80% acetonitrile | ZORBOX SB-C18 |
| D | (A) 50mM ammonium dihydrogen phosphate pH2.6 (B) 20% solvent A in 80% acetonitrile (C) 0.2mM ortho-phosphoric acid pH1.5 | 4.6×250mm |
| E | (A) 1% formic acid (B) acetonitrile | |
| F | solvent gradient (A) 0.1% formic acid (B) acetonitrile with 0.1% formic acid | |
| G | (A) 0.1% formic acid(v/v) in water (B) 0.1% formic acid(v/v) in acetonitrile | |
| H | (A) water/acetonitrile/acetic acid (980:20:5 v/v, pH 2.68) (B) acetonitrile/acetic acid(1000:5 v/v) | |
| I | acetonitrile/1% formic acid in water(20:80) | |

표 2. HPLC 이동상 및 컬럼의 분리도 비교

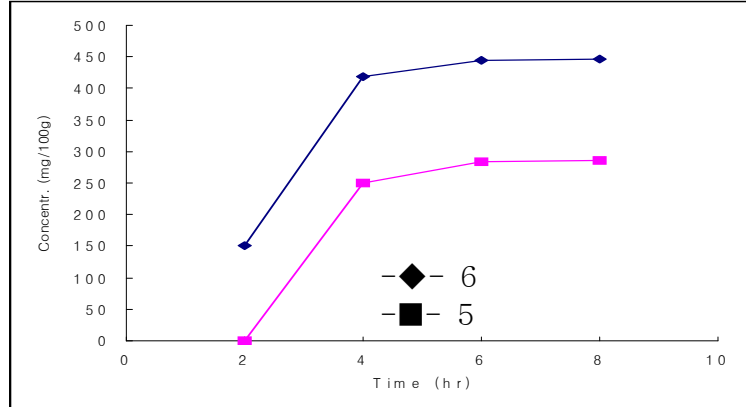


그림 1. 가수분해 시간에 따른 폴리페놀 아그리콘 5 및 6의 함량변화

| 화합물 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| R ² 값 | 0.9999 | 0.9993 | 0.9997 | 0.9995 | 0.9994 | 0.9993 |

표 3. 표준물질 1 - 6의 R² 값

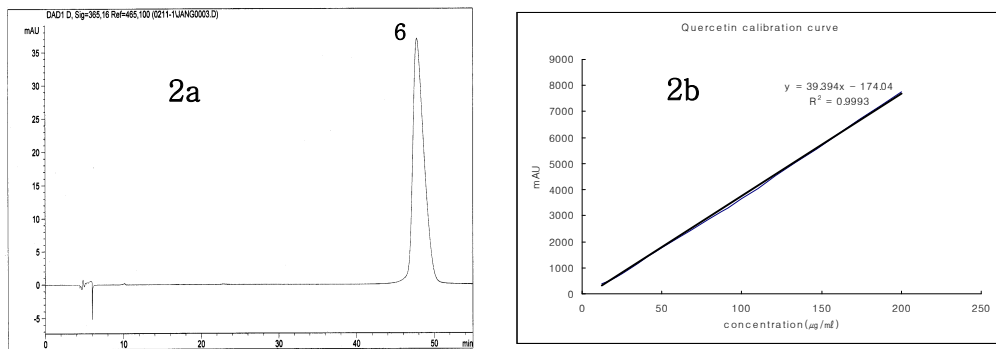


그림 2. quercetin 6의 HPLC 크로마토그램 2a와 표준검량곡선 2b

3) 폴리페놀 1-4의 함량 분포

바위솔에 포함된 것으로 알려져 있는 폴리페놀 1-4의 함량은 280 nm의 검출과장에서 추적하였다. 얻어진 데이터를 100 g 당 mg의 단위로 종합하면 표 4와 같으며 자연산 바위솔의 HPLC 크로마토그램을 대표적인 예로써 도시하면 그림 3와 같다.

자연산 바위솔과 재배조건을 달리한 시료들을 대상으로 화합물 1-4의 함량변화를 비교하면 다음과 같다.

화합물 1-4의 함량은 유식물에서 가장 적은 분포를 보여주었다. Night break를 가하는 시점 변화의 실험에서는 7/3, 7/30 및 8/25의 모든 경우에서 1-4의 함량이 자연산 보다 증가하였다 (8/25 1과 3의 경우는 예외). 월동 가온의 실험에서는 가온을 하지 않는 조건에서 1-4의 함량이 모두 크게 증가하였다. 10 °C와 20 °C에서는 2의 함량이 크게 증가하였으며 10 °C에서 3의 함량이 증가하였다. 그 밖의 월동가온 조건에서 1, 3 및 4의 함량은 비슷하거나 감소하였다. 일장조절 실험에서 낮/밤 = 16/8의 경우 1 - 4의 모든 화합물의 함량이 크게 증가하였다. 낮/밤 = 13/11과 낮/밤 = 10/14의 경우 화합물 1과 3의 함량은 조금 감소하였으나 2와 4의 함량은 증가하였다.

Night break, 가온 및 일장조절 실험에서 얻어진 본 연구의 결과들로부터 가해진 빛의 양이 증가할수록 1-4의 함량 분포가 대략적으로 커진다는 결론이 얻어졌다. 1-4의 총량은 유식물, Night break 8/25, 월동가온 20 °C 및, 일장조절 낮/밤 = 10/14의 실험조건에서 자연산보다 낮게 분포되어 있었다.

| 분류 화합물 | 분류 | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--|
| | 자연산 | 유식물 | 7/3 ^a | 7/30 ^a | 8/25 ^a | 무가온 | 10°C ^b | 20°C ^b | 10/14 ^c | 13/11 ^c | 16/8 ^c | |
| 1 | 1.33 | 0.67 | 1.69 | 1.59 | 1.26 | 1.82 | 1.03 | 0.92 | 1.13 | 1.12 | 1.82 | |
| 2 | 0.04 | 0.63 | 1.43 | 1.19 | 0.23 | 3.78 | 1.07 | 0.96 | 0.23 | 2.56 | 2.00 | |
| 3 | 21.40 | 9.19 | 28.76 | 38.70 | 6.70 | 42.95 | 26.23 | 18.36 | 18.79 | 20.75 | 43.45 | |
| 4 | 0.59 | 0.34 | 0.91 | 1.86 | 0.79 | 1.09 | 0.63 | 0.35 | 0.80 | 0.98 | 1.09 | |
| 총량 | 23.36 | 10.83 | 32.79 | 43.34 | 8.98 | 49.64 | 28.96 | 20.59 | 20.95 | 25.41 | 48.36 | |

^a: Night break 시작 일자; ^b: 월동 가온; ^c: 일장 조절: 낮/밤; 단위: mg/100 g

표 4. 바위솔 재배조건에 따른 폴리페놀계 화합물 1 - 4의 함량 분포

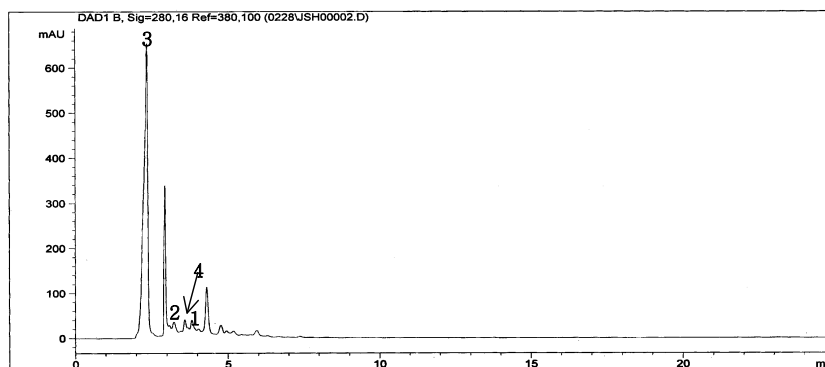


그림 3. 자연산 바위솔 폴리페놀들의 HPLC, 검출파장; 280 nm

4) 폴리페놀 5 및 6의 함량분포 (가수분해 시료의)

식물에 포함된 폴리페놀 배당체들은 장에서 흡수될 때 폴리페놀 아그리콘의 형태로 흡수되는 것으로 알려져 있다. 따라서 폴리페놀 아그리콘의 함량은 폴리페놀 배당체들의 생물학적 활성과 직접적인 연관이 있을 것으로 평가된다. 뿐만 아니라 폴리페놀 배당체 표준물질의 확보가 쉽지 않기 때문에 많은 경우 폴리페놀 배당체를 분석할 때는 폴리페놀 아그리콘의 함량을 추적한다.^{7,8}

가수분해한 바위솔 시료에 포함되어 있는 폴리페놀 아그리콘 5와 6의 함량을 365 nm의 검출과장에서 추적하였다. 얻어진 데이터를 100 g 당 mg의 단위로 종합하면 표 5와 같다. 대표적인 예로써 자연산 바위솔에서 얻은 가수분해 추출물에 포함된 폴리페놀 아그리콘의 HPLC 크로마토그램을 도시하면 그림 4와 같다.

자연산 바위솔과 재배조건을 달리한 시료들을 대상으로 아그리콘 5와 6의 함량변화를 비교하면 다음과 같다.

유식물이 포함하고 있는 아그리콘 5와 6의 함량은 자연산에 비해 약간 더 크다. Night break를 가하는 시점 변화의 실험에서는 7/30과 8/25에서 5와 6의 함량이 크게 증가하였다. 월동 가온 실험에서는 무가온 조건에서 5와 6의 함량이 크게 증가하였다. 일장조절 실험에서는 낮/밤 = 10/14와 16/8에서 5와 6의 함량이 높았다. 5와 6의 총량은 Night Break 7/3과 월동 가온 10℃, 일장조절 낮/밤 = 13/11에서 자연산 보다 조금 낮은 분포를 보여주고 나머지 실험조건에서는 자연산 보다 상당히 높은 분포를 보여 주었다.

| 분류 화합물 | 분류 | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------------------|-------------------|-------------------|------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--|
| | 자연산 | 유식물 | 7/3 ^a | 7/30 ^a | 8/25 ^a | 무가온 | 10℃ ^b | 20℃ ^b | 10/14 ^c | 13/11 ^c | 16/8 ^c | |
| 5 | 0.84 | 1.07 | 0.83 | 1.45 | 1.14 | 1.26 | 0.75 | 1.21 | 1.34 | 0.77 | 1.41 | |
| 6 | 1.24 | 1.50 | 1.09 | 2.13 | 1.68 | 1.66 | 1.02 | 1.56 | 1.92 | 1.07 | 1.86 | |
| 총 량 | 2.08 | 2.57 | 1.92 | 3.58 | 2.82 | 2.92 | 1.77 | 2.77 | 3.26 | 1.84 | 3.27 | |

a; Night Break시작일자; b; 월동가온; c; 일장조절(낮/밤); 단위: mg/100g

표 5. 폴리 페놀 아그리콘 함량 분포

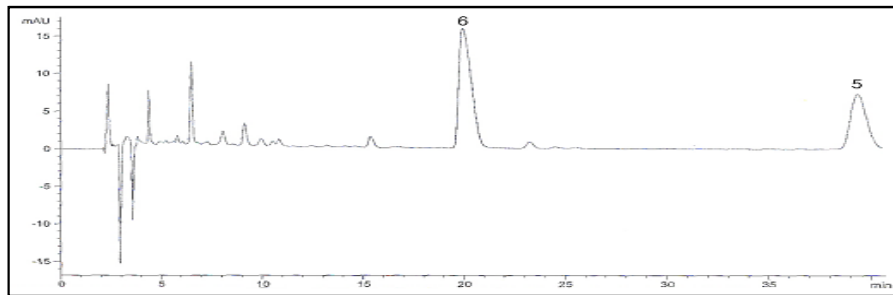


그림 4. 자연산 바위솔 가수분해 추출물의 폴리 페놀 아그리콘 HPLC, 검출과장; 365 nm

5) 폴리페놀 배당체의 함량분포

바위솔에 함유되어 있는 것으로 알려져 있는 8종의 폴리페놀 배당체 화합물들 중 7-9와 11 및 12의 5종과 공 크로마토그래피함으로써 크로마토그램 상의 피이크를 동정하였다. kaempferol 배당체 7-9는 kaempferol 5, quercetin 배당체 11 및 12는 quercetin 6의 HPLC 피이크를 기준으로 함량을 조사하였다. 사용한 검출파장은 365 nm이었다. 얻어진 데이터를 100 g 당 mg의 단위로 종합하면 표 6과 같다. 대표적인 예로써 자연산 바위솔에 포함된 폴리페놀 배당체 화합물들의 HPLC 크로마토그램을 도시하면 그림 5와 같다.

폴리페놀 13은 바위솔에 포함되어 있는 것으로 알려져 있으나 Aldrich사에서 구입한 표준물질과의 비교 실험으로부터 바위솔에는 폴리페놀 13이 포함되어 있지 않은 것으로 밝혀졌다. 자연산 바위솔과 재배조건을 달리한 시료들을 대상으로 7-9, 11 및 12의 함량변화를 비교하면 다음과 같다.

대부분의 실험 조건에서 얻어진 시료에서 7-9는 자연산과 비슷하거나 조금 낮은 함량 분포를 보여준다. quercetin 배당체인 11 및 12는 일장조절 실험의 낮/밤 = 13/11과 16/8에서 자연산 바위솔과 비슷한 함량 분포를 보여주는 반면 다른 실험조건에서 얻어진 대부분의 시료들에서는 자연산 보다 낮은 함량분포를 보여준다. 7-9, 11 및 12의 총량도 낮/밤 = 13/11과 16/8을 제외한 모든 조건에서 얻어진 시료에서 낮은 분포도를 보여준다.

| 분류 화합물 | 자연산 | 유식물 | 7/3 ^a | 7/30 ^a | 8/25 ^a | 무가온 | 10°C ^b | 20°C ^b | 10/14 ^c | 13/11 ^c | 16/8 ^c |
|-----------|------|------|------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 6 | 0.28 | 0.27 | 0.28 | 0.25 | 0.28 | 0.29 | 0.26 | 0.25 | 0.30 | 0.22 | 0.32 |
| 7+8 | 0.50 | 0.54 | 0.51 | 0.35 | 0.45 | 0.55 | 0.35 | 0.31 | 0.39 | 0.50 | 0.45 |
| 9 | 0.28 | 0.24 | 0.29 | 0.24 | 0.22 | 0.24 | ^d | ^d | 0.23 | 0.22 | 0.24 |
| 11 | 4.82 | 2.58 | 3.12 | 2.38 | 3.22 | 3.55 | 1.53 | 1.27 | 2.87 | 4.75 | 3.56 |
| 12 | 1.05 | 1.68 | 0.71 | 0.72 | 0.70 | 1.07 | 0.60 | 0.61 | 1.02 | 1.56 | 1.34 |
| 총량 | 6.93 | 5.31 | 4.91 | 3.94 | 4.87 | 5.70 | 2.74 | 2.44 | 4.81 | 7.25 | 5.91 |

^a:Nihgt-Breack시작일자; ^b:윌동가온; ^c: 일장조절(낮/밤); ^d: 검출되지 않음;단위:mg/100g

표 6. 폴리 페놀 배당체 함량 분포

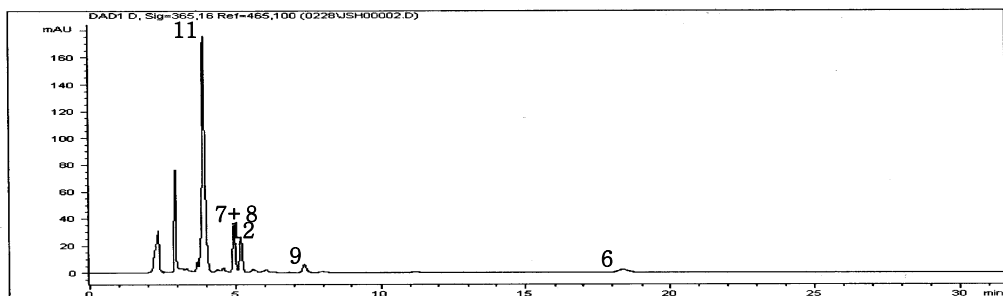


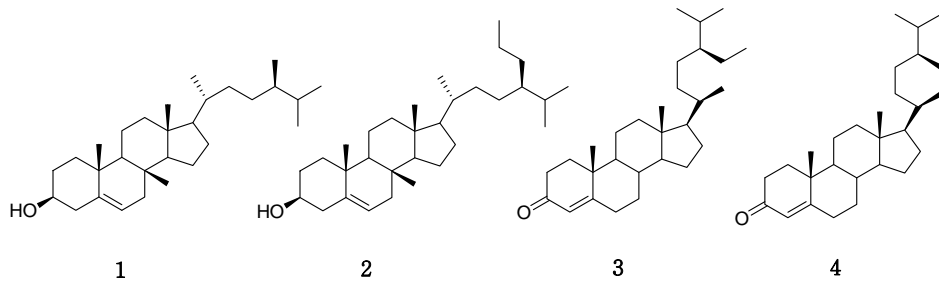
그림 5. 자연산 바위솔의 폴리페놀 배당체들의 HPLC. 검출파장; 365 nm

2. 스테로이드 및 테르펜 계열 화합물의 함량 분석

가. 재배조건에 따른 바위솔의 식물 스테로이드 및 테르펜 화합물들의 함량변화 조사

식물스테로이드와 테르펜 화합물들은 세포막의 구성성분, 곤충 기피물질, 성장호르몬의 구성 성분과 같은 중요한 역할을 한다 (Makin *et al.*, 1995). 많은 종류의 식물 스테로이드와 테르펜 화합물들이 인류 역사상 오래 동안 민간 요법제로 사용되어왔다. 디기탈리스 (*digitalis*)로부터 분리된 digoxin 및 digitoxin과 같이 어떤 화합물들은 매우 중요한 의약품으로 이용된다 (Makin *et al.*, 1995).

지금까지 바위솔로부터 분리되어 알려져 있는 스테로이드 화합물에는 **그림 6**에 종합한 것처럼 β -sitosterol (**15**) 및 campesterol(**16**), stigmast-4-en-3-one (**17**) 및 ergost-4-en-3-one (**18**)의 4 종류가 있다 (Park *et al.*, 1994, 1991a, 1991b). 본 연구에서는 4 스테로이드 중 campesterol (**15**) 및 β -sitosterol (**16**)을 분리하였으며 이들을 재배조건에 따른 스테로이드 계열 화합물의 함량변화를 추적하는 지표물질로 사용하였다.



15: Campesterol

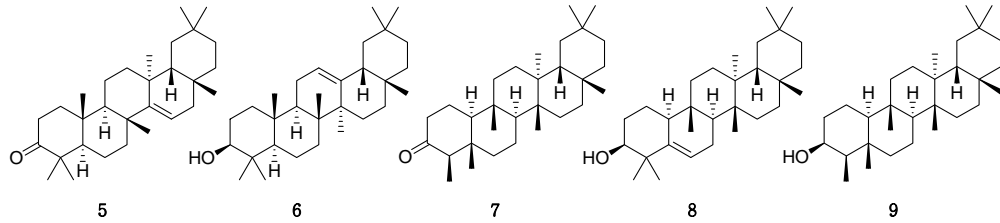
16: β -Sitosterol

17: Stigmast-4-en-3-one

18: Ergost-4-en-3-one

그림 6.

바위솔 테르펜 계열의 화합물에는 **그림 7**에 종합한 것처럼 Taraxerone (**19**), β -amyrin (**20**), (-)-friedelin (**21**), glutinol (**22**) 및 epifriedelanol (**23**) 의 5 종류가 보고되어 있다(Park *et al.*, 1994, 1991a, 1991b).



- 19: taraxerone
- 20: β -amyrin
- 21: (-)-friedelin
- 22: glutinol
- 23: epifriedelanol

그림 7.

본 연구에서는 Taraxerone의 이성질체로 추정되는 Taraxerone A (19a) 및 B (19b), β -amyrin (20), (-)-friedelin (21) 및 glutinol (22)의 5가지 테르펜 화합물을 분리 정제하였으며 (실험 참조) 이들을 재배조건에 따른 테르펜 계열 화합물의 함량 변화를 추적하는 지표물질로 사용하였다.

19b는 바위솔에 함유된 것으로 보고되어 있지 않은 화합물이다. 우리는 이 화합물의 질량분석 및 원소분석 값으로부터 Taraxerone의 한 이성질체인 것으로 추정하고 있다. 현재 19b의 구조를 동정하고 있는 중이며 최종 결과 보고서에 그 정확한 구조를 보고할 예정이다.

재배조건에 따른 지표물질 15, 16, 19a, 19b, 20-22의 GC 크로마토그램과 함량변화를 종합하면 그림 8 및 표 7과 같다.

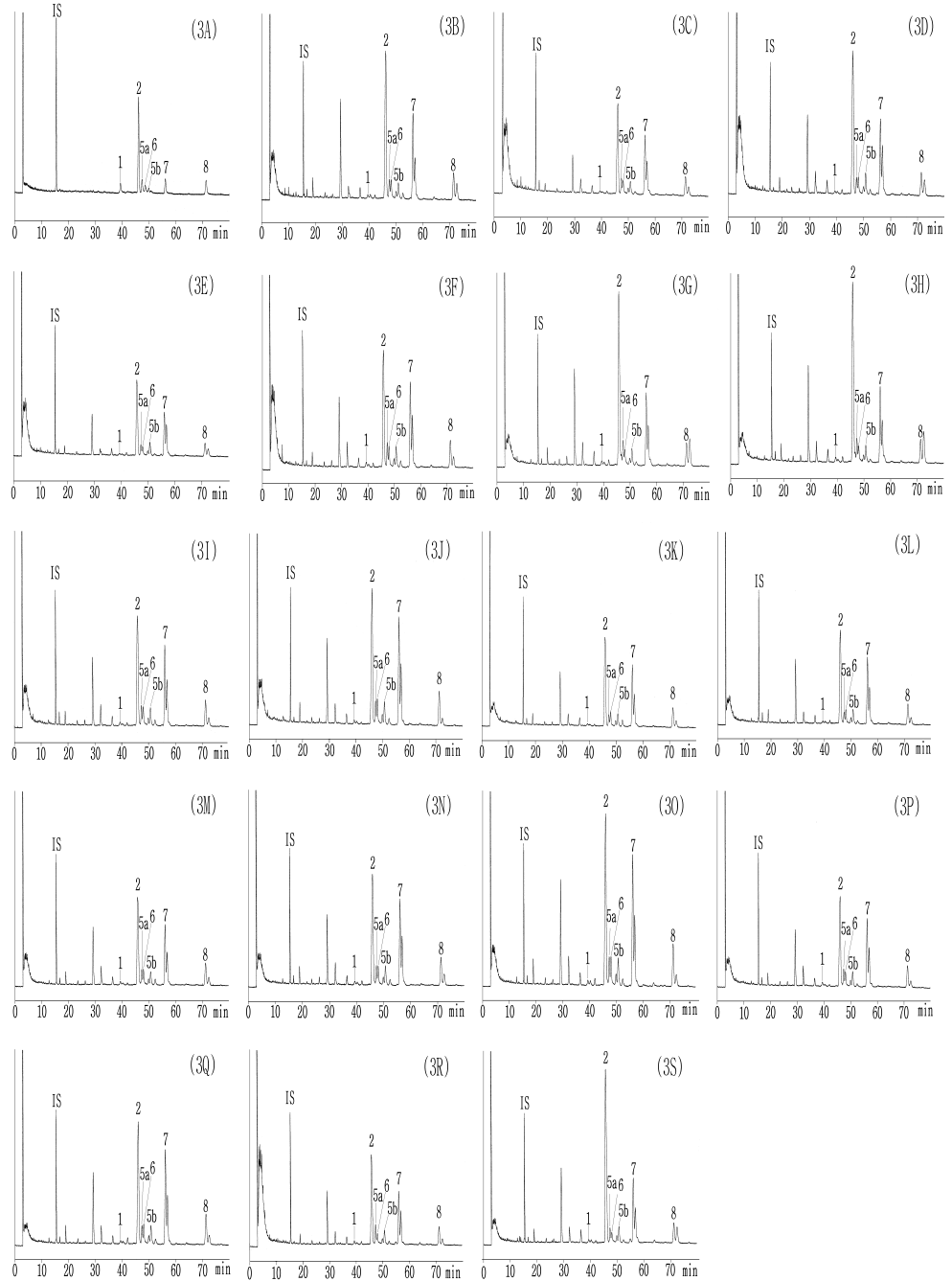


그림 8. 재배조건에 따른 지표물질 15, 16, 19a, 19b, 20-22들의 함량변화: GC 크로마토그램
 (3A): 지표물질 15, 16, 19a, 19b, 20-22의 GC, (3B): Night-break 7/2, (3C):
 Night-break 8/25, (3D): 일장처리 13:11, (3E): 일장처리 16:08, (3F): 광도변화 무처
 리, (3G): 광도변화 35%, (3H): 광도변화 55%, (3I): 질소비료처리 N5, (3J): 질소비

료처리 N10, (3K): 질소비료처리 N20, (3L): 칼륨비료처리 K5, (3M): 칼륨비료처리 K10, (3N): 칼륨비료처리 K20, (3O): 인산비료처리 P5, (3P): 인산비료처리 P10, (3Q): 인산비료처리 P20, (3R): 자연산 개화 전, (3R): 자연산 개화 후

| 시료 | 화합물(mg/100g ^a) | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|
| | 15 | 16 | 19a | 19b | 20 | 21 | 22 |
| Night-break ^b | | | | | | | |
| 7/2 | 1.08±0.06 | 38.71±0.40 | 7.19±0.04 | 1.66±0.04 | 6.69±0.22 | 75.14±1.44 | 7.13±0.12 |
| 8/25 | 0.68±0.03 | 25.20±0.23 | 6.51±0.07 | 1.29±0.02 | 4.92±0.19 | 53.72±1.43 | 5.21±0.06 |
| 일장처리 ^c | | | | | | | |
| 13:11 | 0.76±0.02 | 39.16±0.51 | 6.69±0.14 | 2.18±0.09 | 6.43±0.21 | 67.97±1.00 | 6.28±0.06 |
| 16:08 | 0.43±0.02 | 20.11±0.28 | 4.56±0.16 | 1.38±0.06 | 3.44±0.10 | 38.36±0.60 | 3.47±0.08 |
| 광도 변화 ^d | | | | | | | |
| 무처리 ^e | 1.82±0.05 | 28.13±1.07 | 7.43±0.06 | 1.31±0.01 | 3.06±0.05 | 40.61±0.51 | 5.30±0.11 |
| 35% | 1.78±0.06 | 39.58±1.45 | 8.95±0.48 | 1.67±0.06 | 4.37±0.15 | 61.27±2.63 | 5.87±0.12 |
| 55% | 2.16±0.07 | 41.87±2.04 | 8.90±0.26 | 1.68±0.04 | 4.37±0.21 | 65.04±3.20 | 6.21±0.11 |
| 질소비료처리 | | | | | | | |
| N5 ^f | 1.23±0.04 | 27.13±0.87 | 7.93±0.47 | 1.67±0.06 | 6.20±0.26 | 66.07±1.63 | 6.87±0.15 |
| N10 ^f | 1.51±0.05 | 31.77±1.46 | 9.26±0.12 | 2.33±0.06 | 8.20±0.26 | 89.93±3.33 | 9.23±0.25 |
| N20 ^f | 0.64±0.02 | 22.63±0.60 | 4.90±0.44 | 1.27±0.06 | 5.03±0.21 | 49.90±0.56 | 5.30±0.10 |
| 인산비료처리 | | | | | | | |
| P5 ^f | 0.82±0.03 | 22.21±0.76 | 4.44±0.08 | 1.37±0.06 | 4.74±0.07 | 54.73±2.35 | 5.43±0.25 |
| P10 ^f | 1.50±0.03 | 21.70±0.92 | 6.39±0.11 | 1.27±0.06 | 5.17±0.12 | 50.43±1.96 | 6.00±0.20 |
| P20 ^f | 1.07±0.02 | 26.73±1.25 | 7.42±0.33 | 1.84±0.06 | 6.23±0.29 | 70.57±2.97 | 7.27±0.15 |
| 칼륨비료처리 | | | | | | | |
| K5 ^f | 2.72±0.11 | 40.10±1.97 | 10.47±0.42 | 2.73±0.06 | 9.30±0.35 | 109.87±4.50 | 11.17±0.21 |
| K10 ^f | 1.54±0.08 | 21.33±1.05 | 6.55±0.23 | 1.55±0.06 | 4.67±0.21 | 56.73±2.34 | 5.80±0.17 |
| K20 ^f | 1.31±0.06 | 87.10±1.21 | 7.39±0.19 | 1.77±0.06 | 6.86±0.14 | 79.20±2.36 | 8.11±0.21 |
| 자연산 | | | | | | | |
| 개화전 | 1.25±0.06 | 23.17±0.30 | 7.43±0.06 | 1.31±0.01 | 3.86±0.05 | 40.61±0.51 | 5.30±0.11 |
| 개화후 | 1.27±0.05 | 40.60±1.75 | 6.49±0.26 | 1.57±0.06 | 3.63±0.06 | 53.80±2.00 | 5.22±0.02 |

^a: 냉동건조 중량, ^b: 실험시작일, ^c: 낮:밤, ^d: 광 차단율, ^e: 비닐하우스 내에서 빛을 차단하지 않은, ^f: 시비량 (kg/ha), **15**: Campesterol, **16**: β -Sitosterol, **19a**: Taraxerone, **19b**: Taraxerone, **20**: β -Amyrin, **21**: (-)-Friedelin, **22**: Glutanol.

표 7. 재배조건에 따른 스테로이드 지표물질 **15, 16** 및 테르펜 지표물질 **19a, 19b, 20-22**의 함량변화

나. 지표물질**15, 16, 19a, 19b, 20-22**의 표준검량곡선 및 r^2 값

신빙성 있는 함량분석 데이터들을 얻기 위해 스테로이드 지표물질 **15, 16, 19a,**

19b, 20-22의 표준 검량곡선을 작성하고 이들로부터 r^2 값을 계산하였다. 지표물질 15, 16, 19a, 19b, 20-22의 머무름 시간 (r.t.), 표준 검량곡선, 및 r^2 값을 종합하면 표 8과 같다. 7개의 검량곡선들은 모두 우수한 직선 회기성 (linear regression)을 보여주며 r^2 값들은 모두 1-0.005 보다 큰 이상적인 범위 내에 포함되므로 측정의 신뢰도가 확보되었다.

| 화합물 | 머무름 시간 (r.t., min) | Standard curve ^a | r^2 |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-------|
| Campesterol(15) | 39.33 | y=0.3029x+0.6175 | 0.995 |
| β -Sitosterol(16) | 46.36 | y=0.6876x+13.3784 | 0.995 |
| Taraxerone(19a) | 47.71 | y=0.3216x-0.8612 | 0.999 |
| Taraxerone(19b) | 51.06 | y=1.2964x-1.9282 | 0.999 |
| β -Amyrin(20) | 48.38 | y=0.3478x-1.0801 | 0.997 |
| (-)-Friedelin(21) | 56.51 | y=0.1731x-0.4361 | 0.999 |
| Glutinol(22) | 71.75 | y=0.6340x-0.8968 | 0.999 |

^a y: Area ; x: $\mu\text{g/ml}$

표 8. 지표물질 15, 16, 19a, 19b, 20-22의 표준 검량곡선, 및 r^2 값

다. 재배조건에 따른 바위솔의 스테로이드 1 및 2의 함량변화 및 자연산 바위솔에 포함된 스테로이드 1 및 2의 함량과의 비교

표 7에 종합되어 있는 것처럼 15은 자연산의 경우 개화 전 (1.25 mg/100 g)과 개화 후 (1.27 mg/100 g)의 함량이 거의 차이가 없었으며 16의 함량은 자연산의 경우 개화 후 (40.60 mg/100 g)가 개화 전 (23.17 mg/100 g)보다 2배 가량 높았다. Night-break, 일장처리 및 광도변화와 같은 빛의 조사량을 변화시키는 실험에서 15 및 16의 함량은 일장처리 16:08에서 각각 0.43 mg/100 g 및 20.11 mg/100 g으로 가장 낮았으며 광도변화 55%에서 각각 2.16 mg/100 g 및 41.87 mg/100 g으로 가장 높았다. 비료처리 실험에서 15의 함량은 K5 (2.72 mg/100 g)에서 2의 함량은 K20 (87.10 mg/100 g)에서 가장 높았다. 15은 N20 (0.64 mg/100 g)에서 16은 K10 (21.33 mg/100 g)에서 가장 낮은 함량을 보여주었다.

분석의 결과를 종합하면 빛은 15 및 16의 생성에 다소 불리하거나 큰 관계가 없는 것으로 보이며 비료의 종류와 시비량도 15 및 16의 함량과 큰 관계가 없는 것으로 판단된다. 15 및 16의 함량은 몇 가지 인공재배 조건에서 자연산 보다 높은 분포를 보여주었지만 자연산 바위솔과 인공재배 바위솔 사이에 의미를 부여할 만한 차이

가 없는 것으로 판단된다.

라. 재배조건에 따른 바위솔의 테르펜 **19a**, **15b** 및 **20-22**의 함량변화 및 자연산 바위솔에 포함된 **5a**, **5b** 및 **6-8**의 함량과의 비교

표 7에 종합되어있는 것처럼 **19a**의 함량은 자연산의 경우 개화 전 (7.43 mg/100 g) 이 개화 후 (6.49 mg/100 g)보다 조금 높았으며 **19b**의 함량은 자연산의 경우 개화 전 (1.31 mg/100 g)과 개화 후 (1.57 mg/100 g)가 서로 비슷하였다. Night-break, 일장처리 및 광도변화와 같은 빛의 조사량을 변화시키는 실험에서 **19a**의 함량은 광도 변화 35% (8.95 mg/100 g)에서 **19b**의 함량은 일장처리 13:11 (2.18 mg/100 g)에서 가장 높았다. **19a**는 일장처리 16:08에서 (4.56 mg/100 g) **19b**는 Night-break 8/25 (1.29 mg/100 g)에서 함량이 가장 낮았다. 비료처리 실험에서 **19a** 및 **19b**의 함량은 K5에서 각각 10.47 mg/100 g 및 2.73 mg/100 g으로 가장 높았다. **19a**는 P5 (4.44 mg/100 g)에서 **19b**는 N20과 P10 (1.27 mg/100 g)에서 가장 낮은 함량을 보여주었다.

분석의 결과를 종합하면 빛의 양, 비료의 종류 및 시비량과 **19a** 및 **19b**의 함량 사이에 밀접한 상관관계가 없는 것으로 보이며 자연산의 개화 후와 개화 전에서도 뚜렷한 차이를 보여주지 않았다. 몇 가지 인공재배 조건에서 얻어진 바위솔이 자연산보다 **19a** 및 **19b**의 높은 함량을 보여주지만 자연산 바위솔과 인공재배 바위솔 사이에 주목할 만한 차이가 없는 것으로 판단된다.

20 및 **21**의 함량은 자연산의 경우 개화 후 (각각 3.63 및 53.80 mg/100 g)가 개화 전 (30.86 및 40.61 mg/100 g)보다 높았으며 **22**의 함량은 자연산의 경우 개화 전 (5.30 mg/100 g)과 개화 후 (5.22 mg/100 g)가 서로 비슷하였다. Night-break, 일장처리 및 광도변화와 같은 빛의 조사량을 변화시키는 실험에서, **20-22**의 함량은 Night-break 7/2에서 각각 6.69, 75.14 및 7.13 mg/100 g으로 가장 높았으며 **20**은 광도변화 무처리에서 3.06 mg/100 g, **21** 및 **22**는 일장처리 16:08에서 각각 38.36 및 3.47 mg/100 g으로 함량이 가장 낮았다. 비료처리 실험에서, **20-22**의 함량은 K5에서 각각 9.30, 109.87 및 11.17 mg/100 g으로 가장 높았다. **20**은 K10에서 4.67 mg/100 g, **21** 및 **22**는 N20에서 49.90 및 5.30 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 보여주었다.

분석의 결과를 종합하면 빛의 양, 비료의 종류 및 시비량과 **20-22**의 함량 사이에 밀접한 관계가 없는 것으로 보인다. **20-22**의 함량은 자연산의 개화 전 및 개화 후에서도 의미있는 함량의 변화를 관찰할 수 없었다. **20-22**의 함량은 몇 가지 경우를 제외하면 인공재배 조건에서 자연산보다 전반적으로 높은 함량을 보여주지만 자연산 바위솔과 인공재배 바위솔 사이에 의미 있는 해석을 할 수 없는 것으로 판단된다.

3. 총 페놀함량 및 항산화효과

가. 재배조건에 따른 바위솔의 총 페놀 함량변화 및 자연산 바위솔에 포함된 총 페놀 함량과의 비교

항산화 효과에 관한 연구를 수행하였다. 식물의 항산화 효과에는 페놀 화합물이 매우 큰 역할을 하며 총 페놀 함량과 항산화 효과 사이에 밀접한 관계가 있기 때문에 (Ra *et al.*, 1997) 총 페놀 함량을 조사 비교하였다. 결과를 종합하면 표 9와 같다.

| 시료 | mg/100g ^a | 시료 | mg/100g ^a |
|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Night-break ^b | | N20 ^f | 703.80±0.01 |
| 7/2 | 649.94±0.02 | 인비료 처리 | |
| 8/25 | 545.59±0.01 | P5 ^f | 562.42±0.02 |
| 일장조절 ^c | | P10 ^f | 663.40±0.01 |
| 13:11 | 272.95±0.01 | P20 ^f | 538.86±0.02 |
| 16:8 | 774.48±0.01 | 칼륨비료 처리 | |
| 광도변화 ^d | | K5 ^f | 518.67±0.01 |
| 무 처리 ^e | 589.35±0.02 | K10 ^f | 771.12±0.01 |
| 35% | 309.97±0.01 | K20 ^f | 538.86±0.01 |
| 55% | 272.95±0.01 | 자연산 | |
| 질소비료 처리 | | 개화 전 | 701.80±0.00 |
| N5 ^f | 525.40±0.01 | 개화 후 | 783.00±0.02 |
| N10 ^f | 565.4 | | |

^a: 냉동건조 바위솔 중량, ^b: 실험 시작일, ^c: 낮:밤, ^d: 광 차단율, ^e: 비닐하우스 내에서 빛을 차단하지 않은, ^f: 시비량 (kg/ha)

표 9. 여러 가지 조건하에서 재배된 바위솔의 총 페놀 함량

여러 가지 용매를 사용하여 추출 효율을 비교한 예비실험에서 메탄올 용매를 이용한 경우가 가장 효과적이었기 때문에 모든 추출 실험을 메탄올 용매에서 수행하였다. 자연산 개화 후의 시료를 제외한 모든 시료는 개화 직전에 수확하였다.

Night-break 실험에서 실험 시작 시점이 7/2 (7월 2일)에서 8/25 (8월 25일)으로 늦어짐에 따라 총 페놀 함량이 649.94 mg/100 g에서 549.59 mg/100 g으로 감소하였다. 일장조절 실험에서 낮:밤의 비가 13 :11에서 16:8로 변함에 따라 즉 낮의 길이가

증가함에 따라 총 페놀 함량이 272.95 mg/100 g에서 774.48 mg/100 g으로 증가 하였다. 광도변화 실험에서 무 처리의 경우에는 589.35 mg/100 g의 총 페놀 함량을 보여주는 반면 비닐하우스 내에서 빛을 33%에서 55% 차단함에 따라 총 페놀 함량은 309.97 mg/100 g에서 272.95 mg/100 g로 감소되었다. 자연산 바위솔에서는 총 페놀 함량이 개화 전의 701.80 mg/100 g 보다 빛의 총 조사량이 더 많은 개화 후에 783.00 mg/100 g으로 증가되었다.

바위솔 총 페놀 함량은 조사된 빛의 양과 밀접한 관계가 있으며 빛의 양이 증가되면 총 페놀 함량도 증가하는 것으로 관찰되었다. 현재의 결과는 연구의 1차년 도에 폴리페놀 계 및 배당체 지표물질들의 함량과 빛의 대략적 비례관계에서 관찰하였던 경향과 일치한다.

바위솔 총 페놀 함량은 질소 비료의 시비량과도 밀접한 관계를 보여주었다. 즉, 질소 비료의 시비량이 N5에서 N10, N20으로 증가하면 총 페놀 함량은 525.40 mg/100 g에서 565.40 mg/100 g, 703.80 mg/100 g으로 증가되었다. 질소비료의 경우와는 달리 인 및 칼륨 비료의 시비량은 총 페놀함량과 밀접한 관계가 없는 것으로 보여 졌다. 인 비료와 칼륨 비료에서는 P10 및 K10일 경우 각각 663.40 및 771.12 mg/100 g으로 가장 높은 페놀 함량을 보여 주었다.

또 총 페놀 함량은 여러 가지 조건하에서 인공적으로 재배된 바위솔보다 자연산 바위솔에서 다소 높은 것으로 조사되었다. 자연산의 경우 개화 후의 총 페놀 함량이 개화 전의 총 페놀 함량보다 높았다.

나. 재배조건에 따른 바위솔의 항산화능 (DPPH에 대한 전자공여능)의 조사 및 자연산 바위솔의 항산화능의 비교

일반적으로 항산화능은 자유 라디칼에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 능력을 평가하는 방법이 이용되고 있다 (Davy D *et al.*, 1990). 이와 같은 방법에는 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 에 대한 전자 공여능력(Blois, 1958) β -carotene linoleate를 이용하는 항산화력 평가 (Miller, 1971), Yen 및 Duh 등의 환원력 측정 (Yen *et al.*, 1993) 등이 있다. 이 들 중 DPPH의 전자공여능을 측정하는 방법이 항산화능을 평가하는데 가장 일반적으로 이용된다.

| 시료 | DPPH 전자공여능(%) | 시료 | DPPH 전자공여능(%) |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Night-break ^b | | 인산비료 처리 | |
| 7/2 | 75.46±0.02 | P5 ^e | 61.55±0.04 |
| 8/25 | 71.58±0.01 | P10 ^e | 69.64±0.04 |
| 일장조절 ^c | | P20 ^e | 53.10±0.04 |
| 13:11 | 41.58±0.04 | 칼륨비료 처리 | |
| 16:8 | 92.51±0.01 | K5 ^e | 41.51±0.03 |
| 광도변화 ^d | | K10 ^e | 67.37±0.04 |
| 무 처리 | 58.93±0.02 | K20 ^e | 53.78±0.02 |
| 35% | 21.04±0.06 | 자연산 | |
| 55% | 18.84±0.07 | 개화 전 | 96.67±0.02 |
| 질소비료 처리 | | 개화 후 | 94.86±0.01 |
| N5 ^e | 53.25±0.02 | ASA | 51.12±0.02 |
| N10 ^e | 75.48±0.01 | BHT | 89.18±0.01 |
| N20 ^e | 76.36±0.06 | | |

^a: 냉동건조 바위솔 중량, ^b: 실험 시작일, ^c: 낮/밤, ^d: 광 차단율, ^e: 시비량 (kg/ha), ASA: Ascorbic acid, BHT: Butylated hydroxytoluene

표 10. 여러 가지 조건하에서 재배된 바위솔의 메탄올 추출물 (500 ppm농도)의 항산화능

본 연구에서도 이 방법을 이용하여 재배조건에 따른 바위솔의 항산화능을 조사하고 자연산 바위솔의 항산화능과 비교하였다. 500 ppm의 추출물 농도를 사용하여 실험한 결과를 종합하면 표 10과 같다.

Night-break 실험에서는 실험 시작 시점이 7/2 (7월 2일)에서 8/25 (8월 25일)으로 달라져도 항산화능에 큰 변화를 보여주지 않았다 (각각 75.46%와 71.58%). 일장조절 실험에서 낮:밤의 비가 13:11에서 16:8로 변함에 따라 즉 낮의 길이가 증가함에 따라 항산화능이 41.58%에서 92.51%로 크게 증가 하였다. 광도변화 실험에서 무 처리의 경우에는 58.93%의 항산화능을 보여주는 반면 비닐하우스 내에서 빛을 33%에서 55%로 차단하면 항산화능은 각각 21.04% 및 18.84%로 감소되었다. 자연산 바위솔에서는 개화 전 (96.67%)과 개화 후 (94.86%)의 항산화능이 비슷한 것으로 조사되었다.

질소 비료의 시비량이 N5에서 N10 및 N20으로 증가하면 바위솔 항산화능은 각각 53.25%에서 75.48% 및 76.36%로 증가된다. 인산 및 칼륨비료에서는 시비량과 항산화능 사이의 상관관계를 발견할 수 없었다. 또 자연산의 경우 개화 전 시료와 개화 후의 시료사이에 항산화능의 큰 차이가 발견되지 않았다.

바위솔의 항산화능도 바위솔에 조사된 빛의 양과 관계가 있으며 빛의 양이 증가하면 대략적으로 항산화능도 증가하는 것으로 조사되었다. 그러나 1차년도와 폴리페놀계 및 배당체 지표물질에서 관찰되었던 결과와 본 연구의 총 페놀 함량 변화에서 조사되었던 것과는 달리 항산화능과 빛의 양 사이의 상관관계는 크지 않았다.

여러 가지 조건하에서 재배된 바위솔은 비타민 C나 합성 항산화제인 BHT와 비슷한 정도의 항산화 능력을 보여주었다. 이것은 산화에 의한 퇴행성 변화를 지연 또는 치료할 수 있다는 것을 의미한다.

4. 항미생물 효과

| Microorganisms | Growth at concentration (mg/mL) | | | | | MIC (mg/mL) |
|---------------------|---------------------------------|---|-----|------|-------|-------------|
| | 10 | 5 | 2.5 | 1.25 | 0.625 | |
| S. aureus | - | - | - | - | + | 1.25 |
| B. subtilis | - | - | - | - | + | 1.25 |
| C. diptheriae | - | - | - | - | + | 1.25 |
| G(+) S. mutans | - | - | - | + | + | 2.5 |
| C. freundi | - | + | + | + | + | 10 |
| S. epidermidis | - | - | - | + | + | 2.5 |
| P. vulgaris | - | + | + | + | + | 10 |
| E. coli | + | + | + | + | + | - |
| G(-) S. paratyphi A | - | + | + | + | + | 10 |
| S-typhi | - | + | + | + | + | 10 |

+ : Growth, - : No growth

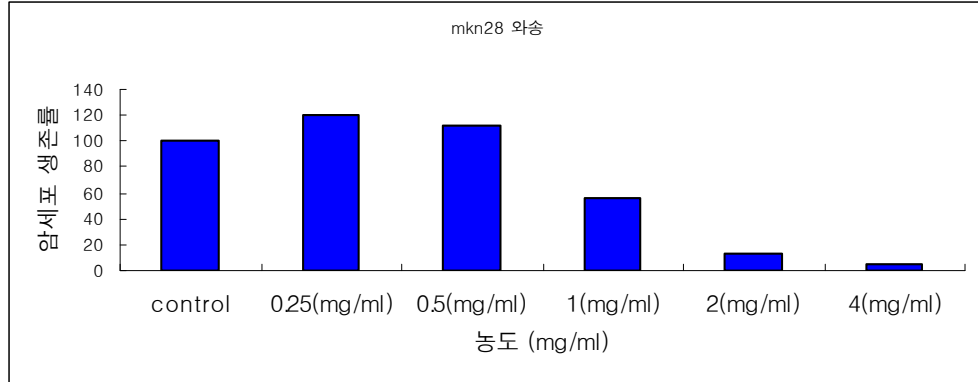
표 11. 여러 가지 미생물에 대한 바위솔 메탄올 추출물의 최소 저해농도 (MIC)

바위솔 메탄올 추출물의 최소성장 저해 농도를 한천배지 희석법을 이용하여 측정하였다.

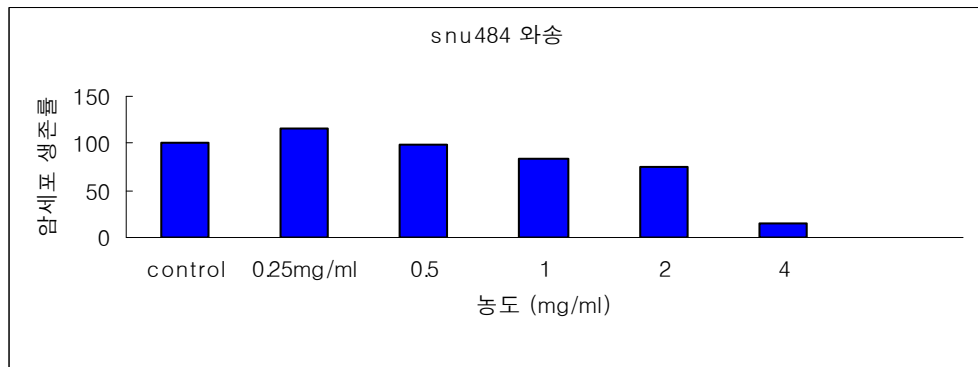
측정결과를 종합하면 표 11과 같다. 바위솔 추출물은 그램 양성균에서 폭넓은 항미생물 효과를 보여주었다. C. freundi 및 P. vulgaris를 제외한 모두 5종의 그램 양성균에서 1.25 - 2.5 mg/ml의 최소성장 저해 농도를 보여주었다.

5. 항암효과

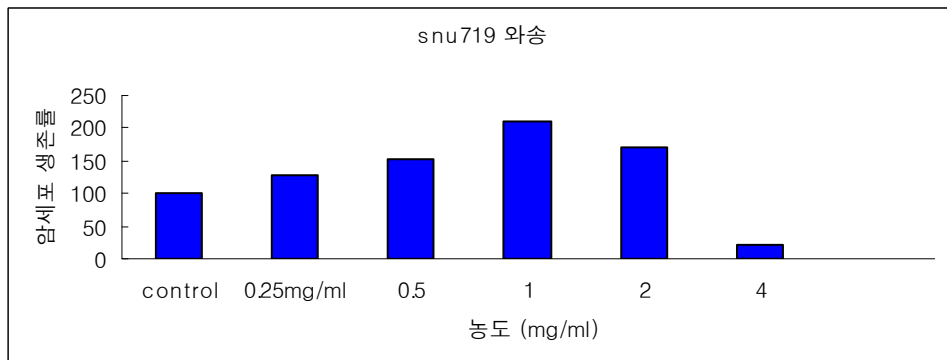
가. 위암세포 mkn28에 대한 바위솔의 항암효과



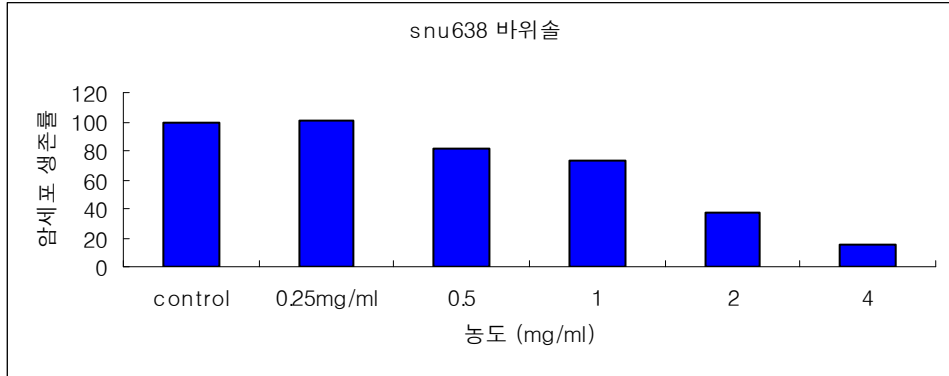
나. 위암세포 snu484에 대한 바위솔의 항암효과



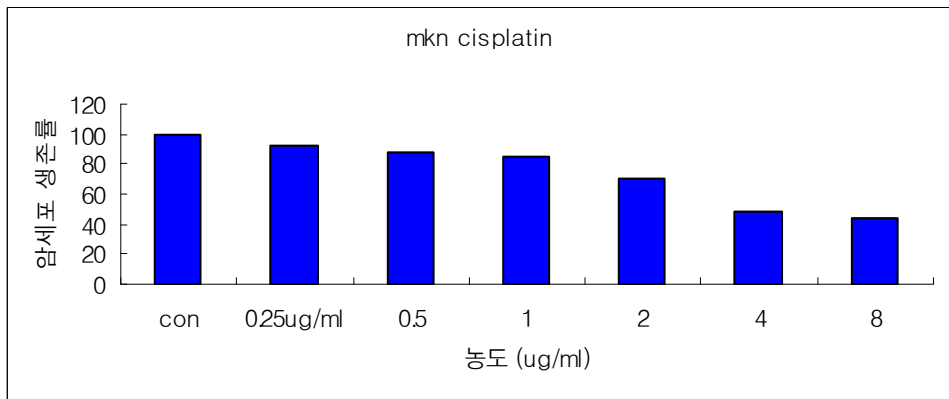
다. 위암세포 snu719에 대한 바위솔의 항암효과



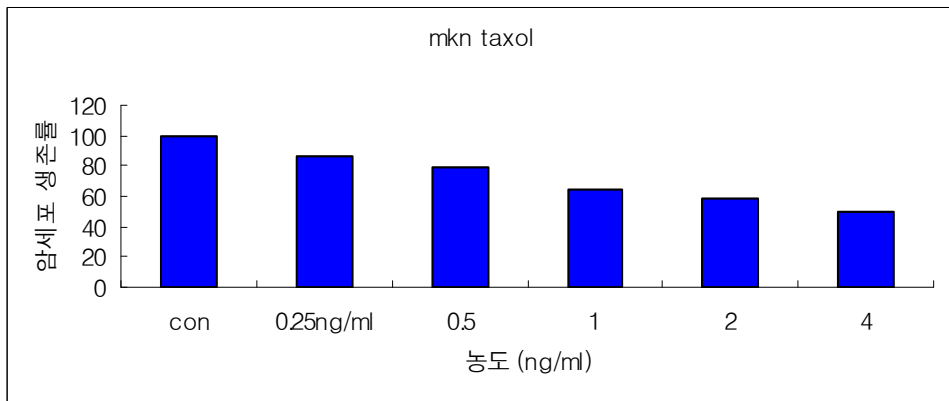
라. 위암세포 snu638에 대한 바위솔의 항암효과



마. 항암치료제 cisplatin의 위암세포 mkn에 대한 항암효과



바. 항암치료제 taxol의 위암세포 mkn에 대한 항암효과



사. 바위솔과 기존 항암치료제 및 바위솔 혼합물의 항암효과

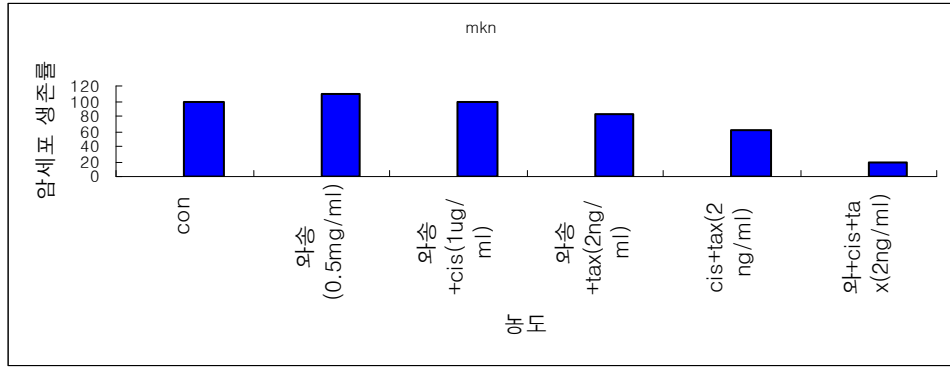


그림 9. 바위솔의 항암효과

바위솔의 항암효과에 대한 결과를 종합하면 그림 9와 같다. 그림 A-D에서 보는 것 처럼 여러 가지 위암세포에 대해 바위솔의 항암효과는 2mg/ml의 높은 농도에서 눈에 띄게 나타난다. 기존의 항암치료제로 폭넓게 이용되는 cisplatin과 taxol의 위암 세포 mkn에 대한 항암효과를 도시하면 그림 각각 E 및 F와 같다. 그림 G에서 보는 것처럼 바위솔의 항암효과는 기존의 항암치료와 혼합사용하였을 때 크게 나타난다. 특히 바위솔, cisplatin 및 taxol을 혼합했을 때는 2 ng/ml의 낮은 농도에서 위암세포 mkn이 80%이상 제거되는 매우 큰 항암효과가 관찰되었다.

제 2 절 바위솔의 주년재배 체계확립

1. 서론

바위솔 (*Orostachys japonicus* A. Berger)은 척박한 토양의 산지 또는 고옥의 지붕 등에 자생하는 CAM (crassulacean acid metabolism) 식물로서 환경적응성이 대단히 강한 특성을 지니고 있다. 바위솔의 잎은 다육질의 총상기침형으로, 엽색은 자색~녹색이며, 9월에 추대하기 시작한 후 6~ 15 cm의 총상화서와 그 엽액에 화색이 백색인 다량의 소화를 형성하며, 종자의 성숙과 함께 고사하는 식물이다 (Kang 등, 1995, 1996; Shin 등, 1994). 한방에서는 瓦松으로 불려지는 바위솔은 전초를 생체 그

대로 이용하거나, 가을철 수확하여 양건한 후 간엽, 지혈, 습진, 화상 등에 이용되어 왔으며 최근에는 항암 억제효과가 있는 것으로 밝혀지면서 암 환자를 위한 한방의 첩약으로 이용되고 있다 (Shin 등, 1994).

이러한 다양한 장점을 가지고 있음에도 불구하고 바위솔은 일임성 (monocarpic) 식물이기 때문에 개화 후에 바로 고사한다. 이러한 특성으로 인하여 자연산 바위솔은 10월에 집중적으로 출하되고 있다. 따라서 수확과 이용 기간이 극히 짧을 뿐만 아니라 단기간에 출하가 집중되기 때문에 가격 폭락으로 인하여 판매소득을 증대시킬 수 없는 결점을 지니고 있다. 앞서 설명한 바와 같이 바위솔이 지니는 다양한 장점 때문에 최근 농가에서 인위적으로 재배하기 시작하여 재배면적이 증대되고 있는 상황에서는 자연산 바위솔이 출하되는 시기를 피하여 인공재배 바위솔이 출하되어야 수익성을 확보할 수 있을 것이다. 이리하여 인공재배 바위솔은 출하시기를 조절할 수 있는 주년재배를 위한 기술이 시급히 확립되어야만 한다.

식물체는 기본영양생장, 즉 유년기 (juvility)만 완성되면 외부 환경 요인에 관계 없이 개화되는 것과 유년기 이후에 온도와 일장으로 대별되는 환경요인이 적절하여야만 개화되는 것으로 구분할 수 있다. 일장과 온도와 더불어 기본영양생장과 관련된 유년기도 바위솔의 개화에 영향을 미칠 것으로 예측된다. 기본영양생장은 종자춘화형과 같이 종자가 발아되기 이전 단계부터 녹체춘화형과 같이 유묘가 출현하여 어느 정도 생장이 이루어진 기간까지 작물의 종에 따라 다른 것으로 보고되고 있다 (Taiz & Zeiger, 2002). 그러나 바위솔의 개화에 필요한 기본영양생장 기간인 유년기에 관한 연구는 현재까지 거의 이루어지지 않은 실정이다.

같은 돌나무과에 속하는 꿩의비름속 식물 (*Sedum*)은 온도보다는 일장에 주로 영향을 받는 단일식물로 알려져 있기 때문에 같은 과에 속하는 바위솔도 이러한 특성을 가지고 있을 것이다 (Heintze, 1973; Zimmer, 1985). 단일조건에서 개화하는 단일식물은 단일조건에서 일장을 연장하여 장일상태로 전환하거나 night-break를 가함으로써 화아분화를 억제할 수 있다 (Kang 등, 1995, 1996, 1997; Taiz & Zeiger, 2002). 이들의 처리효과가 같다면 일몰 또는 일출 전후에 가해지는 일장 연장에 비하여 밤중에 가하여지는 night-break 처리가 처리기간이 짧아 보다 경제적이라 할 수 있다. 현재까지 바위솔의 개화조절에 관한 연구결과는 16시간의 장일처리와 2시간의 night-break 처리는 형태, 생장 및 개화에 미치는 효과는 비슷하나 전조시간이 night-break에서 짧아 보다 경제적이며 (Kang 등, 1995), night-break 처리는 2시간 이하로 줄일 수 없는 것으로 보고되고 있다 (Kang 등, 1996). 한편 Kang 등 (1997)은 6월 하순부터 4주 간격으로 night-break를 가한 시험에서 6월 하순에 가할 경우

추대가 전혀 일어나지 않는 반면, 7월과 8월 중순에 가할 경우 추대는 되나 소화의 개화는 일어나지 않아 바위솔은 추대와 소화의 개화는 분리되어 일어나는 것으로 보고한 바 있다. 그러나 이러한 연구는 자연조건에서 이루어졌기 때문에 자연산이 대부분 출하되는 시기와 겹치기 때문에 인공재배시 수익성을 높이기 위하여는 출하시기를 조절할 수 있는 재배방법을 강구하여야만 한다.

상기와 같이 night-break 처리를 통하여 바위솔의 개화를 억제함으로써 자연산 바위솔이 출하되는 시기를 피하여 출하가 가능하더라도 자연상태에서 10월 이후는 온도가 급격히 하강하여 이로 인한 저온이 바위솔과 같은 과인 꿩의비름속 식물 (*Sedum*)의 소화가 개화되도록 유도하는 것으로 보고되고 있다 (Heintze, 1973; Kang *et al.*, 1996, 1997). 따라서 추대 및 소화의 개화로 고사하는 바위솔의 인공재배시에는 자연산 바위솔의 수확시기에 부딪히는 초겨울의 저온이 추대 및 개화에 미치는 영향이 파악되어야만 하나 이에 대한 연구는 전무한 실정이다. 다행히도 현재 인공재배 바위솔은 대부분 시설하우스 내에서 재배되고 있기 때문에 加溫을 통한 온도조절이 가능한 실정이다. 그러나 온도를 상승시키기 위한 가온은 연료비가 투입되어야 하며 가온온도가 높을수록 연료소모량이 더욱 증가되어 수익성을 감소시키기 때문에 앞서 설명한 바와 같이 night-break 처리를 받는 바위솔이 저온으로 인하여 소화의 개화가 어느 정도 영향을 받는지 정확히 평가하여야만 할 것이다.

건조 기후에서 진화되어 왔고 밤에 광합성이 일어나고 CAM 식물인 바위솔은 향암 효능이 있는 것으로 알려지면서 소비 증가로 인하여 대규모의 재배가 시도되고 있다. 농가에서 바위솔을 대규모로 재배할 때에는 10월에 집중되는 자연산 바위솔의 출하시기와 겹치지 않도록 재배 바위솔의 출하시기를 임의로 조절할 수 있어야만 한다. 바위솔은 추대에 이어 소화가 개화한 후 종자가 성숙하면 고사하는 일년생 식물이기 때문에 추대 또는 소화의 개화에 영향을 미치는 요인과 이러한 요인별 최적처리 방법을 확립하여야 출하시기를 임의로 조절할 수 있을 것이다. 현재까지 바위솔의 주년재배, 즉 추대 및 개화를 억제하여 출하시기를 임의로 조절할 수 있는 연구는 앞서 설명한 바와 같이 강 등 (Kang 등, 1995, 1996, 1997)이 보고한 일장 연장 또는 night-break 처리방법에 한정된다. 따라서 바위솔의 출하시기를 조절할 수 있는 주년재배에 대한 연구는 일장조절 이외에는 기초적인 단계부터 시작되어야만 한다.

바위솔의 추대 및 개화를 조절하기 위하여는 앞에서 설명한 일장조절 이외에도 유년기와 관련된 정식 유묘의 크기 및 시기, vernalization과 관련된 동절기의 온도 유지 등에 관한 처리방법이 우선적으로 모색되어야 할 것이다. 이와 더불어 바위솔의

추대 및 개화 조절에 효과적인 night-break 처리가 바위솔의 주년재배 체계 확립에 적용될 수 있는가를 검증하기 위하여 장기간 night-break 처리에 따른 바위솔의 생장, 추대 및 개화 반응이 추적되어야 한다. 한편 추대 및 개화 조절을 통하여 자연산 바위솔이 출하되는 시기를 피할 수 있는 주년재배 방법이 설정되더라도 바위솔은 전초로 판매되기 때문에 재배농가의 수익성을 높이기 위하여는 전초 수량을 높일 수 있는 재배방법이 모색되어야만 한다. 작물 재배에서 전초수량을 높이기 위하여 가장 흔히 이용되는 방법은 질소, 인산, 칼리를 시비하는 것이다. 그러나 바위솔은 생약재로 이용되고 있기 때문에 현재까지 시비에 대한 시험이 전혀 이루어지지 않았을 뿐만 아니라 생장이 느린 CAM 식물이기 때문에 시비 효과가 클 것으로 예상되지 않으나 바위솔의 주년재배 체계를 구축하기 위하여는 추대 및 개화조절, 전초 수량과 관련된 시비 시험이 수행되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 소과제의 목표는 자연산이 집중 출하되는 10월을 벗어나 연중출하가 가능하도록 추대 및 개화에 관여하는 정식 시기 및 유표 크기, night-break 처리, 재배온도 및 광도의 영향을 파악하여 이들 최적 결과를 조합한 처리가 월동 이후까지도 추적하여 바위솔의 주년재배 체계를 확립하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 공통적인 연구수행 방법

본 연구는 경상대학교 부속농장 온실에서 pot 시험으로 실시되었다. 시험재료는 경남 사천시 사천읍 두량리 와송농장에서 분양받은 유표를 이용하였다. 직경 18 cm에 비닐 봉지를 넣은 후 토양과 퇴비 (사천시 용협단협 생산)가 2:1(v/v)로 혼합된 배합토로 채워진 pot에 2004년 5월 31일, 2005년 5월 27일 또는 2006년 5월 29일에 유표 1개체씩을 정식하였다. 정식이 끝난 pot는 누수를 줄이기 위하여 대못으로 pot당 3개의 구멍을 낸 후에 2~3일 간격으로 충분히 물을 공급하는 방법으로 관수하였으며, 시험기간중 병해충 방제를 위한 농약 살포는 전혀 행하여지지 않았다. 모든 시험항목당 처리별 충분한 개체를 유지하다가 이식된 식물체의 정착이 끝나는 시점에 식물체의 크기가 작거나 큰 것을 제외한 후 비슷한 개체를 골라 8~10 반복으로 재배치하였다. 시험기간중 온실의 온도를 실외와 비슷하게 유지하기 위하여 빗물이 직접 pot에 떨어지지 않도록 천장만 비닐을 설치하고 측면은 완전히 개방하였다.

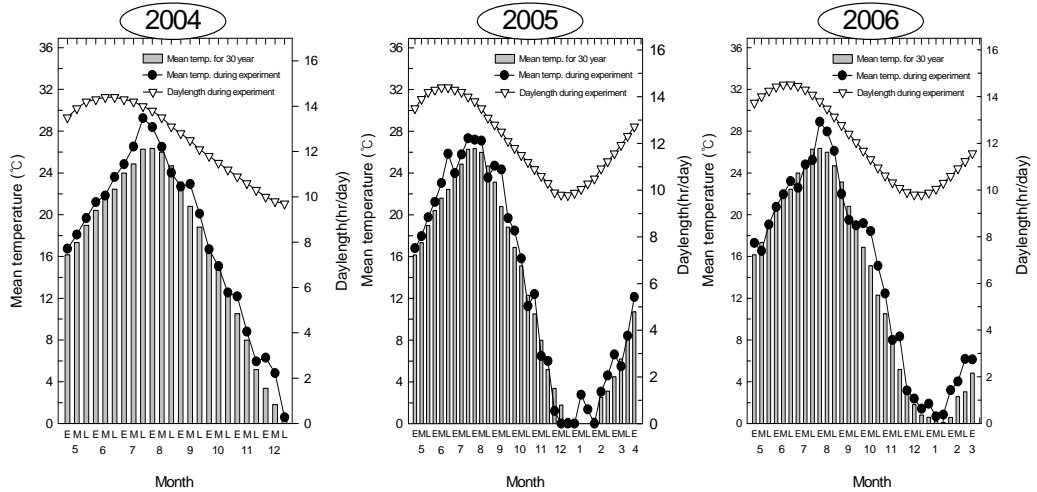


Fig. 1. Meteorological observation during 3-year experimental periods and for 30-years mean temperature. Symbols indicate the means for 10 days and abbreviations in X axis mean E, early; M, middle and L, late of the months.

한편 시험기간중의 온도와 일장의 변화는 그림 1과 같다. 일중온도는 예년에 비하여 6월 하순부터 7월 하순, 9월 중·하순, 11월 초순부터 12월 중순에는 높아서 본 연구는 예년에 비하여 상대적으로 고온에서 수행되었다고 할 수 있다. 처리를 제외한 기타 시험수행 및 관리는 이미 학계에 보고한 Kang 등 (1995, 1996)의 방법에 준하여 실시하였다. Night-break 처리는 백열등을 광원으로 이용하였으며 23시부터 익일 1시까지 2시간동안 자동 timer를 이용하여 처리하였다.

나. 처리

1) 유식물 크기 및 정식 시기에 따른 생장 및 개화

가) 유식물 크기

바위솔의 주년재배 체계확립에 필요한 정보를 얻고자 정식되는 유묘의 크기가 추대 및 개화에 미치는 영향을 조사하고자 확보된 유묘를 크기별로 본엽이 18매 정도의 것을 대 (large), 13매 정도의 것을 중 (medium), 8매 정도의 것을 소 (small)의 3개군으로 분류하여 5월 31일 정식하였다. 그리고 바위솔은 단일조건에서 소화의 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 8월 25일부터 시험이 종료될 때까지 상기와 같이 night-break를 가하였다.

나) 정식 시기

유묘를 본포에 정식하는 시기가 바위솔의 생장, 추대 및 개화에 미치는 영향을 조사하고자 본엽이 15매 정도 전개된 유묘의 크기가 비슷한 개체를 5월 30일, 6월 30일, 7월 30일로 정식시기를 달리하였다. 바위솔은 단일조건에서 소화의 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 8월 25일부터 상기와 같이 night-break를 가하였다.

2) 일장, 온도 및 광도 조절에 따른 생장 및 개화

가) 일장 처리

인위적 일장 조절이 바위솔의 추대 및 개화에 미치는 영향을 파악하여 주년재배의 가능성을 탐색하고자 일장은 8월 25일부터 晝/夜 10/14 시간, 13/11 시간, 16/8 시간의 3개 처리로 분리하여 정해진 시간에 자동으로 암막이 개폐되도록 자동개폐장치를 설치하여 처리하였다. 일장처리에서 晝/夜 10/14 시간 처리는 오전 8시부터 오후 6시까지, 晝/夜 13/11 시간 처리는 오전 6시 30분부터 오후 7시 30분까지, 晝/夜 16/8 시간 처리는 오전 5시부터 오후 9시까지 timer를 이용하여 백열등을 광원으로 광도는 약 $45 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 조절하였다.

나) 온도 처리

바위솔의 추대 및 개화에는 유년기 (juvency), 온도, 일장이 주로 영향을 미친다. 식물체가 어느 정도 성장한 9월 이후의 加溫에 의한 온도차이가 바위솔의 추대 및 개화에 미치는 영향을 파악하고자 가온을 전혀 가하지 않은 대조구 (Control)와 10℃ 또는 20℃ 이하로 온도가 내려갈 경우 보일러 [Turbo-21S, 귀뚜라미(주)]가 작동하여 가온되는 3개 처리로 구분하여 수행하였다. 한편 단일조건에서 바위솔이 추대 및 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 8월 25일부터 상기와 같이 night-break를 가하였다.

다) 광도 처리

차광정도가 바위솔의 추대 및 개화에 미치는 영향을 파악하여 주년재배의 가능성을 탐색하고자 2005년 5월 27일 정식된 유묘가 활착이 완료된 6월 20일부터 최종 수확까지 흑색 차광막을 이용하여 직사광의 35, 55, 75, 95%로 차광하거나 직사광을 그대로 받는 대조구 무차광으로 구분하여 처리하였다. 한편 단일조건에서 바위솔이

추대 및 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 8월 25일부터 상기와 같이 night-break를 가하였다.

3) Night-break와 화서제거에 따른 생장 및 개화

가) Night-break 처리시기

본 시험항목은 바위솔이 일임성 식물 (monocarpic)이기 때문에 추대 및 개화 후에 고사할 뿐만 아니라 자연상태에서 채취한 바위솔은 10월경에 집중적으로 출하가 이루어져 單價가 아주 낮다. Night-break 처리시기가 바위솔의 추대 및 개화에 미치는 영향을 조사하여 년중 출하를 위한 주년재배의 가능성을 탐색하고자 6월 30일, 7월 28일 및 8월 25일부터 시험이 종료될 때까지 매일 23시부터 익일 1시까지 2시간 동안 timer를 이용하여 상기와 같이 night-break 처리를 가하였다.

나) 화서제거 시기

소화가 형성되는 화서를 인위적으로 제거하였을 경우 바위솔의 생장, 추대 및 개화에 미치는 영향을 조사하고자 2006년 8월 25일, 9월 8일, 9월 22일, 10월 4일에 화서를 제거하였다. 한편 바위솔은 단일조건에서 소화의 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 8월 25일부터 상기와 같이 night-break를 가하였다.

4) 시비량에 따른 생장 및 개화

바위솔 재배에서 수익성을 높이기 위하여 추대 및 개화 억제로 출하시기를 임의로 조절하는 것도 중요하나 바위솔은 전초의 무게로 판매되기 때문에 전초수량이 많아야 수익도 높아진다. 농작물 재배에서 가장 부족하기 쉬운 질소 인산, 칼리의 시비량의 차이가 바위솔의 생장, 추대 및 개화에 미치는 영향을 평가하기 위하여 아래와 같이 시험을 수행하였다.

가) 질소

질소 시비량이 바위솔의 생장에 미치는 영향을 파악하고자 2005년 5월 27일 정식된 pot에 대조구로 무비구, 10a당 질소 (N) 5, 10, 20 kg의 4개 처리로 질소 시비량을 달리하여 처리하여 시험을 수행하였다. 한편 바위솔은 단일조건에서 소화의 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 상기 시험을 통하여 도출된 바와 같이 8월 25일부터 공통적인 시험수행에서 설명한 바와 같이 night-break를 가하였다.

나) 인산

인산 시비량이 바위솔의 생장에 미치는 영향을 파악하고자 2005년 5월 27일 정식된 pot에 대조구로 무비구, 10a당 인산 (P_2O_5) 5, 10, 20 kg의 4개 처리로 인산 시비량을 달리하여 처리하여 시험을 수행하였다. 한편 바위솔은 단일조건에서 소화의 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 상기 시험을 통하여 도출된 바와 같이 8월 25일부터 공통적인 시험수행에서 설명한 바와 같이 night-break를 가하였다.

다) 칼리

칼리 시비량이 바위솔의 생장에 미치는 영향을 파악하고자 2005년 5월 27일 정식된 pot에 대조구로 무비구, 10a당 인산 (K_2O) 5, 10, 20 kg의 4개 처리로 칼리 시비량을 달리하여 처리하여 시험을 수행하였다. 한편 바위솔은 단일조건에서 소화의 개화가 이루어져 고사하기 때문에 이를 방지하고자 상기 시험을 통하여 도출된 바와 같이 8월 25일부터 공통적인 시험수행에서 설명한 바와 같이 night-break를 가하였다.

5) 주년재배 체계확립

이상의 시험결과들을 종합하여 바위솔의 주년재배 체계를 확립하고자 2개년에 걸쳐 아래와 같이 시험을 수행하였다.

가) 1차년도 (2005년)

일임성 (monocarpic) 식물인 바위솔은 추대 및 개화 후에 고사하기 때문에 고사 직전인 10월경 단기간에 홍수출하가 이루어져 單價가 아주 낮다. 따라서 인공재배 바위솔은 주년재배 체계를 확립하여 이 시기를 피하여 출하하여야 생산단가를 보전 받을 수 있다. 본 시험은 2005년 5월 27일 정식된 유묘를 추대가 이루어지기 전인 6월 10일과 추대가 이루어졌으나 소화의 개화가 이루어지기 전인 8월 25일에 자정 전후 공통적인 시험수행사항에서 설명한 바와 같이 2시간의 night-break 처리를 가하였으며 10월 이후에는 20℃ 이하로 온도가 내려갈 경우 보일러가 작동하도록 하여 가온하면서 재배하였다. 형질조사는 추대가 진전되어 소화의 개화가 이루어지기 직전인 2005년 8월 25일부터 3월 9일 (28주)까지 4주 간격으로 총 8회에 걸쳐 이루어졌다.

나) 2차년도 (2006년)

상기 1차년도에는 2005년 5월 27일에 정식이 이루어졌으나 본 시험은 2006년 5월 29일에 유묘를 정식한 것을 제외하고는 상기 1차년도와 동일한 방법으로 시험을 수행하였다.

다. 조사 형질 및 방법

형질조사는 3개년 모두 8월 25일부터 시험항목에 따라 2주 또는 4주 간격으로 조사회수를 달리하여 실시하였다. Pot에서 분리된 식물체를 수세하여 초장, 화서장, 엽수, 경직경, 소화수 및 개화수를 조사하였는데, 경직경은 지상부 0.5 cm 높이에서 측정하였다. 엽수는 소화의 개화가 이루어지지 않는다면 화서에 형성된 포엽이 현저히 발달되기 때문에 포엽과 본엽을 합한 것으로 표시하였다. 소화수는 개화 유무에 관계없이 육안으로 식별이 가능한 소화 전체를, 개화수는 화판이 전개된 것을, 개화개체 비율은 1개 이상 소화가 개화된 개체를 전체에 대한 비율로 표시하였다. 이상의 형질들을 조사한 후 엽과 포엽, 소화, 화서줄기를 포함한 줄기 및 뿌리로 분리하여 75℃에서 120시간 건조하여 각 부위의 건물중으로 표시하였다.

3. 연구내용 및 결과

가. 유식물 크기 및 정식 시기에 따른 생장 및 개화

1) 유식물 크기

유묘 크기를 대, 중, 소로 분류하여 정식한 후 재배한 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 2와 같다. 화서에 형성된 소화의 개화를 억제하기 위한 night-break 처리직전 (0)의 초장은 정식 유묘의 크기가 클수록 길었으며 10월 20일까지 8주 동안 행한 조사에서도 이와 유사한 경향을 보였다 (Fig. 2 ㉠). 화서장 (Fig. 2 ㉡), 엽과 포엽수 (Fig. 2 ㉢), 경직경 (Fig. 2 ㉣)도 초장에서 보인 시험결과와 같이 정식 유묘의 크기가 클수록 길고, 많고 큰 경향을 보였다.

한편 정식 유묘의 크기에 따른 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 3과 같다. Night-break 처리 직전인 8월 25일의 소화 건물중을 제외한 전조사기간에 걸쳐 엽과 포엽중, 경중, 근중, 전초의 무게인 지상부중, 전체건물중 모두 정식 유묘의 크기가 클수록 많아지는 경향을 보였다. 바위솔은 일임성 식물이라 할지라도 유묘의 크기가 클수록 생장이 촉진되는 상기 결과로부터 정식되는 유묘의 크기가 클수록 수확되는 전초의 무게가 많아서 농가수익은 증대될 것으로 예측된다.

이상의 시험결과로부터 전초로 판매되는 바위솔은 지상부 건물중이 많아야 수확량도 증가된다고 할 수 있기 때문에 정식시 유묘의 크기가 클수록 경제적 이득은 많을 것으로 사료된다. 그러나 유묘의 크기가 클수록 수확량이 증가된다 하여도 재배조건에 따라 전초의 함유 성분도 변화된다는 Jang 등 (2005)의 연구결과로부터 정식시 유묘크기가 함유 성분에 미치는 영향도 면밀히 추적되어야 할 것으로 보인다.

정식 유묘의 크기에 따른 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 4와 같다. 화서에 형성된 소화수는 night-break 처리 직전인 8월 25일에서는 정식되는 유묘의 크기에 따른 영향을 받지 않았다. 그러나 그 이후에는 유묘의 크기가 클수록 소화수는 많아지는 경향을 보였다 (Fig. 4 (A)). 그러나 유묘 크기에 따라 달리 형성된 소화는 8월 하순에 가하여지는 night-break 처리로 인하여 개화가 전혀 일어나지 않았다 (Fig. 4 (B)). 8월 하순의 night-break 처리로 소화의 개화가 완전히 억제된 결과 소화가 개화한 개체의 비율도 유묘 크기에 관계없이 全無한 것으로 나타났다 (Fig. 5). 따라서 유묘의 크기가 클수록 성장과 형성되는 소화수는 많을지라도 night-break 처리로 소화의 개화를 완전히 억제할 수 있다는 이상의 시험결과로부터 유묘 크기가 일임성 식물로 개화가 이루어지면 고사하는 바위솔의 주년재배에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

정식시 유묘의 크기가 추대 이후 화서에 형성되는 소화수를 증가시킨다고 하여도 추대기부터 가하여지는 2시간의 night-break 처리와 온도가 하강하는 시기에 가온 재배를 한다면 자연산이 출하되는 시기를 피하면서도 경제적 이익과 관련된 전초 수량을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

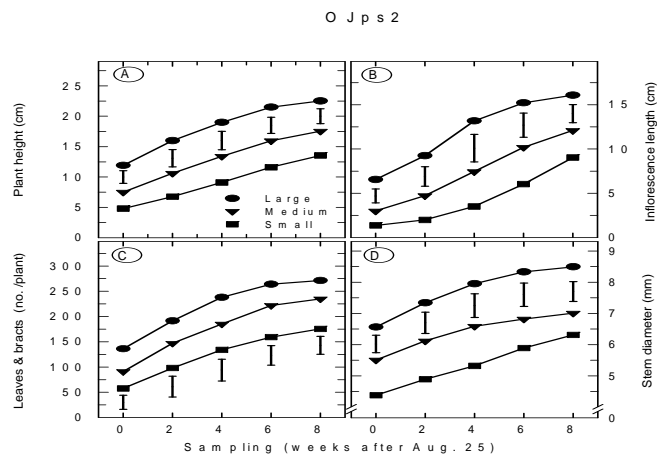


Fig. 2. Effect of transplanted seedling size on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical bars represent values of LSD.05 for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

OJps3

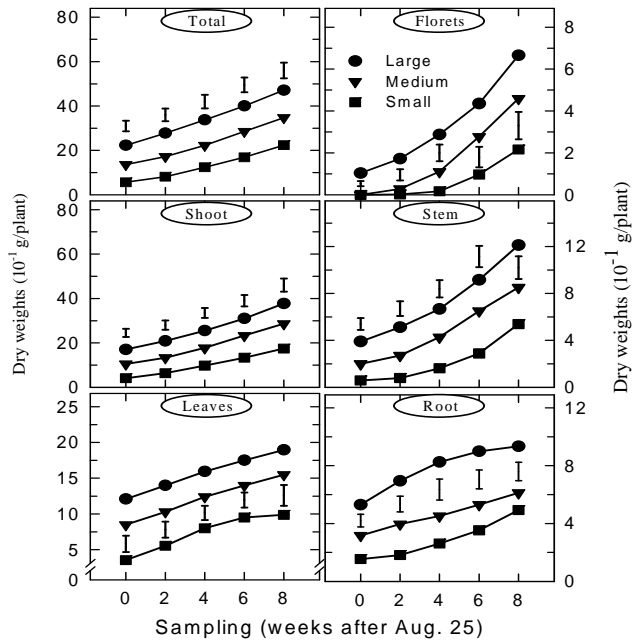


Fig. 3. Effect of transplanted seedling size on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical bars represent values of LSD.05 for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

OJps4

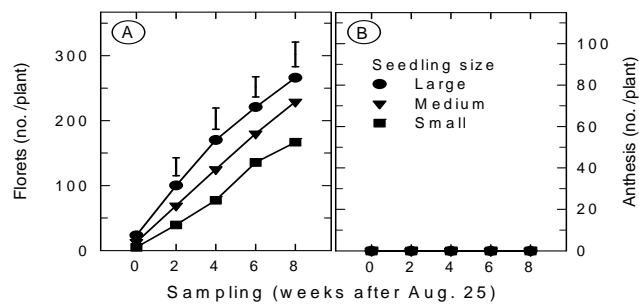


Fig. 4. Effect of transplanted seedling size on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

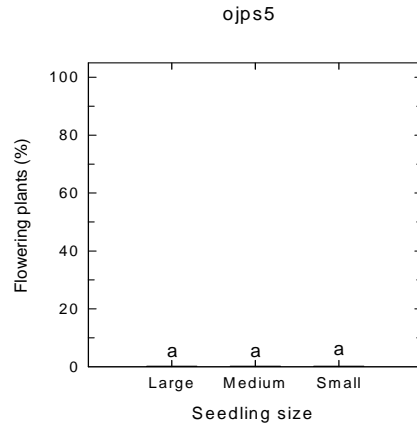


Fig. 5. Effect of transplanted seedling size on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

2) 정식 시기

유묘의 정식 시기가 재배 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 6과 같다. 화서에 형성된 소화의 개화를 억제하기 위한 night-break 처리직전 (0)의 초장은 정식 유묘 시기가 늦을수록 길어졌으며 조사기간이 늦을수록 차이는 커지는 경향이였으며 (Fig. 6 (A)), 화서장도 초장과 유사한 결과를 보였다 (Fig. 6 (B)). 그러나 엽과 포엽수 (Fig. 6 (C)), 경직경 (Fig. 6 (D))은 6월 30일 정식할 경우 가장 많거나 굵었으며, 5월 30일, 7월 30일 정식하는 순으로 감소하였다.

한편 정식 시기에 따른 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 7과 같다. 전조사기간에 걸쳐 소화의 건물중을 제외한 엽과 포엽중, 경중, 근중, 전초의 무게인 지상부중, 전체건물중 모두 6월 30일 정식시 가장 많았으며, 이보다 빠르거나 늦은 5월 30일과 7월 30일 정식할 경우 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 소화중은 night-break가 시작된 8월 25에는 차이가 미미하였으나 4주후부터는 정식 시기가 늦을수록 많아지는 경향을 보였다. 이상의 시험결과로부터 바위솔은 전초로 판매되기 때문에 전초 수량이 가장 많은 6월 하순경이 가장 이상적일 것으로 평가되나 추후 정식시기에 따른 함유 성분의 변화를 면밀히 추적되어야 바위솔의 최적 정식시기가 결정될 수 있을 것으로 사료된다.

정식 시기에 따른 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 8과 같다. 화서에 형성된 소화수는 상기 소화중을 제외한 건물중과 유사한 결과를 보여 6월 30일 정식

시 가장 많았으며, 이보다 빠르거나 늦은 5월 30일과 7월 30일 정식할 경우 차이가 없는 것으로 나타났다 (Fig. 8 (A)). 그러나 정식 시기에 따라 달리 형성된 소화는 8월 25일부터 가하여지는 night-break 처리로 개화가 전혀 일어나지 않았다 (Fig. 8 (B)). 따라서 이러한 night-break 처리로 인하여 정식시기에 관계없이 개화개체 비율은 全無한 것으로 나타났다 (Fig. 9). 따라서 정식 시기에 따라 화서에 형성되는 소화수는 차이가 있다 할지라도 8월 하순부터 가하여지는 night-break 처리로 소화의 개화를 완전히 억제할 수 있다는 이상의 시험결과로부터 유묘의 정식 시기가 일임성 식물로 개화가 이루어지면 고사하는 바위솔의 주년재배에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

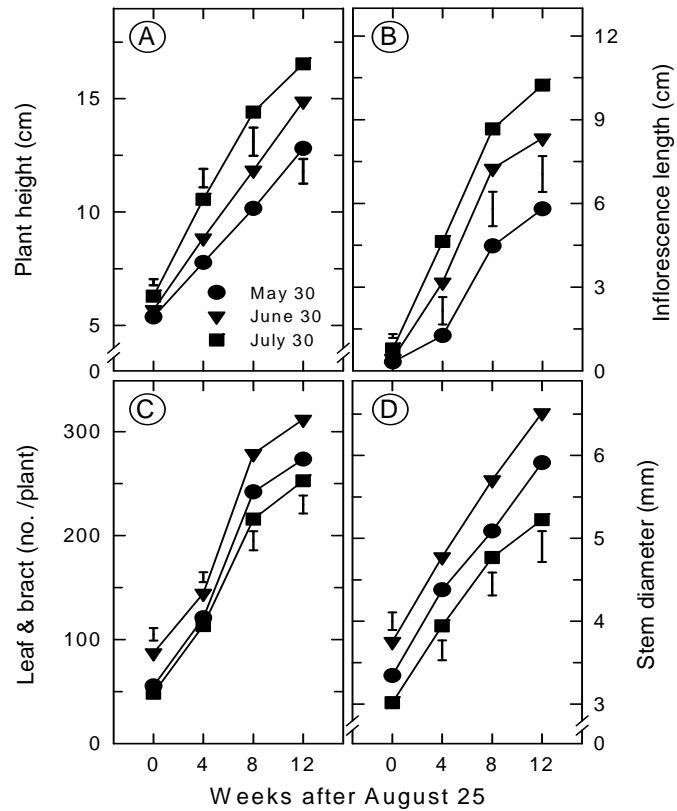


Fig. 6. Effect of transplanted time on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical bars represent values of LSD.05 for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

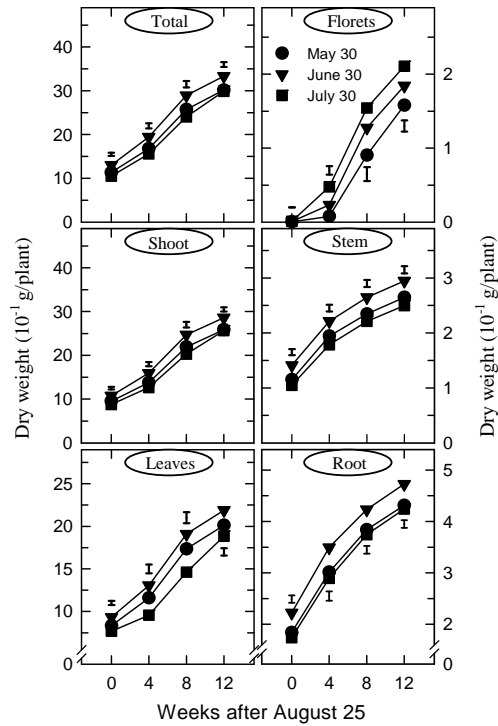


Fig. 7. Effect of transplanted time on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

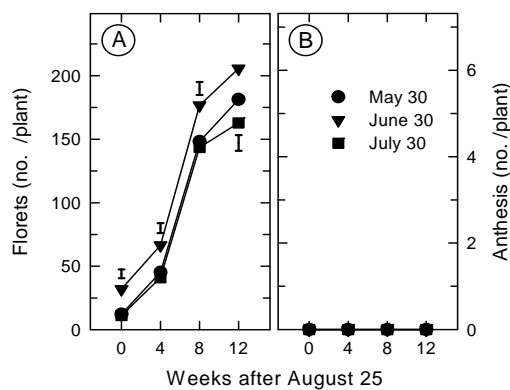


Fig. 8. Effect of transplanted time on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

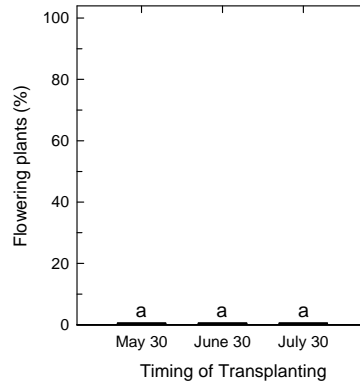


Fig. 9. Effect of transplanted time on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

나. 일장, 온도 및 광도 조절에 따른 생장 및 개화

1) 일장

8월 25일 이후 일장 조절에 따른 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 10과 같다. 일장 조절이 이루어지기 직전인 8월 25일 (0주) 초장, 화서장, 엽 및 포엽수, 경직경 모두 일장 처리간 차이가 없었다. 그러나 초장과 화서장은 처리 2주 후부터는 일장이 가장 짧은 10/14 시간 처리에서 가장 길었던 반면, 일장이 가장 긴 16/8 시간 처리에서 가장 짧은 것으로 조사되었다 (Fig. 2 (A), (B)). 반면 엽과 포엽수, 경직경은 초장과 화서장과는 반대로 처리 일장이 길수록 많거나 굵어지는 것으로 나타났다 (Fig. 10 (C), (D)). 따라서 바위솔은 일장이 짧은 단일 조건에서는 추대로 화서가 형성됨으로서 초장이 길어지는 반면, 엽과 포엽의 형성과 줄기의 굵기는 억제된다고 할 수 있다.

한편 8월 25일 이후 일장 조절에 따른 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 11과 같다. 일장 조절 직전인 8월 25일 (0주)과 그 2주 후인 9월 8일에 엽과 포엽중, 소화중, 경중, 근중, 전초 무게인 지상부중, 전체건물중은 일장 처리간 차이가 없었다. 그러나 일장 조절 4주 후인 9월 22일부터는 처리 일장이 길수록 엽과 포엽중, 경중, 근중, 전초 무게인 지상부중, 전체건물중은 증가하였던 반면, 소화중은 감소하는 경향을 보였다. 바위솔의 생장은 단일조건인 자연일장에 비하여 16시간의 장일처리로 소화의 개화를 억제함으로써 생장이 촉진된다는 기존의 보고 (Kang *et al.*, 1995)와 농가 수익성과 관련된 전초중은 일장이 길면 길수록 증가한다는 상기 시험결과로부터 바위솔은 가능하다면 장일조건으로 관리되어야 수확량

을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다.

8월 25일 이후 일장 조절에 따른 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 12와 같다. 화서에 형성된 소화수는 일장 처리 직전인 8월 25일 (0주)에는 처리간 차이가 없었다. 그러나 2주와 4주 이후에는 단일조건인 10/14 시간 처리에서 가장 많았던 반면, 6주 및 8주에서는 오히려 13/11 시간 시간과 16/8 시간 처리에서 상대적으로 많아 처리 이후의 시간 경과에 따라 화서당 소화수는 달라지는 것으로 나타났다 (Fig. 12 (A)). 그러나 화서에 형성된 소화의 개화는 단일조건인 10/14 시간 처리에서 처리 6주 후인 10월 6일부터는 급격히 일어난 반면, 13/11 시간과 16/8 시간 처리에서는 개화가 전혀 이루어지지 않는 것으로 조사되었다 (Fig. 12 (B)). 따라서 바위솔의 추대 이후 형성되는 소화의 개화를 억제 또는 촉진하는 한계일장은 13시간보다 짧다고 할 수 있으나 정확한 한계일장은 추후 시험을 통하여 구명되어야 할 것으로 사료된다.

한편 시험종료시 화서에 형성된 소화가 개화하는 개체의 비율을 계산한 것은 Fig. 13과 같다. 화서에 형성된 소화가 개화하는 개체의 비율은 단일조건인 10/14 시간 처리에서는 전개체가 개화된 반면, 13/11 시간과 16/8 시간 처리에서는 전혀 개화하지 않았다. 따라서 10/14 시간과 16/8 시간 처리의 중간인 13/11 시간 처리는 형태 (Fig. 11)와 생장 (Fig. 12)에서는 이들 처리의 중간 정도를 나타낸다 할지라도 소화의 형성과 개화는 장일인 16/8 시간을 따른 것으로 나타나 (Fig. 12), 13/11 시간 처리가 생장보다는 개화에 상대적으로 크게 영향을 미친 것은 바위솔의 한계일장보다 길게 처리되어 화아분화에 변화를 초래한 결과로 해석된다. 바위솔의 소화는 16시간의 장일조건보다는 자연일장을 이용한 단일조건에서 많이 형성되며, 단일조건인 10월에 소화의 일부가 개화하여 전개체가 개화된다는 기존의 보고 (Kang *et al.*, 1995)와 이러한 결과 이외에도 장일과 자연일장의 중간인 13시간의 일장처리는 소화 형성 및 개화 정도가 16시간의 장일처리 반응과 유사하나, 향후 보다 세분된 일장처리를 통한 바위솔의 개화 반응이 추적되어야 13시간까지 일장 단축이 가능할 것으로 보인다.

O J1d2

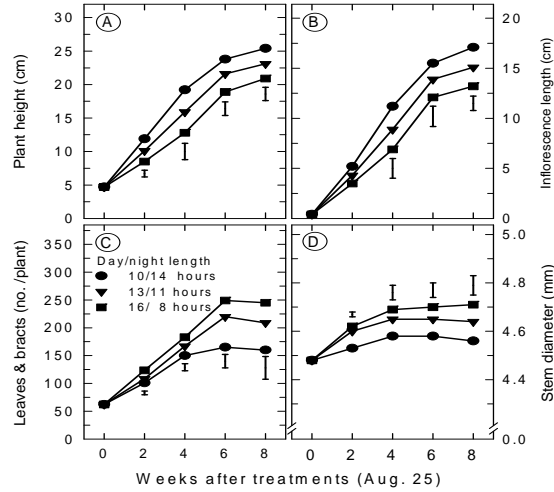


Fig. 10. Effect of daylengths on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent values of LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

O J1d3

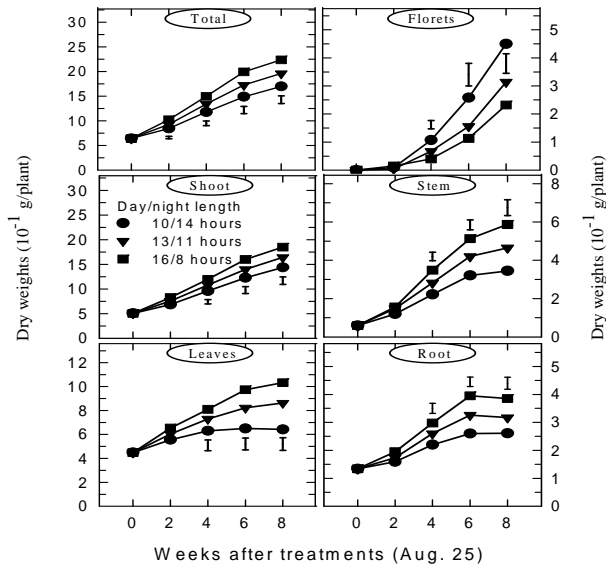


Fig. 11. Effect of daylengths on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent values of LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

OJld4

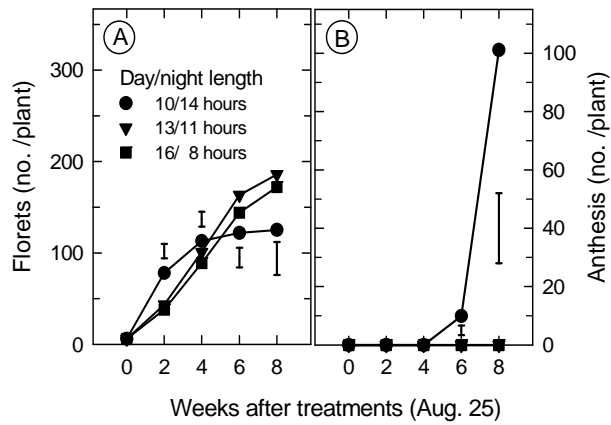


Fig. 12. Effect of daylengths on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent values of LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

OJdl5

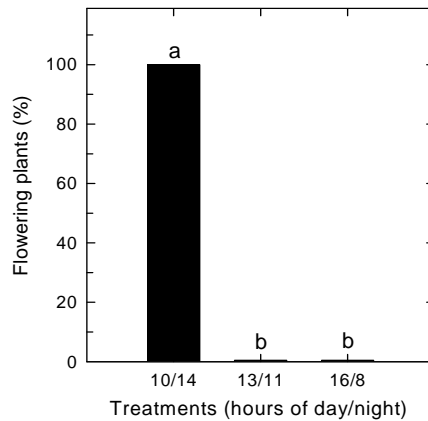


Fig. 13. Effect of daylengths on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having different letters within the treatments are significantly different by LSD.05.

2) 온도

자연 온도, 10℃ 및 20℃ 이하로 온도가 하강할 경우 가온하여 재배한 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 14와 같다. 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경 모두 Night-break를 가한 후 조사를 시작한 4주까지는 처리 간 차이가 없었다. 그러나 12주 후인 10월 20일부터 1월 13일까지는 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경 모두 가온상태보다는 자연상태에서 유지할 경우 가장 낮았으며 >10℃와 >20℃ 처리간에는 거의 차이가 없었다. 따라서 온도가 10℃ 이상으로 유지될 경우 바위솔의 형태에서는 차이가 없다고 할 수 있다.

한편 자연 온도, 10℃ 및 20℃ 이하로 온도가 하강할 경우 가온하여 재배한 바위솔의 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 15와 같다. 이들 건물중도 시기별 증감의 변화에서는 일부 차이를 보일지라도 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화와 동일한 반응을 보였다. 따라서 자연상태에 비하여 저온을 회피하기 위한 월동 기간중 10℃ 이상으로 가온할 경우 상기와 같이 바위솔의 형태 뿐만 아니라 생장도 비슷하다고 할 수 있다.

자연상태, 10℃ 및 20℃ 이하로 온도가 하강할 경우 가온하여 재배한 바위솔의 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 16과 같다. 화서에 형성된 소화수도 night-break 처리를 가한 8주 후인 10월 20일부터 차이를 보였다. 소화수는 온도가 가장 높은 >20℃ 처리에서 가장 많았던 반면, 자연 온도에서 가장 적었다 (Fig. 16 ㉠). 그러나 화서에 형성된 소화는 Night-break 처리를 가한 16주 후부터 개화하기 시작하였는데, 자연 온도에서 가장 많았으며 >10℃에서도 최종 조사일인 1월 13일 (20주)에는 개화가 일부 일어났다 (Fig. 16 ㉡). 10℃ 이상으로 가온하여 유지할 경우 형태와 생장에서는 차이가 없었다고 하나 (Fig. 14, Fig. 15), 소화의 형성과 개화를 조사한 결과로는 월동중 유지온도를 20℃ 이상으로 높아질수록 소화의 형성은 많아지면 반면, 소화의 개화는 적어져 월동온도는 소화의 형성과 개화에 영향을 미친다고 할 수 있다.

바위솔은 일년생 식물 (monocarpic)로 개화 후에는 고사하기 때문에 바위솔의 주년재배에서 개화 개체의 비율이 아주 중요한 형질이라 할 수 있어서, 자연상태, 10℃ 및 20℃ 이하로 온도가 하강할 경우 가온하여 재배한 바위솔의 개화 개체 비율을 추적한 결과는 Fig. 17과 같다. 소화가 개화한 개체의 비율은 자연상태에서는 조사개체 전체가, >10℃에서는 25% 정도의 비율을 보였던 반면, >20℃ 처리에서는 소화가 개화되는 개체는 없었다. 따라서 바위솔을 안정적으로 주년재배하기 위하여는 월동중에 온도를 20℃ 이상으로 유지하여야 할 것으로 사료된다.

이상의 시험결과를 요약하면 온도가 하락하는 10월 이후 자연상태에서 재배하는

것과 비교하여 10℃ 이상으로 가온하면서 재배할 경우 바위솔의 형태, 생장 및 소화의 형성은 크고 많으나, 소화의 개화와 개화된 개체의 비율이 적었다. 그러나 생산단가와 관련된 가온 온도에서 10℃ 또는 20℃ 이상의 유지온도간에는 형태와 생장 형질에는 차이가 없었으나, 온도가 높을수록 소화의 형성은 많은 반면, 개화는 적었으며, 특히 고사되는 개화개체의 비율이 20℃ 이상에서는 전무하였다. 따라서 주년재배를 월동온도는 20℃ 이상이어야 할 것으로 사료되나, 가온경비를 보다 줄이기 위하여 이러한 유지온도를 어느 정도 떨어뜨릴 수 있는가에 대하여는 추후 면밀한 검토가 필요하다고 할 수 있다.

OJwt2

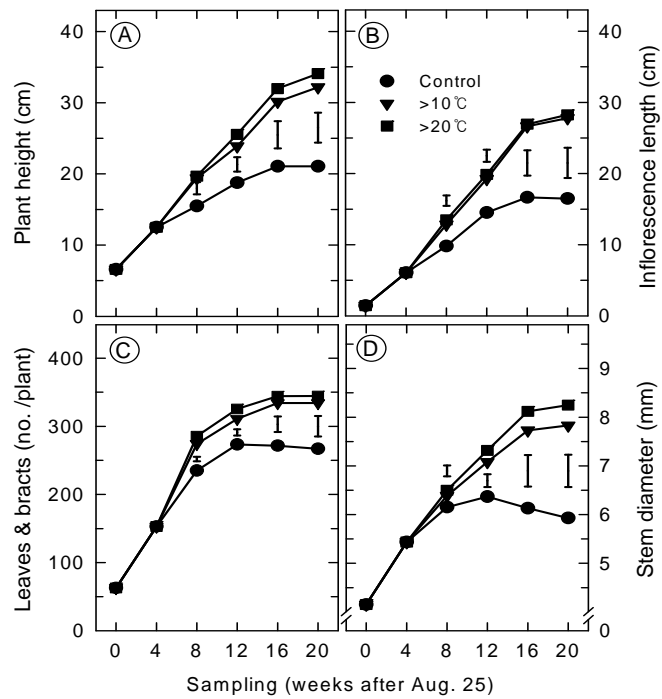


Fig. 14. Effect of heating on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

OJw3

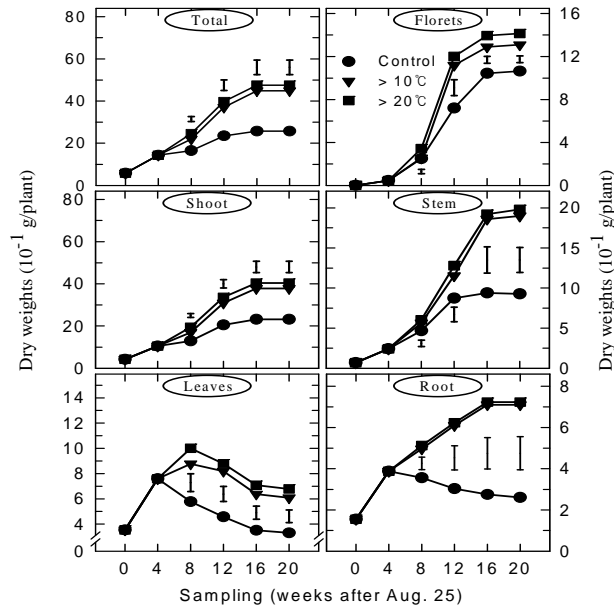


Fig. 15. Effect of heating on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

OJw4

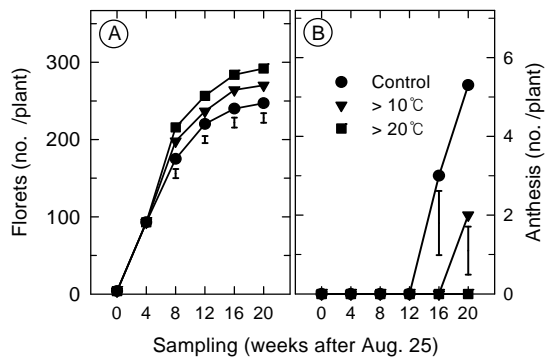


Fig. 16. Effect of heating on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

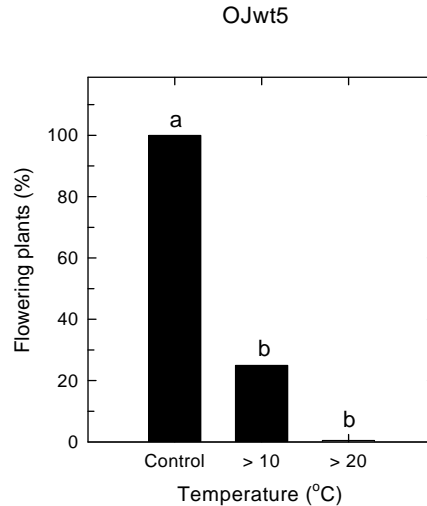


Fig. 17. Effect of heating on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having different letters within the treatments are significantly different by LSD.05.

3) 광도

차광정도에 따른 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 18과 같다. 초장은 조사기간 모두 차광정도가 가장 심한 95% 차광시 가장 짧았던 반면, 수확시기가 가까워질수록 무차광 처리에서 가장 긴 것으로 조사되었다. 화서장도 95% 차광시 가장 짧았던 반면, 여타 차광처리간에는 차이가 없었다. 차광정도에 따른 포엽을 포함한 엽수의 반응도 초장 및 화서장과 유사하였으나, 95% 차광 처리에서는 거의 증가되지 않았다. 그러나 경직경은 이와는 달리 차광하지 않은 무차광에서 가장 굵었던 반면, 차광이 심할수록 가늘어져서 95% 차광시 가장 작은 것으로 나타났다.

한편 차광정도에 따른 바위솔의 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 19와 같다. 포엽을 포함한 엽, 화서, 경중, 뿌리, 지상부 및 전체 건물중은 일부 차이를 보일지라도 무차광보다는 차광이 심할수록 감소되는 경향을 보였다. 특히 95% 차광 처리시 떡부전나비 [*Tongeia fischeri* (Eversmann)]의 유충이 발생되어 건물중의 감소가 심하였는데 이는 차광처리로 인하여 식물체가 유약한 것에 기인된 결과로 해석된다. 식물체의 유지 및 성장을 위한 궁극적 에너지원은 햇빛이다. 이러한 햇빛의 광도가 광포화점 이상일 때는 식물의 성장에 거의 영향을 미치지 않으나 광포화점 이하로 차광된다면 차광정도가 심할수록 생장이 더욱 둔화된다고 할 수 있다 (Gardner *et al.*, 1985). 상기 시험 뿐만 아니라 차광정도가 심할수록 삼주의 생

장이 저조해진다는 Kang *et al.* (2004)의 연구에서도 이러한 현상이 관찰된 바 있어서 시설하우스에서의 바위솔 재배시 차광이 되도록 적게 일어나도록 시설과 관리에 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다.

차광정도에 따른 바위솔의 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화와 개화된 개체의 비율은 Fig. 20 및 21과 같다. 화서에 형성된 소화수도 night-break 처리를 가하기 직전부터 차광이 강할수록 감소하였으며, 특히 차광이 가장 심한 95% 차광시 조사기간 내내 거의 소화수가 형성되지 않는 것으로 나타났는데 이는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 생장, 특히 소화의 형성이 극도로 부진한 결과에서 비롯된 것으로 보인다 (Fig. 20 (A)). 그러나 화서에 형성된 소화는 2시간의 night-break 처리로 인하여 8주간의 조사기간 내내 거의 개화되지 않는 것으로 조사되어 소화의 개화는 차광의 영향을 받지 않는 것으로 판단된다 (Fig. 20 (B)). 이러한 night-break 처리로 인한 소화의 개화 억제 때문에 고사와 관련된 개화 개체는 거의 관찰되지 않았다 (Fig. 21). 따라서 차광정도는 형성된 소화의 개화에는 거의 영향을 미치지 않는다 할지라도 차광이 심할수록 생장을 더욱 억제하기 때문에 인공시설에서 재배되는 바위솔은 가능하다면 차광이 적게 일어나도록 시설 및 관리에 세심한 주의를 기울여야만 한다.

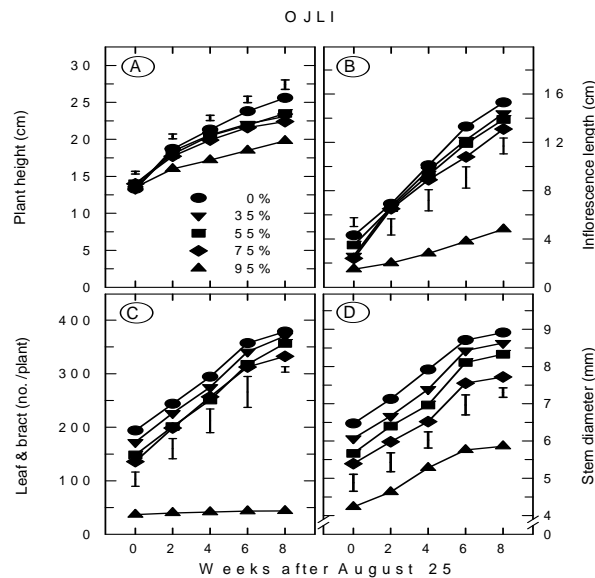


Fig. 18. Effect of shading on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical bars represent values of LSD.05 for the same week after Aug. 25, respectively.

OJLI1

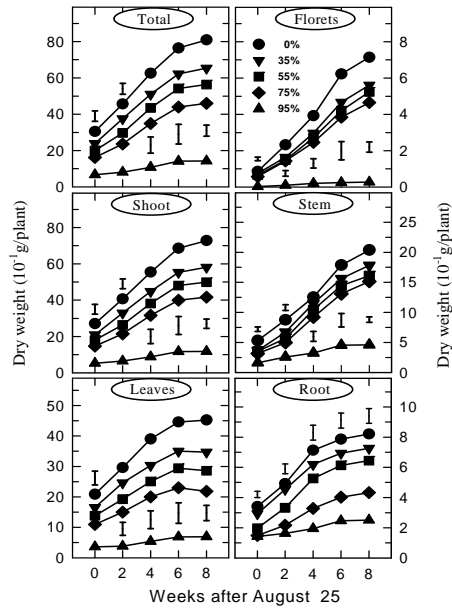


Fig. 19. Effect of shading on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

OJLI2

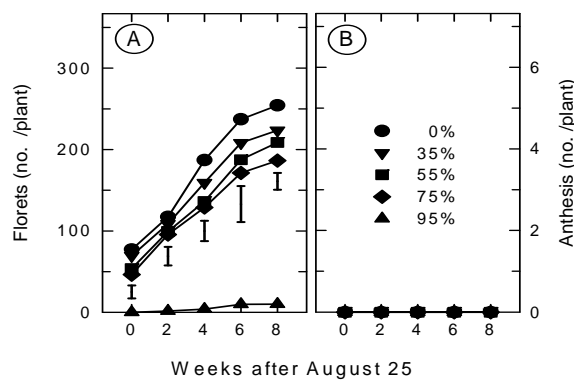


Fig. 20. Effect of shading on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

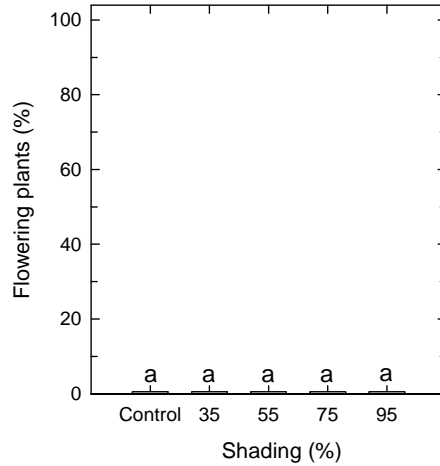


Fig. 21. Effect of shading on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

다. Night-break와 화서제거에 따른 생장 및 개화

1) Night-break 처리시기

추대 및 개화를 조절하기 위한 night-break의 처리시기에 따른 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 22와 같다. 마지막 night-break 처리가 이루어지기 직전인 8월 25일 (0주) 초장과 경직경은 night-break 처리가 가장 늦은 8월 25일 처리에서 가장 길고 굵었던 반면, night-break 처리가 가장 빠른 6월 30일 처리에서 가장 짧고 가늘었다. 마지막 night-break가 가하여진 4주 이후부터는 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경 모두 night-break 처리가 빠를수록 짧고, 적고 가는 반면, 늦을수록 이와 반대의 경향을 보였다.

한편 night-break의 처리시기에 따른 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 23과 같다. 엽과 포엽중, 화서중, 경중, 근중, 지상부중, 전체 건물중은 9월 22일부터 night-break 처리시기가 늦을수록 많은 결과를 보였다.

Night-break의 처리시기에 따른 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 24와 같다. 화서에 형성된 소화수는 마지막 night-break 처리가 가하여진 8월 25일 (0주)에서는 처리간 차이가 없었으나 4주 이후부터는 8월 25일 night-break를 가한 가장 많았으며 처리시기가 빠를수록 형성되는 수는 적은 것으로 조사되었다 (Fig. 24 A). 그러나 화서에 형성된 소화의 개화는 8월 25일 night-break 처리를 가할 경우 16주 후인 12월 16일에 소화의 개화가 관찰되었던 반면, 6월 30일과 7월 28일

night-break 처리에서는 조사기간 내내 소화의 개화가 일어나지 않았다 (Fig. 24 ㉔). 한편 화서에 형성된 소화가 개화하는 개체의 비율은 night-break 처리시기가 가장 늦은 8월 25일 처리에서만 10% 정도 일어나는 것으로 나타났다 (Fig. 25). 12월 말까지 조사된 이러한 본 시험결과는 처리시기가 늦은 8월 15일에 night-break를 처리하면 11월 초순에도 12% 정도의 개체에서 소화가 개화한다는 Kang 등 (1997)의 시험결과와 유사한 것으로 나타나 night-break 처리는 8월 하순보다는 그 이전에 이루어져야 소화의 개화가 이루어 지지 않아 바위솔이 고사되지 않고 안전하게 월동할 수 있을 것으로 판단된다.

OJnb2

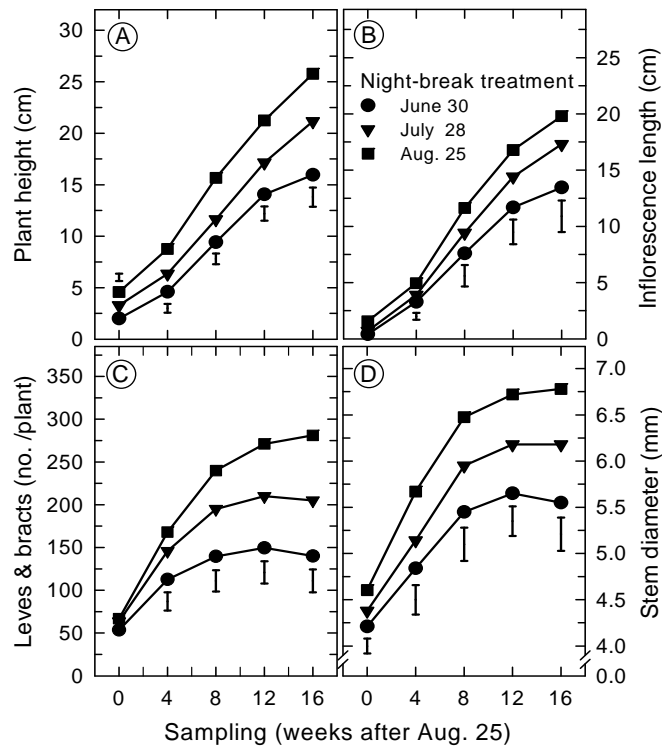


Fig. 22. Effect of night-break treatment time on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

Ojnb3

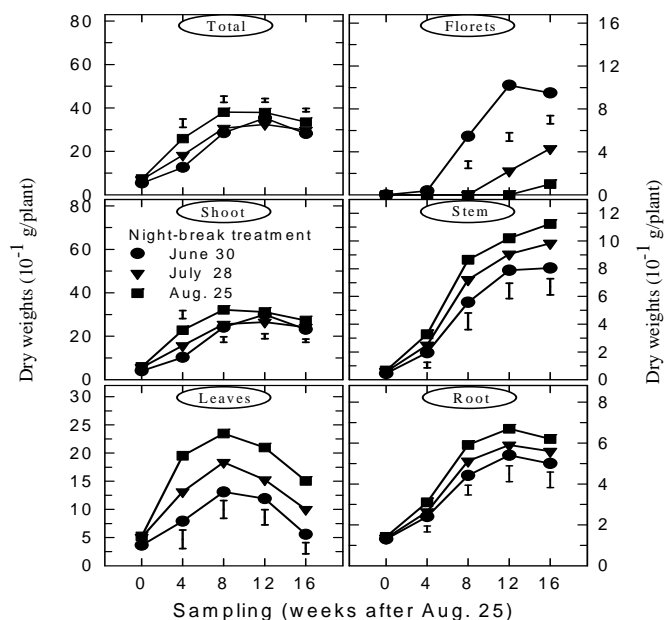


Fig. 23. Effect of night-break treatment time on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

OJnb4

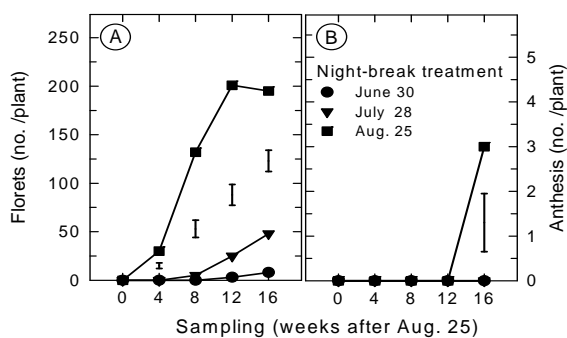


Fig. 24. Effect of night-break treatment time on number of total florets (Ⓐ) and their anthesis (Ⓑ) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

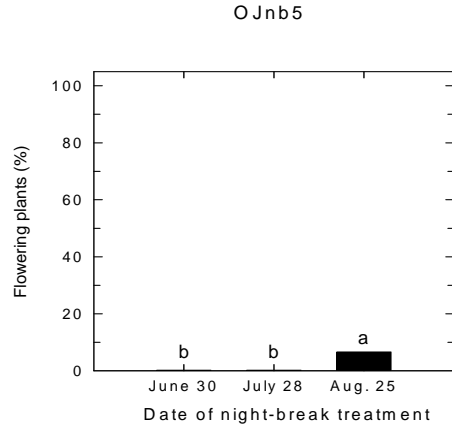


Fig. 25. Effect of night-break treatment time on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having different letters within the treatments are significantly different by LSD.05.

2) 화서제거 시기

화서제거 시기에 따라 제거된 화서의 생체중과 건물중은 Fig. 26과 같다. 화서의 제거 시기가 늦을수록 제거되는 화서의 생체중과 건물중은 증가하는 경향이었으나 9월 22일과 10월 4일간에는 차이가 없었다. 따라서 9월 하순 이후에는 화서의 출현이 둔화된다고 할 수 있다.

화서제거 시기가 재배 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 27과 같다. 초장은 화서제거 처리가 시작된 8월 25일 이후 급격히 길어졌으나 화서가 제거된 이후에는 거의 증가되지 않았으나 잔존 부위의 초장은 화서제거 시기가 늦을수록 긴 경향을 보였으며 (Fig. 27 ㉠), 화서장, 엽과 포엽수도 화서제거 전까지는 초장과 유사한 결과를 보였으나, 그 이후에는 처리간 차이가 없거나 미미한 것으로 나타났다 (Fig. 27 ㉢, Fig. 27 ㉣). 그러나 경직경 (Fig. 27 ㉤)은 추대 이후 화서의 제거시기가 늦어질수록 굵어지는 경향을 보였다.

한편 화서제거 시기에 따른 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 28과 같다. 화서와 관련된 포엽을 포함한 잎의 무게, 소화중, 전초의 무게인 지상부중과 전체건물중은 화서가 제거될 때까지 급격히 증가하다가 화서 제거 이후에는 차이가 적었다. 그러나 경중과 근중은 화서제거의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다.

화서제거 시기에 따른 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 29와 같다.

화서에 형성된 소화수는 상기 초장과 유사한 결과를 보여 화서제거 시기가 늦어질수록 현저히 증가하다가 화서제거로 인하여 소화도 함께 제거되는 것으로 나타났다 (Fig. 29 ㉠). 이와 더불어 화서제거 전에 형성된 소화는 8월 25일부터 가하여지는 night-break 처리로 개화가 전혀 일어나지 않는 것으로 조사되었다 (Fig. 29 ㉡). 따라서 이러한 night-break 처리로 인하여 화서제거에 관계없이 개화개체 비율은 全無한 것으로 나타났다 (Fig. 30). 따라서 화서제거 시기에 따라 화서에 형성되는 소화수는 차이가 있다 할지라도 8월 하순부터 가하여지는 night-break 처리로 소화의 개화가 완전히 억제되기 때문에 바위솔의 주년재배 체계를 구축하기 위하여 화서제거와 같은 인위적 처리를 가하는 것도 가능하다고 사료된다.

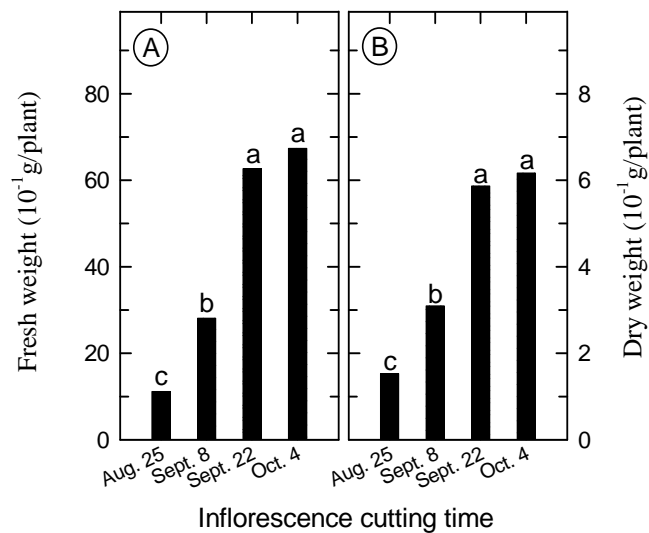


Fig. 26. Effect of inflorescence cutting time on fresh (A) and dry (B) weights of removed inflorescence in *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having different letters within the treatments are significantly different by LSD.05.

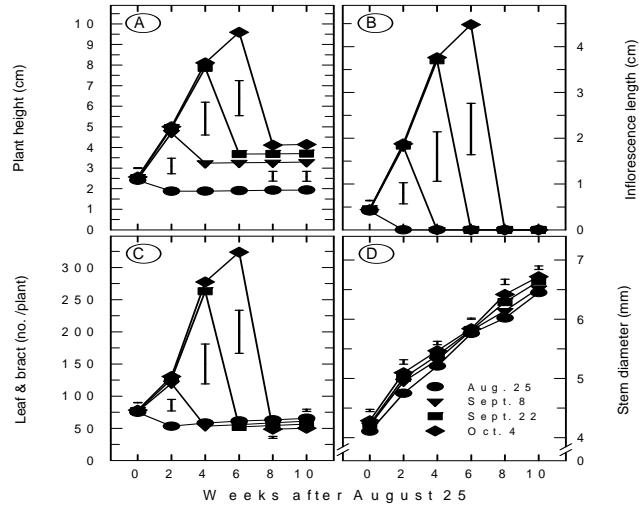


Fig. 27. Effect of inflorescence cutting time on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

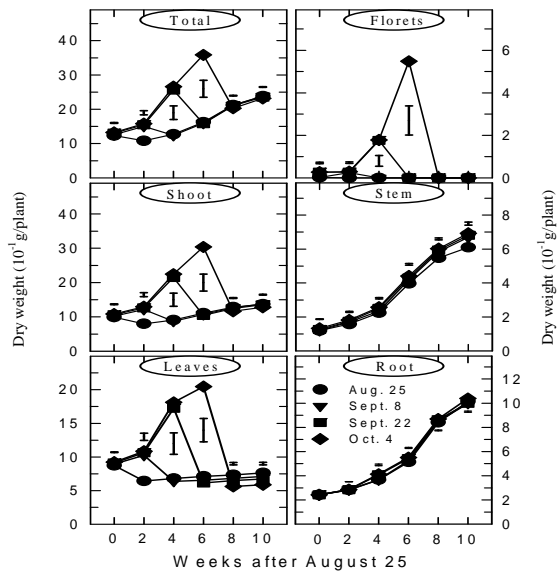


Fig. 28. Effect of inflorescence cutting time on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

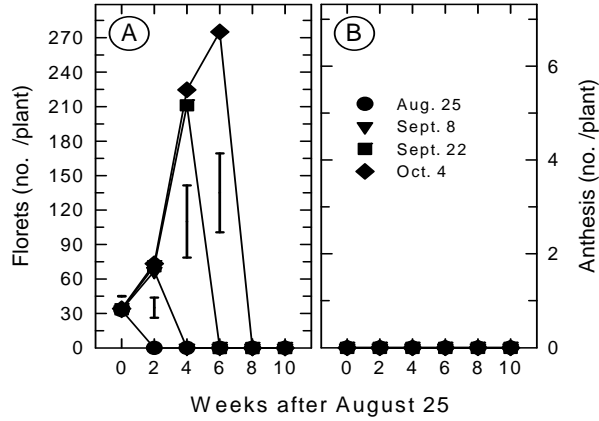


Fig. 29. Effect of inflorescence cutting time on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same sampling week after Aug. 25, respectively.

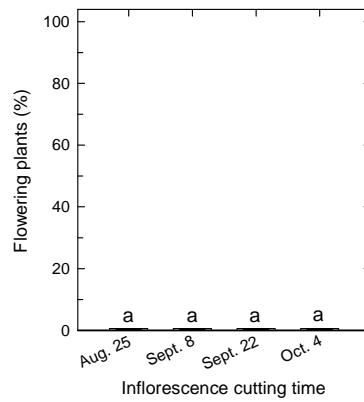


Fig. 30. Effect of inflorescence cutting time on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

다. 시비량에 따른 생장 및 개화

1) 질소

시비량에 따른 11월 중순까지 조사된 개체의 고사율은 Fig. 31과 같다. 질소시비량이 증가할수록 개체의 고사율은 증가하나 질소시비량이 가장 많은 10a당 20 kg 시용 시 현저히 증가되어 30% 정에 이르렀다. 질소 시용에 따른 이러한 고사율의 증가는

바위솔이 CAM 식물일 뿐만 아니라 일반 작물과는 달리 관수를 적게 하는 것에도 관련된 것으로 판단된다.

질소 시비량에 따른 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 32와 같다. 초장과 화서장은 질소를 시용한 것에 비하여 시용하지 않을 경우 긴 것으로 조사되었다. 질소를 시용할 경우 화서장에서는 차이가 없었으나 초장은 10a당 10 또는 20 kg를 시용한 것보다는 5 kg 시용할 경우 긴 것으로 조사되었다. 질소 시비량에 따른 포엽을 포함한 엽수의 반응은 무비 또는 10a당 5 또는 10 kg를 시용한 것에 비하여 20 kg 시용시 가장 적었다. 반면 경직경은 무비구에서 가장 굵었으며 질소 시비량이 증가할수록 가늘어지는 경향을 보였다.

한편 질소 시비량에 따른 바위솔의 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 33과 같다. 포엽을 포함한 엽중, 화서중, 경중 및 근중은 화서중과 경중은 차이가 미미할지라도 대체적으로 질소시비량이 증가할수록 감소되는 경향을 보였다. 이러한 부위별 차이로 인하여 개체당 전초중과 전체 건물중도 무비구에서 가장 많고 질소 시비량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타나 일반작물에 대한 시용효과가 큰 질소는 바위솔 생장에 미치는 영향이 적다고 할 수 있다. 이와 더불어 질소 시비량을 증가시키면 고사율도 증가할 뿐만 아니라 바위솔이 생약재로 이용되기 때문에 농가 수익성과 관련된 전초수량을 높이기 위하여 속효성인 질소비료를 사용하는 대신 완효성인 유기질비료 등의 시용효과를 점검할 필요가 있을 것으로 사료된다.

질소 시비량에 따른 바위솔의 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 34과 같다. 화서에 형성된 소화수도 Fig. 32와 33의 형태와 성장 관련형질과 같이 시간이 경과할수록 현저히 증가되었으며, 조사기간 내내 질소 시비량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 34 A). 그러나 화서에 형성된 소화는 2시간의 night-break 처리로 인하여 시험기간 내내 개화되지 않을 뿐만 아니라 (Fig. 34 B), 개화된 개체도 없기 때문에 소화의 개화와 개화 개체 비율은 질소 시비에 따른 성장 차이의 영향을 전혀 받지 않는다고 할 수 있다 (Fig. 35). 따라서 질소 시비량의 많고 적음이 형성된 소화의 개화에 미치는 영향이 거의 없을 뿐만 아니라 질소 시비량의 증대가 오히려 생장을 둔화시키기 때문에 바위솔 재배를 위한 질소 비료의 투입은 고려하지 않아도 좋을 것으로 사료된다.

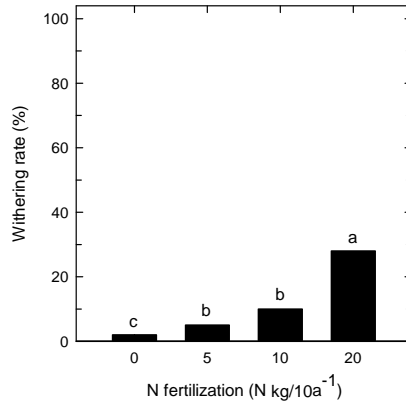


Fig. 31. Effect of nitrogen fertilization on withering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

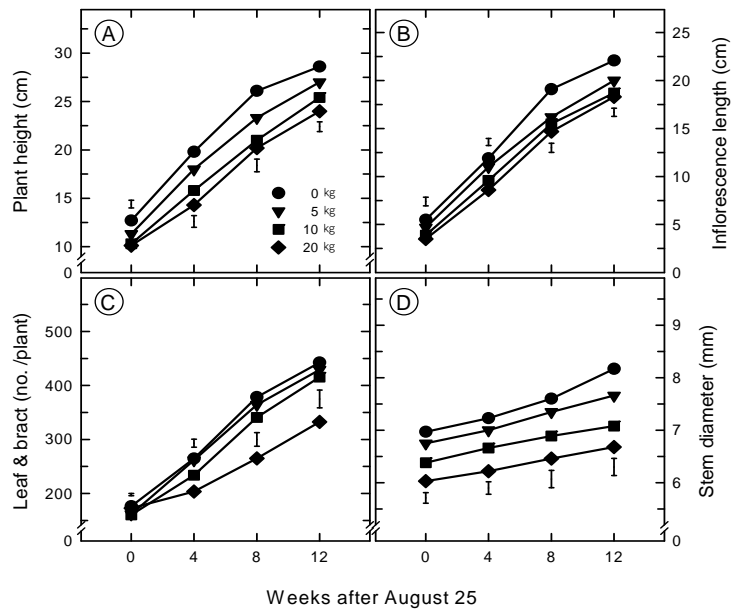


Fig. 32. Effect of nitrogen fertilization on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

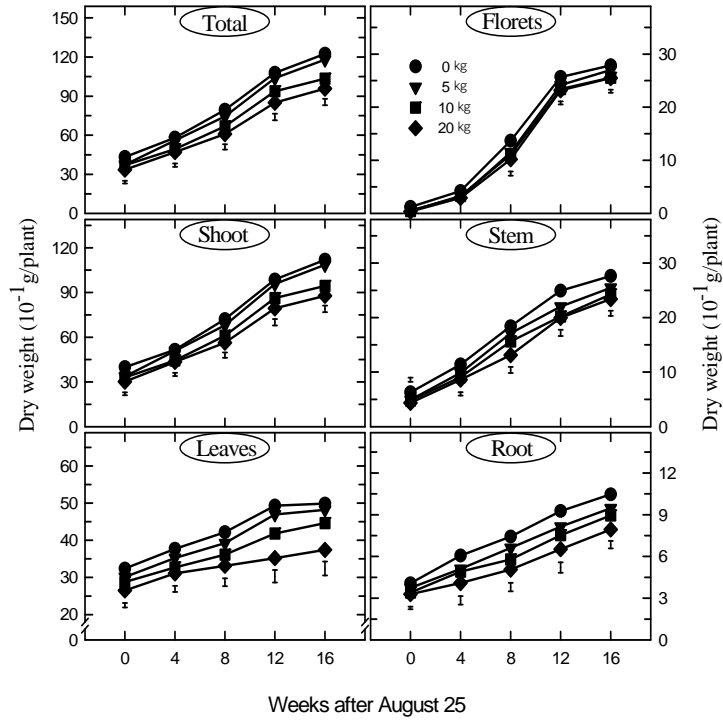


Fig. 33. Effect of nitrogen fertilization on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

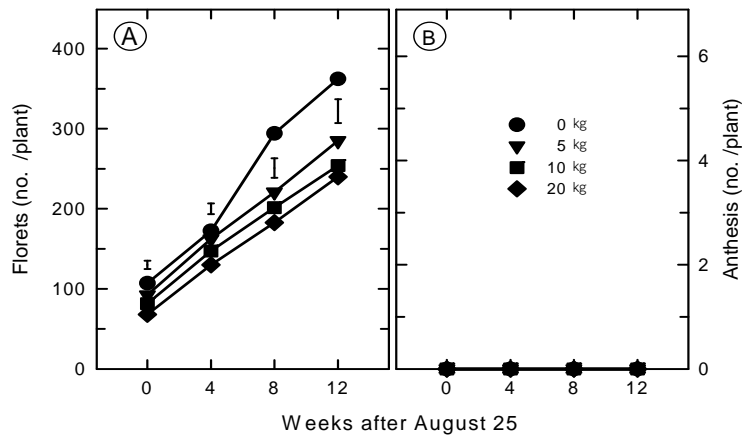


Fig. 34. Effect of nitrogen fertilization on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

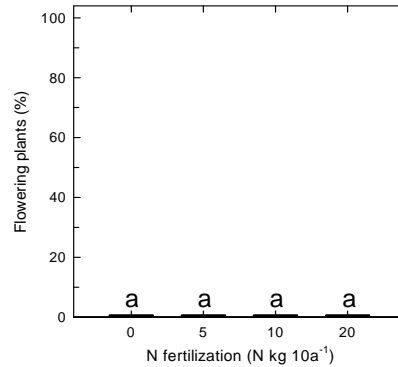


Fig. 35. Effect of nitrogen fertilization on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

2) 인산 (2006년도)

인산 시비량에 따른 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 36과 같다. 초장, 화서장, 포엽을 포함한 엽수, 경직경 모두 인산 시비량이 증가할수록 증가되었으나 그 정도는 경직경에서 큰 것으로 조사되었다.

한편 인산 시비량에 따른 바위솔의 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 37과 같다. 포엽을 포함한 엽중, 소화중, 경중, 근중, 전초 무게인 지상부중, 전체건물 모두 그 차이는 적다고 할지라도 인산 시비량이 증가할수록 증가되는 경향이었으나, 생육 후반의 수확기인 조사 8주 또는 12후에는 인산을 싱요하지 않은 것에 비하여 인산을 시용할 경우 전초 수량과 관련된 포엽을 포함한 엽중과 소화중의 증가로 지상부중이 현저히 증가되는 것으로 조사되었다.

인산 시비량에 따른 바위솔의 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 38과 같다. 화서에 형성된 소화수도 시간이 경과할수록 현저히 증가되었으며, 인산 시비량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 38 ㉠). 그러나 화서에 형성된 소화는 2시간의 night-break 처리로 인하여 시험기간 내내 개화되지 않을 뿐만 아니라 (Fig. 38 ㉡), 개화된 개체도 없기 때문에 소화의 개화와 개화 개체 비율은 상기 질소 시비량에 따른 시험결과와 같이 인산 시비에 따른 생장의 영향을 전혀 받지 않는다고 할 수 있다 (Fig. 39). 따라서 인산 시비량의 많고 적음이 형성된 소화의 개화에 미치는 영향이 거의 없을 뿐만 아니라 성장촉진 효과도 미미하다고 하나 추후 바위솔 재배에서 인산질 비료의 시용이 함유성분에 미치는 영향이 파악되어야 시비 유무가 결정될 것으로 판단된다.

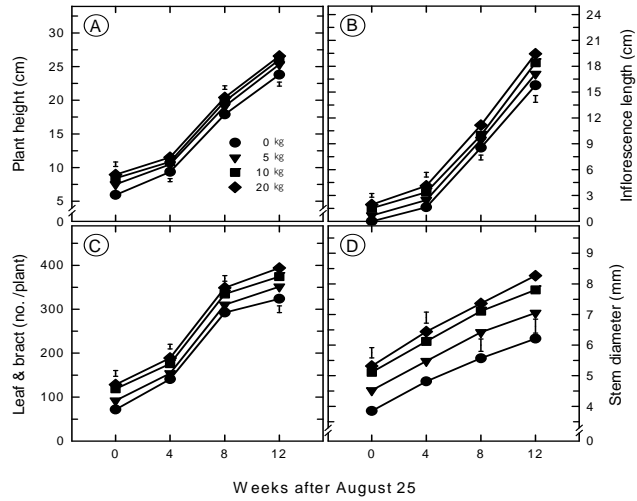


Fig. 36. Effect of phosphorus fertilization on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

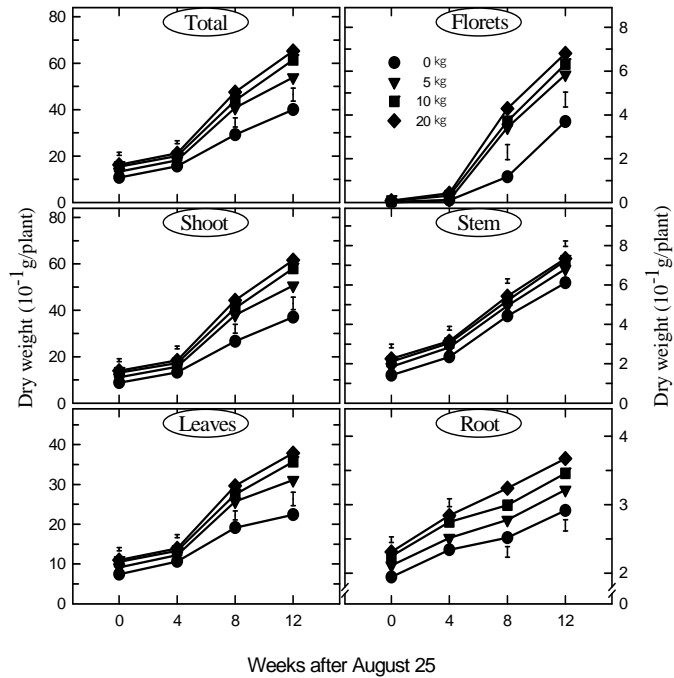


Fig. 37. Effect of phosphorus fertilization on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

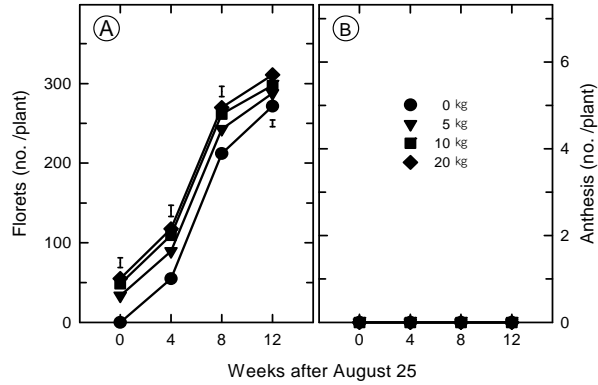


Fig. 38. Effect of phosphorus fertilization on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

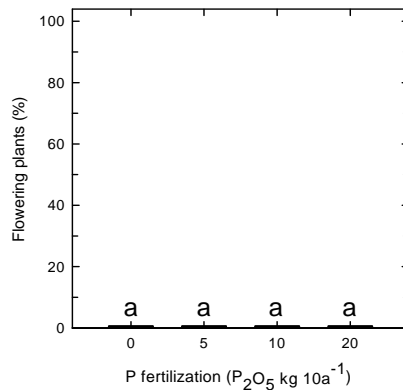


Fig. 39. Effect of phosphorus fertilization on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

3) 카리 (2006년도)

카리 시비량에 따른 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 40과 같다. 초장, 화서장, 포엽을 포함한 엽수, 경직경 모두 카리 시비량이 증가할수록 증가되었으나 상기 인산 시비량을 증가시키기에 따라 증가되는 정도보다는 작은 것으로 나타났다.

한편 카리 시비량에 따른 바위솔의 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시

적 변화는 Fig. 41과 같다. 카리 시비량에 따른 소화중과 경중은 차이가 아주 작았던 반면, 카리를 사용하지 않은 것에 비하여 카리를 시비할 경우 포엽을 포함한 엽중과 근중이 증가되어 전초 무게인 지상부중과 전체건물중이 증가되는 경향을 보였다.

카리 시비량에 따른 바위솔의 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 42와 같다. 화서에 형성된 소화수는 생육 후반부로 갈수록 현저히 증가되었으며, 인산과 같이 카리도 시비량이 증가되면 증가하는 것으로 조사되었다 (Fig. 42 (A)). 그러나 화서에 형성된 소화는 2시간의 night-break 처리로 인하여 시험기간 내내 개화되지 않을 뿐만 아니라 (Fig. 42 (B)), 개화된 개체도 없기 때문에 소화의 개화와 개화 개체 비율은 상기 인산 시비량에 따른 시험결과와 같이 카리 시비에 따른 영향을 전혀 받지 않는 것으로 나타났다 (Fig. 43). 따라서 카리 시비량의 많고 적음이 형성된 소화의 개화에 미치는 영향이 거의 없을 뿐만 아니라 카리 시비가 바위솔의 생장에 미치는 영향이 미미하기 때문에 추후 카리질 비료의 시용에 따른 함유성분에서 차이가 있는지를 구명하여야 카리 시비 유무와 시비량이 결정될 것으로 사료된다.

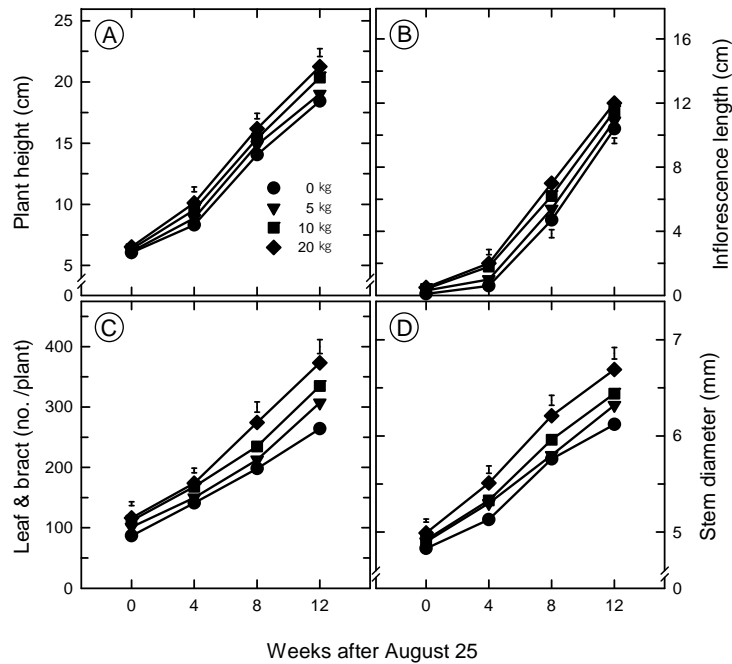


Fig. 40. Effect of potassium fertilization on plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

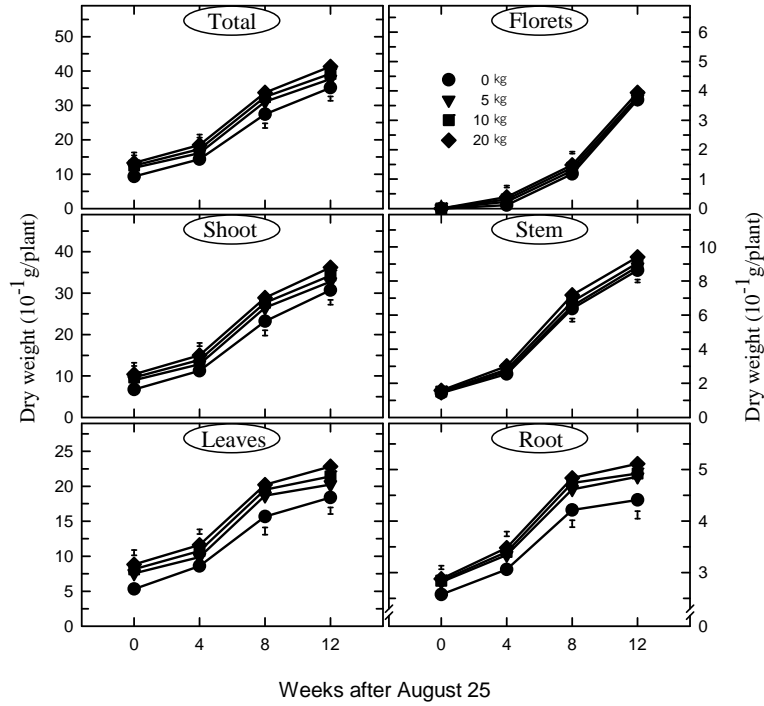


Fig. 41. Effect of potassium fertilization on total fraction dry weights of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

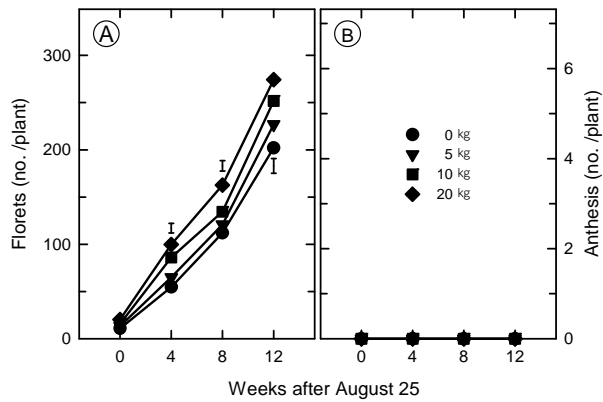


Fig. 42. Effect of potassium fertilization on number of total florets (A) and their anthesis (B) of *Orostachys japonicus* A. Berger. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

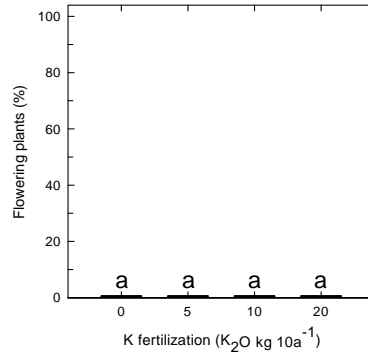


Fig. 43. Effect of phosphorus fertilization on flowering rate of *Orostachys japonicus* A. Berger. Bars having same letters within the treatments are not significantly different by LSD.05.

마. 주년재배 체계 확립

1) 1차년도 (2005년)

일립성 (monocarpic)이면서도 단일 식물인 바위솔은 10월에 집중적으로 출하되기 때문에 가격이 폭락할 뿐만 아니라 수급에도 제한을 받아 소비 창출에도 어려움을 안고 있다. 따라서 바위솔을 재배하는 농가에서는 자연산 바위솔이 출하되는 시기를 피하여야 수익성을 확보할 수 있다. 상기 시험들을 통하여 확립된 바위솔의 추대 및 개화 조절 기술로 바위솔의 주년재배 체계를 확립하고자 재배가 어려운 시기인 동절기에도 처리효과가 지속되는가를 점검하였다. 바위솔은 추대 및 개화가 분리하여 일어나며 8월 중·하순 이전에 night-break 처리하여야 소화의 개화 없이 안전하게 월동할 수 있을 것이란 Kang 등 (1997)과 상기 night-break 처리시기 시험을 통하여 도출된 결과가 월동 이후 해빙기까지 소화의 개화 없이 월동이 가능한가를 점검하고자 6월 10일과 8월 25일로 night-break의 처리시기를 달리하여 3월 초순까지 조사된 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 44와 같다. 6월 10일 처리에 비하여 night-break 처리시기가 늦은 8월 25일부터 night-break 처리시 초장, 화서장, 포엽을 포함한 엽수, 경직경 모두 조사기간 내내 길거나, 많고, 굵었으며 월동 이후인 3월 초순으로 갈수록 그 차이는 커지는 것으로 조사되었다.

한편 6월 10일과 8월 25일로 night-break의 처리시기를 달리하여 3월 초순까지 조사된 바위솔의 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 45와 같다. 엽과 포엽중, 화서중, 경중, 근중, 지상부중, 전체 건물중은 추대가 일어나기 전인 6월 10일 night-break 처리보다는 추대가 일어난 이후인 8월 25일 night-break 처리에서 많은 것으로 나타났고 이러한 경향은 월동이 끝나는 3월 초순까지도 지속되는 것으로 나

타났다. 그러나 night-break 처리시기간에 차이가 있다고 할지라도 월동 중에는 생장이 둔화되고 하위엽이 일부 고사되는 것이 관찰되어 품질 손상과 가온으로 인한 경제적 손실을 만회할 수 있는가에 대하여는 추후 경제성 분석이 필요할 것으로 판단된다.

6월 10일과 8월 25일로 night-break의 처리시기를 달리하여 3월 초순까지 조사된 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 46과 같다. 화서에 형성된 소화수는 night-break 처리가 가하여진 8월 25일 (0주)에서는 처리간 차이가 없었으나 조사가 시작된 4주 이후부터는 추대가 일어나기 전인 6월 10일부터 night-break 처리를 가한 처리에서 적었으며, 이러한 경향은 월동이 끝날 두릅까지 지속되는 것으로 조사되었다 (Fig. 46 (A)). 그러나 화서에 형성된 소화는 자정 무렵 2시간의 night-break 처리를 가하여도 추대가 일어난 8월 25일부터 night-break를 가할 경우 3월 초순에는 화서에 형성된 소화의 일부가 개화되었으며 (Fig. 46 (B)), 소화의 개화로 인하여 고사할 수 있는 개화개체 비율이 10% 정도에 해당되는 것으로 조사되었다 (Fig. 47). 따라서 바위솔은 추대가 일어나기 전인 6월, 넓게는 7월 이전에 night-break 처리를 가하고 월동기간 중에는 20℃ 이상으로 온도를 유지된다면 소화의 개화가 일어나지 않아 바위솔의 고사하지 않을 것으로 분석된다.

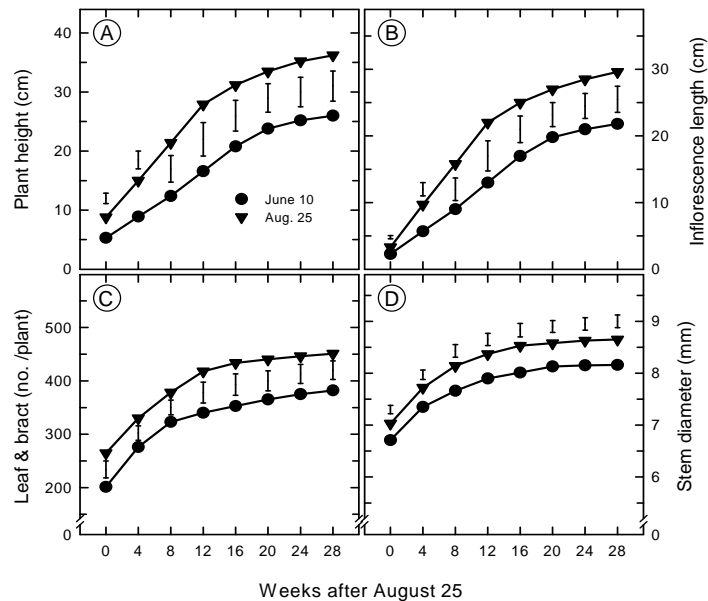


Fig. 44. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) affected by night-break timing and growth period in 2005. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

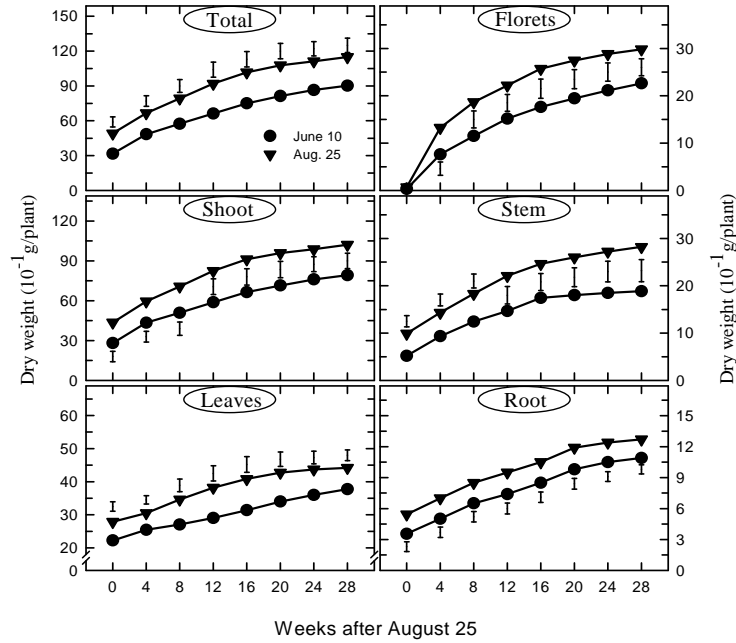


Fig. 45. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Total fraction dry weights affected by night-break timing and growth period in 2005. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

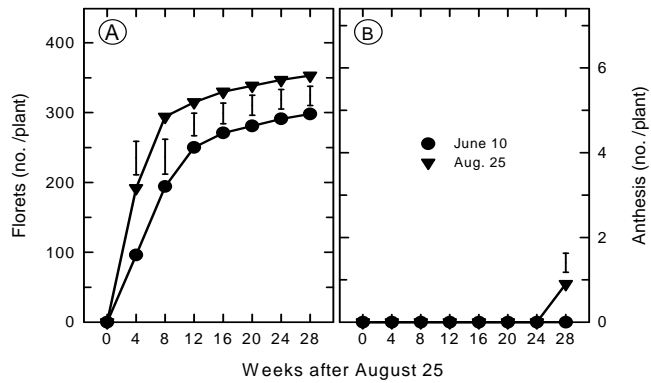


Fig. 46. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Total florets (A) and their anthesis (B) affected by night-break timing and growth period in 2005. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference for the same week after Aug. 25, respectively.

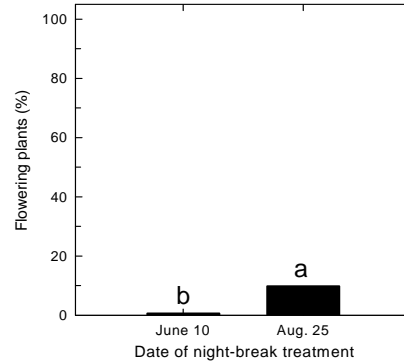


Fig. 47. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Flowering rate affected by night-break timing and growth period in 2005. Vertical having different letters are significantly different by LSD.05.

2) 2차년도 (2006년)

상기 일련의 시험들을 통하여 도출된 결과를 활용하여 바위솔의 주년재배 체계를 확립하기 위하여 수행된 1차년도 시험과 동일하게 반복된 시험에서도 그 결과가 똑같이 재현되는가를 알고자 상기 1차년도와 동일하게 시험을 수행하였다. 6월 10일과 8월 25일로 night-break의 처리시기를 달리하여 3월 초순까지 조사된 2차년도 바위솔의 초장, 화서장, 엽과 포엽수 및 경직경의 경시적 변화는 Fig. 48과 같다. 1차년도와 같이 6월 10일 처리에 비하여 night-break 처리시기가 늦은 8월 25일부터 night-break 처리시 초장, 화서장, 포엽을 포함한 엽수, 경직경 모두 조사기간 내내 길거나, 많고, 굵었으며 월동 이후인 3월 초순으로 갈수록 그 차이는 커지는 것으로 조사되었다. 그러나 1차년도에 비하여 2차년도에서는 경직경의 차이가 큰 반면 초장, 화서장, 포엽을 포함한 엽수에서는 night-break 처리시기간 차이가 적은 것으로 나타났다.

한편 6월 10일과 8월 25일로 night-break의 처리시기를 달리하여 3월 초순까지 조사된 2차년도 바위솔의 개체당 부위별, 지상부 및 전체 건물중의 경시적 변화는 Fig. 49와 같다. 1차년도의 시험결과와 같이 엽과 포엽중, 화서중, 경중, 근중, 지상부중, 전체 건물중은 추대가 일어나기 전인 6월 10일 night-break 처리보다는 추대가 일어난 이후인 8월 25일 night-break 처리에서 많은 것으로 나타났고 이러한 경향은 월동이 끝나는 3월 초순까지도 지속되는 것으로 나타났다.

6월 10일과 8월 25일로 night-break의 처리시기를 달리하여 3월 초순까지 조사된 2차년도의 개체당 소화수와 개화수의 경시적 변화는 Fig. 50과 같다. 화서에 형성된 소

화수는 1차년도와 달리 night-break 처리가 가하여진 8월 25일 (0주)에서도 추대가 일어나기 전인 6월 10일부터 night-break 처리를 가한 처리에서 적었으며, 이러한 경향은 월동이 끝날 두렵까지 지속되는 것으로 조사되었다 (Fig. 50 (A)). 그러나 화서에 형성된 소화는 자정 무렵 2시간의 night-break 처리를 가하여도 추대가 일어난 8월 25일부터 night-break를 가할 경우 1차년도와 같이 3월 초순에는 화서에 형성된 소화의 일부가 개화되었으며 (Fig. 50 (B)), 소화의 개화로 인하여 고사할 수 있는 개화개체 비율이 1차년도보다 높은 15% 정도에 이르는 것으로 나타났다 (Fig. 51). 따라서 2번의 반복된 시험을 통하여 조사된 결과가 유사하다고 할 수 있기 때문에 바위솔은 추대가 일어나기 전인 6월, 넓게는 7월 이전에 night-break 처리를 가하고 월동기간 중에는 20℃ 이상으로 온도를 유지된다면 3월 초순까지도 소화의 개화가 일어나지 않아 개화 후에 고사하는 개체가 없을 것으로 평가 되기 때문에 본 연구에서 추구하는 바위솔의 주년재배는 가능할 것으로 사료된다.

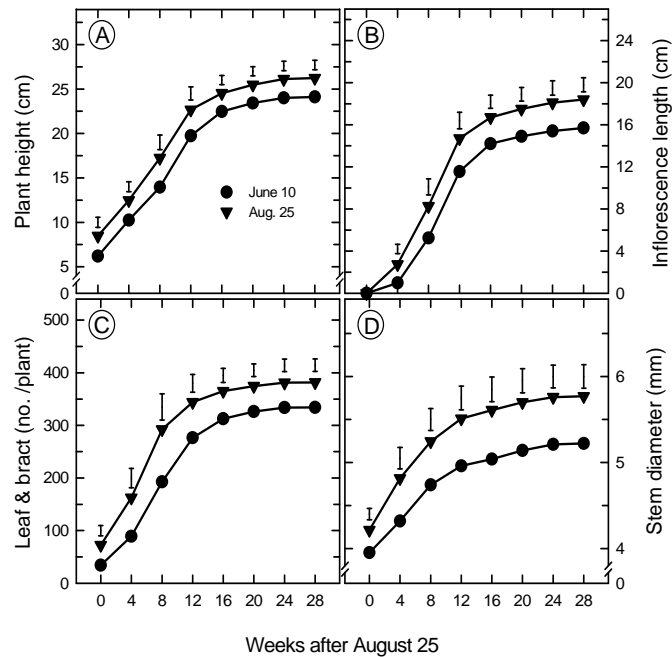


Fig. 48. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Plant height (A), inflorescence length (B), number of leaves and bracts (C) and stem diameter (D) affected by night-break timing and growth period in 2006. Vertical bars represent values of LSD.05 between the same week after Aug. 25, respectively.

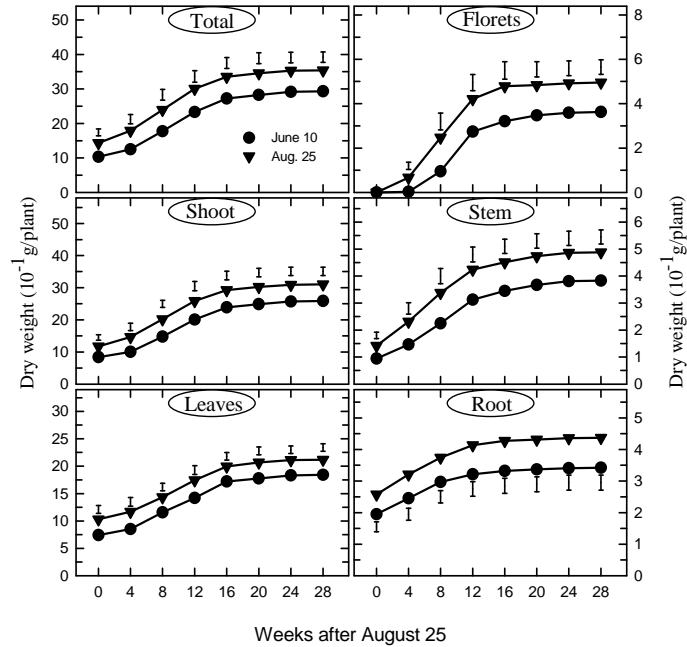


Fig. 49. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Total fraction dry weights affected by night-break timing and growth period in 2006. Vertical or no-vertical bars represent values of LSD.05 between the same week after Aug. 25, respectively.

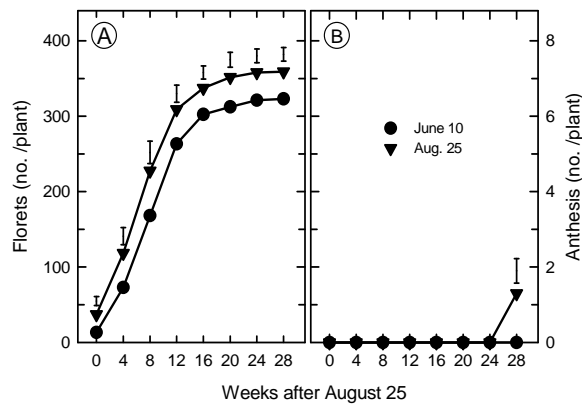


Fig. 50. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Total florets (A) and their anthesis (B) affected by night-break timing and growth period in 2006. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significant difference the same week after Aug. 25, respectively.

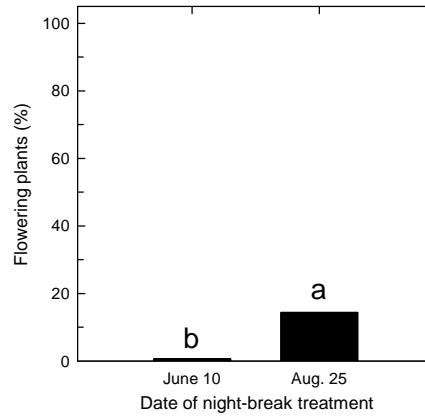


Fig. 51. Year-round cultivation of *Orostachys japonicus* A. Berger using night-break treatment and heating. Flowering rate affected by night-break timing and growth period in 2006. Vertical having different letters are significantly different by LSD.05.

결과 요약

농가에 재배되고 있는 바위솔은 10월에 집중되는 자연산 바위솔과 출하시기를 달리하여야 수익성이 증대될 수 있다. 본 연구는 바위솔의 추대 및 개화 조절을 통하여 출하시기를 조절할 수 있는 주년재배 체계를 확립하기 위하여 자정 전후 2시간의 night-break 처리를 가하면서 기본영양 생장과 관련된 정식 시기 및 유표 크기, 추대 및 개화와 관련된 일장, 온도, 광도가 생장 및 개화에 미치는 영향을 추적함과 아울러 전초 수량을 증대시킬 수 있는 가능성을 탐색하고자 질소, 인산 카리가 바위솔의 생장에 미치는 영향을 추적한 일련의 시험들을 수행하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (가) 정식되는 유표의 크기가 클수록 초장, 포엽과 엽수도 많아지고 전초 수량도 증가하는 경향을 보였다.
- (나) 정식되는 유표의 크기가 클수록 화서에 형성되는 소화수도 많았으나 소화의 개화는 일어나지 않았다.
- (다) 유표의 정식시기가 빠를수록 초장과 화서장은 길어졌으나, 포엽을 포함한 엽수, 경직경, 각부위별 건물중, 전초 수량은 6월 하순경에 정식할 경우 가장 많았다.
- (라) 화서에 형성되는 소화수도 6월 하순경에 정식할 경우 가장 많았으나 소화의

개화는 일어나지 않았다.

- (마) 일장이 16시간으로 길어질수록 초장과 화서장은 짧아졌으나, 포엽을 포함한 엽수, 경직경, 소화중을 제외한 각부위별 건물중, 전초 수량은 많아지는 경향을 보였다.
- (바) 일장처리별 화서에 형성되는 소화수는 생육시기에 따라 달랐던 반면, 소화의 개화는 10/14 시간 일장처리에서는 일어났으나 13/11 시간과 16/8 시간 일장처리에서는 전무하였다.
- (사) 자연상태보다는 10℃ 이상으로 가온 재배할 경우 초장, 포엽과 엽수 등 형태적 형질과 각부위별 건물중, 전초 수량이 증가되었다. 그러나 이러한 형질은 재배온도 10℃와 20℃간에는 차이가 거의 없었다.
- (아) 월동중 유지온도가 높을수록 형성된 소화수는 많았으나, 소화가 개화된 개체의 비율은 자연상태에서는 전체가, 10℃ 이상으로 유지할 경우 25% 정도에 이르렀으나, 20℃ 이상으로 유지할 경우 전무하였다.
- (자) 차광이 심할수록 초장과 포엽과 엽수 등 형태적 형질과 각부위별 건물중, 전초 수량도 작아지는 경향을 보였다.
- (차) 화서에 형성되는 소화수는 차광이 심할수록 감소하였으나 소화의 개화는 일어나지 않아 광도가 제한되는 시설하우스에서 재배되는 바위솔은 여타 처리를 통하여 주년재배가 가능할 것으로 판단된다.
- (카) 화서가 제거될 때까지 초장, 화서장과 포엽을 포함한 엽수, 포엽을 포함한 엽중, 소화중, 전초 수량은 현저히 증가하였으나 화서제거 이후에는 화서제거 시기의 조만에 관계없이 거의 비슷한 것으로 조사되었다.
- (타) 화서가 제거될 때까지 화서에 형성되는 소화수는 현저히 증가하였으며, 화서제거 이후에 잔존하는 소화의 개화는 일어나지 않았다.
- (파) 질소, 인산, 칼리의 시비효과는 적은 것으로 조사되었다. 질소는 시비량을 증가시키면 생장이 억제된 반면, 인산과 칼리는 시비량을 증가시키면 생장이 촉진되는 것으로 나타났다. 화서에 형성되는 소화수도 생장과 유사한 반응을 보였으나 소화의 개화는 일어나지 않았다.
- (하) 이상의 시험결과인 20℃ 이상으로 가온하면서 night-break 처리시기를 달리 하여 3월 초순까지 조사한 결과는 night-break를 8월 하순에 행한 것보다는 6월 중순에 행할 경우 생장은 상대적으로 적었으나 소화의 개화가 일어나지 않아 바위솔은 20℃ 이상으로 가온하면서 6월 중순부터 2시간의 night-break 처리를 가한다면 출하시기를 임의로 조절할 수 있는 주년재배가 가능할 것으로 조사되었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표 달성도

1. **주년재배 바위솔의 약리성분 변화탐색** : 제 1소과제에서는 주년재배 바위솔의 품질이 자연산 바위솔보다 떨어지지 않는다는 사실을 입증하기 위해 약리성분 함량 변화를 추적함으로써 입증하였다. 새로운 유효 약리성분을 탐색하고 생물학적 활성을 규명하고자 하였다. 여러 가지 조건 하에서 재배된 바위솔과 자연산 바위솔의 극성 활성 물질-폴리페놀계 및 폴리페놀 배당체계 및 비극성 활성물질-스테로이드계 및 테르펜 계열의 함량이 추적되었다. 자연산 바위솔에 포함되어 있는 이들 화합물의 함량과 여러 가지 조건 하에서 재배된 바위솔의 함량을 비교하였다. 이를 통해 적어도 연구의 범위 내에서는 평가된 주년재배 바위솔이 자연산 바위솔에 비해 품질이 낮지 않다는 결과를 얻었다. 지표물질의 분리에는 관크로마토그래피 및 고성능 액체 크로마토그래피 법이 이용되었으며 구조의 확인에는 전형적인 분광학적 방법을 이용하였다. 비교평가에도 고성능 액체 크로마토그래피법과 기체 크로마토그래피법이 이용되었다. 항산화 효과, 항미생물 및 항암효과와 같은 바위솔의 생물학적 활성이 체계적인 방법을 통하여 연구되었다. 바위솔은 합성 항산화제로 이용되고 있는 BHT나 천연 항산화제인 아스코르브산에 버금가는 항산화 효과를 보여주었다. 이식물은 주로 그램 양성균에 대한 항미생물 효과를 보여주었다. 또한 기존의 항암제인 cisplatin 및 taxol과 바위솔 추출물을 혼합하여 위암세포 mkn에 적용하였을 때 80% 이상의 암세포가 소멸되는 매우 큰 항암효과를 보여주었다. 이와 같은 연구결과들로부터 제 1 세부과제인 주년재배 바위솔의 약리성분 변화탐색에서 추구하였던 목표가 충분히 달성되었다고 판단하였다.

2. **바위솔의 주년재배 체계확립** : 제 2소과제인 바위솔의 주년재배 체계확립에서 이루고자 하는 목표는 바위솔은 일임성 작물이기 때문에 출하시기를 조절하기 위하여 추대 및 개화를 억제할 수 있는 기술이 설정되고 수익성과 관련된 전초 수량을 증대할 수 있는 방법을 확립하는 것이다. 이를 위하여 추대 및 개화에 관여하는 기본연양 생장, 즉 유년기, 일장, 온도, 광도에 반응을 추적하고자 ① 유년기와 정식 규모의 크기 및 정식시기에 따른 반응, ② 일장, 온도, 광도에 대한 반응, ③ 화서제거

에 따른 반응과 선행연구와 같이 night-break 처리시기를 달리하여 동절기까지의 반응, ④ 전초 수량을 증대시키기 위한 질소, 인산, 칼리의 시비에 대한 반응, ⑤ 이러한 결과를 통하여 월동 이후까지 출하시기를 연장할 수 있는 주년재배 체계를 확립하는데 있다.

연구를 통하여 도출된 결과로는 추대 및 개화를 조절하기 위한 2시간의 night-break 처리를 가할 경우 ① 6월 하순에 되도록 큰 묘를 정식하는 것이 전초수량을 높일 수 있고, ② 일장은 적어도 13시간 이상, 동절기 재배온도는 20℃ 이상 유지하여야 할 뿐만 아니라 차광이 되도록 적게 일어나도록 관리하여야 하며, ④ 전초수량을 증대시키기 위한 질소, 인산, 칼리의 시비 효율은 적으며, ⑤ 출하시기를 조절하기 위한 주년재배는 6월부터 2시간의 night-break를 처리하면서 온도가 하강하는 가을부터는 20℃ 이상으로 가온하면서 재배할 경우 월동 이후인 3월 초순까지도 소화의 개화 없이 재배가 가능하였다. 확보된 이러한 연구결과로부터 제 2 세부과제인 바위솔의 주년재배 체계확립에서 추구하였던 목표는 달성되었다고 할 수 있다.

제 2 절 관련분야 기여도

1. 주년재배 바위솔의 약리성분 변화탐색 : 주년재배 바위솔의 유효 (약리)성분들의 함량이 자연산 바위솔과 비슷하다는 사실은 주년재배 바위솔의 품질을 보장하는 자료로 활용될 수 있을 것이다. 바위솔의 상당한 항산화효과는 생체 내 산화반응을 통해서 진행되는 퇴행성 변화를 지연시킬 수 있다는 사실을 의미한다. 이것은 바위솔을 건강식품으로 개발하는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 바위솔의 항미생물 효과 및 항암효과에 대한 초기 연구결과는 관련 전문가에게 넘겨져 이들 효과에 대한 보다 체계적이고 심층적인 연구로 연결어야 할 것이며 새로운 의약품 개발하는 데 활용되어야 할 것으로 판단된다.

2. 바위솔의 주년재배 체계확립 : 다양한 용도로 이용될 뿐만 아니라 최근 항암 작용이 있는 것으로 알려지면서 소비가 증가되고 있는 바위솔은 농가에서 인위적으로 재배되기 시작하여 재배 규모가 커지고 있다. 그러나 이러한 재배 바위솔은 자연산 바위솔과 출하시기가 겹쳐 판매가격이 낮아 재배농가는 일거에 수확한 후 건조시켜 보관하고 있다. 따라서 출하시기를 임의로 조절할 수 있다면 판매 단가도 높일 수 있을 뿐만 아니라 녹즙 등 이용형태도 다양화 할 수 있다. 바위솔의 주년재배를 구축함으로써 출하시기를 임의로 조절할 수 있는 기초자료로서 ① 2시간의

night-break 처리를 통하여 바위솔의 추대 및 개화 조절은 가능하고 가장 효과적인 처리방법이며, ② 정식 유묘가 클수록 진초수량을 높일 수 있고, ② 일장은 적어도 13시간 이상, 동절기 재배온도는 20℃ 이상 유지하여야 추대 및 개화를 억제할 수 있어 재배환경을 적절히 유지할 수 있으며, ③ 시설하우스에서 주로 재배되기 때문에 차광이 되도록 적게 차광되도록 시설을 관리하여야 하며, ④ 시비량의 조절보다는 완효성인 퇴비 등을 이용한 진초 수량의 증대시키는 방법을 탐색하는 것이 효과적이며, ⑤ 6월부터 2시간의 night-break를 처리하면서 온도가 하강하는 가을부터는 20℃ 이상으로 가온하면서 재배한다면 월동 이후까지도 출하를 조절할 수 있다. 따라서 이상의 기술을 이용한다면 자연산이 바위솔이 출하되는 시기를 피할 수 있어 재배농가는 수익을 증대할 수 있을 뿐만 아니라 출하기간이 확장됨으로서 이용형태도 다양화할 수 있어 판매를 증대시키는 데에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

제 5장 연구개발결과의 활용계획

제 1절 추가연구의 필요성

본 과제외의 주년재배 체계확립에서 설정된 기술로 바위솔의 추대 및 개화 조절이 가능하기 때문에 재배농가는 출하 시기를 임의로 조절하는 것이 가능하다. 자연산 바위솔의 출하되는 시기를 피하여 출하할 수 있을 뿐만 아니라 출하기간도 연장할 수 있어서 이용기간과 형태도 다양화시킬 수 있다. 이러한 재배 바위솔의 출하시기를 임의로 조절할 수 있음으로서 재배농가의 수익성은 증대될 수 있을 것이다. 본 연구의 소과제중의 하나인 약리성분 변화탐색에서 바위솔의 추대 및 개화 조절을 통하여 수확기를 변화시키더라도 자연산 바위솔과 함유성분에 차이가 거의 없는 것으로 조사되어 출하시기를 변화시키기 위한 바위솔의 추대 및 개화 조절은 재배농가에 바로 적용할 수 있는 기술이라 할 수 있다. 따라서 상기 주년재배 체계확립에서 설정된 기술을 더욱 정교하게 보완할 필요성이 있다.

Night-break 처리와 동절기 가운을 통하여 바위솔의 추대 및 개화를 억제할 수 있다 하더라도 현재 바위솔은 전초 무게로 판매된다. 따라서 재배 바위솔이 자연산과 함유성분에서 차이가 없다면 전초 수량을 증대시켜야 농가수익이 증가된다. 본 과제의 주년재배 체계확립 시험에서 일반 농작물의 생장을 촉진하는 속효성 비료성분인 질소, 인산, 칼리의 사용은 그 효과가 미미하며, 특히 생장을 가장 촉진하는 질소 사용량이 증가할수록 전초 수량이 감소할 뿐만 아니라 고사하는 개체의 비율이 높은 것으로 밝혀졌다. 그러므로 속효성인 화학비료에 의존하지 않고 유기질 비료와 같은 완효성 비료를 사용하여 재배 바위솔의 생장을 촉진시킴으로서 전초 수량을 높여 수익성을 확보할 수 있는 방법이 계속 이루어져야만 할 것으로 사료된다. 이러한 측면에서 인위적으로 재배되는 바위솔의 전초 수량을 높여 판매수익을 확보할 수 있는 방법에 관한 시험이 이루어질 수 있도록 추가적인 지원이 이루어졌으면 한다.

제 2 절 타 사업에의 응용

본 과제에서 도출된 연구결과는 바위솔 재배농가 및 가공업체 등에 바로 이용되거나

응용될 수 있을 것이다. 그러나 크게는 아래 분야에 바로 적용될 수 있을 것으로 평가된다.

1. 바위솔 재배농가 : WTO에 이어 외국과의 FTA 체결로 외국 농산물이 국내로 무한정 수입됨으로서 국내 농가들은 새로운 소득원의 창출에 고심하고 있다. 이와 더불어 소득수준이 높아짐으로서 건강에 대한 관심이 증대되면서 바위솔을 소득작물로 개발하고자 대규모로 바위솔을 재배하는 농가들이 늘고 있다. 바위솔은 추대되기 전에는 생장이 극히 부진하고 그 기간도 긴 편인 반면, 9월 추대 이후에는 진초 수량이 급격히 증가하나 그 기간이 극히 짧다. 이러한 특성 때문에 지금까지 출하시기를 조절할 수 있는 기술을 갖지 못한 국내 바위솔 재배농가들은 자연산 바위솔이 출하하는 시기에 일괄 수확하여 차, 술, 환으로 가공하여 이용하여 왔다. 이러한 계절적 편중현상으로 년중 공급될 수 없는 문제점과 공급단가 때문에 도시를 중심으로 형성되어 있고 다량으로 소비되고 있는 녹즙의 원료로 이용되는 데에도 장애가 되어왔다. 따라서 주년재배 기술을 통하여 공급기간을 확대함으로써 바위솔 재배 농가의 판매는 대단히 증가될 수 있을 것이다. 그러므로 주년재배 체계확립 시험에서 도출한 추대 및 개화 조절기술은 자연산 바위솔이 출하되는 시기를 피하여 재배 바위솔을 출하되도록 활용됨으로서 농가의 소득 향상과 소비량 증대와 이용범위를 넓히는 데에 기여할 수 있어 바위솔 재배 농가에 바로 적용될 수 있을 것이다.

2. 가공업체 : 자연산 바위솔과 출하시기가 10월에 집중되고 출하도 단기간에 이루어지기 때문에 녹즙 등의 가공용 원료의 소비되기 어려웠다. 그러나 재배 바위솔도 자연산 바위솔과 같은 단점을 가지고 있으나 본 과제에서 도출한 연구결과를 통하여 자연산 바위솔이 출하되는 시기도 피할 수 있을 뿐만 아니라 출하기간도 상당히 연장할 수 있기 때문에 이로 파생되는 여러 가지 이득을 재배농가에 제공할 수 있다. 재배농가에는 이러한 장점을 제공하는 반면에 바위솔을 환 등으로 가공하는 업체는 자연산이 아닌 재배 바위솔을 원료로 이용할 수 있음으로서 보다 긴 기간에 걸쳐 물량을 확보할 수 있다. 특히 가공업체 중에서 녹즙회사는 가공용 바위솔 생체를 장기간 확보할 수 없어서 소비자의 요구를 수용할 수 없는 실정이다. 바위솔의 주년재배를 통하여 안정적으로 바위솔 생체를 공급받게 됨으로서 매일 일정한 량으로 공급되는 생체의 원료로 자리매김할 수 있어서 사업의 영속성을 확보할 수 있을 것이다. 따라서 바위솔 생산에 본 과제에서 확립된

주년재배 체계는 바위솔의 이용영역을 확장하는데 이용될 수 있다.

제 3 절 기업화 추진방향

본 과제는 최초 계획부터 참여기업이 없었다. 우리나라 농가는 WTO에 이어 한미 FTA가 체결되면서 대체소득작물을 찾아야하는 어려움에 직면하여 있다. 바위솔이 수익성이 있는 대체작물로서 인식되고 환, 녹즙 등 이용범위가 증가하면서 자연산 바위솔로는 수요량을 충족할 수 없었다. 이로 인하여 농지에 재배하는 농가들이 생겨났으며 현재는 재배 농가수와 농가당 재배면적이 확대되고 있다. 재배면적이 확대됨에도 불구하고 기업체로 운영될 만큼 규모가 확대되지 않고 있다. 따라서 본 과제에서 개발된 기술은 바위솔 재배농가들이 영세성을 벗어나 기업화는 데에 기초기술로 활용될 수 있는 것이 현재는 가장 합리적인 것으로 사료된다.

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

바위솔은 중국 등 동아시아에서 오래 전부터 생약재로 이용하여 왔다. 그러나 중국에서의 바위솔에 대한 연구는 유전자원을 수집하여 이를 분류하는 정도인데 우리나라에는 3종 정도가 자생하고 있는 반면, 중국에는 13종 정도가 분포하고 있는 것으로 파악되고 있다. 따라서 바위솔은 우리나라보다 중국에 더 많은 종이 분포하고 있어 육종 소재를 필요로 할 경우 중국으로부터 도입하는 것이 효과적인 것으로 사료된다. 한편 본 과제에서 추구하고 있는 바위솔의 주년재배 체계확립과 이로 인한 약리성분의 변화를 탐색한 연구보고는 본 연구팀에서 발표한 3편의 논문 이외에는 없는 실정이었다. 따라서 본 과제를 수행하면서 수집한 해외 기술에 관한 정보는 종의 분포 이외는 거의 없었다.

제 7 장 참고문헌

제 1 절 주년재배 바위솔의 약리성분 변화탐색

- 申東永, 李榮萬, 金鶴鎭. 1994. 抗癌植物 瓦松의 解剖 形態의 觀察과 大量增殖에 의한 人工 栽培研究. 韓作誌. 39:146-157.
- 李昌福. 1993. 大韓植物圖鑑. p. 402. 鄉文社. 서울, 韓國.
- 陸昌洙. 1989. 原色韓國藥用植物圖鑑. 아카데미 서적.
- 박희준, 문숙희, 박건영, 최재수, 정해영, 양한석, 서석수. 1991. 와송의 항돌연변이 효과. 약학회지. 35:253-257.
- 姜晉鎬. 朴珍緒, 金載祐. 1995a. 長日과 暗期中斷 處理가 바위솔의 生長과 開花에 미치는 影響. 韓作誌. 40:600-607.
- 姜晉鎬, 柳永燮, 鄭載珉, 李正文, 裴星姬, 姜貴善, 沈美靜. 1995b. 抽臺 期 遮光程度에 따른 바위솔의 生長과 形態의 形質. 慶尙大學校 農漁村開發研究. 14:53-60.
- 강진호, 류영섭, 강신윤, 심영도, 김동일. 1997. 暗記中斷 處理時機에 따른 바위솔의 生長, 抽臺 및 開花. 韓作誌. 42(5):597-603.
- 강진호, 류영섭, 조부근, 1996, 暗記中斷 處理期間에 따른 바위솔의 生長과 開花, 韓作誌, 41(2):235-242.
- 지형준, 이상인. 1988. 한약규격집. 한국메디칼인덱스사. 서울, 韓國.
- 裴成植. 1992. 암보감 第5增補版. 全日實業出版局. 光州, 韓國.
- Park H.J., Moon S.H., Young S.H., Kim J.O., Rhee S.J., Choi J.S.. 1991a. A study on the chemical constituents of *Orostachys japonicus* A. Berger. J. Pharmaceutical Society of Korea 22: 78-.
- 左春旭, 仲英, 姜岩青, 蔡玉英. 1984. 瓦松中黃酉同美和合物的 分離 鑑定. Chinese Traditional & Herbal Drugs. 4:148-.
- 左春旭, 仲英, 姜岩青, 王建國. 1985. 瓦松有效成分的 研究. Chinese traditional & Herbal Drugs. 16:243-.
- Sung S.H., Jung W.J., Kim Y.C.. 2002. Natural Product Letters 16:29-.
- 박희준, 임상철, 이명선, 양한석. 1994. Kor. J. Pharmacogn. 25:20-.
- Park H.J., Moon S.H., Park K.Y., Choi J.S., Chung H.Y., Young H.S., Suh S.S..

- 1991b. Antimutagenic effect of *Orostachys japonicus*. J. Pharmaceutical Society of Korea 35: 253-257.
- Park J.G., Park J.C., Hur J.M., Park S.J., Choi D.R., Shin D.Y., Park K.Y., Cho H.W., Kim M.S. 2000. Phenolic Compounds from *Orostachys japonicus* having Anti-HIV-1 Protease Activity. Natural Product Science 6:117-.
- Taiz, L. and E. Zeiger, 1991, The Control of Flowering. p. 513-531. *In* L. Taiz and E. Zeiger (eds.). Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Co., 390 Bridge Parkway, Redwood City, California, USA.
- 신동영, 이영만, 김학진. 1994. 향암식물 와송의 해부 형태학적 관찰과 대량증식에 의한 인공재배 연구. 韓作誌. 39:146-157.
- 안상득, 유창연, 1994, 생육억제물질 처리에 의한 참당귀 추대감소 연구, 동양자원식물학회지 7:1-5.
- 이승택, 1994, 약용작물의 추대원인과 방지, p. 156-160. 특용작물 ('95 새해영농설계 교육), 농촌진흥청.
- 정홍식, 1990, 주요 약용작물재배기술, 농진총서 15, 사단법인 농진회.
- 조선행, 김기준, 1993, 참당귀의 화성억제와 수량변화, 韓作誌, 38:151-158.
- Mancinelli, A.L. 1994. The physiology of phytochrome action. p. 211-269. *In* R.E. Kendrick and G.H.M. Kronenberg. Photomorphogenesis in plants (2nd ed.). Kluwer Academic Pub., 101 Philip Drive, Norwell, MA 02061, USA.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. Photoperiodism. p. 504-530. *In* F.B. Salisbury and C.W. Ross (eds.). Plant Physiology (4th ed.). Wadsworth Publishing Co. Belmont, California, USA.
- Vince-Prue, D. 1983. Photomorphogenesis and flowering. p. 457-490. *In* W. Shropshire Jr. and H. Mohr (eds.). Photomorphogenesis. Encyclopedia of plant Physiology, New series V. 16. Springer-Verlag. Berlin, Germany.
- Zimmer, K. 1985. Sedum. p. 305. *In* A.H. Halevy (ed.). CRC handbook of flowering IV. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Kang JH, Jeon SH, Yoon SY, Hong DO, Shin SC (2005a) Effect of Different Temperatures on Growing and Flowering of *Orostachys japonicus* A. Berger. Korean J. Medicinal Crop Sci. 13(4):600-607.
- Kang JH, Jeon SH, Yoon SY, Hong DO, Shin SC (2005b) Growth and Flowering

- of *Orostachys japonicus* A. Berger by Controlling Daylengths. Korean J. Medicinal Crop Sci. 13(3):114-117
- Kang JH, Park JS, Kim JW (1995) Effect of long-day and night-break treatments on growth and anthesis of *Orostachys japonicus* A. Berger. Korean J. Crop Sci. 40:600-607.
- Kang JH, Ryu YS, Cho BG (1996) Effect of night-break period on growth and anthesis of *Orostachys japonicus*. Korean J. Crop Sci. 41:236-242.
- Kang JH, Ryu YS, Kang SY, Shim YD, Kim DI (1997) Effect of night-break timing on growth, blotting and anthesis of *Orostachys japonicus*. Korean J. Crop Sci. 42:597-603.
- Moore RA (1999) Livial: a review of clinical studies. Brit. J. Obstet. Gynaec. 106(3, Suppl.19):1-21.
- Park HJ, Young HS, Lim SC, Lee MS (1994) Triterpene and Steroids from *Orostachys japonicus* A. Berger. Kor. J. Pharmacogn. 25:20-23.
- Park HJ, Young HS, Lim SC, Lee MS (1994) Triterpene and Steroids from *Orostachys japonicus* A. Berger. Kor. J. Pharmacogn. 25:20-23.
- Reddy, Doodipala S (2003) Pharmacology of endogenous neuroactive steroids. Crit. Rev. Neurobiol. 15(3&4):197-234.
- Selvan, RS, Vladimir P, Padilla GM (1999) Steroids in pancreatic cancer therapy. Curr. Top. Steroid Res. 2:109-117.
- Shimada K, Mitamura K, Higashi T (2001) Gas chromatography and high-performance liquid chromatography of natural steroids. J. Chromatogr. A 935:141-172.
- Zeelen FJ, Makin HLJ, Gower DB, Kirk DN (Eds.), Steroid Analysis, Blackie, London, 1995, 621:Chapter 11.
- Park. HJ, Young. HS, Park. JC, Lee. SR, (1989) *Pusan Bull. Pharm. Sci*, 23(1):1-7.
- Park. HJ, Young. HS, Park. KY, Rhee. SH, (1991) *Arch. Pharm.Res*, 14(2): 167-171.
- Park. JG, Park. JC, Hur. JM, Park. SJ, Choi. DR, Shin. DY, Park. KY, Cho. HW, Kim. MS, (2000) *Natural Product Sciences*, 6(3):117-121.
- Satterfield M and Brodbelt JS, (2000) Enhanced Detection of Flavonoids by Metal

- Complexation and Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Anal. Chem.* 72:5898.
- Robards. K, (2003) Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. *J. Chromatogr. A.* 1000:657-691. Merkin. HM and Beecher. GR (2000) Measurement of Food Flavonoids by High-Performance Liquid Chromatography: A Review. *J. Agric. Food Chem.* 48:577-599.
- Wang H, Helliwell K (2001) Determination of flavonols in green and black tea leaves and green tea infusions by high-performance liquid chromatography. *Food Res. International.* 34:223-227
- Häkkinen SH, Kärenlampi SO, Heinonen IM, Mykkänen HM, Törrönen AR (1998) HPLC Method for Screening of Flavonoids and Phenolic Acids in Berries. *J. Sci. Food Agric.* 77:543-551.
- Kang, JH, Park JS, and Kim JW (1995) Effect of long-day and night-break treatments on growth and anthesis of *Orostachys japonicus* A. Berger. *Korean J Crop Sci.* 40(5):600-607.
- Kang JH, Ryu YS, Kang SY, Shim YD, and Kim DI. (1997) Effect of night-break timing on growth, bolting and anthesis of *Orostachys japonicus*. *Korean J Crop Sci.* 42(5):597-603.
- Kang JH, Ryu YS, Cho BG (1996) Effect of night-break period on growth and anthesis of *Orostachys japonicus*. *Korean J. Crop Sci.* 41(2):236-242.
- Taiz L. and Zeiger E (2002) The control of flowering. p. 559-590. *In* L. Taiz and E. Zeiger (ed.). *Plant physiology* (3rd ed.). Sinauer Associate Inc., 23 Plumtree Road/PO Box 407, Sunderland, MA 01375, MA 01375, USA.

- **바위솔의 주년재배 체계 확립**

- Ahn, I.P., S. Kim, W.B. Choi, and Y.H. Lee. 2003. Calcium restores prepenetration morphogenesis abolished by polyamines in *Collectotrichum gloesporioides* infecting red pepper. *FEMS Microbiology Letters.* 227:237-241.
- Bernier, G, J.E. Kinet, and R.M. Sachs. 1985. Control by light. p. 63-88. *The Physiology of Flowering. V. 3. The Development of Flowers.* CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Biggs, A.R. 1999. Effects of calcium salts on apple bitter rot caused by two

- Collectotrichum* spp. Plant Dis. 83:1001–1005.
- Dyko, B.J. and J.E.M. Mordue. 1979. *Collectotrichum acutatum*. CMI Descriptions of pathogenic Fungi and Bacteria No. 630.
- Felt, W.F. and P. Cook. 2003. Native biofilms mungbean sprout. Can. J. Microbiol. 49:45–50.
- Freeman, S., D. Minz, E. Jurkevitch, M. Maymon, and E. Shabi. 2000. Molecular analyses of *Collectotrichum* species from almond and other fruits. Phytopathology 90:608–614.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1985. Photosynthesis. p. 3–30. In F.P. Gardner, R.B. Pearce, and R.L. Mitchell (eds.). Physiology of crop plants (1st ed.). Iowa State Univ. Presss, Ames, Iowa 50010, USA.
- Han, K.S. and D.H. Lee. 1995. Identification and ethological characteristics of anthracnose fungi isolated from soybean, small red bean and green bean. Korean J. Plant Pathol. 11(1):30–38.
- Heintze, W. 1973. Influence of photoperiod and temperature on flowering of *Sedum bellum*. Acta Hort. 31:57–62.
- Kang, J.H., J.S. Park, and J.W. Kim. 1995. Effect of long-day and night-break treatments on growth and anthesis of *Orostachys japonicus* A. Berger. Korean J Crop Sci. 40(5):600–607.
- Kang, J.H., Y.S. Ryu, S.Y. Kang, Y.D. Shim, and D.I. Kim. 1997. Effect of night-break timing on growth, bolting and anthesis of *Orostachys japonicus*. Korean J Crop Sci. 42(5):597–603.
- Kang, J.H., Y.S. Ryu, and B.G. Cho. 1996. Effect of night-break period on growth and anthesis of *Orostachys japonicus*. Korean J. Crop Sci. 41(2):236–242.
- Lee, H.B., O. Kwon, H. Kim, M. Kim, and C.J. Kim. 2003. Bioactivities of Korean ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) exextract and its potential as a natural pesticide. Res. Plant Disease. 9(2):99–103.
- Park, J.M., J.H. Kang, and M.B. Kim. 2004. Growth and yield of *Atractylodes japonica* Koidz. affected by shading and flower bud pinching. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12(3):231–236.
- Shin, D.Y., Y.M. Lee, and H.J. Kim. 1994. Anatomy and artificial seed propagation in anti-cancer plant *Orostachys japonicus* A. Berger. Korean J.

Crop Sci. 39(2):146-157.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. The Controlling of Flowering. p. 559-590. *In* L. Taiz and E. Zeiger (ed.). Plant physiology (3rd ed.). Sinauer Associate Inc., 23 Plumtree Road/PO Box 407, Sunderland, MA 01375, USA.

Zimmer, K. 1985. *Sedum*. p. 305. *In* A.H. Halevy (ed.). CRC Handbook of Flowering IV. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.