

GOVP1200201690

관수절감형 작물재배용 고흡수성 입자 개발

Development of water holdingholding hydrophilic
polymer particles for horticulture

성균관대학교

농림부

625.04
L 2937

19

최 종 보 고 서

1999년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 관수절감형 작물재배용 친수성 수
지입자 개발에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 10부

2. 최종보고서 디스켓 1매

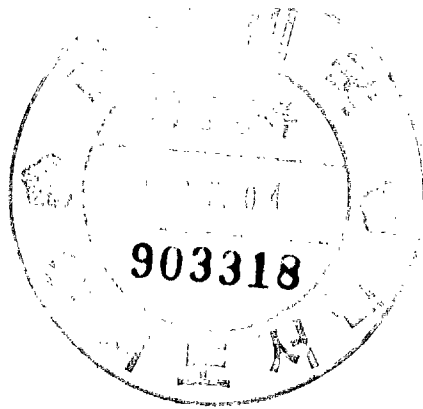
2001년 11월 24일

주관연구기관 : 성균관대학교

총괄연구책임자 : 김 덕 준 (인)

주관연구기관장 : 심 윤 중

농 립 부 장 관 귀 하



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “관수절감형 작물재배용 친수성 수지임자 개발에 관한 연구” 과제 (협동과제 “화훼작물 재배용 친수성 수지 선발에 관한 연구”)의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 11월 24일

주관연구기관명 : 성균관대학교

총괄연구책임자 : 김 덕 준

협동연구기관명 : 서울대학교

협동연구책임자 : 김 기 선

요 약 문

I. 제 목

관수절감형 작물재배용 친수성 수지입자 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

물은 사람의 생존뿐 아니라 동물이나 농작물과 채소, 과일, 화초의 성장에 있어서 그 생명선이 되고 있다. 그러나 우리나라는 때때로 가뭄으로 물의 수급상황이 원활하지 못하여 작물재배에 큰 어려움을 겪어 왔다. 이러한 문제를 해결하는 주된 방법이 현재까지 관수로 확보에 있었으나 관수확보에 한계를 들어내고 있으며 관수의 가격 상승이 예측되는 현 시점에서 보다 적극적인 해결책이 필요하다. 친수성 수지를 토양과 섞어 작물재배에 사용함으로써 보습효과를 상승시킨다면 최소의 관수를 함으로써 비용을 감소시킬 수 있으며 물의 공급에 필요한 인력의 낭비를 줄일 수도 있어 상당한 경제적, 산업적 이득을 가져올 수 있을 것이다. 또한 사회적 문화적으로는 다양한 작물을 지속적으로 공급함으로써 환경 미화와 국민정서 긍정적인 영향을 줄 수 있는 측면에서 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다.

본 연구에서는 친수성 수지입자를 제조하고 화훼작물재배에 이를 적용하여 그 효과를 검토해보았다.

III. 연구개발 내용 및 범위

관수 절감형 친수성 수지의 제조 및 적용에 따른 특성분석을 목적으로 2년 동안 연구가 진행되었다. - 1차년도에서는 주로 polyacrylate 계 수지를 대상으로 2차년도에서는 주로 polyacrylamide계 수지를 대상으로 연구를 진행하였다. 한편 주관연구기관(성균관대학교)에서는 친수성 수지입자의 제조 및 특성 분석, 협동기관(서울대학교)에서는 제조된 수지입자가 작물성장에

미치는 영향평가에 초점을 잡고 연구를 진행하였다.

주관기관에서는 각 수지를 대상으로 최적 친수성 수지입자의 제조 및 제조된 수지입자의 특성고찰에 초점을 잡아 협동연구기관에서 행해질 응용 실험에서의 기본 데이터로 활용하였다. 우선 역현탁중합반응에 의해 친수성 수지를 입자형태로 제조하였다. 평형팽윤 실험과 아울러 FTIR, ICP분광기 등을 이용하여 제조된 고분자의 분자량 및 화학 구조를 분석하였으며, 광학 현미경과 molecular sieve을 이용하여 제조된 수지의 입자 형태 및 입자의 평균 크기를 측정하였다. DSC, TGA 등을 이용하여 수지입자의 열적 특성을, UTM을 사용하여 수지의 기계적 특성을 분석하였다. 제반 특성 가장 중요한 특성이라 할 수 있는 동적, 평형 수분 흡수성과 지속성을 무게의 변화를 측정함으로써 파악하였다.

협동기관에서는 주관기관에서 공급한 polyacrylate계와 polyacrylamide계 분화용 친수성 수지입자의 작물재배효과를 알아보았다. 스킨답서스와 분화국화를 대상으로 친수성 수지입자를 비료, 토양과 같이 첨가한 후 관수를 하는 상태에서 입자와 수분의 정체성을 조사하고, 이에 따른 작물의 생육을 조사하여 수지의 영향을 평가하였다. 앞에서의 연구결과를 토대로 적당한 크기 및 농도의 친수성 수지입자를 포함한 토양과 친수성 입자를 포함하지 않은 토양을 대상으로 하여 실제로 작물을 재배하여 보고 그 결과 수분증발저항에 따른 수분공급량의 절감 효과 및 작물성장효과 등을 비교하여 친수성 수지입자함유 토양의 우월성을 알아보았다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

역상현탁 중합방법을 사용하여 입자형태의 Polyacrylate, polyacrylamide 계 초고흡수성 수지를 제조하였다. 제조된 입자의 평균크기는 50- 200 μm 로서 매우 밀집된 분산을 나타내었으며 계면활성제의 양이 증가함에 따라 크기가 줄어들었다. 가교제의 양이 늘어남에 따라 가교간 분자량이 줄어들었으며 탄성률은 증가함을 알 수 있었다. Na, K등 치환기의 종류와 도입량, 가교제의 양, 입자 크기, 고분자 공중합체의 조성, 그리고 물의 염농도에 따라 수분흡수력에 변화가 있음을 알 수 있었다. 제조된 고분자수지는 열적으로나 기계적으로 안정하였으며 토양과 수지의 증발 실험으로부터 수지가 함유된 토양의 경우가 관수 절감 효과가 있음을 알 수 있었다.

친수성 수지를 분화용 작물에 적용해 본 결과 목본성 덩굴 식물인 스킨

답서스의 생육에 더욱 효과적이었던 것으로 나타났으며 이는 초기 생장시에 뿌리의 발달과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다. 스킨답서스의 적절 친수성 수지 혼합농도는 0.4% 이었으며, 이러한 효과는 다른 목본성 작물에도 적용 할 수 있을 것으로 생각된다.

제조된 친수성 수지를 이용하여 가정용 화초의 재배나 비닐하우스내의 농작물재배에 직접적으로 적용함으로써 공급되는 물의 상당한 절감효과를 기대할 수 있을 것이다. 특히 목본성 작물에 효과적일 것으로 생각된다. 일본 및 중국 등 인접국으로의 분화 수출에 큰 비중을 두고 있는 우리나라의 입장에서 보면 분화생산 및 유통에 본 수지를 응용한다면 궁극적으로 국가 경제에도 도움이 될 수 있을 것이다. 본 연구의 결과는 수분의 공급이 어려운 산악지대에서의 발농사재배나 국내의 가뭄이 많은 지역의 농작물 및 화초 재배에 소규모단위로 적용될 수 있을 것이며, 작물재배에 따른 경제적, 기술적 효과의 분석여하에 따라 재배작물의 적용의 폭을 넓힐 수 있으리라 생각된다. 한편, 이를 현실화하기 위해서는 친수성 고분자의 대량 생산이 가능해야 하며 본 연구의 결과는 이를 위한 생산공정 설계에 크게 활용될 수 있을 것이다.

SUMMARY

I. Title

Development of water holding hydrophilic polymer particles for horticulture

II. Objective and Importance of Research and Development

Water is a life source for the growth of crops, vegetables, fruits, and horticulture as well as human and animals. However, as its supply has been frequently short due to the unpredictable weather like draught, there were sometimes big difficulties in crop cultivation. Although the main solution has been so far the development of new water supplying sources, more positive and efficient solutions are required since water supplying sources are getting limited and their supplying cost is getting increased in the future. If hydrophilic polymers are premixed with soil and used for the horticulture as water holding agents, it will considerably reduce not only water supplying amount and cost but also man power to supply it, and thus bring about the growth in the national economics and industrial benefits. Also, it will have a positive effect on the environmental beautification and people's mental stability.

In this study, the synthesis of hydrophilic polymer particles was discussed and their applicability to horticultural cultivation was evaluated in various aspects.

III. Contents and Ranges of Research

To analyze the preparation and application of hydrophilic polymers for

high water retention, researches have been conducted for two years- researches on the polyacrylate resins were focused in the 1st year and those of polyacrylamide in the 2nd year. Synthesis and material characterizations were mainly studied in Sungkyunkwan University, the major research institute, and the evaluation of the effect of synthesized polymers on the horticultural growth in Seoul National University, the cooperative research institute.

In the major research institute, the synthesis of hydrophilic polymer particles with optimum their characteristics was focused and their data were supplied to cooperative research center for further analysis. Inverse suspension polymerization technique was applied to prepare hydrophilic polymers in particle forms. Molecular weight and chemical structure of the synthesized polymers were characterized using equilibrium swelling experiment and FTIR and ICP spectroscopies, respectively. The size and size distribution of polymer particles were measured using optical microscope and molecular sieve. Thermal property of polymers was characterized using DSC and TGA, and the mechanical property was using UTM. The equilibrium and dynamic swelling and holding properties, the most important properties for their application, were conducted by gravitational weight measurement.

In the cooperative research institute, the effects of hydrophilic polymers, polyacrylate and polyacrylamide both supplied from major research institute, on the growth of a few plants were studied. The retention states of polymer particles and water, and their effects were investigated for the cultivation of *Scindapsus* and *Dendranthema grandiflorum* in the soils mixed with fertilizer and hydrophilic polymers. Based on the results, the water saving and plant growth effects according to the water evaporating resistance were compared for the two horticultural systems, one growing in soils including hydrophilic polymer particles with appropriate amount and size and the other in the regular soils.

IV. Results of Research and Discussion of their Applications

Polyacrylate and polyacrylamide type superabsorbent polymers were synthesized in particle forms using the inverse suspension polymerization method. The mean diameters of the prepared polymer particles were from 50 to

200 μm , and they decreased as the surfactant concentration increased. The molecular weight between crosslinks decreased but the moduli increased with increasing crosslinking amount. The equilibrium swelling ratio of polymer particles in water changed with polymer crosslinking density, the introduction type and concentration of metal ions such as K and Na, polymer particle size, copolymer composition, and saline concentration of water. The synthesized polymers were thermally and mechanically stable, and water saving effect was well shown for the soils including those hydrophilic polymers from water loading and evaporation experiment.

From the data by applying the polydrophilic polymers to the real cultivation of a few plants, its effect was known to be significant for *Scindapsus*, a woody plants, probably because it was closely related with the initial development of roots. The optimum concentration of polymers in mixture was 0.4 % for plat growth, and the similar effect was predicted to other plants.

If the hydrophilic polymers are applied to flowering plants, especially woody plants in house or crop cultivation in vinyl house, considerable amount of water will be saved. As our country exports many plants to neighboring countries like China and Japan, the use of hydrophilic polymer in their production and supply will be a part of help to the national economic growth. Also, the products of present study shall be applied to the field and mountain cultivation or small scale crop or horticultural cultivation especially in the frequent draught region, and the application targets can be expanded according to the analysis of economical and technical effects on crop cultivation. The results obtained from the present study will be used to the plant design for the mass production of hydrophilic polymers for effective crop cultivation.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Section 1. Importance and Current Situation of Research and Development

1. Importance of Research and Deveopment
 - a. Technical Respect
 - b. Economical · Industrial Respect
 - c. Social · Cultural Respect
2. Current Situation and Problems of the Related Techniques in Domestic and Oversea
3. Evaluation of Import of Technique

Section 2. Objective and Contents of Research and Development

1. Objective and Contents of Research and Development
2. Proceeding Strategy and Methods
 - a. Deveopment of Hydrophilic Polymers
 - 1) Synthesis of Optimaum Hydrophilic Polymers
 - 2) Preparation of Hydrophilic Polymer Particles
 - 3) Charaterization of Hydrophilic Polymer Particles

Chapter 2. Preparation and Characterization of Hydrophilic Polymers

Section 1. Superabsorbent Polymers

1. Superabsorbent Polymers
2. Swelling Theory of Superabsorbent Polymers

Section 2. Synthesis of Superabsorbent Polymers

Section 3. Physical Properties of Superabsorbent Polymers

1. Analysis of Physical Properties of Superabsorbent Polymers
 - a. Swelling Ratio of Superabsorbent Polymers
 - b. Characteristics of Superabsorbent Polymers
 - c. Thermal Properties
 - d. Mechanical Properties
 - e. Copolymer Composition
2. Physical Properties of Superabsorbent Polymers
 - a. Type and Mean Diameter of Superabsorbent Polymer Particles
 - b. Composition of Copolymer according to Acrylamide
 - c. Swelling Ratio of Superabsorbent Polymers
 - 1) Particle size Effect on Swelling Ratio
 - 2) Effects of Ion Concentration of External Solution and
Croslinking Agent
Amount on Swelling Ratio
 - 3) Effect of Composition of Sodium polyacrylate/acrylamide
Copolymer on Swelling Ratio
 - d. Thermal Properties
 - e. Evaporation Test of water Swollen Polymers
 - f. Evaporation of Water Loaded Soils
 - g. Mechanical Properties
 - h. Theoretical investigation on the swelling behavior of
superabsorbent polymers

Section 4. Conclusion and Expectation

1. Conclusion
2. Expectation

Chapter 3. Application of Hydrophilic Polymers to Cultivation of Plants

Section 1. Introduction

Section 2. Application to *Scindapsus*

1. Effects of hydrophilic polymer on the cutting of *Scindapsus aureus*
2. Effects of hydrophilic polymer on the growth of *Scindapsus aureus*

Section 3. Investigating and finding of optimum hydrophilic polymer on the growth of *D. grandiflora* cuttings

1. Effects of hydrophilic polymer on the growth of *D. grandiflora* cuttings
2. Effects of hydrophilic polymer on the growth of *D. grandiflora* rooted cuttings
3. Effects of concentration of hydrophilic polymer, kinds of hydrophilic polymer, and irrigation on the growth of *D. grandiflora* 'cook'
4. Effects of concentration of hydrophilic polymer, kinds of hydrophilic polymer, and irrigation on the growth of *D. grandiflora* 'withney'

Section 4. Conclusion

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성 및 현황

1. 연구개발의 필요성
 - 가. 기술적 측면
 - 나. 경제·산업적 측면
 - 다. 사회·문화적 측면
2. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점
3. 기술 도입의 타당성

제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발의 목표 및 내용
2. 추진 전략 및 방법
 - 가. 고흡수성 고분자 수지입자 개발
 - 1) 최적 친수성 수지의 합성
 - 2) 친수성 수지 입자의 제조
 - 3) 친수성 수지 입자의 특성고찰

제 2 장 고흡수성 수지의 제조 분야

제 1 절 고흡수성 수지

1. 고흡수성 수지
2. 고흡수성 수지의 팽윤원리

제 2 절 고흡수성 수지의 제조

제 3 절 고흡수성 수지의 물성

1. 고흡수성 수지의 물성 분석

- 가. 고흡수성 수지의 흡수율
- 나. 고흡수성 수지의 특성
- 다. 고흡수성 수지의 열적 특성
- 라. 고흡수성 수지의 기계적 물성
- 마. Copolymer로 제조된 수지의 조성

2. 고흡수성 수지의 물성

- 가. 고흡수성 수지 입자의 형태와 평균크기
- 나. Acrylamide양에 따른 공중합체의 조성
- 다. 고흡수성 수지의 흡수율
 - 1) 입자 크기에 따른 흡수율의 변화
 - 2) 외부용액의 이온농도와 가교제의 양에 따른 흡수율의 변화
 - 3) Sodium polyacrylate acrylamide 공중합체의 조성과 흡수율
- 라. 고흡수성 수지의 열적 특성
- 마. 고흡수성 수지의 증발 실험
- 바. 토양 보수재의 증발 실험
- 사. 고흡수성 수지의 기계적 특성
- 아. 고흡수성 수지 팽윤의 이론적 고찰

제 4 절 고흡수성 수지의 연구 결과 고찰 및 전망

- 1. 결과 고찰
- 2. 앞으로의 전망

제 3 장 관수절감형 친수성 수지의 분화용 식물에의 적용 분야

제 1 절 서 설

제 2 절 스킨답서스에 대한 적용 실험

1. 스킨답서스의 삼목시에 친수성수지가 생육에 미치는 효과
2. 친수성 수지가 정식 후 스킨답서스의 생육에 미치는 효과

제 3 절 분화국화의 생육에 적합한 친수성 수지의 평가 및 선발

1. 분화국화의 삼목묘 생육에 미치는 효과
2. 삼목발근묘의 후기 생육에 미치는 효과
3. 친수성 수지 함유 및 관수처리가 국화품종 COOK의 생육에 미치는 효과
4. 친수성 수지 함유 및 관수처리가 국화품종 "WITHNEY"의 생육에 미치는 효과

제 4 절 종합 고찰

제 1 장. 서 론

제 1 절. 연구개발의 필요성 및 현황

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

물은 사람의 생존뿐 아니라 동물이나 농작물과 채소, 과일, 화초의 성장에 있어서 그 생명선이 되고 있다. 그러나 요즘 우리나라는 가뭄과 더불어 물의 수급상황이 원활하지 못하고 물의 공급 단가 또한 올라가는 실정이다. 풍부한 물의 공급되지 않으면 농작물 및 원예 재배에 심각한 문제를 초래하게 되어 이미 지난 몇 년 동안의 예를 보아도 가뭄에 따른 작물재배의 피해를 겪은 바 있으며 앞으로도 물의 수급사정이 원활치 않을 경우 온실내외의 작물을 불구하고 그 고통이 계속되리라고 여겨진다. 지금까지 수회에 걸친 어려움이 있었음에도 불구하고 현재까지는 국내에서의 물의 수급상황이 다른 나라에 비하여 크게 심각하지는 않아 이러한 문제를 해결하기 위하여 대비한 주된 방법이 관수로 확보에 있었으나 앞으로 물의 공급여건이 나빠지고 이에 따라 관수의 가격 상승이 예측되어지는 상황에서 최소한의 물의 공급으로 농작물과 화초를 재배할 수 있는 기술이 있다면 그 기술적 가치는 상당하리라 생각되어 진다. 우리나라 외에도 비가 적게 오는 사막과 같은 곳에서는 물을 효율적으로 사용하기 위해 관개법, 증발수량의 억제 등 절수 농법이 주를 이루고 있지만 이는 소극적인 해결책일 뿐 근본적인 대책이 되지 못하고 있다. 본 연구에서는 고흡수성 수지를 토양과 비슷한 크기의 입자형태로 제조하고 이를 농산물, 과일, 화초 등 작물 성장의 영양공급원이 되는 토양 또는 배지에 섞어 물의 증발을 최소화하고 토양 내에 수분의 체류기간을 최대화함으로써 잦은 물의 공급이 없이도 오랜 동안 농작물의 성장이 가능할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다.

특히 분화의 국내유통 및 나아가 수출시 오랜 시간동안의 수송 및 저장과정에서 고흡수성 수지를 사용하면 관수의 필요성이 감소되므로, 비용을 감소시킬 수 있으며 고품질의 분화를 유지하는데 크게 기여할 수 있다.

나. 경제, 산업적 측면

가뭄과 더불어 관수 공급이 어려운 상황에서는 농작물의 재배가 원활치 않으며 이러한 상황에서 어렵게 재배된 작물은 소비자에게 비싼 가격으로 공급되어 질 수밖에 없으며 그에 따라 생산자인 농민에게는 최소한의 이익을, 소비자인 일반 국민들에게는 최대한의 경제적 어려움을 주게 될 것이

다. 노천재배의 경우에는 주로 물의 공급원활성 여부가 기후의 변화에 따라 결정되어져 홍수나 가뭄만 발생하지 않는다면 작물의 재배에 큰 문제가 발생하지 않을 수 있다고 기대할 수 있으나 특히 온실재배인 경우에는 인위적인 방법에 의하여 물을 공급해 주어야 하는 바, 작물의 종류에 따라 차이가 있으나 매일 수 차례 물을 공급해야만 하는 경우도 있는 만큼 물의 공급량과 물의 공급에 필요한 인력의 낭비를 경제적으로 환산하면 그 손실을 간과할 수만은 없을 것이다. 작물을 재배하는데 있어 필요한 토양 내에 수분의 체류시간을 연장함으로써 최소한의 물을 사용할 수만 있다면 물의 소비를 줄일 수 있고 또한 물의 공급에 필요한 인건비를 줄일 수 있으므로 효과적인 작물재배를 통한 경제적, 산업적 이득을 가져올 수 있을 것이다.

또한 현재까지는 상기한 목적으로 흡수성수지를 주로 유럽과 미국으로부터 수입하여 왔으나 국산화가 될 경우 생산비 경감 뿐 아니라 수입대체 및 수출로 인한 외화소비절감 및 국가경제발전에 이바지 할 수 있을 것이다.

다. 사회, 문화적 측면

사회가 고도로 발전할수록 음식물이나 환경미화조성에 대한 소비자의 욕구 또한 매우 다양해지고 있다. 이러한 요구에 부응하여 음식물의 주원료가 되는 농산물과 환경미화의 중심이 되는 화초의 종류도 다양하게 변화하고 있다. 농작물 및 과일, 화초의 저렴하고 지속적인 공급은 만족스러운 국민생활을 영위하는데 기본이 되는 바, 이의 원활한 공급이 이루어지지 않을 때는 국민건강 및 정서에 나쁜 영향을 미치는 것은 물론 사회적 불안을 가져올 수 있는 직접적 원인이 될 수 있어 그 중요성은 새삼 말할 필요가 없으리라 생각된다. 앞으로 건강과 맛, 환경미화에 대한 소비자의 욕구가 점점 커질 가운데 다양한 종류의 농작물의 공급이 필요하다고 생각되어지며 이를 위해서는 수분의 공급이 원활치 않은 상황에서도 다양한 작물을 재배할 수 있는 기술이 필요하다고 생각된다.

우리 나라에서의 꽃의 소비패턴을 보면 가정용으로 분화가 많이 이용되고 있는데, 관리 측면에서 많은 문제점을 가지고 있다. 하지만 친수성수지를 사용하여 관리를 용이하게 할 경우 더욱 많은 소비자가 분화를 이용하게 됨으로써 국민 정서에도 기여할 수 있을 것이다.

2. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

본 연구에서는 친수성 수지를 입자의 형태로 제조하고 이를 토양과 섞어 토양 내 수분의 체류시간을 길게 함으로써 농작물이나 화초재배를 위한 수분의 공급량을 줄이고자 하는데 그 목적이 있다. 친수성 수지는 그 종류가 다양하나 현재까지 주로 여성용 생리대나 아기기저귀의 내부 충전물질로 많이 사용되어지는 물질로서 국내에서는 이러한 용도 이외에는 다른 용도를 별로 개발하고 있지 못하는 실정이다.

한편 국외에서는 이미 친수성 수지를 농작물이나 화초의 재배를 위하여 활용할 수 있는 개발연구를 진행한 바 있는데 그 중 큰 프로젝트로서 일본의 국제무역산업부(Ministry of International Trade and Industry of Japan)는 이집트정부와 함께 공동으로 1990년부터 녹색 토지 프로젝트(green earth project)라는 개발사업을 수행해 오고 있다. 이들의 중간 발표에 따르면 그린하우스내에서 채소와 과일을 재배하는데 있어서 친수성 수지를 사용함으로써 상당한 양의 물을 절약할 수 있었으며 현재에는 친수성 수지의 가격과 빛에 대한 안정성제고에 초점을 잡고서 연구를 박차를 가하고 있는 바 조만간에는 사막지대에까지 채소 및 과일 등의 농작물 재배가 현실화 될 것으로 보고하고 있다. 미국 및 유럽 농업선진국에서도 친수성 수지(hydrophilic polymer, hydrogel 등, 상품명: Terracotem 등)를 이용하여 화단용 토양, 분화용토, 잔디상토, 삼목양토의 물리성 및 화학성을 개선시켜 큰 효과를 보고 있으며, 이에 대한 연구결과보고도 많은 편이다.

또한 중국에서는 자국 내에서 생산되는 채소의 일종인 'Komatsuna'를 대상으로 친수성 수지를 이용하여 수분의 공급량을 최대한으로 억제할 가운데 작물재배에 성공한 바 있는데 이 때 사용한 수지는 폴리아크릴산계로서 토양 내에 약 0.15%만을 함유시킴으로서 10%의 재배성장 효과를 볼 수 있었다고 알려진다. 앞으로 이러한 친수성 수지를 이용하여 농작물을 재배하는데 있어서 현실적으로 흡족한 결과를 얻기 위해서는 가격이 저렴하며, 광 안정성이 있으며, 수분 체류를 최대화할 수 있는 수지를 입자형태로 제조하는 기술력 확보가 가장 중요하다고 할 수 있다.

우리 나라에서도 최근 수목의 이식이나, 삼목용으로 토양에 친수성 수지를 첨가함으로써 그 성공률을 배가시키고 있으나, 전량이 벨기에나 미국으로부터 수입되어지고 있고 또한 국내에서의 실험적인 성적도 전무한 편이다. 공업용 건축자재로 생산이 되고는 있으나 농업용으로는 아직 개발된 것이 없다.

3. 기술도입의 타당성

수분 절감형 농작물재배를 위한 친수성 수지입자 제조 기술은 외국에서도 연구에 돌입한 시점이 얼마 되지 않아 현재로서는 기술도입이 불가능할 것으로 판단된다. 한편 외국에서 이미 개발되어 상품화되어 있는 것들은 고가이기 때문에 대량으로 생산농가차원에서 이용하기에는 문제가 많이 있다. 국내에서도 머지않아 상업적으로 수지입자를 제조할 수 있는 기본능력이 있다고 사료되므로 국내의 기술개발노력의 정도에 따라 외국으로의 기술판매 또한 가능할 것으로 판단된다. 본 연구자는 이미 몇 년 전부터 친수성 수지의 제조방법을 모색해 왔던 바 본 연구진의 독자적인 아이디어를 구현하는데 별 어려움이 없으리라 생각되어 실험에 착수하게 되었다.

제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발 목표와 내용

본 연구에서는 농산물, 과일 및 화초성장의 영양공급원이 되는 토양에 물의 증발을 최소화하여 토양 내에 수분이 체류기간을 최대화함으로써 인위적인 물의 공급이 없이도 오랜 동안 농작물의 성장이 가능하도록 유도할 수 있는 친수성 수지입자를 제조하고 화훼작물재배에 이를 적용하여 효과를 검토해보았다. 이를 위하여 1차 년도에서는 주로 친수성 수지입자의 제조 및 재료 물성 파악에, 2차 년도에서는 토양과 수지입자를 적절한 농도로 혼합하여 친수성 수지입자의 존재가 작물의 성장에 미치는 영향을 평가하는 것을 주목표로 삼고 연구를 진행하였다. 보다 자세한 연도별 연구개발 목표와 내용은 아래와 같다.

2. 추진전략 및 방법

친수성 수지(Superabsorbent or hydrophilic polymer)란 말 그대로 고분자를 물에 담가두면 주위의 물을 흡수하여 일정시간이 지난 후에는 원래 수지가 가지고 있던 부피보다 상당히 큰 (약 100배에서 1000배까지) 부피로 팽창하는 기능성 고분자를 일컫는다. 이 때 순수한 물뿐만 아니라 소금물이나 여러 유기용제가 녹아있는 하수 등에 의해서도 팽윤되어질 수 있어야만 우수한 친수성 수지라 할 수 있다.

이러한 친수성 고분자는 물의 접촉에 의해 저절로 팽윤되어지는 성질을

가지고 있기 때문에 그 적용범위는 상당히 넓다고 할 수 있는데 본 연구에서는 팽윤속도, 최대팽윤용량, 기계적, 열적 물성, 화학적 성질 등이 우수한 친수성 수지를 입자로 제조하여 토양에 혼합함으로써, 작물재배의 근원이 되는 물의 증발을 막아 토양 내에 오랜 동안 수분을 체류케 함으로써 작물재배 시 수분의 공급량을 최소화하는데 그 목적을 두고 있다.

구분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (1999 -2000)	Polyacrylate계 분화용 친수성 수지 개발	- 친수성 수지 입자제조 - 제조 입자의 크기 및 재료특성파악 - 화분 내에서의 특성파악 - 수지의 토양내 안정성 파악
2차년도 (2000 -2001)	Polyacrylamide계 분화 용 친수성 수지 개발	- 토양과의 혼합에 따른 최적 입자 크기 및 농도 결정 - 수지안정성(온도, pH)평가 - 수분절감효과 및 작물생장효과 평가 - 경제성 분석

본 연구에서는 1차년도는 주로 polyacrylate 계 수지를 대상으로 2차년도에서는 주로 polyacrylamide계 수지를 대상으로 연구를 진행하였다. 한편 주관연구기관(성균관대학교)에서는 친수성 수지입자의 제조 및 특성 분석, 협동기관(서울대학교)에서는 제조된 수지입자가 작물성장에 미치는 영향평가를, 참여업체(한국산노프코 주식회사)에서는 수지입자제조를 위한 상용화기술 및 경제성 분석에 초점을 잡고 연구를 진행하였으며 기관 별로 그 내용과 방법은 다음과 같다.

가. 고흡수성 수지 입자 개발(주관기관)

1차년도 : Polyacrylate 계 분화용 친수성 수지입자 개발

2차년도 : Polyacrylamide계 분화용 친수성 수지입자 개발

1) 최적 친수성 수지의 합성

우선 최대의 수분흡수능력과 빠른 흡수율을 보이며, 열적, 기계적 안정성이 있는 친수성 수지를 합성하였다. 빠른 흡수율은 수지의 팽윤속도와 비례하므로 적은 시간 내에 원하는 수지의 팽창성을 얻어서 수지가 완전히 팽윤되는 시간을 단축시킬 수 있다. 수분의 최대흡수능은 수지의 팽윤 부피에 비례하므로 최대의 평형팽윤을 얻을 수 있는 고분자수지에 대한

기초자료를 바탕으로 이에 대한 최적화가 이루어졌다. 또한 넓은 pH와 외부 염용액의 농도 범위에서 수분흡수성에 영향을 적게 받는 친수성 수지를 합성하였다. 순수한 물뿐만 아니라 해수, 하수 등 그 사용환경에 따라서 물의 성질(특히 pH와 염농도)이 약간씩 다르고 이에 따라 친수성 수지의 흡수농도 약간씩 달라지므로 그 사용범위를 광범위하게 넓히기 위해서는 pH나 외부의 염농도의 영향을 상대적으로 적게 받는 K(potassium)을 지닌 염을 포함하고 있는 친수성 수지의 합성을 하여 실험하였다.

친수성 수지는 주로 고분자 사슬에 alcohol 이나 carboxyl acid, amide, sulfuric acid와 같은 친수성 그룹을 가지고 있는데 고분자가 물에 용해되지 않고도 많은 물을 흡수할 수 있는 기능을 가질 수 있기 위해서는 고분자의 분자 구조가 가교(망상)구조를 이루고 있어야 한다. 1980년대 M. O. Weaver와 동료들에 의해서 starch-g-polyacrylate가 큰 수분흡수능이 있다고 발표된 이래로 많은 연구가 진행되어져 근래에는 크게 나누어서 sodium polyacrylate 계와 sulfonated polyacrylamide 계가 많이 연구되고 있는데 상업적으로는 모노머의 가격이 저렴한 sodium polyacrylate계가 가격면에서 그 효용가치가 더 크다고 할 수 있다. 이 두 계열의 흡수성 수지 중 최대흡수율과 빠른 팽윤성을 가지며 좀 더 광범위한 pH범위에서 우수한 흡수능을 나타내며, 가격이 저렴하고 제조가 쉬운 수지를 중점으로 실험하였다.

2) 친수성 수지 입자의 제조

친수성 수지가 토양과 고루 분포되게 섞을 수 있는 방법을 고안하여 친수성 수지가 토양 전체에서 고루 팽윤될 수 있게 해야만 한다. 이 때 생각할 수 있는 방법은 친수성 수지를 입자형태로 만들어서 토양과 혼합시에 고루 분포될 수 있게 만들어 주어야 할 것이다. 역상현탁중합법(Inverse suspension polymerization)을 이용하면 지름 1 mm 정도의 작은 입자형태로 친수성 수지를 제조할 수 있다. 사용되는 계면활성제와 가교제의 종류와 사용량, 반응온도와 시간은 친수성 수지의 입자크기와 흡수성질에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 연구를 중심으로 하였다. 합성에 사용된 모노머는 acrylic acid와 acrylamide를 사용하였으며 Na(sodium)과 K(potassium)을 치환기로 사용하여 친수성 수지를 제조하였다.

3) 친수성 수지 입자의 특성고찰

협동연구기관에서 행해질 응용 실험에서의 기본 데이터로 활용하고자 제조된 수지입자의 입자 특성 및 재료 물성을 다음과 같이 파악하였다.

입자 및 재료특성으로는 다음과 같은 부분에 대해 측정하였다.

- 분자량 및 구조 분석 : 고분자수지의 합성 여부를 FT-IR, NMR등을 이

용하여 분석하였다.

- 열적 특성 : Differential scanning calorimetry(DSC), thermogravimetric analyzer(TGA)등을 이용하여 제조된 수지입자의 유리전이온도, 용융점, 열분해온도 등을 측정하여 열적 안정성을 측정하였다.

- 기계적 특성 : 수지를 실린더의 형태로 제조하고 이것의 압축강도를 측정하여 탄성률과 같은 기계적 강도를 UTM을 이용하여 살펴보았다.

- 수분흡수성 및 지속성 : 본 연구에 있어서 가장 중요한 재료특성이라고 할 수 있는데 수지입자의 본래 무게와 수분흡수과정 중의 입자무게변화를 microbalance를 이용하여 계속 추적, 비교함으로써 수분흡수속도와 평형수분 흡수도를 파악하였다. Tea-bag method에 의해 측정되었다.

- 입자특성 : 광학현미경을 이용하여 제조된 수지의 입자 형태를 파악하였으며, 입자의 평균 크기를 측정하기 위해 Sieve method를 사용하였다.

나. 협동 연구기관 : 친수성 수지입자의 작물재배효과 분석, 평가

1차년도 : Polyacrylate계 분화용 친수성 수지입자의 작물재배효과 분석, 평가

2차년도 : Polyacryamide계 분화용 친수성 수지입자의 작물재배효과 분석, 평가

1) 토양과의 혼합에 따른 최적 입자 크기 및 농도 결정

입자의 크기 및 농도를 변화하면서 친수성 수지를 토양과 혼합하였을 때 입자를 포함한 토양의 수분증발 억제효과를 파악하여 작물재배 시 최적 입자 크기 및 농도를 결정하는 곳에 중점을 두고 실험하였다.

2) 토양 안정성 평가 (온도, pH, 광 안전성평가)

이렇게 해서 만들어진 친수성 수지입자를 비료와 토양이 혼합된 첨가한 후 관수를 하는 상태에서 입자와 수분의 정체성을 조사하고, 이에 따른 작물의 생육을 조사하여 수지의 영향을 평가하였으며, 작물재배 시 환경의 변화가 될 수 있는 주요인자들로서 온도, pH, 광(UV) 등을 들 수 있는데 이들의 변화에 따른 토양의 안정성을 평가하고자 하였으며 연구대상으로 삼을 모델작물은 실험의 편의를 위하여 화분에서 재배가 가능한 화초류 중 다음의 두 가지를 선택하였다.

· 스킨답서스 (*Scindapsus spp.*): 애용되는 걸이화분용 관엽식물

· 분화 국화 (*Dendranthema grandiflorum*): 애용되는 관화용 분화식물

겨울철에 해당하는 온도(약 -10 ℃)로부터 더운 여름철에 해당하는 온도(약 30 ℃)에 이르기까지 여러 온도에서 친수성 수지가 혼합된 토양의 수분증발 저항성을 평가하여 온도와 수분체류성의 상관관계를 알아보았으며, 약산성(pH 5)에서 약알칼리성(pH 9) 정도의 pH 변화 하에서 친수성 수지가 혼합된 토양의 수분증발 저항성을 평가하여 그 상관관계를 알아 보고자 하였다.

3) 수분 및 비료 절감효과 및 작물성장 분석평가

친수성 수지입자를 토양에 혼합하게 되면 토양내의 수분을 오랜 동안 체류케 할 뿐 아니라 농작물이 새 싹을 발아한 이후에도 그 생명을 오랜 동안 지속시키게 할 수 있는 장점이 있다. 즉, 친수성 수지입자가 없는 경우에는 토양이 금방 건조해져버려 씨가 발아할 수 있는 여지가 상당히 줄어들었다고 할 수 있다. 또한 친수성 수지입자의 존재는 수분의 체류시간을 늘리는 이외에도 토양내부에 공기의 양을 증가시키는 역할을 할 수 있어 작물의 성장속도를 상승시키는 역할을 한다. 친수성 수지입자의 존재로서 작물재배 시 얻을 수 있는 효과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 관수빈도의 절감
- 관수량 및 시비량의 절감
- 작물의 낮은 고사율
- 작물의 성장속도 증가
- 비료의 체류시간 증가
- 토양의 물리적인 구조 개선

본 연구에서는 앞에서의 연구결과를 토대로 적당한 크기 및 농도의 친수성 수지입자를 포함한 토양과 친수성 입자를 포함하지 않은 토양을 대상으로 하여 실제로 작물을 재배하여 보고 그 결과 수분증발저항에 따른 수분공급량의 절감 효과 및 작물성장효과 등을 비교하여 친수성 수지입자 함유 토양의 우월성을 알아보고자 하였다.

제 2 장 고흡수성 수지의 제조 및 물성

제 1 절 고흡수성 수지

1. 고흡수성 수지(Superabsorbent polymer)

고흡수성수지는 물과의 접촉에 의해 저절로 팽윤되어 자기 자신의 무게보다 몇 백 배에서 수 천 배까지의 물을 흡수하여 유동성 없는 겔상으로 변화시킴과 동시에 일단 흡수한 물은 어느 정도의 압력에도 빠져나오지 않는 보수력을 지닌 기능성 고분자를 말한다. 주로 친수성 수지를 가교시킨 형태를 많이 사용하며 경제성을 고려하여 가격이 싼 모노머를 이용한 poly(sodium acrylate)가 대표적인 예이다.

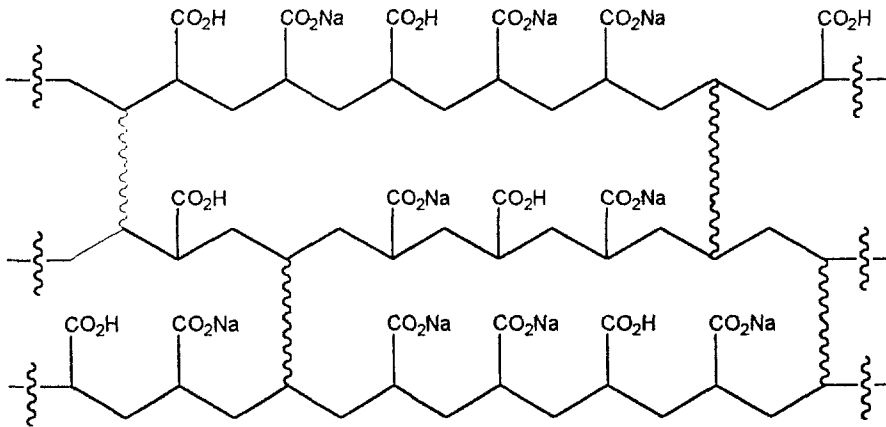


Figure 2-1. Structure of sodium polyacrylate

고흡수성 수지의 분류는 그 조성 및 합성법에 따라 분류하는 것이 일반적이다. 그 조성에 따라 starch계, cellulose계, 합성수지계로 크게 나누어지며, 합성수지계는 다시 모노머에 따라 acryl계, polyvinyl alcohol계, acryl amide계, polyethylene oxide계로 나누어진다. 또한 합성방법에 따라 수용액 중합과 역상현탁 중합의 두 가지로 크게 나누어 볼 수 있다. 고흡수성 수지는 주로 고분자 사슬에 alcohol이나 carboxyl acid, amide, sulfuric acid와 같은 친수성 그룹을 가지고 있는데 물에 용해되지 않기 위해서는 고분자의 구조가 가교망상구조를 이루고 있어야 한다. 이는 가교제를 첨가하여 가교점을 형성시킴으로써 가능하며 이렇게 네트워크로 구성된 고흡수성 수지는 용매에 녹지 않고 다만 팽윤되는 성질을 나타내게 된다. Figure 2-1은 대표적인 고흡수성 수지인 sodium polyacrylate의 구조

를 나타낸 것이다.

수용액에서의 acrylic acid 중합에서는 중합 수용액의 pH, 즉 acrylic acid의 NaOH에 의한 중화도에 따라서 중합속도 및 분자량에 큰 차이가 생기게 되는데, 이 외에도 단량체의 양, 개시제의 양 그리고 가교제의 양과 반응시간과 반응온도 등의 많은 반응 조건들에 따라 제조된 고흡수성 수지의 흡수력은 달라지게 된다. 본 연구에서는 고흡수성 수지의 원리와 특성 및 역상 현탁 중합 방법에 있어서의 위에서 제시된 반응에 영향을 미치는 여러 인자들에 따른 흡수성과 물성을 알아보고 그 증진방법을 알아보고자 한다. 근래에는 크게 나누어 sodium polyacrylate계와 acrylamide계가 많이 연구되고 있는데 상업적으로 모노머가 저렴한 sodium polyacrylate계가 그 효용가치가 크므로 sodium polyacrylate를 사용하여 역상현탁 중합법에 의해 합성된 수지의 입자 특성 및 물성을 중심으로 연구하고자 한다. 또한 토양에 같이 사용할 경우 Na보다는 K이 독성이 적은 점도 감안하여야 하며, 흡수 속도의 경우 acrylamide가 acrylic acid보다 빠르다는 점도 감안하여 acrylamide를 사용한 공중합체에 대한 연구도 같이 병행하여 연구하고자 한다.

2. 고흡수성 수지의 팽윤원리

고흡수성 수지의 경우는 NaOH 등에 의해 모노머를 중화시켜 이온기를 부분적으로 함유한 일종의 고분자 전해질(polyelectrolyte)의 하나이다. 이렇게 만들어진 고흡수성 수지는 외부의 물이나 기타 용매를 만나면 Na의 해리가 일어나고 이렇게 생성된 Na⁺ 이온에 의해서 내부와 외부 사이에 이온의 농도 차이가 발생하게 된다. 이로 인하여 삼투압이 유발되어 용매가 고분자의 삼차원 구조 안으로 들어오게 된다. 하지만 이것은 가교된 고분자 사슬의 탄성력에 의해 평형에 도달하면 더 이상의 흡수는 일어나지 않게 된다. 또한 3차원의 가교로 이루어진 망상구조로 되어 있어 어느 정도 압력에도 흡수한 물을 내어놓지 않게 되는 것이다.

제 2 절 고흡수성 수지의 제조

고흡수성 수지는 주로 분말상이나 필름, 섬유상으로 많이 만들어지며, 특히 분말상이 블렌딩이나 첨가제로써 사용이 용이해 세계적으로 가장 많이 생산되고 있다. 이 수지의 제조 방법은 NaOH와 같은 염기에 의해 모노머를 중화 적정한 후, 가교제와 개시제를 첨가하여 분산상을 제조하여 이 분산상을 유기 용매와 계면활성제로 이루어진 연속상에 첨가하여 역상 현

Table 2-1. Reagents for superabsorbent polymers.

	Use	Reagent	Source	Grade
Dispersed phase	Monomer	Acrylic acid	Daejung	99+%
		Acrylamide		
	Crosslinker	<i>N,N'</i> -methylenebis acrylamide	Acros organics	96+%
	Initiator	Potassium persulfate	Duksan	1st grade
	H ₂ O			distilled
Continuous phase	Surfactant	SPAN-60	Daejung	
		Ethyl cellulose 50	Junsei	
		Cyclohexane	Daejung	99+%

탁 중합 방법에 의해서 입자 형태의 고흡수성 수지를 얻는다. 이렇게 역상 현탁 중합을 하는 이유는 미세한 입자형태로 만들어서 고흡수성 수지의 물에 대한 흡수율과 흡수속도를 높이고 첨가제로서의 사용이 용이하게 하

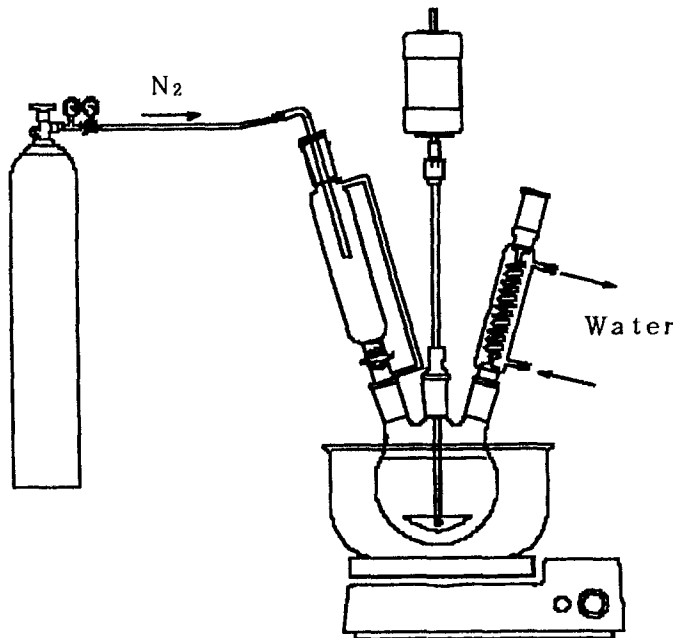


Figure 2-2. The device for inverse suspension polymerization.

기 위함이다. 합성은 역상현탁중합(Inverse suspension polymerization)에 의해 제조되었으며 자유라디칼 반응으로 장치도는 Figure 2-2와 같다. 우선 연속상은 삼구 플라스크에 cyclohexane 220ml를 넣고 비이온 계면활성제인 Span 60과 ethyl cellulose를 혼합하여 60℃의 oil-bath 안에서 mechanical stirrer를 이용하여 250rpm의 속도로 교반하며 충분히 녹여준다. 분산상은 아크릴산은 25.4wt%의 NaOH와 KOH 수용액 1.75mol로 중화시켜 이온기를 형성하여 준다.

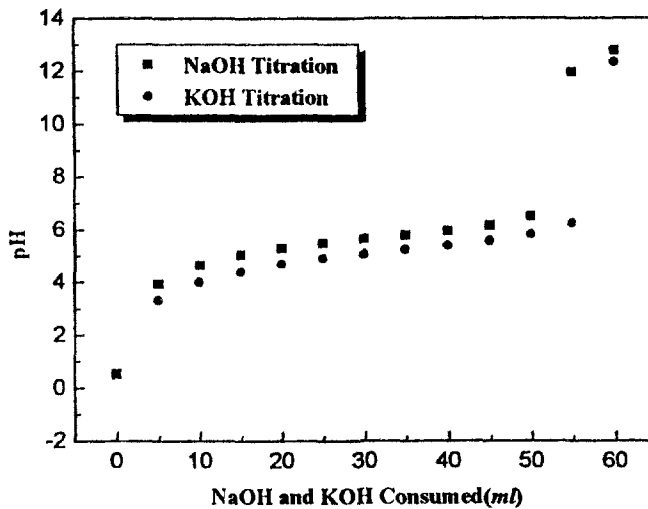


Figure 2-3. Titration of acrylic acid with sodium hydroxide and potassium hydroxide.

Figure 2-3에서 볼 수 있듯이 모노머의 중화정도는 약 75% 정도로 하였으며 이 때의 pH는 5.7 정도였다. 중화과정 중 많은 열이 발생하므로 충분히 식힌 후 가교제인 *N,N'*-methylene bisacrylamide와 개시제인 potassium persulfate를 첨가하고 교반하여 완전히 녹인다. 분산상을 dropping funnel을 이용하여 일정한 속도로 연속상에 첨가하여 준다. 이때 개시제와 가교제는 반응직전에 분산상에 첨가하여 미리 반응이 가는 것을 방지한다. 또한 삼구 플라스크 안은 질소기류를 유지하며 2시간동안 60℃에서 교반을 계속하며 반응을 종결한다. 반응이 종결된 후에는 cyclohexane을 제거하고 400ml의 메탄올이 담긴 비이커에 합성된 고흡수성 수지를 부으면서 격렬하게 교반하여 30분간 세척하여 미반응 모노머와 계면활성제, 개시제를 제거한다. 이후 유리필터로 합성된 수지를 메탄올로부터 분리하여 60℃ 오븐에서 24시간 동안 건조시켜 고흡수성 수지의 입자를 얻는다.

제 3 절 고흡수성 수지의 물성

1. 고흡수성 수지의 물성 분석

가. 고흡수성 수지의 흡수율

고흡수성 수지입자의 흡수율은 Tea bag법, Demand wettability법, 유동법 등 여러 가지의 방법으로 측정될 수 있다. Demand wettability법은 시료를 용매에 접촉시켜 흡수된 용매의 부피를 측정함으로써 흡수율을 구하는 방법을 말하는 것이며, 유동법은 일정량의 시료를 비이커에 넣고 액체를 서서히 가하여 팽윤시켜 gel이 유동하기 시작할 때의 액체 첨가량을 흡수력으로 하는 방법이 그것이다. 본 실험에서는 녹차의 tea bag을 비우고 그 안에 시료를 넣고 수용액에 침적시켜 일정시간이 지난 후에 꺼내어 중량을 측정하는 방법을 사용하였다.

고흡수성 수지의 흡수율은 입자의 크기에 따라, 네트워크를 구성하는 가교 정도에 따라, 치환되는 염의 종류에 따라, 모노머의 종류에 따라서 각각 다른 정도를 나타낸다. 본 실험에서는 위 네 가지의 요인들에 따라 흡수율이 어떻게 변화하는지 측정하여 흡수능력에 어떤 변화가 있는지 알아보았다. 또한 평형 상태에 도달한 고흡수성 수지 입자들이 얼마나 빨리 증발되는지를 역시 tea bag법을 이용하여 측정함으로써 위 인자들이 증발에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

흡수율의 계산에 쓰인 식은 다음과 같다.

$$Q = \frac{M_t - M_0}{M_0}$$

M_t : the weight of swollen superabsorbent polymer at time t (g)

M_0 : the weight of superabsorbent polymer before swelling (g)

Q : water uptake ratio (g/g)

나. 고흡수성 수지의 입자 특성

역상 현탁 중합법에 의해 제조된 고흡수성 수지는 연속상에 들어가는 계면활성제의 양을 조절함으로써 입자의 평균크기나 분포를 조절할 수 있다. 합성된 수지의 입자크기와 분포를 측정하기 위해 μm 크기의 다단의 sieve를 이용하여 각각의 크기에 따른 무게를 측정하여 구하는 Sieve method를 사용하였다. 사용된 sieve는 청계사의 standard testing sieve(model 20, 25, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 120, 140)를 사용하였다.

다. 고흡수성 수지의 열적 특성

합성된 흡수성 수지는 Thermogravimetric analyzer(TGA, Perkin-Elmer, TGA7)를 사용하여 분해온도를 알아보았다. 승온속도는 30℃/min으로 하여 질소퍼지하에서 25℃에서 800℃까지 측정하였다. 고흡수성 수지의 내부에 존재하는 수분을 제거하기 위해 150℃에서 2시간동안 건조 후 측정하였다.

라. 고흡수성 수지의 기계적 물성

제조된 수지의 기계적 물성을 알아보기 위해서 Universal test machine(UTM, LLOYD LR10K)을 사용하여 압축강도를 측정하였다. 소프트웨어는 winap version 1.3을 사용하여 계산하였다.

마. copolymer로 제조된 수지의 조성

acrylate와 acrylamide의 공중합체로 형성한 고흡수성 수지에서의 두 모노머의 조성비율에 따른 공중합체내에서의 서로의 조성변화를 알아보았다. 측정을 위해서 Elemental analyzer(SHNS/O Analyzer, Perkin-Elmer)를 사용하였으며 acrylate 모노머의 농도를 고정하고 acrylamide의 농도를 조절함으로써 공중합체의 조성이 어떻게 변화하는지를 알아보았다.

2. 제조된 고흡수성 수지의 물성

가. 고흡수성 수지 입자의 형태와 평균 크기

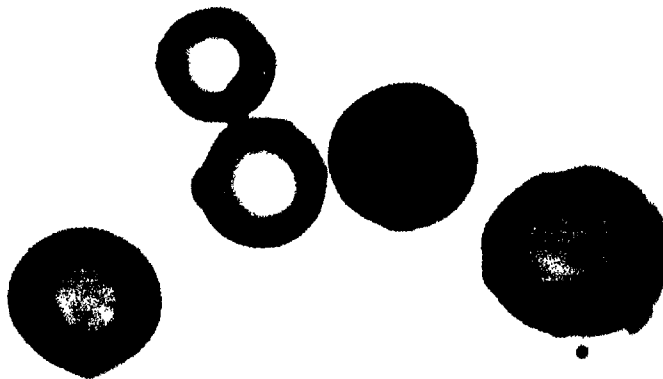


Figure 2-4. Micrograph of sodium polyacrylate particles

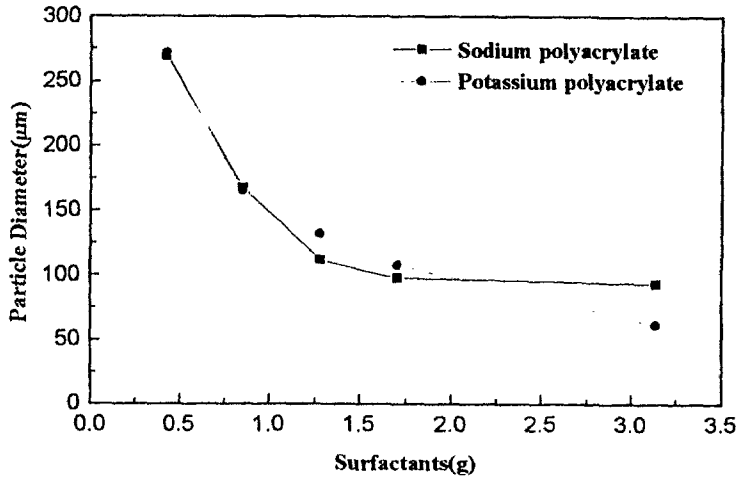


Figure 2-5. The effect of surfactant content on the average size of SAP particles prepared.

역상현탁중합법에 의해 합성된 수지의 경우 입자형태의 수지가 얻어졌음을 Figure 2-4에서와 같이 광학현미경을 통해 관찰할 수 있었다. 계면활성제의 양에 따른 수지 입자의 변화는 Figure 2-5에서와 같다.

Figure 2-5는 sodium polyacrylate의 계면활성제 양에 따른 입자의 평균 크기를 나타낸 것이며, 계면활성제의 양이 3.14g(span60 1.07g, ethyl cellulose 1.07g)이 사용된 연속상에서 합성된 sodium polyacrylate는 92.8505 μ m의 평균 입자 크기를 나타내며 이는 0.858g의 계면활성제가 사용된 경우의 167.30 μ m 평균 입자 크기보다 작음을 볼 수 있다. Figure 2-5에서 보면 potassium을 sodium 대신 사용하였을 때 역시 입자의 크기는 첨가된 계면활성제의 양이 많아질수록 작아짐을 볼 수 있다. sodium과 potassium을 사용하여 제조한 수지를 서로 비교해보면 3.14g의 계면활성제를 동일하게 사용한 경우 입자의 평균 크기는 potassium이 271.67 μ m로 sodium에 비해서 크다. 하지만 0.858g의 계면활성제를 사용하였을 때 sodium을 사용한 것이 더 큰 것으로 보면 potassium을 사용한 것이 sodium을 사용하였을 때 보다 크다고는 할 수 없다.

나. Acrylamide양에 따른 공중합체의 조성

Elemental analyzer(SHNS/O Analyzer)를 사용하여 C와 N의 조성을 wt%로 얻을 수 있었으며, 분석기기의 처음과 마지막에 표준시료인 acetanilide를

사용하여 측정값을 믿을 수 있음을 확인하였다. 표 2-2에서 볼 수 있듯이 아미드의 양이 증가할수록 공중합체인 $-(CH_2CHCOONa)_n-(CH_2CHCONH_2)_m-$ 내에서의 acrylamide(m)의 양이 증가하는 것을 볼 수 있다.

Table 2-2. sodium acrylate / acrlamide ratio in copolymer.

Acrylamide/Acrylic acid(g/g)	5/20	10/20	15/20	20/20
C(wt%) in polymer	42.30	43.41	44.42	45.21
N(wt%) in polymer	2.54	4.58	5.67	6.95
n/m	4.5512	2.154	1.6114	1.4992

다. 고흡수성 수지의 흡수율

1) 입자 크기에 따른 흡수율의 변화

계면활성제의 양에 따라 입자의 크기가 달라짐을 위에서 확인하였다. 이렇게 각각 다른 평균 입자 크기를 가진 수지는 그 크기에 따라 다른 흡수율을 나타낸다. Figure 2-6, 7은 같은 무게의 입자를 물에 담근 후 tea bag법에 의해 측정된 것으로 입자의 크기에 따른 흡수력을 나타낸 것이다. 같은 양의 수지를 사용하였지만 입자의 크기가 작은 것이 초기 흡수 속도는 물론이고 최종 평형 흡수량 또한 큰 것을 확인할 수 있다.

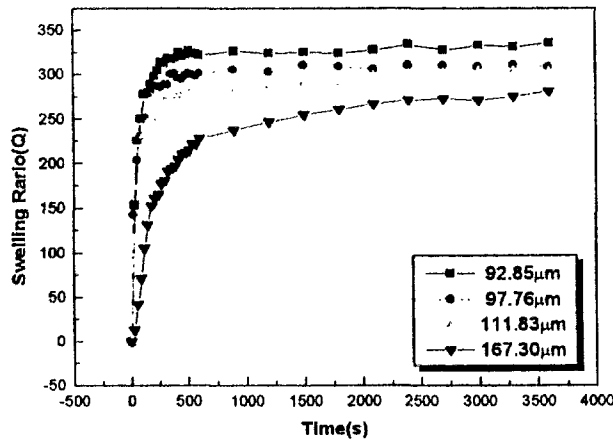


Figure 2-6. Water uptake ratio according to different particle sizes of sodium polyacrylate.

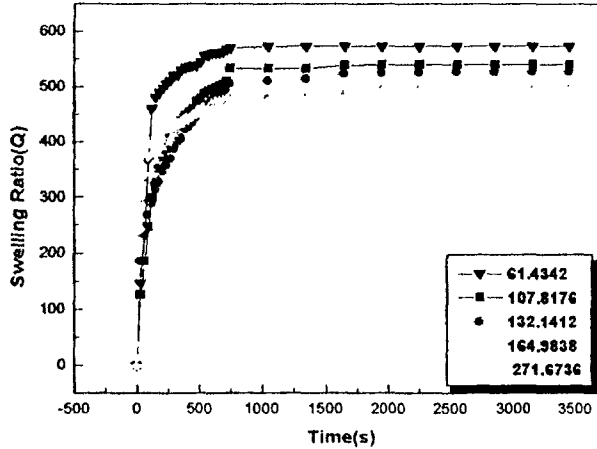


Figure 2-7. Water uptake ratio according to different particle sizes of potassium polyacrylate.

이것은 물에 분산되어 있는 고흥수성 수지의 입자가 같은 무게를 사용하였음에도 물과 접촉할 수 있는 표면적이 더 커져 물이 고흥수성 수지 안으로 들어오는 속도가 빨라졌기 때문이며 초기에 들어온 물의 양이 달라져 sodium이나 potassium의 해리가 각기 다르게 나타나기 때문이다. 흡수량의 경우도 동일한 가교제를 사용하여 가교 밀도가 같기 때문에 탄성에 의한 흡수 억제에 영향을 큰 입자보다 작은 입자에서 분산되어 받기 때문이다. 또한 입자의 평균 크기가 작아짐에 따라 물과의 접촉면이 많아져 수지 표면에 가질 수 있는 물 역시 많아지기 때문이다.

2) 외부용액의 이온농도와 가교제의 양에 따른 흡수율의 변화

고흡수성 수지외부에 있는 용액의 이온농도 변화에 따른 흡수능력을 알아보기 위해서 순수한 증류수와 0.09wt%, 0.4wt%, 0.9wt%, 1.5wt%인 NaCl 수용액에 대해서 최대 평형팽윤도를 측정하였다. Figure 8과 9에서 볼 수 있듯이 NaCl의 농도가 0에서 0.09wt%로 약간 증가하면 흡수율은 약 1/4과 1/3으로 급격히 감소했다. 그러나 NaCl의 농도가 증가할수록 감소되는 정도는 완만해짐을 볼 수 있다. 고흥수성 수지의 팽윤 메커니즘이 고분자 내부와 외부의 이온농도에 따른 것임을 생각하면 외부용액의 이온농도가 증가할수록 고흥수성 수지의 내부와 외부의 용액의 이온농도 차이가 적어짐으로 이와 같은 결과가 나온다.

공중합체로 제조된 수지의 경우는 아래의 Figure 2-10에서 볼 수 있듯

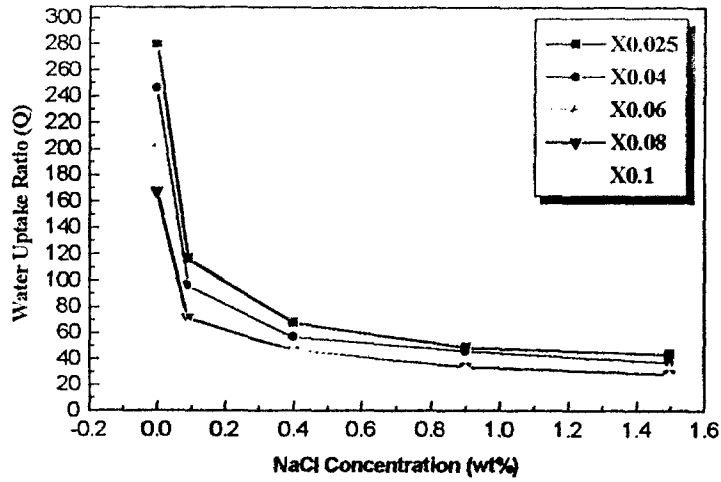


Figure 2-8. Effect of crosslinking agent contents and NaCl concentration on the water uptake ratio of sodium polyacrylate.

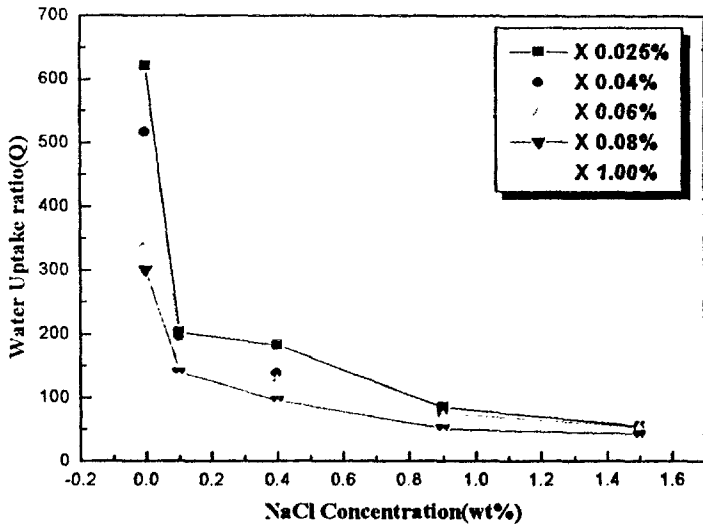


Figure 2-9. Effect of crosslinking agent contents and NaCl concentration on the water uptake ratio of potassium polyacrylate.

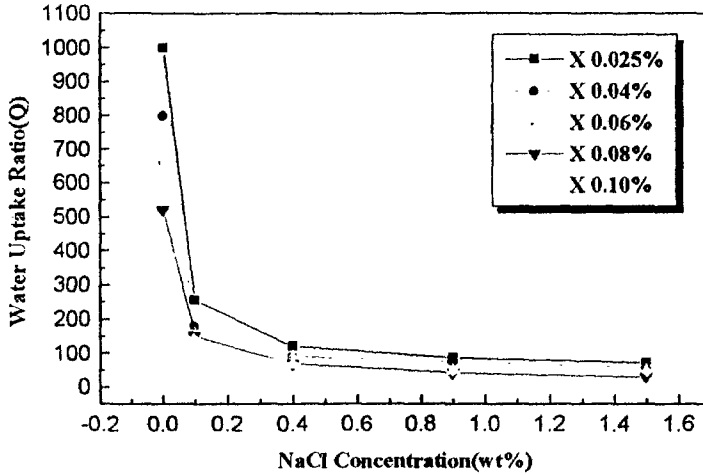


Figure 2-10. Effect of crosslinking agent contents and NaCl concentration on the water uptake ratio of sodium polyacrylate acrylamide copolymer.

이 초기 저농도의 NaCl에서 평형 흡수율이 acrylic acid로 된 수지보다 높음을 볼 수 있었다. 하지만 외부 용액의 염농도가 높아질수록 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있었다. 가교도에 따른 흡수율의 변화를 보기 위해 가교제의 함량을 모노머인 아크릴산에 대해 0.025wt%, 0.04wt%, 0.06wt%, 0.08wt%, 0.1wt%의 비로 각각 첨가하여 최대 흡수 실험을 비교하였으며 그 결과는 역시 Figure 2-8, 9에 나타나 있다. 가교제의 양이 많이 첨가될수록 sodium polyacrylate와 potassium acrylate 모두 흡수능력이 떨어짐을 볼 수 있다. 이것은 첨가되는 가교제의 함량이 많아질수록 가교 밀도가 높아져 네트워크의 탄성이 흡수를 제한하기 때문이다. 또한 외부 용액의 농도가 증가하면서 가교제의 양에 대한 흡수율의 차이가 줄어들어 가는 것은 고흡수성 수지의 내부와 외부의 이온의 농도 차이가 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 실험에 사용된 가교제의 양과 외부의 용액의 농도일 경우 흡수력에 미치는 영향은 가교제에 의한 것보다 외부 용액의 농도가 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 공중합체의 경우에도 동일한 경향을 Figure 2-10에서 볼 수 있다.

3) Sodium polyacrylate acrylamide 공중합체의 조성 and 흡수율 Poly (sodium acrylate acrylamide) 공중합체 입자를 합성하기 위해 먼저 sodium polyacrylate를 만든 후 acrylamide와 개시제, 가교제를 분산상으로 사용하

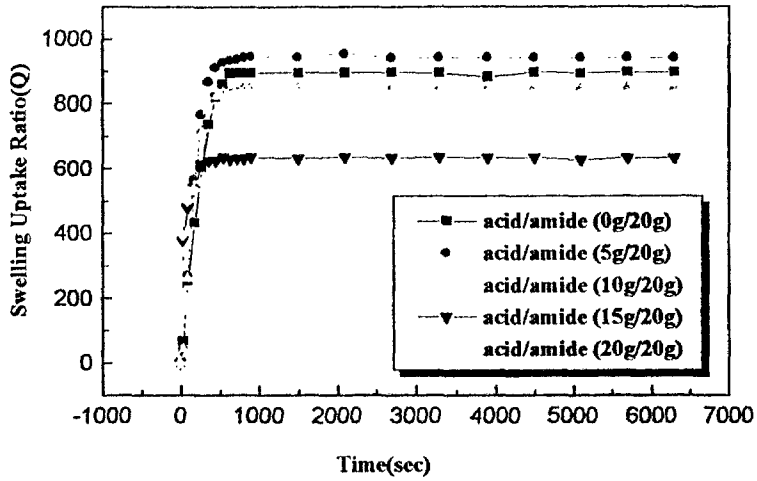


Figure 2-11. Effect of acrylic acid/acrylamide ratio on the water uptake ratio of sodium polyacrylate acrylamide copolymer.

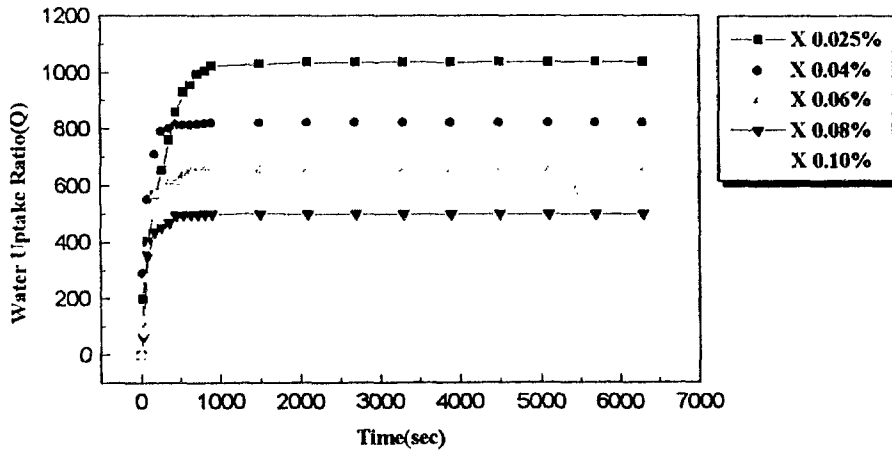


Figure 2-12. Effect of crosslinking agent contents the water uptake ratio of sodium polyacrylate acrylamide copolymer.

여 합성하였으며 acrylamide/acrylic acid의 양을 5g/20g, 10g/20g, 15g/20g, 20g/20g의 비율로 고흥수성 수지를 제조하였다. 또한 가교제의 양에 따른 흡수력을 측정하기 위해 가교제의 양을 각각 모노머의 0.025%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.1%의 질량 분율을 사용하여 고흥수성 수지를 제조하였다. Acrylamide의 함량에 따른 공중합체내의 acrylamide의 양은 표 2

-2에 나타나 있으며 acrylamide의 첨가량이 많아질수록 poly(sodium acrylate acrylamide)공중합체에서 acrylamide의 함량이 많아지면서 초기 흡수력은 증가하게 되는 것을 볼 수 있다. Figure 2-11에서 보면 첨가된 acrylamide의 양이 acrylic acid의 1/4이 들어간 경우가 가장 평형 흡수율이 높은 것으로 나타났으며 이후 아마이드의 함량이 증가할수록 흡수율은 떨어지는 것으로 확인되었다. 그러나 평형에 이르기까지의 흡수 속도는 아마이드의 공중합체 내에서의 비율이 커지면서 약간씩 빨라짐을 알 수 있었다. 고흡수성 수지는 입자가 수용액과 접촉하여 팽윤되기 시작하면서 입자와 입자간의 그리고 입자내의 고분자 사슬간에 점성이 증가되며 멩치는 현상이 발생하게 된다. 하지만 수용액이 입자간을 용매가 잘 확산해가기 위해서는 공간의 유지가 필요하게 되며 acrylamide로 구성된 부분이 초기에 이 공간을 확보해 줌으로써 평형에 이를 때까지의 흡수속도를 높여주게 된다. 초기에 Na로 되어진 sodium polyacrylate는 한꺼번에 해리되어 점성이 급격히 증가하게 되며 용매 확산 통로를 막아버릴수 있기 때문에 아마이드가 첨가된 공중합체의 초기 흡수속도가 빠른 것으로 보인다. 가교제의 양에 따른 평형 흡수력의 차이는 역시 두 가지 경우 모두 동일하게 가교밀도가 높아짐에 따라 흡수력이 떨어짐을 볼 수 있다

라. 고흡수성 수지의 열적 특성

Figure 2-13는 25℃에서 800℃까지 10℃/min의 승온 속도로 측정된 TGA로부터 얻은 곡선이다. 실선으로 표시된 샘플은 TGA에서 150℃ 두 시간 동안 건조 후 측정된 것이며, 점선으로 표시된 그래프는 60℃ 오븐에서 건조

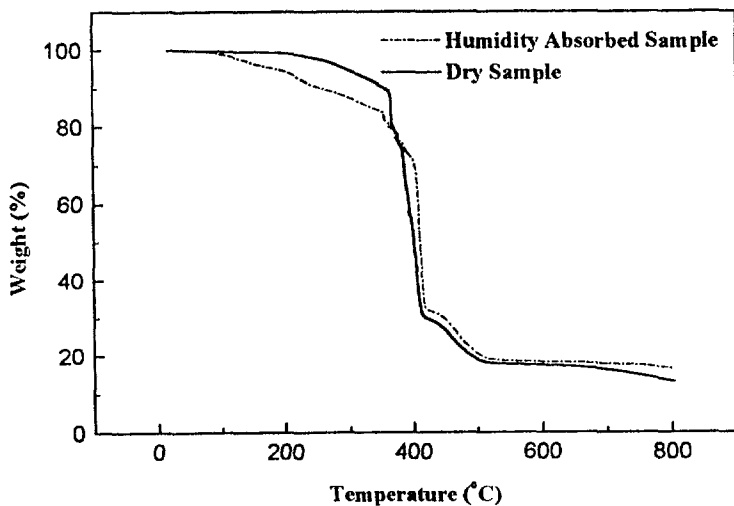


Figure 2-13. TGA curves of sodium polyacrylate

된 샘플이다. 200℃부터 약간씩의 무게 감소가 일어나기 시작하며 본격적으로 분해되는 온도는 350℃ 정도에서 관찰할 수 있다. 이는 다른 블렌딩 시의 첨가제 등이 150℃가 최고 온도라는 것을 생각한다면 일반적인 사용 용도 이외에도 열적인 안정성을 필요로 하는 첨가제로서도 사용 가능하다는 것을 알 수 있었으며, 또한 제조된 이후 60℃에서 건조된 샘플의 경우 네트워크 구조안에 얼마간의 수분을 보유하고 있음을 알 수 있었다.

마. 고흡수성 수지의 증발 실험

고흡수성 수지의 특징으로는 흡수력이 중요하지만 흡수한 용액을 어느 정도 지닐 수 있는지의 정도 또한 매우 중요하다. 흡수된 용액을 얼마의 시간 동안 지니고 있을 수 있는지 알아보기 위해 입자의 크기, 모노머의

조성, 가교제의 함량이 다를 경우에 대해 증발 실험을 하였다. 그리고 토양에의 적용성을 확인하기 위해 토양과 섞은 고흡수성 수지와 고흡수성 수지 자체만을 사용하여 증발 실험을 비교하여 보았다. Figure 2-14, 15는 sodium polyacrylate와 potassium polyacrylate의 입자 크기에 따른 증발

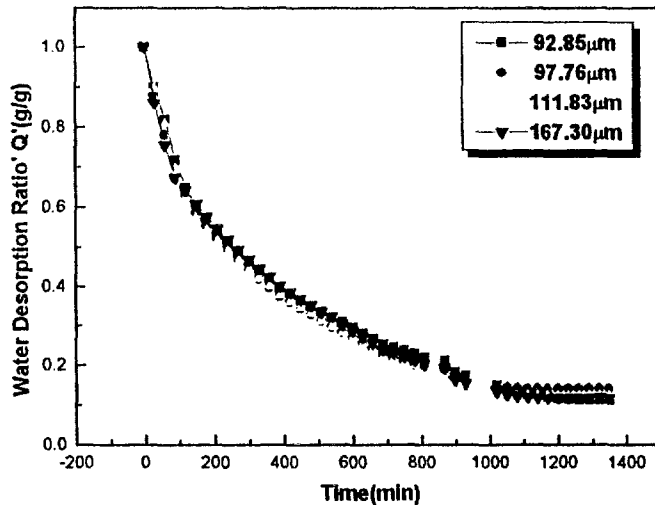


Figure 2-14. Particle size dependence of water desorption rate of sodium polyacrylate.

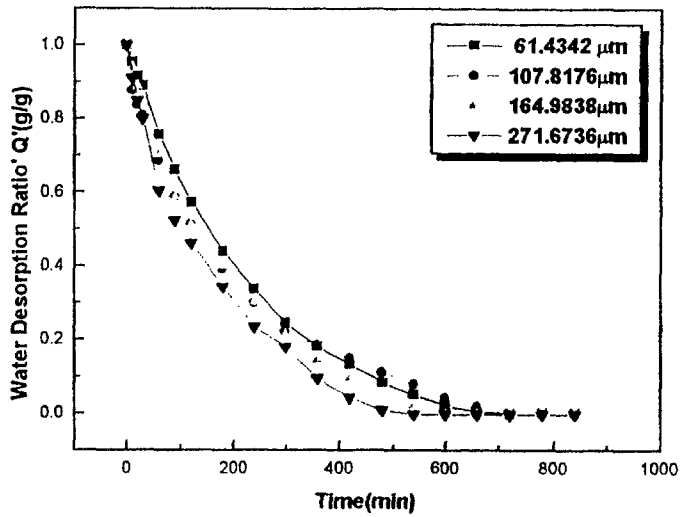


Figure 2-15. Particle size dependence of water desorption rate of potassium polyacrylate.

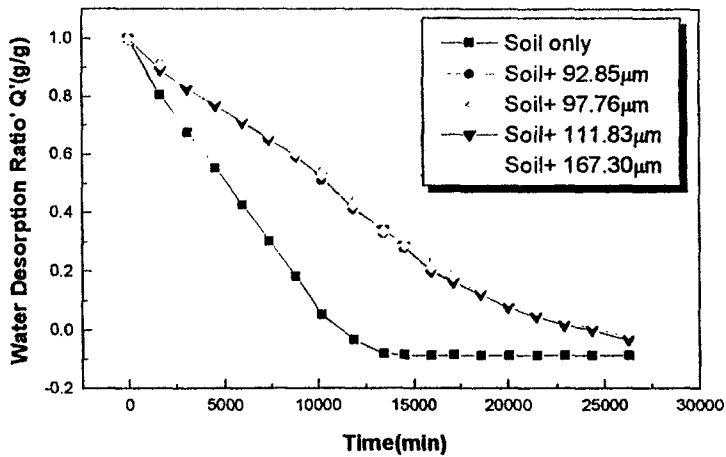


Figure 2-16. Water desorption rate of sodium polyacrylate in soil.

실험의 결과를 나타낸 것이며 여기에서 볼 수 있듯이 증발하는 양이 시간에 따라 큰 차이가 없이 줄어들을 볼 수 있다. 이것은 입자의 크기나 모노

머의 성분 그리고 가교제의 양은 증발에는 커다란 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 그러나 Figure 2-16에서 볼 수 있듯이 토양과 고흡수성 수지의 혼합물과 고흡수성 수지만으로 된 증발실험의 비교에서 보면 토양만을 사용한 경우보다 수지와 토양의 혼합물이 더 오랜 시간 동안 흡수한 물을 지니고 있음을 알 수 있다. 전체적으로 보면 수지만으로 실험한 경우 18시간 이후에는 함유한 수분이 모두 증발하였으며 흙으로만 된 수지의 경우 9일이 수지를 포함한 흙의 경우 19일 이후에 수분이 모두 증발하는 것을 볼 수 있다.

바. 토양 보수재의 증발실험

토양 보수재로 사용되는 Petmoss와 Perlite, Vermiculite의 흡수 및 증발 특성을 파악해 보기 위해 증발 실험을 하였다. 토양의 대체인 perlite를 보수재인 vermiculite와 petmoss에 혼합하여 증발 실험을 하였으며, Figure 2-17에서 볼 수 있듯이 단일로 쓰인 것 보다는 혼합하여 사용한 것이 더욱 오랫동안 물을 함유하고 있었으며, Perlite의 경우는 보비력이 없어 비료성분을 잘 함유할 수 없지만 물을 더 오랫동안 함유할 수 있음을 알 수 있었으며, Petmoss의 경우 과건조시에 흡수능력을 상실함으로 건조시키지 못한 Petmoss가 섞인 실험의 경우 다른 것보다 낮게 나타남을 볼 수 있었다. 대체적으로 Perlite, Vermiculite, Petmoss의 순으로 수분을 오래 가질 수 있음을 알 수 있었으며, 초기 흡수율도 단독으로 사용되었을 경우 위와 같은 순으로 많은 수분을 함유함을 알 수 있었다.

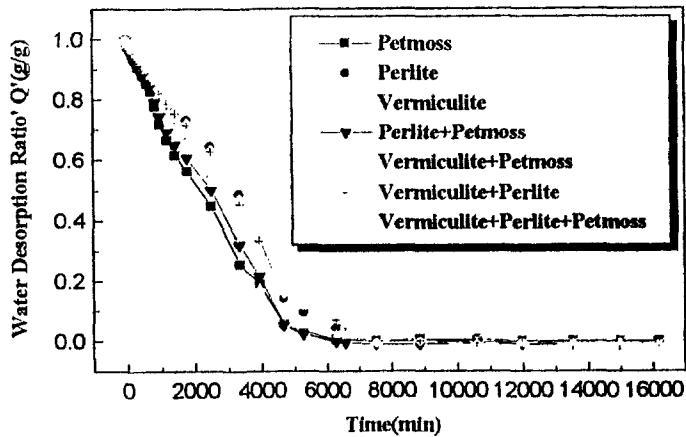


Figure 2-17. Water desorption ratio of perlite, petmoss, and vermiculite

사. 고흡수성 수지의 기계적 특성

고흡수성 수지는 흡수력도 중요하지만 흡수한 물을 압력을 다소 가하여도 지니고 있는 것이 중요하다. 또한 흡수 시에 이온의 농도 차이에 의한 흡수력이 탄성으로 제어되기 때문에 고흡수성 수지의 탄성력은 아주 중요하다. Figure 2-18은 가교제의 양에 따른 탄성율을 나타낸 것이다. 첨가되는 가교제의 양이 증가함에 따라 탄성 자체도 증가함을 볼 수 있다.

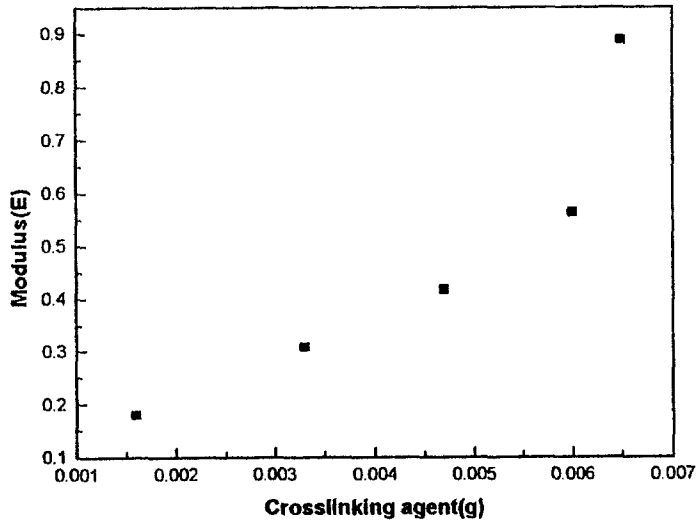


Figure 2-18. Effect of crosslinking agent contents on the modulus of sodium polyacrylate.

아. 고흡수성 수지 팽윤의 이론적 고찰

먼저 UTM으로부터 측정된 탄성으로부터 가교밀도와 가교점 사이의 분자량을 구할 수 있다. 결과는 표 2-3에 나타내었다.

Table 2-3. Crosslinking density and molecular weight between crosslinks for the prepared sodium polyacrylate

Concentration of Crosslinking agent, X(wt%)	Crosslinking Density, $n(\text{gmole}/\text{cm}^3) \times 10^4$	Molecular Weight between Crosslinks, $M_c(\text{g}/\text{gmol}) \times 10^4$
0.025	0.257	3.925
0.04	0.442	2.728
0.06	0.498	2.012
0.08	0.807	1.493
0.10	1.269	0.946

$$\sigma = \left(\frac{\partial F}{\partial \alpha}\right)_{T,V} = nRT \frac{r_1^2}{r_0^2} \left(\alpha - \frac{1}{\alpha^2}\right) \text{로 정의되며 제조된 샘플에 적용하면}$$

$$E = 3n(v_2^0)^{\frac{1}{3}} RT \text{로 나타낼 수 있다.}$$

$$n = \frac{\rho}{M_c} = \frac{V_e}{V_0} \text{의 관계에 있으므로 이에 의해 계산하면 위의 표와 같이}$$

정리할 수 있고 위의 식으로부터 이론적인 가교밀도와 가교점 사이의 분자량을 예상할 수 있다.

이온화의 정도와 고분자 용매 섞임효과를 알아보기 위해 Flory-Huggins 식으로부터 유도된 식에 의해 다음 표 2-4와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Table 2-4. Polymer solvent interaction parameter and degree of ionization for the prepared sodium polyacrylate

Concentration of crosslinking agent, X(wt%)	Polymer solvent interaction parameter, χ	Degree of ionization, i
0.025	0.586	0.108
0.04	0.589	0.142
0.06	0.600	0.169
0.08	0.607	0.207
0.10	0.620	0.280

열역학적으로 평형 팽윤 상태에 도달한 고분자는 고분자 사슬 내의 용매와 외부 용매가 서로 평형을 이룬다. 이는 화학포텐셜로 표현되어질 수 있다.

$$\Delta\mu_1^g = \Delta\mu_1^s \quad (1)$$

여기서 g와 s는 각각 고흡수성 수지와 용매의 상을 나타낸다. 식 (1)을 삼투압을 적용하여 표현하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\pi = -\frac{\mu_1^g - \mu_1^s}{V_1} = 0 \quad (2)$$

V_1 은 용매의 몰부피를 나타내며 평형에 도달한 상태의 화학포텐셜이 동일하므로 π 는 0이 되고 더 이상의 팽윤은 일어나지 않는다. 삼투압에 영향을 미치는 인자는 크게 세 가지이며 고분자 용매의 섞임효과, 고분자 사슬의

탄성효과, 이온의 인력과 척력효과가 그것이다.

$$\pi = \pi_{mix} + \pi_{el} + \pi_{ion} \quad (3)$$

Flory-Huggins이론에 따른 고분자-용매의 섞임효과, 탄성효과를 나타내는 affine network 모델, 그리고 이온 농도에 따른 π 를 Donnan이론을 적용하여 나타내면 삼투압에 영향을 주는 세 가지의 인자는 식 (4), (5), (6)과 같다.

$$\pi_{mix} = -\frac{RT}{V_1} (\ln(1-v_2) + v_2 + \chi v_2^2) \quad (4)$$

$$\pi_{el} = -RT \left(\frac{v_e}{V_0} \right) \left(v_2^{1/3} v_2^{0.2/3} - \frac{v_2}{2} \right) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \pi_{ion} &= RT \sum_i (C_i^g - C_i^s) \\ &= RT \left[\frac{ic_2}{z_+} - v(C_s^* - C_s) \right] \end{aligned} \quad (6)$$

v_2 는 팽윤된 고흡수성 수지내의 고분자 부피분율, χ 는 고분자 용매간의 상호계수, R은 기체상수, T는 온도, v_0 는 팽윤되지 않은 수지내의 고분자의 부피분율, C_i 는 i 원소의 유동이온농도이다.

식 (6)의 경우 $2ic_2/vwC_s^*$ 가 1보다 작으면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\pi_{ion} = RT \frac{(ic_2)^2}{2vwC_s^*} \quad (7)$$

(1)~(7)을 이용하여 $-\frac{V_1}{RT}$ 를 곱하여 정리하면 식 (8)로 정리된다.

$$\pi = \ln(1-v_2) + v_2 + \chi v_2^2 + V_1 \left(\frac{v_e}{V_0} \right) \left(v_2^{1/3} v_2^{0.2/3} - \frac{v_2}{2} \right) - V_1 \frac{\left(\frac{iv_2}{V_u} \right)^2}{2vwC_s^*} = 0 \quad (8)$$

만약 겔 이온 중에 있는 C_s^* 가 $\frac{ic_2}{z_-}$ 보다 아주 작다면 식 (8)은 다음과 같

이 표현된다.

$$\pi = \ln(1-v_2) + v_2 + \chi v_2^2 + V_1 \left(\frac{V_e}{V_0} \right) \left(v_2^{\frac{1}{3}} v_2^{\frac{2}{3}} - \frac{v_2}{2} \right) - V_1 \left(\frac{iv_2}{z-V_u} \right) = 0$$

겔상 이온의 $c_i \frac{ic_2}{z}$ 값이 농도에 비해 훨씬 작은 값이라면

$$\frac{iv_2}{z-V_u} \cong \left(\frac{V_e}{V_0} \right) v_2^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{1}{2} - \chi \right) v_2 / V_1 \text{ 이므로}$$

위의 식은 다음과 같이 간단히 될 수 있다.

$$\ln(1-v_2) + v_2 + \chi v_2^2 + V_1 n \left(v_2^{\frac{1}{3}} - \frac{v_2}{2} \right) - V_1 \left(\frac{iv_2}{z-V_u} \right) = 0$$

위의 식을 이용하여 이온화의 정도를 예측할 수 있었으며 그에 따른 고분자와 용매의 섞임 효과 또한 알 수 있었다.

제 4 절 고흡수성 수지의 연구 결과 고찰 및 전망

1. 결과 고찰

친수성 수지의 제조에 있어 역상현탁 중합방법을 사용하여 입자형태의 수지를 얻을 수 있었으며 그 크기의 분포가 고른 것을 볼 수 있었다. 계면활성제의 양을 조절하여 입자의 평균크기를 조절할 수 있으므로 입자의 평균크기를 조절함으로써 고흡수성 수지의 흡수력을 높일 수 있었다. 또한 증발의 속도는 입자의 크기와는 크게 상관이 없는 것으로 나타났지만 토양만을 사용하였을 경우보다 더 오랜 시간 증발을 억제시킬 수 있음을 알 수 있었다. 이를 이용하면 수분의 증발을 억제함으로써 관수의 절감 효과를 직접적으로 기대할 수 있을 것이다.

열적으로도 300℃정도까지의 안정성을 나타내는 것을 보면 온도에 대한 파괴나 변형의 영향은 토양이나 다른 곳에 사용한다고 해도 무시할 수 있을 것이다.

가교제의 양을 조절하여 외부 압력에 대한 영향에 대처할 수 있으며, 또한 입자의 크기뿐만 아니라 가교제의 양에 따라서도 흡수율을 조절할 수 있다는 것을 알 수 있었으며, 모노머에 sodium이나 potassium을 도입하여 흡수성을 높일 수도 있다는 것을 알 수 있었으며, 외부용액의 농도와 흡수율의 상관관계도 알아보았다.

고흡수성 수지에 acrylamide를 도입하여 공중합체를 제조하였을 경우 모

노머의 비에 의해서 공중합체 내에서의 acrylic acid와 acrylamide의 조성을 결정할 수 있었으며, 모노머의 비율을 조절함으로써 초기의 흡수속도를 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다.

2. 앞으로의 전망

친수성 수지를 이용하여 농작물의 재배 시 수분 및 비료의 사용을 최소화하는 기술은 일차적으로 기후의 변화와 별 관계가 없는 가정용 화초의 재배나 비닐하우스내의 농작물재배에 직접적으로 적용함으로써 공급되는 물의 상당한 절감효과를 기대할 수 있을 것이다. 일본 및 중국 등 인접국으로의 분화 수출에 큰 비중을 두고 있는 우리나라의 입장에서 보면 분화 생산 및 유통기술에 크게 기여할 수 있을 것이다. 이차적으로 수분의 공급이 어려운 산악지대에서의 발농사재배나 국내의 가뭄이 많은 지역의 농작물 및 화초 재배에 소규모단위로 적용될 수 있을 것이며, 경제성 및 작물 재배 효과의 분석여하에 따라 대규모의 작물재배에 적용될 수 있으리라 생각된다. 더 나아가 국내에서의 활용도를 벗어나 전 세계적으로 많은 영역을 차지하고 있는 사막지대에까지도 지금까지는 생각지 못했던 화초나 농작물의 재배를 가능하게 할 수 있다는 점에서 친수성 수지입자 또는 입자가 함유된 기능성 토양의 수출효과가 매우 크다고 기대된다. 전 세계적으로 이러한 아이디어가 충분히 공개되지 않았기 때문에 아직까지 이에 대한 개발연구나 활용범위에 제한을 받고 있었으나 앞으로 이러한 아이디어가 공개되게 되면 전 세계적으로 많은 노력을 경주할 가능성이 농후한 바, 국내에서도 빠른 시간 내에 본 연구의 필요성과 관계된 기술력 확보에 노력을 기울여야 할 것으로 생각된다.

제 3장 관수절감형 친수성 수지의 분화용 식물에의 적용 분야

제 1 절 서설

본 연구 개발된 친수성 수지입자를 화훼작물재배에 적용하여 적합한 수지의 선발과 실제적용을 통한 효과를 검토하고, 이를 통해 친수성 수지입자의 국산화를 목적으로 수행되었다. 1년차 연구과제에서는 주관연구기관에서 제조한 polyacrylate 계열의 친수성 수지입자와 시판되는 친수성수지입자를 화훼작물재배용 배지에 배합하여, 작물재배시 생육에 미치는 효과를 분석하고 비교함으로써 작물재배에 적합한 polyacrylate 계열의 친수성 수지입자를 선발하고자 한다. 이를 위해 화훼작물로는 결이화분과 분화용으로 많이 애용되고 있는 스킨답서스 (*Scindapsus aureus*)와 분화용 국화 (*Dendranthema grandiflorum*)를 이용하였다. 또한 이들은 주로 삼목을 통하여 육묘를 하게 되는데, 육묘단계에서의 묘소질은 생육전반에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있어 삼목과정에서부터 친수성 수지입자를 배합함으로써 묘소질에 미치는 영향을 살펴보고 나아가 후기생육에 미치는 효과를 비교, 분석하였다.

제 2 절 스킨답서스에 대한 적용 실험

1. 스킨답서스의 삼목시에 친수성수지가 생육에 미치는 효과

가. 재료 및 방법

1) 1차 삼목 실험

가) 삼목배지 - 인공상토인 펄라이트와 피트모스를 1 : 1 (v/v) 혼합

나) 친수성 수지 - 조경용으로 시판되고 있는 Terracottem (T)

(Terracottem N.V. Belgium)

코오통유화(주)에서 농업용으로 이용하는 친수성 수

지(K-SAM) 주관연구기관에서 제작한 polysodium-

acrylate (S)

다) 처리농도 - 0, 0.5%, 1.0% (v/v) 토양 혼합 처리

라) 관수 주기 - 7, 14일 간격 관수

마) 삼목용 화분 - 직경 10 cm 플라스틱 화분

- 바) 삽수 - 화분당 1개의 삽수를 삽목
- 사) 측정 - 삽목 12주 후 생육조사

2) 2차 삽목 실험

- 가) 삽목배지 - 1 차 삽목 실험과 동일
- 나) 친수성 수지입자 - 1차 삽목 실험과 동일
- 다) 처리농도 - 1차 실험을 토대로 농도를 세분화하여 0, 0.3, 0.5, 1.0% (v/v) 토양 혼합 처리
- 라) 3, 6, 9일 간격 관수
- 마) 삽목용 화분 - 직경 10 cm 플라스틱 화분
- 바) 삽수 - 화분당 3개 의 삽수를 삽목
- 사) 측정 - 삽목 12주 후 생육 조사

나. 결과 및 고찰

1) 1차 삽목 실험

스킨답서스의 1차 삽목실험은 2000년 4월 초에 실시되었는데, 보온과 난방에도 불구하고, 당시 야간 온도가 이상 저온이 되어서 열대 작물인 스킨답서스의 생육 특성상 삽수의 초기 생육 부진 현상이 나타났다.

14일 간격 관수 처리의 경우 처리에 상관없이 많은 삽수의 고사가 나타났으며 생존률이 지극히 미미 하였다.

7일 간격 관수 처리의 경우 초기 생육 부진에도 불구하고 대부분의 처리에서 삽수의 생존률이 높게 나타났다 (Table 3-1).

Table 3-1. Effects of hydrophilic polymer on the growth of *Scindapsus aureus* cuttings. Water was applied every 7 days.

Polymer ²	Conc. (%)	No. of Leaves	Fresh weight		Dry weight		No. of roots	Root length
			shoot	Root	Shoot	Root		
control		1.64 b	3.48 a	1.50 ab	0.41 a	0.10 ab	3.05 ab	15.58 ab
S	0.5	2.05 ab	4.43 a	2.22 a	0.45 a	0.11 a	3.47 a	12.61 ab
	1.0	1.67 b	3.46 a	1.34 ab	0.37 a	0.07 ab	2.87 ab	10.99 b
T	0.5	1.57 b	1.83 b	0.86 b	0.18 b	0.05 b	1.86 b	12.51 ab
	1.0	2.44 a	4.16 a	2.43 a	0.43 a	0.12 a	3.00 ab	15.03 ab
K	0.5	1.50 b	4.27 a	1.62 ab	0.43 a	0.08 a	2.67 ab	10.85 b
	1.0	1.70 b	3.44 a	1.70 ab	0.37 a	0.10 ab	3.50 a	17.02 a

신초의 수에 있어서는 Terracottem 1.0% 첨가 처리구에서 가장 좋은 것으로 나타났으며, 뿌리 무게, 뿌리 수에서는 polysodiumacrylate 처리구에서 가장 좋은 효과가 있었던 것으로 나타났다. 전반적으로 1주일에 1회 관수 처리에 있어서도 초반 생육 부진과 수분 부족으로 인해 지상부 생육이 극도로 미약했던 Terracottem 0.5%첨가 처리구를 제외하고는 대부분 비슷한 경향을 보였지만 정상적인 생육은 이루어지지 않았다. 하지만 대조구와 비교했을 때 수분 부족시에 친수성 수지의 역할이 삼수의 생육에 유리한 결과를 가져 온다고 추정할 수 있었다.

2) 2차 삼목 실험

관수 간격에 관계없이 지상부의 생육은 거의 비슷한 것으로 나타났다 (data not shown). 이는 스킨답서스의 지상부 생육은 뿌리의 왕성한 발근 이후에 이루어지기 때문인 것으로 생각된다.

3일 간격 관수 처리구에서 보면 근중에서는 polysodiumacrylate 0.1~0.5 % 혼합 처리구와 테라코템 처리구에서 좋았던 것으로 나타났다 (table 3-2). 뿌리 발달을 보면, 1차근은 처리간 유의성이 없었지만, 이후의 뿌리 발달에 있어서는 polysodiumacrylate 처리구가 더 좋았던 것으로 나타났다. 그러나, Polysodiumacrylate 와 코오롱 K-SAM의 경우는 1.0% 고농도로 처리할 경우에는 뿌리발달이 저해 된 것으로 나타났다. 이는 두 수지의 입자 크기가 300 μm 이하로 작기 때문에 나타난 현상으로 생각된다.

6일 간격 관수 처리구에서는 근중과 뿌리수에 있어 polysodiumacrylate 0.5% 처리구에서 가장 좋았던 것으로 나타났다 (Table 3-3). 6 일간격 처리에 있어서 역시 고농도 처리에서도 지하부 발달이 억제되는 현상을 관찰할 수 있었다.

9일 간격 관수 처리구에서 보면 3, 6일 관수 처리구에 비해서 생육이 월등히 떨어지는 것으로 나타났지만, 뿌리 발달에 있어서는 친수성 수지 처리구가 대조구에 비해 월등히 우수한 것으로 나타났다 (Table 3-4).

스킨답서스의 삼목시에 관수 처리에 관계 없이 친수성 수지 첨가를 통해 식물체 생육에 유리한 결과를 얻을 수 있었고, 적정 농도는 0.1~0.5% 사이 인 것으로 나타났다. 또한 3일 과 6일 간격 관수 처리구에서 생육에 차이를 보이지 않은 것은 삼목 시기가 가을에서 겨울로 넘어가는 시점이었기 때문인 것으로 생각된다. 테라코템의 경우는 친수성수지와 각종 무기염, 중량제 등이 혼합되어 시판되고 있고, 입자의 크기가 차이가 나기 때문에 다른 두 종류의 수지와 비교하기가 어렵다고 판단된다.

이상의 결과와 같이 스킨답서스의 삼목 실험에서는 polysodiumacrylate

Table 3-2. Effects of hydrophilic polymer on the growth of *Scindapsus aureus* cuttings. Water was applied every 3 days.

Treatment ^t		Root weight (g)		Root number		Root length
KP	C	Fresh	Dry	primary	secondary	(mm)
Control		1.71 d-f	0.27 a	5.00 cd	10.33 c	133.78 b-d
S	0.1	2.53 a-d	0.23 a-c	9.11 a	19.67 ab	131.11 b-d
	0.3	2.74 a-c	0.23 a-c	7.22 a-d	24.33 a	112.22 d-f
	0.5	2.98 a	0.22 a-c	7.78 a-c	19.78 ab	116.44 de
	1.0	1.56 ef	0.11 b-c	6.89 a-d	10.44 c	87.78 f
K	0.1	2.00 b-f	0.20 a-c	6.56 a-d	18.67 a-c	122.22 c-e
	0.3	2.57 a-d	0.23 a-c	7.89 a-c	18.00 a-c	111.22 d-f
	0.5	2.24 a-f	0.19 a-c	8.33 ab	19.33 ab	105.22 ef
	1.0	1.19 f	0.09 c	8.22 ab	10.22 c	57.11 g
T	0.1	2.36 a-f	0.25 ab	6.78 a-d	21.89 a	143.56 a-c
	0.3	2.77 a-c	0.29 a	5.67 b-d	20.89 ab	145.78 a-c
	0.5	1.81 c-f	0.18 a-c	4.67 d	12.56 bc	160.11 a
	1.0	2.79 ab	0.28 a	6.89 a-d	22.78 a	148.44 ab

Statistical significance^x

** NS NS ** ***

^zKP:Kinds of polymer; C:Concentration(v/v, %).

S; polysodiumacrylate, K;Kolon, T;Terracottem.

^yMean seperation within columns by Duncan at 5% level.

^xNS,*,**,***Non-significant or significant at $P=0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

Table 3-3. Effects of hydrophilic polymer on the growth of *Scindapsus aureus* cuttings. Water was applied every 6 days.

Treatment ^f		Root weight (g)		Root number		Root length
KP	C	Fresh	Dry	primary	secondary	(mm)
	Control	1.25 d-f	0.15 b-d	4.56 a-d	8.56 b-d	113.67 de
S	0.1	1.91 b-d	0.20 a-c	7.00 a-c	16.56 a-c	119.89 b-d
	0.3	2.32 b	0.21 a-c	6.11 a-d	16.89 ab	124.11 a-d
	0.5	3.16 a	0.27 a	7.67 a	24.56 a	106.78 de
	1.0	1.90 b-d	0.14 cd	7.44 ab	12.00 b-d	68.56 f
K	0.1	1.35 d-f	0.16 b-d	4.11 cd	9.22 b-d	118.11 cd
	0.3	2.16 bc	0.22 ab	6.33 a-d	11.89 b-d	113.56 de
	0.5	1.55 c-e	0.17 b-d	6.00 a-d	11.11 b-d	91.89 e
	1.0	0.70 f	0.06 e	5.78 a-d	4.44 d	45.89 g
T	0.1	1.50 c-e	0.18 b-d	3.67 d	8.11 b-d	142.56 ab
	0.3	1.17 ef	0.12 de	3.44 d	10.67 b-d	139.11 a-c
	0.5	1.33 d-f	0.16 b-d	4.44 b-d	7.11 cd	143.56 ab
	1.0	1.44 de	0.15 b-d	4.22 cd	8.00 b-d	145.89 a

Statistical significance^x

*** *** * ** ***

^fKP;Kinds of polyme: C;Concentration(v/v, %). S; polysodiumacrylate, K;Kolon, T;Terracottem.

^yMean seperation within columns by Duncan at 5% level.

^xNS,*,**,***Non-significant or significant at $P=0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

Table 3-4. Effects of hydrophilic polymer on the growth of *Scindapsus aureus* cuttings. Water was applied every 9 days.

Treatment ^t		Root weight (g)		Root number		Root length (mm)
KP	C	Fresh	Dry	primary	secondary	
	Control	0.84 a	0.09 a	3.22 ab	1.56 c	106.89 bc
S	0.1	1.07 a	0.12 a	3.11 b	8.89 a-c	120.00 a-c
	0.3	2.11 a	0.23 a	5.11 ab	18.00 a	144.89 a
	0.5	1.89 a	0.18 a	5.22 ab	18.33 a	108.78 a-c
	1.0	1.57 a	0.13 a	5.56 ab	15.33 ab	66.56 de
K	0.1	1.48 a	0.16 a	5.22 ab	7.33 a-c	133.67 ab
	0.3	1.18 a	0.14 a	5.44 ab	7.56 a-c	86.44 cd
	0.5	0.98 a	0.09 a	3.44 ab	9.11 a-c	85.78 cd
	1.0	0.84 a	0.09 a	7.00 a	6.22 bc	49.11 e
T	0.1	1.13 a	0.12 a	3.89 ab	4.67 bc	127.33 ab
	0.3	1.13 a	0.13 a	3.33 ab	4.00 bc	118.73 a-c
	0.5	1.28 a	0.18 a	4.11 ab	7.11 a-c	128.00 ab
	1.0	1.13 a	0.17 a	3.56 ab	7.67 a-c	111.89 a-c

Statistical significance^x

NS NS NS * ***

^zKP:Kinds of polymer, C;Concentration(v/v, %). S; polysodiumacrylate, K;Kolon, T;Terracottem.

^yMean separation within columns by Duncan at 5% level.

^xNS,*,**,***Non-significant or significant at $P=0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

가 K-SAM 처리에 비해 좀더 생육에 좋은 효과를 보였다고 생각되며, 9일 관수 처리구에서 대조구 보다 월등히 좋았던 뿌리 발달을 고려할 때 관수 절감 효과도 있는 것으로 판단된다.

2. 친수성 수지가 정식 후 스킨답서스의 생육에 미치는 효과

가. 재료 및 방법

1) 재료

가) 식물 재료 : *Scindapsus aureus*의 삽목묘

나) 적용 친수성 수지

· 자체 제작 (성균관대학교 화학공학과)

Polysodiumacrylate (S),

Polypotassiumacrylate (P),

Poly- (sodiumacrylate-co-acrylamide) (SC)

· 기존 제품

* K-SAM (K) (Kolon chemical co.,Ltd)

2) 방법

가) 기본 배지 - peatmoss: perlite = 1:1 (v/v) 혼합

나) 혼합 농도 처리: 0.1, 0.2, 0.4 % (v/v)

다) 관수 주기 처리: 3, 6, 9 일 간격 관수

라) 시비: 9 g/pot multicote (Haifa chemicals Ltd.)

3) 측정

가) 관수후 수분 함량 변화

수분 변동 (%) = (현재 화분중 / 최초관수 후 화분중) x 100

나) 최종 생육 조사

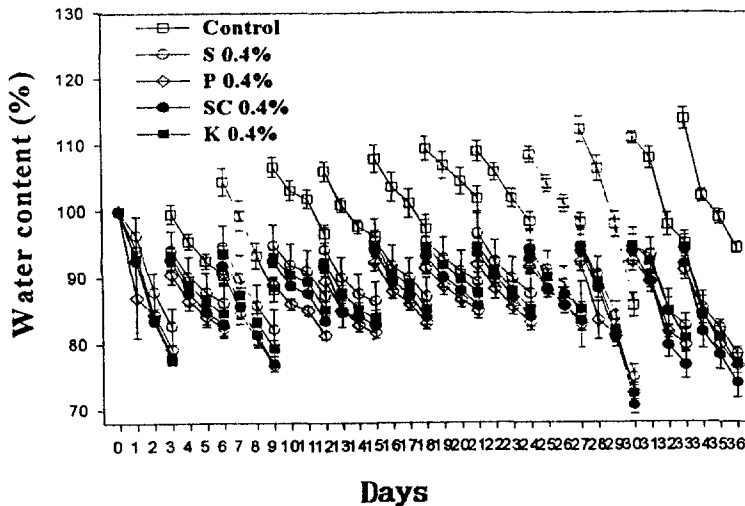


Fig. 3-1. Water content of pots where *Scindapsus aureus* was grown as influenced by different polymers (v/v). Water was applied every 3 days.

나. 결과 및 고찰

1) 관수후 수분 변동

수분 변동의 폭은 3일 간격 관수의 경우 처리간 차이가 보이지 않았으

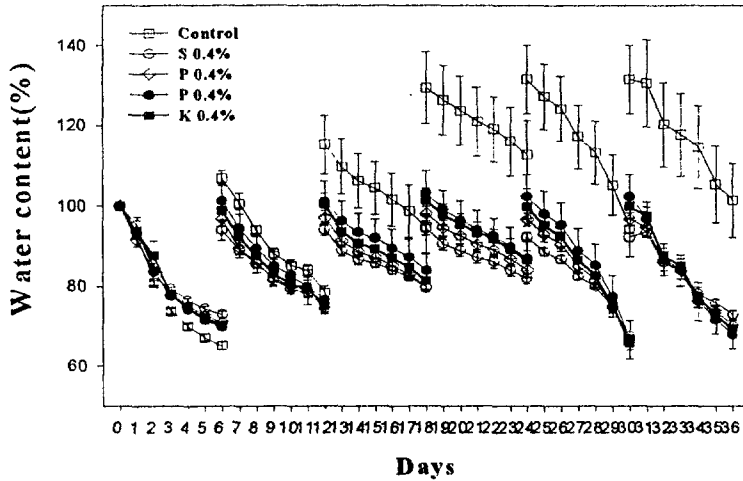


Fig. 3-2. Water content of pots where *Scindapsus aureus* was grown as influenced by different polymers (v/v). Water was applied every 6 days.

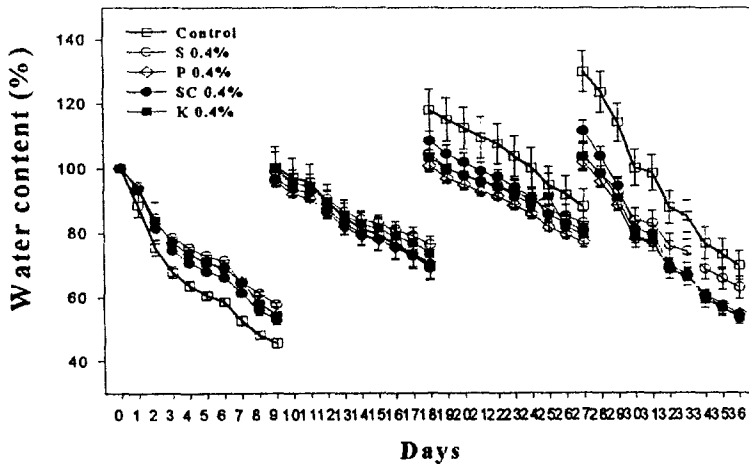


Fig. 3-3. Water content of pots where *Scindapsus aureus* was grown as influenced by different polymers (v/v). Water was applied every 9 days.

나, 6일과 9일간격 관수에서는 수분 변동의 폭이 친수성 수지 첨가에 따라 좁아져서 대조구에 비하여 수분 감소 속도가 더 완만해 진 것을 볼 수 있었다 (Fig. 3-1, 2, 3). 또한 이러한 경향은 친수성 수지의 농도가 증가할

수록 더 좋은 효과를 보였다 (data not shown). 따라서, 이러한 수분 변동의 폭으로 보아 3일 간격의 관수는 스킨답서스의 재배에 있어서 관수 적기 임을 알수 있었다. 또한 친수성 수지 첨가를 하였을 경우 관수 주기를 적기보다 길게 하여도 수분이 오래 유지 되기 때문에 관수 절감 효과가 있었다.

2) 관수주기에 따른 처리별 생육 특성

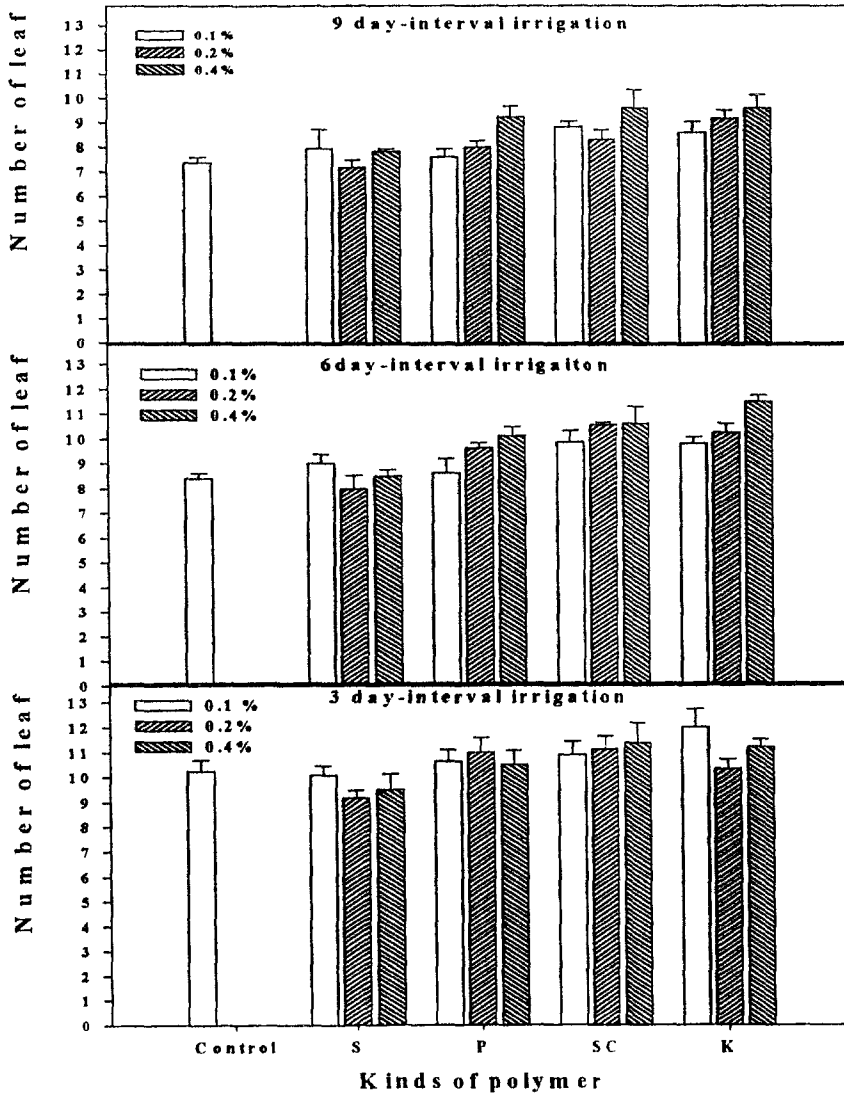


Fig. 3-4. Effects of hydrophilic polymer on leaf development of *Scindapsus aureus*.

엽수를 살펴보면, 3일 주기 관수 처리에서는 친수성 수지 처리간 차이가 보이지 않았으나 6일과 9일 주기 관수 처리에서는 0.4% 혼합 처리구에서 가장 우수한 결과를 나타내었으며, 0.2% 혼합 처리구에서도 대조구보다 우수하게 나타났다. (Fig 3-4).

특히 6일 간격 관수 처리구에서 친수성 수지를 0.2%, 0.4% 첨가한 처리구에서는 3일 간격 관수 주기보다 우수하게 나타났고 9일 간격 관수 주기에서도 3일 간격 관수 주기의 대조구와 유사한 엽수 발달을 보였기 때문에 엽수에 있어서는 친수성 수지 첨가에 따라서 관수 절감 효과가 있었다고 할 수 있다. 이러한 경향은 엽면적에서도 나타났다(Fig. 3-5).

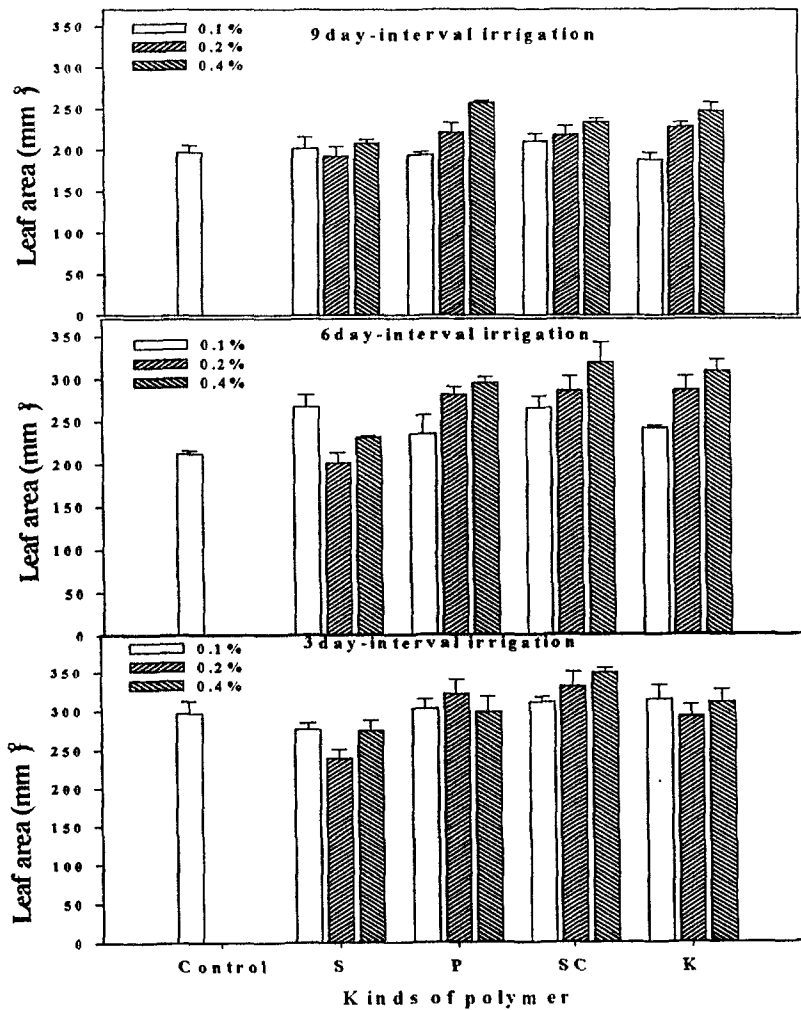


Fig. 3-5. Effects of hydrophilic polymer on the leaf growth of *Scindapsus aureus*.

특히 Poly(sodiumacrylate-co- acrylamide) 첨가 처리구에서 가장 우수한 효과가 나타났는데, 0.4% 첨가에서 대조구보다 훨씬 뛰어난 염면적의 발달을 보였다.

지상부의 생육을 보면, 전 관수처리구에서 대조구에 비해 친수성 수지첨가구의 생육 속도가 더 빨랐는데, 친수성 수지의 첨가시에 출하까지 기간을 앞당길 수 있을 것으로 기대된다 (data not shown).

또한 3일 관수 처리구 내에서도 친수성 수지의 첨가 시에 우수한 경향을 보인 것은 친수성 수지로 인한 토양의 물리성 향상에 기인한 것으로 생각할 수 있다.

지상부 생육과 마찬가지로 지하부의 생육에 있어서도 친수성 수지의 첨가에 따라 우수한 효과를 보였다 (Fig. 3-6).

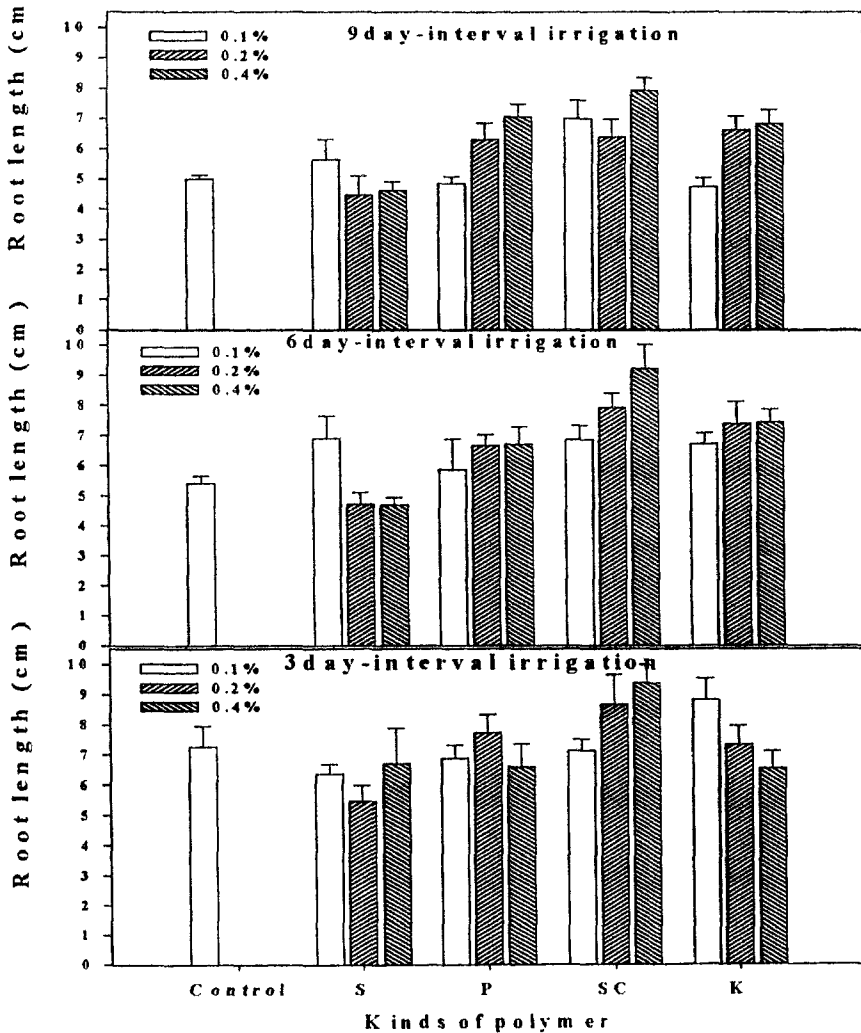


Fig. 3-6. Effects of hydrophilic polymer on the root development of *Scindapsus aureus*.

제 3 절 분화국화의 생육에 적합한 친수성 수지의 평가 및 선발

1. 분화국화의 삽목묘 생육에 미치는 효과

가. 실험방법

- 1) 삽목배지 - 펄라이트:피트모스 = 1:1(v/v) 혼합
- 2) 친수성 수지입자
 T : Terracottem (Terracottem N.V, Belgium)
 K : K-SAM(Kolon chemical co., Ltd.)
 S : Polysodiumacrylate
- 3) 처리농도 - 대조구, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0% (v/v)
- 4) 공시재료 - 분화용 국화 4품종
- 5) 관수처리 - 발근전까지 매일 1회 두상관수
 발근 후 국화전용양액 공급

나. 결과 및 고찰

1) 적합한 품종 선발

품종간 생육차이가 유의성을 보여 V1의 줄기, 뿌리생장 및 건물함량이 높았으며, 생육이 우수하여 추후실험의 대상 품종으로 선정하였다(Table 3-5).

Table 3-5. Effects of varieties on the growth of *D. grandiflorum* cuttings at 45 days after treatment

Cultivar	No. leaves	Stem length	Root length	Fresh weight			Dry weight			Dry matter (%)	T/R ratio
				Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root		
V1	8.8 c ²	7.26 a	7.03 a	1.74 a	0.48 b	0.92 a	0.21 a	0.06 a	0.08 a	11.25 a	3.50 b
V2	12.6 a	5.75 b	6.55 b	1.64 a ¹	0.36 b	0.83 a ¹	0.15 b	0.09 a	0.06 a	8.01 c	4.58 a
V3	10.7 b	5.87 b	5.94 c	1.53 b	0.36 b	0.72 c	0.14 b	0.04 a	0.09 a	8.95 b	3.42 b
V4	10.6 b	7.01 a	6.88 ab	1.46 c	0.48 a	0.80 b	0.15 b	0.11 a	0.06 a	9.35 b	3.95 ab

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

2) 친수성수지 함유가 생육에 미치는 효과

가) 발근소요일수는 친수성 수지가 혼합된 배지에서 전반적으로 다소 빨라지는 경향을 보였으며(자료없음), 엽수는 대조구에 비해 친수성 수지를 사용시에 증가하였고, 줄기생장은 T 0.1, 0.3%, K, S는 0.5, 1.0%에서 낮게 나타났고, 뿌리길이는 전반적으로 대조구와 T에서 높게 나타났다(Table 3-6).

나) 생체중은 모두 친수성 수지입자 처리구에서 다소 높게 나타났으며, 건물중도 비슷하거나 높은 경향을 보여주어 친수성 수지입자의 사용이 생육에 지장을 초래하지는 않는 것으로 판단되었다. 그러나, 친수성 수지입자를 1.0% 이상 배합시에는 건물중 및 건물율에 있어서는 별차이가 없었지만, 생육이 다소 불량해지는 결과를 보였다.

다) 친수성 수지입자별 생육에 있어서 엽수는 K, S가, 줄기 및 뿌리신장은 대조구가 좋았으며, 건물중과 건물량은 친수성수지의 종류에 따른 통계

Table 3-6. Effects of hydrophyllic polymers on the growth of *D. grandiflorum* cuttings

Poly-mer	Conc (%)	No. of leaves	Stem length	Root length	Fresh weight			Dry Weight		
					Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
Control	0	8 b ²	8.20 a ¹	7.5 ab	1.62 c	0.54 ab	0.86 b-d	0.15 b	0.08 ab	0.08 a
T	0.1	8.8 ab	6.42 d	8.48 a	1.68 bc	0.40 dc	0.85 b-d	0.21 a	0.07 ab	0.09 a
	0.3	8.2 ab	5.44 f	7.28 ab	1.24 d	0.34 d	0.54 d	0.15 b	0.04 b	0.05 b
	0.5	9 ab	8.02 a	7.36 ab	1.94 a-c	0.63 a	1.27 a	0.23 a	0.08 ab	0.09 a
	1.0	8.8 ab	8.52 a	7.78 ab	1.65 c	0.53 a-c	0.92 a-d	0.22 a	0.07 ab	0.08 a
K	0.1	8.6 ab	8.70 a	6.14 bc	1.89 a-c	0.65 a	0.79 b-d	0.25 a	0.1 a	0.10 a
	0.3	9.4 a	7.32 ^b _d	7.10 ab	2.03 ab	0.45 b-d	1.13 ab	0.23 a	0.05 b	0.1 a
	0.5	8.8 ab	7.08 d	6.68 bc	1.68 bc	0.41 dc	1.10 ab	0.21 ab	0.06 ab	0.09 a
	1.0	9 ab	5.46 f	5.42 c	1.6 c	0.36 d	0.69 dc	0.18 ab	0.04 b	0.07 a
S	0.1	9.6 a	8.50 a	6.50 bc	2.16 a	0.60 a	0.83 b-d	0.23 a	0.08 ab	0.08 a
	0.3	9 ab	8.00 a	6.90 a-c	1.65 c	0.45 b-d	1.10 ab	0.19 ab	0.05 b	0.09 a
	0.5	8.2 ab	6.80 e	7.00 ab	1.68 bc	0.41 dc	1.06 a-c	0.18 ab	0.04 b	0.09 a
	1.0	9.6 a	5.90 e ¹	7.30 ab	1.78 bc	0.37 d	0.88 b-d	0.22 a	0.05 b	0.09 a

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

적 유의성이 없었다.

라) 결과적으로 T, K 0.1%에서 건물중 및 건물량이 높아 국화 삼목시 생

육이 양호한 것으로 판단되며, S는 삼목발근시에는 삼목묘의 생육이 이들과 비교하여 떨어지지 않았다.

2. 삼목발근묘의 후기 생육에 미치는 효과

가. 실험방법

1) 삼목배지 - 펠라이트:피트모스 = 1:1(v/v) 혼합

2) 친수성 수지입자

T : Terracottem (Terracottem N.V. Belgium)

K : K-SAM(Kolon chemical co., Ltd.) S : Polysodiumacrylate

3) 처리농도 - 대조구, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0% (v/v)

4) 공시재료 - 분화용 국화 4품종

5) 관수처리 - 유리온실에 설치된 ebb & flow system을 이용하여

1/1(회/일), 1/2 및 1/3로 각 5분간 국화전용양액 공급

나. 결과 및 고찰

1) 관수시기가 미치는 효과

가) 관수처리시기별 생육은 친수성 수지의 종류에 관계없이 지상부 생체중은 매일 1회 관수시기가 높았으며, 건물중도 높았다. 이는 수분의 원활한 공급으로 인한 결과로 판단되었다. 그러나, 3일에 1회 관수시에도 생육에는 큰 차이가 없어 수분공급에 의한 스트레스를 받지 않은 것으로 보인다. 따라서 관수주기를 더 길게 할 필요성이 있었으며, 추후 실험에서 적용되었다(Table 3-7).

Table 3-7. Effects of irrigation frequency on the growth of *D. grandiflora* cuttings at 30 days after planting

IF ^a	No. of leaves	No. of branches	Plant height	Root length	Fresh weight		Dry weight		Dry matter (%)	T/R ratio
					Top	Root	Top	Root		
1/1	56.2 b ^y	15.5 c	33.95 ε	11.01 ε	30.61 a	2.57 a	3.66 a	0.50 a	12.81 ε	11.92 a
1/2	54.6 b	21.9 ε	33.45 ε	11.30 ε	26.40 b	2.92 a	2.92 b	0.48 a	11.71 ε	10.73 b
1/3	61.6 a	20.5 b	31.77 t	10.78 ε	24.67 c	2.85 a	2.81 b	0.28 a	11.37 ε	10.14 b

^aIrrigation frequency, 1/1 : 1 time per day, 1/2 : 1 time per 2 days, 1/3 : 1 time per 3 days

^yMean separation within columns by DMRT at 5% level.

2) 친수성 수지입자의 종류가 국화 발근묘의 후기생육에 미치는 효과

가) 후기생육시 모든 관수 처리구에서 엽수는 대조구, 초장은 대조구와 T 처리구에서 높았으며, 뿌리생장도 유사한 결과를 보였다. 지상부 생체중은 T처리구, 대조구 순으로 높았다.

나) 건물중은 대조구, T, K 처리구에서 높았으며 S 처리구는 전반적으로 떨어지는 경향을 보여주었다. 그러나, 건물율에 있어서는 통계적 유의성은 없으나 S 처리구가 높은 경향이 나타났고, T/R 율도 낮아 지상부 생육이 억제되고, 지하부의 생육이 상대적으로 높은 것으로 판단되었다(Table 3-8).

Table 3-8. Effects of hydrophillic polymers on the growth of *D. grandiflora* cuttings at 30 days after planting

Polymer	No. of leaves	No. of branches	Plant height	Root length	Fresh weight		Dry Weight		Dry weight	T/R ratio
					Top	Root	Top	Root		
Control	67.6 a ²	18.6 b	43.66 a	11.56 b	34.31 b	2.84 a	3.95 a	0.30 a	11.1 a	13.11 a
T	67.3 a	22.8 a	42.33 a	14.33 a	37.95 a	2.99 a	4.17 a	0.36 a	10.1 a	11.82 b
K	49.2 b	17.5 b	28.60 b	9.34 c	20.63 c	2.78 a	3.95 a	0.46 a	12.0 a	9.95 c
S	52.9 b	17.3 b	24.89 c	9.06 c	20.69 c	2.52 a	2.58 b	0.46 a	13.2 a	10.44 c

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

3) 고찰

대조구와 T 처리구에서 초장이 높았으며, 뿌리의 생육은 T 처리구에서 양호하였다. 생체중도 T 처리구에서 상대적으로 높게 나타났으며 S 처리구는 0.1% 처리구를 제외하고는 엽수, 분지수, 초장, 생체중 등이 대조구에 비해 떨어지는 경향을 보였다. 그러나, 건물중은 대조구에 비해 높았으며, 건물율에 있어서는 유의성을 보이지 않았다(Table 3-9). 즉, 가시적인 생육은 대조구와 T 처리구에서 높았으나, 건물중과 건물율에서는 큰 유의적 차이가 보이지 않았다. T 처리구와 K 처리구는 제품에 혼합되어 있는 첨가물의 영향을 고려한다면 S 친수성 수지입자도 기존의 제품을 대체하여 분화용으로 사용할 수 있을 것으로 판단되었다. 다만, 관수처리시 스트레스 조건을 주었을 때 친수성수지입자의 효과가 극대화될것으로 판단되는데, 관수조건이 스트레스를 주지 않은 것으로 판단되어, 스트레스를 주는 조건의 관수처리와 기타 칼륨이나 Co-Polymer를 이용한 실험이 추가 수행되었다.

Table 3-9. Effects of variety and concentration of hydrophylic polymers on the growth of *D. grandiflora* cuttings at 30 days after planting with 1/day irrigation frequency

Polymer	Conc. (%)	No. of leaves	No. of branches	Plant height	Root length	'Fresh weight		Dry weight	
						Top	Root	Top	Root
Control	0	64.75 b-d ²	9.0 fg	47.94 a	9.82 cd	38.58 c	2.80 cd	0.15 b	0.30 b
T	0.1	57.38 d-f	13.4 d-f	46.00 a	14.69 b	40.94 bc	3.07 bc	0.21 a	0.30 b
	0.3	57.38 d-f	22.9 a	44.38 a	15.75 b	38.55 c	2.56 c-ε	0.15 b	0.35 b
	0.5	96.75 a	23.1 a	43.50 ab	14.00 b	54.48 a	3.44 b	0.23 a	0.55 b
	1.0	71.88 bc	20.6 ab	43.94 a	18.00 a	46.39 b	4.18 a	0.22 a	0.51 b
K	0.1	47.00 f	18.3 bc	39.56 b	10.94 c	29.12 de	1.96 ef	0.25 a	0.33 b
	0.3	60.00 c-f	14.4 c-e	34.93 c	10.00 cd	27.58 e	2.52 c-f	0.23 a	0.24 b
	0.5	34.88 g	11.0 ef	18.18 gf	6.94 f	14.07 g	1.98 ef	0.21 ab	0.20 b
	1.0	30.14 gh	10.6 ef	21.93 ef	7.50 ef	14.36 g	1.99 ef	0.18 ab	0.20 b
S	0.1	74.38 b	19.6 ab	33.88 c	9.25 c-ε	34.91 cd	2.20 ef	0.23 a	0.28 b
	0.3	49.88 ef	14.6 c-e	23.25 ed	8.79 d-f	20.93 f	2.18 ef	0.19 ab	0.73 a
	0.5	61.88 b-e	17.9 b-d	26.63 d	8.44 d-f	25.18 ef	2.47 d-f	0.18 ab	0.24 b
	1.0	21.25 h	5.8 g	15.19 g	8.50 d-f	10.37 g	1.91 f	0.22 a	0.20 b

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

3. 친수성 수지 함유 및 관수처리가 국화품종 COOK의 생육에 미치는 효과

가. 실험방법

1) 삼목배지 - 펄라이트:피트모스 = 1:1(v/v) 혼합배 지

2) 친수성 수지입자

T : Terracottem (Terracottem N.V. Belgium)

K : K-SAM(Kolon chemical co., Ltd.)

S : Polysodiumacrylate

P : Polypotassiumacrylate

SCo : Poly-sodiumacrylate-co-acrylamid

3) 처리농도 - 대조구, 0.1, 0.2, 0.4% (v/v)

4) 공시재료 - 분화용 하국품종 COOK

5) 관수처리 - 유리온실에 설치된 ebb & flow system을 이용하여

4/7(회/일), 2/7 및 1/7로 각 5분간 국화전용양액공급

나. 결과 및 고찰

1) 친수성수지의 종류 및 농도가 분화국화 "COOK"의 생육에 미치는 효과
 가) 1주에 1회 관수시 식물체가 다소 수분스트레스를 받은 것으로 추정되며, 친수성수지에 의해 수분스트레스가 감소되는 경향을 보였다(Table 3-10).

Table 3-10. Effects of hydrophilic polymers on the growth of *Dendranthema grandiflora* cv.. COOK with 1 time irrigation per week.

Treatment		Fresh Weight		Dry Weight		T/R
KP ^z	Conc.(%)	Shoot	Root	Shoot	Root	Ratio
	Control	8.116 bc ^y	0.59 b	1.10 a-c	0.13 bc	846.2 a
S	0.1	10.40 a-c	1.59 ab	0.80 bc	0.16 bc	677.4 b
	0.2	12.86 a-c	1.94 ab	0.96 a-c	0.19 ab	744.3 b
	0.4	18.37 a-c	1.56 ab	1.24 a-c	0.22 ab	725.5 b
P	0.1	14.10 a	2.42 ab	1.30 ab	0.19 ab	821.4 b
	0.2	12.32 a-c	0.99 ab	1.30 ab	0.20 ab	836. b
	0.4	10.27 a-c	2.79 a	1.17 a-c	0.19 ab	774.3 b
SCo	0.1	- ^x	-	-	-	-
	0.2	12.29 a-c	0.84 ab	1.39 ab	0.21 ab	749.0 b
	0.4	10.38 a-c	1.06 ab	0.93 a-c	0.17 bc	658.0 b
K	0.1	13.12 ab	1.56 ab	1.29 ab	0.27 a	794.6 b
	0.2	11.25 a-c	2.16 a	0.91 a-c	0.17 bc	741.6 b
	0.4	7.46 c	1.04 ab	0.66 c	0.09 c	800.6 b

^zKinds of hydrophilic polymer.

S : Polysodiumacrylate,

P : Polypotassiumacrylate,

SCo : Poly-sodiumacrylate-co-acrylamid),

K : K-SAM(Kolon chemical co., Ltd.)

^yMean separation within columns by DMRT at 5% level

^xNo survival

지상부 생체중은 P 0.1% 처리구에서 가장 높게 나타났으나 친수성 수지에 따른 통계적인 유의성은 없었다. 뿌리의 생체중은 전반적으로 대조구에 비해 높은 경향을 보였다. 지상부 건물중은 큰 차이가 없었으나 P처리구는 대조구에 비해 높은 경향을 보였으며, K 0.4% 처리구는 가장 낮게 나타났다. 친수성 수지를 0.4% 처리시에 대부분 건물중이 감소하였으나 S처리구에서는 증가하는 경향이 나타났다. 뿌리의 건물중은 전반적으로 K 0.4%를 제외하고는 친수성 수지 처리구에서 높게 나타났으며, K 0.1 %에서 가장 높게 나타났다. S 처리구는 0.2, 0.4%에서 다소 높았으며, P 처리구는 농도간 차이가 없었고, K는 농도가 높아짐에 따라 생육 억제경향을 보였다.

Table 3-11. Effects of irrigation frequency and hydrophilic polymers on the growth of *Dendranthema grandiflora* cv. COOK.

Treatment			Fresh Weight		Dry Weight		T/R	
IF ^z	KP ^y	Conc. (%)	Shoot	Root	Shoot	Root	Ratio	
1/7	Control		8.11 p-r ^y	0.59 g-i	1.10 k-q	0.13 j-l	837.1 b	
	S	0.1	10.40 o-r	1.59 d-i	0.79 o-q	0.16 h-l	536.1 b	
		0.2	12.86 k-r	1.94 c-h	0.96 m-q	0.19 f-l	494.4 b	
		0.4	11.64 m-r	1.56 d-i	1.24 j-q	0.22 e-k	569.6 b	
	P	0.1	14.11 j-q	2.42 c-h	1.30 j-q	0.20 f-l	689.0 b	
		0.2	12.32 l-r	0.99 e-i	1.30 j-q	0.20 f-l	642.1 b	
		0.4	10.27 o-r	2.79 c-e	1.17 j-q	0.20 f-l	605.0 b	
	SCo	0.1	- r	- i	0.62 pq	- l	- b	
		0.2	12.29 l-r	0.84 f-i	1.39 i-q	0.21 e-k	657.2 b	
		0.4	10.38 o-r	1.06 e-i	0.93 n-q	0.17 g-l	561.7 b	
	K	0.1	13.12 k-r	1.65 d-h	1.45 i-q	0.27 d-j	554.8 b	
		0.2	11.25 o-r	1.56 d-i	0.91 n-q	0.17 g-l	568.6 b	
		0.4	7.46 qr	1.04 e-i	0.66 pq	0.09 k-l	774.3 b	
	2/7	Control		27.85 d-i ^x	1.72 c-i	4.15 b-d	0.34 b-i	1236.1 b
		S	0.1	17.93 h-q	1.94 c-h	1.72 i-p	0.23 e-k	785.5 b
			0.2	17.69 h-q	2.46 c-h	3.26 c-g	0.37 b-g	884.2 b
			0.4	17.25 h-q	2.66 c-f	1.79 g-p	0.26 d-j	700.2 b
		P	0.1	23.43 e-o	2.59 c-f	2.50 e-l	0.37 b-g	690.9 b
0.2			20.97 f-p	1.90 c-h	2.24 f-o	0.30 b-i	741.7 b	
0.4			21.70 f-o	2.22 c-h	2.36 f-n	0.25 c-i	806.9 b	
SCo		0.1	7.48 qr	0.56 g-i	- q	0.06 kl	b	
		0.2	23.68 e-o	2.62 c-f	2.44 e-m	0.34 b-h	715.4 b	
		0.4	25.18 d-l	5.00 a	2.56 e-k	0.49 a-c	555.0 b	
K		0.1	15.76 i-q	1.96 c-h	1.65 i-p	0.21 e-k	933.0 b	
		0.2	33.31 a-f	2.03 c-h	3.72 b-f	0.45 a-d	823.7 b	
		0.4	13.33 j-q	2.31 c-h	1.04 l-q	0.21 e-k	583.2 b	

Treatment		Fresh Weight		Dry Weight		T/R Ratio	
IF ^z	KP ^y	Con. (%)	Shoot	Root	Shoot		Root
	Control		43.11 ab	2.86 b-e	7.87 a	0.41 a-e	4664.2 a
	S	0.1	30.95 b-g	4.60 ab	3.10 d-h	0.45 a-d	710.7 b
		0.2	38.78 a-c	3.05 b-d	4.64 bc	0.59 a	854.4 b
		0.4	26.15 c-k	2.48 c-g	2.67 e-j	0.30 b-i	906.6 b
3/7	P	0.1	45.59 a	3.00 b-d	5.07 b	0.45 a-d	1084.4 b
		0.2	36.89 a-d	2.55 c-f	5.04 b	0.45 a-d	1124.1 b
		0.4	26.41 d-j	2.06 c-h	3.19 d-f	0.35 b-h	910.9 b
	SCo	0.1	14.92 i-q	1.68 c-i	1.26 j-q	0.16 h-l	840.3 b
		0.2	36.02 a-e	4.61 a-c	4.30 b-d	0.50 ab	860.3 b
		0.4	25.01 d-m	2.24 c-h	2.85 d-i	0.33 b-i	860.0 b
	K	0.1	24.36 d-n	2.89 b-e	3.21 d-f	0.39 b-f	896.1 b
		0.2	30.64 b-g	2.91 b-e	3.84 b-e	0.47 a-d	832.6 b
		0.4	30.01 c-g	2.26 c-h	3.68 c-f	0.36 b-h	1044.2 b

^xMean separation within columns by DMRT at 5% level

^zIrrigation times per week

^yKinds of hydrophilic polymer.

S : Polysodiumacrylate, P : Polypotassiumacrylate,

SCo : Poly-sodiumacrylate-co-acrylamid),

K : K-SAM(Kolon chemical co., Ltd.)

나) T/R ratio는 대조구에 비해 친수성 수지사용시에 모두 낮아졌으며, 이는 지하부의 생육이 다소 촉진되기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 분화용 국화를 재배시에는 수분스트레스를 경감시키면서 지하부 생육이 촉진되어 compact한 형태를 형성할 것으로 기대된다.

2) 관수 빈도, 친수성수지의 종류 및 농도가 분화국화 "COOK"의 생육에 미치는 효과

가) 처리구에 관계없이 1주 3회 처리시에 생육이 가장 우수하였으며, 주 1회 관수시에는 생육이 억제되는 경향을 보였다(Table 3-11). 주 3회 관수시 지상부 생체중은 P 0.1%에서 가장 높게 나타났으나 지상부 건물중은 대조구에서 가장 높게 나타났다. 3회 관수시에는 지상부 생체중이 대체적으

로 대조구에서 높게 나타났지만 관수횟수가 감소함에 따라 친수성수지 처리구에서 높게 나타나는 역전현상이 관찰되었다.

즉, 관수 횟수가 많은 경우에는 친수성수지가 생육에 부정적이지만 관수 횟수가 1주일에 1회 정도로 수분스트레스를 받을 수 있는 경우에는 생육에 도움을 주는 것으로 판단되며, 위의 결과로 관수량을 줄이는데 S, P, SCo가 사용할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나, 자주 관수를 행하는 경우에는 오히려 생육에 지장을 초래하므로, 친수성수지를 혼합하지 않는 것이 바람직하다.

나) 친수성수지를 첨가시 T/R ratio가 낮고, 1회 관수시에도 지하부 건물중이 높은 것으로 보아 수분스트레스에 의한 뿌리의 생육저해를 경감시키는 것으로 보인다. 이러한 효과들이 기존의 상품(K)에 비해 떨어지지 않으며 P의 경우는 생체중이나 건물중에서 우수하여 이를 대체할 수 있을 것으로 추정할 수 있다. 으로 대조구에서 높게 나타나지만 관수횟수가 감소함에 따라 친수성수지 처리구에서 높게 나타나는 역전현상이 관찰되었다.

4. 친수성 수지 함유 및 관수처리가 국화품종 "WITHNEY"의 생육에 미치는 효과

가. 실험방법

1) 삼목배지 - 펄라이트:피트모스 = 1:1(v/v) 혼합

2) 친수성 수지입자

T : Terracottem (Terracottem N.V. Belgium)

K : K-SAM(Kolon chemical co., Ltd.)

S : Polysodiumacrylate

P : Polypotassiumacrylate

SCo : Sodium base Co-polymer

PCo : Potassium base Co-polymer

3) 처리농도 - 대조구, 0.2%, 0.4% (v/v)

4) 공시재료 - 분화용 국화 WHITNEY(7주국)

5) 관수처리 - 유리온실에 설치된 ebb & flow system을 이용하여

4/7(회/일), 2/7 및 1/7로 각 5분간 국화전용양액공급

나. 결과 및 고찰

1) 재배실험은 수행중이며, 추후 추가 예정

2) 친수성 수지입자 함유가 식물체 식재시의 토양의 수분함량 변화

친수성 수지입자를 토양에 함유시에 전반적으로 수분함량의 감소가 느리게 나타나는 것을 확인할 수 있다(Fig. 3-7). 그러나, 0.2% 함유시에는 PCo 와 SCo 처리구가 대조구에 비해서 수분함량감소가 더 급격하게 나타났

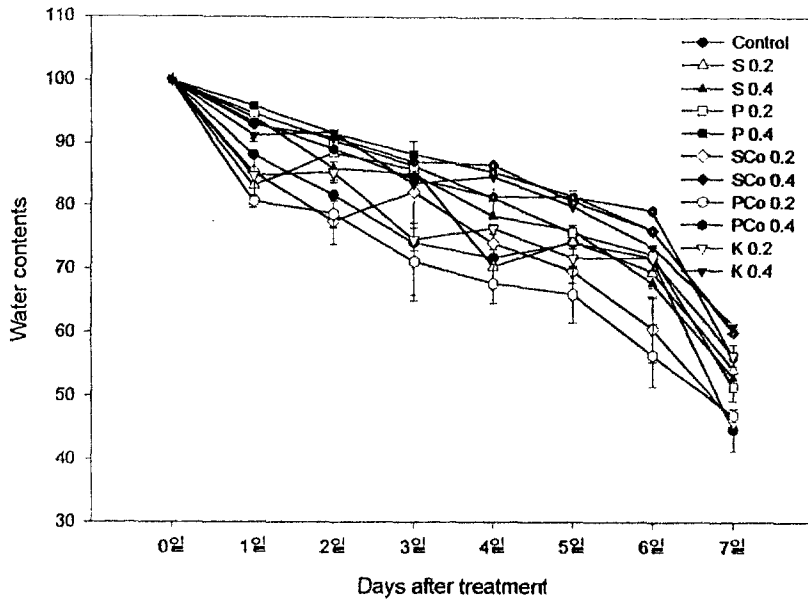


Fig. 3-7. Changes in water contents of soil amended with hydrophilic polymers at *D. grandiflora* cv. Whitney cultivation

으며, 7일째는 대조구(44%)와 거의 같은 46, 47% 수준으로 감소하였다. 또한 K 0.2% 처리구는 대조구와 유사한결과를 보여주었다. 친수성 수지가 0.4% 포함된 배지에서 수분함량이 높게 유지되었으며, 감소폭도 적었다.

7일째의 수분함량은 K 0.4%가 가장 높았으며, P 0.4, SCo 0.4%가 다음으로 높았고, 이외에는 가장 낮은 대조구과 PCo 0.2, SCo 0.2을 제외하고는 유의적인 차이가 없었다. 이러한 배지의 수분함량의 변화특성이 식물생육에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 것은 추후 실험과 연관되어 해석되어야 할 것이다.

제 4 절. 종합 고찰

친수성 수지를 분화용 작물인 스킨답서스와 분화 국화에 적용한 결과, 목본성 덩굴 식물인 스킨답서스의 생육에는 효과적이었던 것으로 나타났으나, 초본 식물인 분화 국화에서는 특별한 효과가 나타나지 않았다. 이는 초기 생장시에 뿌리의 발달과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다. 분화 국화는 삼목 초기 뿌리가 너무 가늘기 때문에 토양 내 친수성 수지에 의한 과습이 오히려 생육을 억제 하는 결과를 가져 왔던 것으로 보여진다.

스킨답서스의 적절 친수성 수지 혼합농도는 0.4% 이었으며, 이러한 효과

는 다른 목본성 작물에도 적용 할 수 있을 것으로 생각된다.