GOVP1200517993

자생식물의 규격묘 생산 및 생태 유형별 식재 공법 개발에 관한 연구

Production of Standardized Seedlings of Native Plants and Development of Planting Techniques according to Ecological Types

대 한 종 묘 원

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "자생식물의 규격묘 생산 및 생태 유형별 식재 공법 개발에 관한 연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002. 11. 21

주관연구기관명 : 대한종묘원

총괄연구책임자 : 장형태(종자기사, 식물보호기사, 종자명장)

책임연구원 : 박윤점(원광대학교 원예학과 교수)

연구원 : 김재창(종자관리사, 식물보호기사)

연구원 : 이호성(조경기사)

연구원 : 김옥선(조경산업기사)

위촉연구원 : 이원한(강원랜드조경팀장, 조경학박사 · 기술사)

위촉연구원 : 우현영(인천국제공항조경팀장, 조경기사)

협동연구기관명 : 에코텍엔지니어링(주)

협동연구책임자 : 김현규(조경기술사)

책임연구원 : 구본학(혜천대학교 조경학과 교수)

연구원 : 홍진표

연구원 : 이정언(조경기사)

연구원 : 김대승(조경기사)

요 약 문

Ⅰ. 제 목

자생식물의 규격묘 생산 및 생태 유형별 식재 공법 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라는 지리적 여건과 사계절이 뚜렷하여 식물 유전자원분포가 다양하고 개발가치가 큰 식물들이 많이 분포하고 있다. 국내 분포하는 총 식물 종류수는 4,600여 종(대한식물도감, 이창복)으로 이 중에서 화훼 가능 품목과 종류는 총 593종(일년초: 52종, 숙근류: 141종, 구근류: 27종, 정원수 및 화목류: 373종)으로 보고(원예연구소 시험연구보고서, 1989년)하고 있다.

유전자원 확보가 앞으로 국가의 미래를 결정할 만큼 중요한 점을 고려할 때 우수한 국내자생식물의 수집·보존과 함께 자생식물의 개발 및 이용, 산업화와 대량 증식하는 것은 매우 중대하다. 일본과 구미 화훼선진국에서는 1930년대부터 유망한 한국의 자생식물을 기본으로 하여 79종의 신품종을 육성하였고 163종을 세계시장에 시판하고 있다. 일반인의 꽃 소비액 증가(1990년, 5,646원→1994년, 11,500원) 및 기호 변화에 힘입어 자생식물의 연차별 거래량이 증가하고 있으며(거래 품목수: 161품목→1996년, 양재동 야생화 점포 6개소 조사치), 2002년 월드컵 관광객들에게 우리 나라의 깨끗한 환경과 정감이 가는 한국적인 이미지를 제공하고 전국의 주요 도로변 등에 도로공원, 소공원 산업 및 하천 등 수변 환경 정지 사업에 이르기까지 정부 실업대책반의 공공근로사업과 연계하여 추진하기 위해 행정 자치부의 국토 공원화 4개년 사업계획수립(1998, 11, 21)과 함께 앞으로 자생식물의 저변 확대는 가속화 될 것으로 사료된다. 그러나 자생식물의 대량생산 체계가 확립되어 있지 않고 생산 면적 [703ha, 1996년=> 일반 농가 61ha(8.7%), 식물원 및 조경회사 642ha(91.3%)]도 한정되어 있어 일반 화훼류보다 30~50%정도 가격이 높게 거래되고 있다. 또한 식물의 특성을 제대로 이해하지 못한체 무분별하게 식재, 이용하고있어 야생화를 대중화, 실용화하는데는 지금껏 많은 문제점을 안고 있다.

현재 자생식물을 이용한 조경공사 및 화단조성, 행정자치부의 국토공원화 사

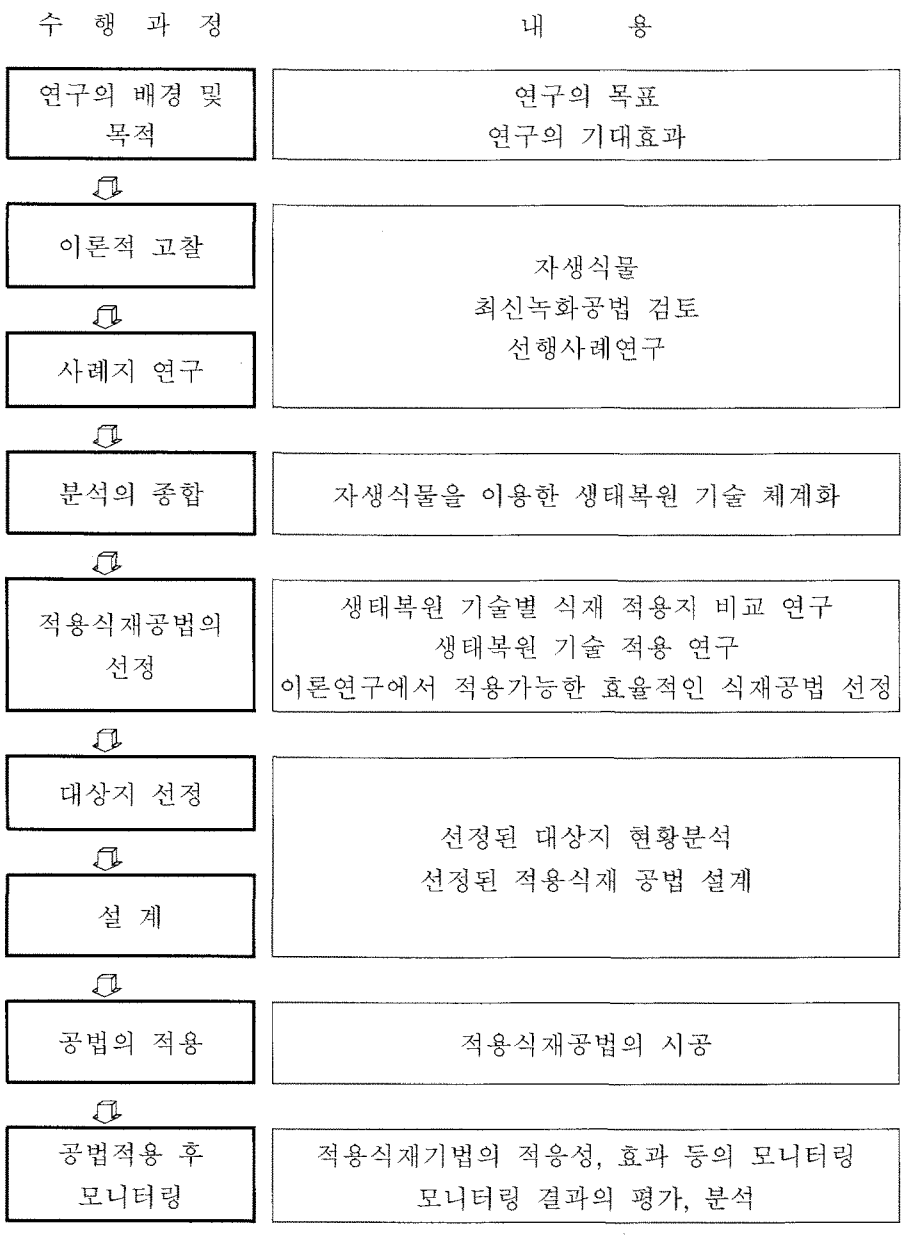
업 일환으로 자생식물을 이용한 꽃길조성, 산림청의 우리꽃길 조성사업, 생태환경조성 등 자생식물의 이용이 증대되고 있어 생산된 자생 식물의 규격묘 표준화를 통해 농가의 새로운 소득작목으로 정착, 농가 소득 증진에 매우 중요하게 대두되었다. 생물서식공간의 창출, 지역생태계의 안정성 및 생물다양성의 증진을 위하여 자생식물을 적극적으로 활용하려는 모색은 이루어지고 있으나 경제적이고 효과적인 생태복원공법의 개발이나 생태적 활용기법의 개발이 아직 미흡하거나 진행 중에 있다. 따라서 본 연구의 목적은 자생식물의 이용, 용도별로 우수한 유용자원을 발굴, 선발하여 규격묘를 생산하기 위한 생산비 절감기술을 개발하여 조기 상품화를 꾀하고 자생식물을 적극적으로 이용한 식재공법을 기초로 생태복원 및 창출이 조기에 안정적으로 구축될 수 있도록 생태복원공법 개발에 있다. 또한 조경 분야의 설계, 시공상에 있어 자생식물의 생태적 특성, 조경상의 특성, 식재적지의 오류 등 많은 문제점이 노출되어 자생식물(야생화) 이용의 부정적 요소를 조기에 해소하고 야생화의 적지적소 이용방안을 연구 표준화함으로써 조경분야에서 자생식물 이용을 극대화하여 새로운 조경문화를 창출하는데 중요한 일이 될 것이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

자생식물의 규격묘 생산 분야는 현재 조경용으로 가장 많이 유통되고 있는 품종을 선발하여 식물의 특성별로 숙근초화류, 구근류, 목본류로 나누어 종자번식과 영양번식, 포트 크기에 따른 규격묘 기준설정 및 생산 체계 확립을 실험하였다.

식재 적용 사례연구 분야는 상록수 및 낙엽 활엽수, 도로 분리대, 절개지면, 보행섬 및 가로화단, 습지 및 고수부지의 식재적용 화종수, 1㎡당 재식본수, 식재유형, 생육정도 등을 시험하였다.

생태복원 기술연구 분야는 자생식물에 대한 개념 및 이용가치 등의 기본이론을 살펴본 후, 국내의 최신녹화공법을 비교·분석한다. 다음으로 선행사례연구를 통하여 시사점을 도출하며 본 연구의 대상 및 연구적용절차 및 목표설정에 참조한다. 이러한 과정을 거쳐 선정된 공법을 실제 현장에 적용한 후 모니터링을 수행한다. 모니터링 결과를 분석하여 공법의 성공여부 및 개선사항을 검토 실용화하는 것을 내용적 범위로 한다. 본 연구의 공간적 범위는 전라남도 구례군 마산면 황전리와 강원도 횡성군 우천면 농공단지으로 한다. 전자는 기조성된 곳으로 모니터링에 중점을 두고 공법을 평가하며 후자는 선정된 공법을 현장에 직접 시공하는 곳으로 정기적인 모니터링을 시행한 후, 모니터링 결과의 분석을 통하여 공법의 효과, 문제점, 개선사항 등을 평가·도출한다.



<그림 1> 연구의 수행과정 및 내용

개발된 내용을 통하여 자생식물 규격묘 생산 체계 확립 여부, 기술의 농가 실증 및 농가소득 증대 발생 여부, 생태 복원 기술의 사례지 적용기술 등을 고찰하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 자생식물의 규격묘 생산 및 적지 식재 적용사례

숙근초화류의 번식에서 파종시기는 대체로 춘파가 좋았으나 용머리는 추파가 더 좋았다. 분주번식은 촉수가 많을수록 생육과 분얼이 좋았다. 삽목번식은 5-6월, 삽수길이는 5-7cm, 포트크기는 9-12cm(3-4치), 육묘기간은 3-6개월이 가장 적당한 것으로 나타났다.

구근류의 번식에서 파종시기는 추파가 좋았고, 포트크기에 따른 묘소질은 큰 차이가 없었다. 섬말나리의 인편번식은 외측인편과 인편절편체의 크기가 큰 것이 자구형성에 좋았고, 용토는 vermiculite와 원예용상토가 좋았다. 제주수선화의 인공번식 방법은 chipping이나 notching이 좋고 chipping후 다시 부위별로 나누는 것은 좋지 않았다. 제주수선화의 자구형성에서 notching시 저반부 절단 깊이는3cm, 분할정도는 8분할, 재식 깊이는 3cm가 적당하며 건조정도는 처리 후 당일이 좋고, 용토의 종류에는 큰 차이가 없었다. 제주수선화의 인공번식에서 scooping이나 coring은 자구가 전혀 형성되지 않았다.

목본류의 번식에서 파종시기는 추파가 좋았고, 삽목번식 시기에서 담쟁이는 3월, 히어리는 7~8월, 멀꿀은 6월이 가장 좋았고 자금우, 송악은 큰 관계가 없었다. 목본류의 삽목용토는 원예용상토가 대체로 좋았고 삽수길이는 큰 관계가 없었으나 히어리와 멀꿀은 3cm이하는 발근이 되지 않았다.

상록수 및 낙엽활엽수, 도로분리대의 식재에서 상록수 아래는 털머위가 좋았으며 낙엽활엽수아래는 비비추, 섬초롱꽃이, 도로분리대는 원추리, 왜성술패랭이, 범부채, 감국, 매발톱꽃, 벌개미취, 섬기린초, 붓꽃, 용머리가 좋았다. $1m^2$당 식재본수는 30~60본이 적당하였다.

절개지, 보행섬 및 가로화단의 식재에서 절개지는 쑥부쟁이가 좋았고 보행섬은 원추리, 섬기린초, 범부채가, 공한지 및 가로화단은 왜성술패랭이, 범부채, 애기범부채가, 공간이 넓은 잔디밭위 화단은 용머리, 섬기린초가 좋았다. 털머위는 내한성이 문제되어 중부이북지방에서는 생육이 좋지 않았다. $1m^2$당 식재본수는 30~50본이 적당하였다.

습지 및 고수부지의 식재에서 습지는 부처꽃, 부들, 창포, 줄, 수련, 노랑어리연꽃이 좋았고, 고수부지는 꽃범의꼬리, 흰갈풀, 물억새가 대체로 좋았다. 지역에 따른 생육의 큰 차이는 없었으며 $1m^2$당 식재본수는 20~55본이 적당하였다.

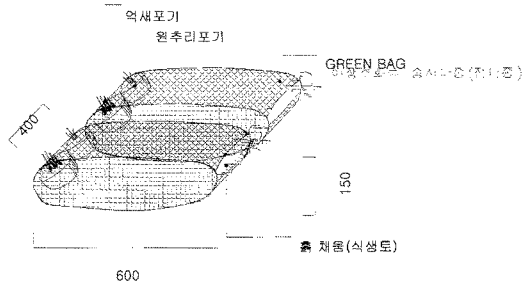
본 연구 결과를 기초로 자생식물의 대량생산과 규격묘 표준화 및 조경분야에서 자생식물의 이용을 극대화하여 농가소득은 물론 새로운 조경문화를 창출하

는데 있어 기초자료가 되었으면 한다.

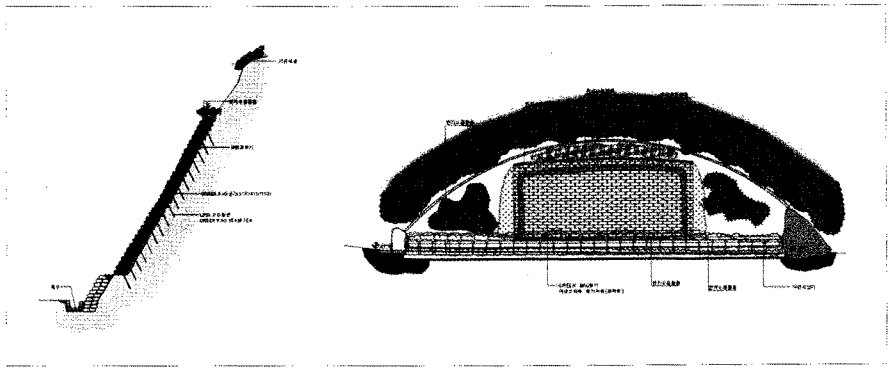
2. 자생식물을 이용한 생태복원공법 개발

본 연구에서 개발한 식생마대공법은 종자, 비료, 흙 등을 혼합하여 마대에 채운 후 비탈에 쌓아 올리고 고정시켜 조기녹화하는 공법으로 주요특징으로는 첫째, 경사면의 높이에 따라 다양하게 조절이 가능하며 둘째, 식재를 주변 초지에서 이식하여 시공하면 도입 식물종에 대한 생태계 교란을 막을 수 있고 셋째, 식생마대(Green bag) 1개당 2종 이상 자생식물을 사용하여 조기녹화가 가능하다. 넷째, 식생마대를 쌓지 못하는 부분(정상부)은 현지 야생초본식물로 이식, 녹화하며 다섯째, 식생마대의 양쪽 모서리부분에 점파종으로 다양한 식생을 유도할 수 있다.

식생마대(600x400x150)에 흙, 유기질비료를 충전한 후 억새와 원추리를 혼식한 후, 비탈에 마대를 쌓아 경사면을 안정화시켰으며 마대를 쌓은 주변이나 마대를 쌓지 못하는 정상부에는 현지에 서식하고 있는 식물을 이식한다.



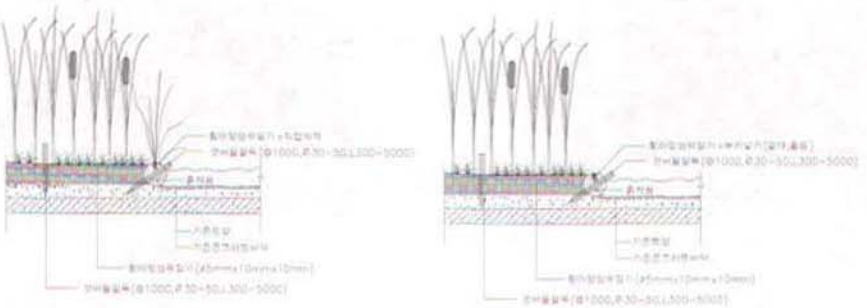
<그림 2> 식생마대(Green bag) 상세도



<그림 3> 녹화용 식생마대공법 단면도

<그림 4> 녹화용 식생마대 공법의 적용 (시공전/시공후)

본 연구에서 개발한 식생마대(롤)호안공법은 비료, 흙 등을 혼합하여 식생마대에 채운 후, 호안을 조성하거나 황마망섬유를 롤(roll)모양으로 말아 호안을 조성하며 갯버들말뚝으로 고정시켜 호안을 안정화시키는 공법이다. 식재방법은 직접 식재를 하거나 식물의 뿌리를 넣는다. 주요특징으로는 첫째, 하천 호안의 붕괴 우려가 있다든지 하천바닥이 잔자갈이나 암석 등으로 식재기반이 부실하거나 없을 경우 식생기반조성이 가능하다. 둘째, 대형추수식물과 수생식물을 동시에 사용함으로써 조기녹화 및 수질정화기능을 갖는다. 셋째, 식생마대(롤)은 자연상태에서 분해되어 유기물화되어 식재한 식물의 영양분으로 사용되는 등 환경의 유해성이 없다.



<그림 5> 식생마대(롤)호안공법 단면상세도

본 연구에서 개발한 식생마대공법은 자생식물을 활용하여 조기에 복원을 해야 하는 훼손

지에 효과적인 것으로 나타났다. 또한 소규모, 소량의 오염원 발생지역에서 자생식물을 이용하여 수질을 개선하는데 효과적인 것으로 나타났다.

훼손지 특히 비탈면은 토질조건과 경사조건에 따라 다양한 형태를 띠며 나타난다. 이러한 조건에 따라 노출된 사면을 복원하는데에도 다양한 복원공법을 적용함이 필요하다. 동일장소에서 발생한 훼손지(비탈면)에 동일한 공법을 적용하면, 경관이 무미건조해지고 생태적 다양성이 낮게 나타날 우려가 있다. 따라서 토질 및 경사조건에 따라 비탈면을 복원할 시, 한가지의 공법만을 적용하는 것이 아니라 묘목식재공법, 자연표토복원공법, 종비토뿜어붙이기공법 등과 본 연구에서 개발한 식생마대공법을 동시에 적용함으로써 각 공법의 장단점을 보완할 수 있어 보다 높은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

건설기술관법 제 18조 제1항은 "건설교통부장관은 국내에서 최초로 개발한 건설기술 또는 외국에서 도입하여 개량한 것으로 국내에서 신규성・진보성 및 현장적용성이 있다고 판단되는 건설기술에 대하여 이를 개발한 자의 요청이 있는 경우로서 당해 기술의 보급이 필요하다고 인정되는 경우에는 당해 기술을 새로운 건설기술(신기술)로 지정・고시할 수 있다"고 규정하고 있다.

따라서 본 연구에서 개발한 식생마대공법을 신기술지정신청서를 제출하여 신기술로 지정받을 수 있도록 하는 것이 공법의 보급을 위하여 바람직할 것이다.

SUMMARY

Ⅰ. Subject

Production of Standardized Seedlings of Native Plants and Development of Planting Techniques according to Ecological Types

Ⅱ. Results and application

1. Production of Standardized Seedlings and Tracts of Land Suitable of Native Plants

가. Perennial propagation

1) Spring was good for sowing the seeds most of perennials, but in case of *Pracoophalum argunense*, autumn was better.

2) In division propagation, the more the number of the stocks was, the better the growth and tillering were.

3) The best time for cutting propagation was May and June, the best length of cut plant was 5-7cm, the most suitable pot size was 9-12cm(3-4inch) and 3-6 months was the most suitable period for rearing seedlings.

나. Bulb propagation

1) Autumn was good for sowing the seeds, and the pot size had little influence on growth of seedlings.

2) In case of scaling propagation of *Lilium hansonii*, outer scales and bigger scale segments were good for bulblet formation, and vermiculite was good for soil media.

3) Chipping and notching were good for artificial propagation of *Narcisus tazetta var. chinensis*.

4) In case of notching of *Narcisus tazetta var. chinensis*, 3cm disk cutting depth, 8 division and 3cm molding depth were best for bulblet formation and hypertrophy.

5) No bulblets were formed when scooping and coring were applied to *Narcisus tazetta var. chinensis.*

다. Wood plant propagation

1) Autumn was good for sowing seeds in case of most of the wood plants.

2) The best time for cutting propagation was March for *Parthenocissus tricuspidata*, July and August for *Corylopsis coreana*, June for *Stauntonia hexaphylla.*

3) Horticulture soil media was generally good as soil media for cutting, and *Corylopsis coreana* and *Stauntonia hexaphylla* had no roots when the length of their cut part was under 3cm.

라. Planting under evergreen trees and fallen leaves trees, and in median strips

1) *Farfugium japonicum* grew well under evergreen trees.

2) *Hosta longipes* and *Campanula takesimana* grew well under fallen leaves trees.

3) *Hemerocallis aurantiaca* grew well in median strips.

4) The suitable number of plants was 30-60/m^2.

마. Planting in incisions, road islands and road flower gardens

1) Kalimeris yomena grew well in incisions.

2) *Hemerocallis aurantiaca, Sedum takesimense, Belamcanda chinensis* grew well in road islands.

3) *Diauthus superbus var. longicalycinus, Belamcanda chinensis* and *Crocosmia masoniorum* grew well in idle islands and road flower gardens.

4) *Dracocephalum argunense* and *Sedum takesimense* grew well in flower beds on spacious lawns.

5) *Farfugium japonicum* did not grew well in north of central district because of the cold.

6) The appropriate number of plants was 30-50/m^2.

바. Planting in swampy lands and water's edges

1) *Lythrum anceps* grew well in swampy lands.

2) *Physostegia virginiana* generally grew well in water's edges.
3) The appropriate number of plants was 20-55/m^2.

2. Development of Ecological Restoration Technique using the Native Plants

The green bag technique developed through this study is for early greening by upsetting the green bags, which were fulfilled with the mixtures of soil, fertile, and seeds, on the slope. The major characteristics are

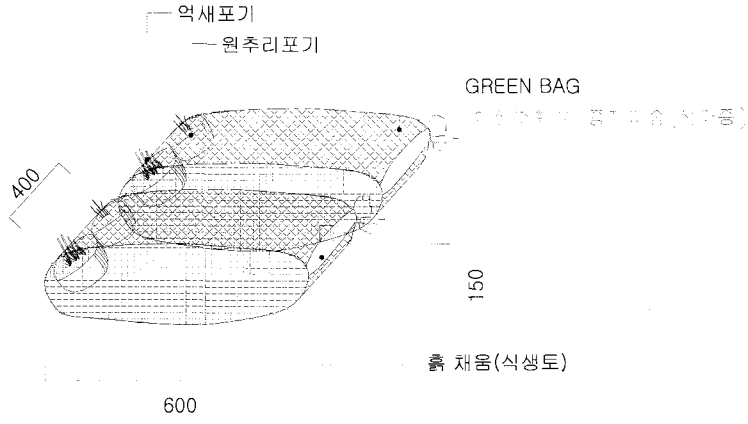
First, its possible to control it variously according the height of slope,

Second, it is useful for the protection of ecological disturbance to the introduced planting species if transplanted from neighboring pasture,

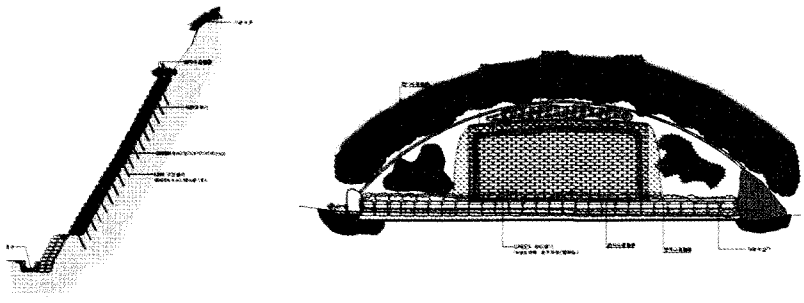
Third, Its possible to green barren slope earlier using a couple of native species into each green bag,

Fourth, its possible to drive various vegetations at the both edges of the green bags by seeding.

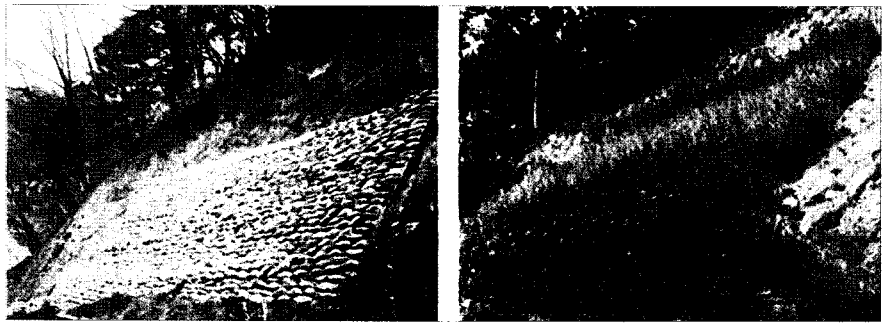
It was stabilized the slope by piling the green bags on the slope after mix-planting a couple of plants, *Hemerocallis aurantiaca* and *Miscanthus sinensis var. purpurascens*, after fulfilling the organic fertile and soil into the green bag(600x400x150) and on the top where was hard to pile up the green bags or around green bags were transplanted vegetations living there.



<Fig 2> Detailed Drawing of the Green Bag



<Fig. 3> Section of greening techniques using the green bags



<Fig. 4> Application of the green bag techniques (before/after)

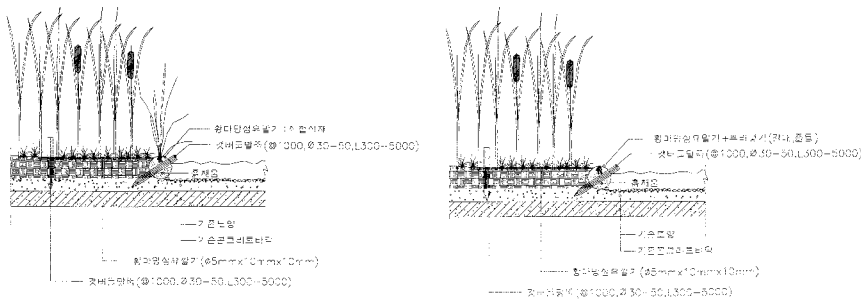
This green roll embankment techniques developed through this study was for stabilization of embankment in constructing embankment after fulfilling the mixture of soil and fertile, after rolling up the yellow hemp bags, or after setting with willow-stakes.

The Planting methods are to put plants' root and to plant directly onto sites. The major characteristics are

Firstly, that it' s possible to construct the basement of vegetation in case that there has no vegetation basement or weak vegetation basement such as rock, grovel and so on, on the river bed.

Secondly, that early greening and purification function of water quality in using aquatic vegetation.

Thirdly, that the green roll bags are harmless because it would be used nutrients for vegetation, decomposed in natural status.



<Fig. 5> Detailed section of the green roll bag techniques

The green bag techniques took effect when it was used in disturbed sites that were in need early restoration. Also, it was more effective when used in sites occurring small size or amount of pollution to improve water quality using the native species.

Deteriorated sites, especially slopes, have various forms of slope conditions and soil quality conditions. According to these conditions, it requires diverse application of restoration techniques to restore exposed slopes. If the same techniques were applied to the same sites, the landscape would be lowered in ecological diversity. Therefore, in case of restoration of the slopes according to the conditions of slope and soil quality, if various techniques such as nursery planting techniques, natural topsoil restoration techniques, with the green roll bag technique would be applied simultaneously onto the sites, high effectiveness would be expected since each technique would be supplemented each other' s disadvantages.

Construction technical expert law, 18 act, 1 article, regulates, "Ministry could appoint and declare the new techniques, which are modified after introduced from alien countries, as new construction techniques in case that distribution of techniques about the construction techniques that are judged domestically renewal, advanced, and applicable ones are in need when developers ask to.

Therefore, it' s useful and reasonable if the green bag technique developed

through this study would be appointed this technique as new technique through submission of new techniques appointment document for distribution of this technique.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction ····· 20

Section 1. Objectives and categories of the project ····· 21

Chapter 2. Production of standardized seedlings and tracts of land suitable of native plants ····· 22

Section 1. Introduction ····· 22

Section 2. Objectives and importance of the study project ····· 23

Section 3. Materials and methods ····· 24
1. Production of standardized seedlings and propagation of perennials ····· 24
2. Production of standardized seedlings and bulb propagation ····· 25
3. Production of standardized seedlings and wood plant propagation ····· 28
4. Planting under evergreen trees and fallen leaves trees, and in median strips ····· 28
5. Planting in incisions, road islands and road flower gardens ····· 30
6. Planting in swampy lands and water's edges ····· 31

Section 4. Results and discussion ····· 33
1. Production of standardized seedlings and propagation of perennials ····· 33
2. Production of standardized seedlings and bulb propagation ····· 67
3. Production of standardized seedlings and wood plant propagation ····· 86
4. Planting under evergreen trees and fallen leaves trees, and in median strips ····· 100
5. Planting in incisions, road islands and road flower gardens ····· 105
6. Planting in swampy lands and water's edges ····· 112

Section 5. Abstracts ····· 120

Chapter 3. Development of ecological restoration technique using the native plants

Section 1. Introduction ····· 122
1. Background and significance ····· 122
2. Objectives ····· 123
3. Scope and methods ····· 124
4. Study process ····· 128

Section 2. Literature review and case study ····· 129
1. Native plants ····· 129
2. Ecological revegetation and restoration of slope ····· 130
3. Ecological restoration of stream ····· 142

Section 3. Results and discussion ····· 166
1. Ecological revegetation and restoration of slope ····· 166
2. Ecological restoration of stream ····· 177

Section 4. The achievement degree of research goals and the degree of contribution to the related field ····· 199
1. The achievement degree of research goals ····· 199
2. The degree of contribution to the related fields ····· 199

Section 5. Plan for using research results ····· 200
1. The necessity of the additional research ····· 200
2. Application to other fields ····· 201
3. Industrialized programs ····· 201

Section 6. Collection of foreign technique information ····· 203
1. Technique of top soil block transplantation ····· 203
2. Technique of Top soil suction ····· 204

Chapter 4. Reference ····· 205

목 차

제1장 서론 ····· 20

제1절 연구개발의 목적과 범위 ····· 21

제2장 자생식물의 규격묘 생산 및 적지 식재 적용사례연구 ····· 22

제1절 서 설 ····· 22

제2절 연구개발의 목적 및 중요성 ····· 23

제3절 재료 및 방법 ····· 24
1. 숙근초화류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산 ····· 24
2. 구근류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산 ····· 25
3. 목본류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산 ····· 28
4. 상록수 및 낙엽활엽수, 도로분리대의 적지 식재 적용사례연구 ····· 28
5. 절개지면, 보행섬 및 가로화단의 적지 식재 적용사례연구 ····· 30
6. 습지 및 고수부지의 적지 식재 적용사례연구 ····· 31

제4절 결과 및 고찰 ····· 33
1. 숙근초화류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산 ····· 33
2. 구근류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산 ····· 67
3. 목본류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산 ····· 86
4. 상록수 및 낙엽활엽수, 도로분리대의 적지 식재 적용사례 ····· 100
5. 절개지면, 보행섬 및 가로화단의 적지 식재 적용사례 ····· 105
6. 습지 및 고수부지의 적지 식재 적용사례 ····· 112

제5절 적 요 ····· 120

제3장 자생식물의 생태복원 공법개발 연구

제1절 연구개발과제의 개요
1. 연구의 배경 및 필요성 ····· 122
2. 연구의 목적 ····· 123
3. 연구의 내용 및 방법 ····· 124
4. 연구의 수행과정 ····· 128

제2절 국내외 기술개발 현황 ····· 129
1. 자생식물(自生植物, native plants) ····· 129
2. 비탈면 생태복원 ····· 130
3. 하천 생태복원 ····· 142

제3절 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 166
1. 비탈면 식생복원 ····· 166
2. 하천생태복원-횡성 우천면 농공단지 콘크리트 수로 ····· 177

제4절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 199
1. 목표달성도 ····· 199
2. 관련분야에의 기여도 ····· 199

제5절 연구개발결과의 활용계획 ····· 200
1. 추가연구의 필요성 ····· 200
2. 타분야에의 응용 ····· 201
3. 기업화 추진방안 ····· 201

제6절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 203
1. 표토블럭이식공법 ····· 203
2. 표토석선공법 ····· 204

제4장 참고문헌 ····· 205

제1장 서론

우리고유의 자생식물은 무엇보다도 기후와 풍토에 적합하고 적응을 잘하여 안정적인 식생구조를 재생하며 환경생태계에 교란 없이 쉽게 주위 환경에 순응하여 초기부터 식생구조가 완벽한 생태복원이 조속히 이루어 질 수 있으며, 체계적인 생산이 이루어질 경우 수입대체효과 뿐만 아니라 우수한 유전자원의 보존과 국제적인 경쟁이서 우위확보의 기틀을 마련할 수 있다. 지역에 따라 종류와 품종이 다양하므로 여러 가지로 특색 있거나 활용가치가 많은 자생식물을 이용한 관광상품 등으로 이용이 가능하다. 특히 최근에 자생식물의 대단위 조경용 공사가 늘어나면서 고유 식물소재의 활용이 시급한 실정이다. 또한 우리 꽃의 시공시 이용할 재료는 규격묘를 사용하여야 한다. 그러나 이에 대한 정확한 규정이 제정되어야 하는데 아직 식재기준 등 공식적으로 공표된 것이 없으므로 기존시장에서 유통되는 것을 중심으로 규격화하여야 할 것이다.

야생화의 대량증식에 관한 연구보고는 대학, 농촌진흥청 산하의 연구기관에서 다수 있으나 실험실 수준의 기초 연구에 불과하여 생산비 절감 및 년 중 우수한 규격묘의 대량 생산을 위한 실용적인 번식체계 확립이 시급한 실정이다. 특히 우리나라 자생식물 생산 농가는 16ha정도의 재배면적을 가지고 있으나 전체 자생식물 생산의 8.7%에 불과하고(원예연구소 시험연구보고서, 1996년) 농가별 주력 화종이 없으며 대상화종의 전문성 결여로 파종 또는 영양체를 단순 증식하거나 야생에서 굴취 판매하므로 자생지 훼손이 심각하다. 또한 일부 조경업자들의 야생화에 대한 생리, 생태적 특성 지식의 부족으로 부적지에 식재한 결과 식재후 활착 및 생육불량으로 시공후 오류 발생이 많으며, 특히 숙근성 다년생 야생화는 1년 전에 식재되어야만 생육이 왕성하여 좋은 꽃을 볼 수 있으나 행사시기에 맞춘 전시적 긴급식재로 인해 고품질의 꽃을 관상할 수 없는 사례가 빈번하다.

이와 같이 야생화의 효율적인 조기 대량증식 및 생산비 절감을 통한 규격묘의 년중 대량생산체계 확립, 유형별 식재 모델 개발 등, 조경상 이용 방안에 대한 연구가 전무한 현실에서 야생화의 상품화 및 산업화를 위한 체계적인 실용기술 개발이 시급하며, 특히 생태적으로 건전한 다층구조화 식재유형을 개발함에 있어 하층식재 재료로 자생식물(야생화 등) 활용에 대한 기술개발이 요구됨에 따라 본 연구를 하게 되었다.

제1절 연구개발의 목적과 범위

본 연구는 이용, 용도별로 우수한 유용자원을 발굴, 선발하여 규격묘를 생산하기 위한 생산비 절감 기술을 개발하여 조기 상품화를 꾀하고 도시의 녹지 확대와 화원에서 자생식물을 이용한 생태적으로 적합한 식재유형을 개발, 보급하고자 한다. 도로변 가로화단 및 꽃길 조성, 도로변 절개지, 나대지의 아름다운 도시경관 조성 및 고수부지, 하천 등 자생식물을 이용한 새로운 조경문화의 창출을 위하여 재식지의 유형별 적용사례를 연구하여 하나의 모델을 제시하고 설계기준, 시공기준을 설정하여 그 연구 결과물을 관계 공공기관 및 관공서와 관련기업체가 손쉽게 활용할 수 있도록 하는 것이 본 연구의 최종목표이다.

제2장 자생식물의 규격묘 생산 및 적지 식재 적용 사례 연구

제1절 서 설

국내 일반 조경 공사 규모는 약 6000억 시장인데 그 중 지피류의 비율은 10~12%임을 감안할 때 600~720억 정도의 시장 규모가 예상된다. 또한 토목공사(환경 복원, 생태 복원)중 친환경적 공사 및 공사로 인한 훼손지 복원에 필요한 공사규모도 상기 일반 조경공사 규모를 상회하므로 총 국내 시장규모는 년간 1000억~1200억/원으로 추정된다. 앞으로 자생식물을 이용한 도시 녹지 확대 방안이 일반화되고 도시의 우리 꽃 공간 확대, 우리 꽃동산 만들기, 자생식물원, 자생식물 관찰로 조성, 우리 꽃 보내기 운동, 우리 꽃나무 이름 알리기 운동 등으로 시민의 인식이 제고됨으로 시장 규모는 더욱 확대될 것으로 예상된다.

자생식물을 조경소재로 정착시키고 다양하게 이용하기 위해서는 자생지와 유사한 생육환경의 조성이 관건이고 또한 식물의 생태적 특성을 고려하여 이용장소와 시기를 결정하여야한다. 자생식물은 품종의 분류가 미미한 실정이며 유전자원을 종류별로 수집 ·분류 등 연구도 미진하다고 볼 수 있다. 이에 반하여 기존의 식물자원은 육종의 손길을 많이 거쳐서 여러 다양한 품종으로 분화되어 이용되고 있다. 기존 재배작물도 야생종과 비교하면 모양이나 성분에서 몇 배나 우수하게 개량되어 작물로 인간에게 많은 식료품 등을 제공하고 있다.

자생식물자원도 집중적으로 연구하고 육성하여 개량하고 대량증식과 규격묘 생산방법이나 재배법을 개발하여야 한다. 생리생태나 생태적 특성도 체계적인 연구를 통하여 체계화하여 규격묘의 생산, 우리 꽃으로의 설계, 시공에 이용하여야 한다. 체계적인 규격묘의 대량생산체계가 수립되고 우리 꽃의 생태적 특성을 체계적으로 정립한다면 우리자생식물의 조경소재로의 이용은 앞으로 매우 밝다고 할 수 있다.

제2절 연구개발의 목적 및 중요성

자생식물의 대량생산 체계가 확립되어 있지 않고 생산면적이 한정되어 있어 일반 화훼류보다 30-50%정도 가격이 높게 거래되고 있다. 따라서 자생식물의 이용, 용도별로 우수한 유용자원을 발굴, 선발하여 규격묘를 생산하기 위한 생산비 절감 기술을 개발하여 조기 상품화를 꾀하고 자생식물을 이용한 생태적으로 적합한 적지 식재 유형을 개발, 보급할 필요가 있다.

현재 자생식물을 이용한 조경공사 및 화단조성, 행정자치부의 국토공원화 사업 일환으로 자생식물을 이용한 꽃길조성, 산림청의 우리꽃길 조성사업, 생태환경조성 등 자생식물의 이용이 증대되고 있어 생산된 자생 식물의 규격묘 표준화를 통해 농가의 새로운 소득작목으로 정착, 농가 소득 증진에 매우 중요하며, 조경 분야의 설계, 시공상에 있어 자생식물의 생태적특성, 조경상의 특성, 식재적지의 오류 등 많은 문제점이 노출되어 자생식물(야생화) 이용의 부정적 요소를 조기에 해소하고 야생화의 적지적소 이용방안을 연구 표준화함으로써 조경분야에서 자생식물(야생화)이용을 극대화하여 새로운 조경문화를 창출하는데 중요한 일이 될 것이다.

자생식물을 조경 소재화 함으로서 농가에서 생산되는 소재로 대체가 가능하여 공사비 절감과 동시에 농가소득 증대와 자급자족 기술 개발로 수입 대체 효과 및 수출 농업의 견인차 역할을 할 것으로 예상된다. 또한 국내의 과잉 중복 투자된 작목을 새로운 작목으로 전환할 수 있어 고가의 시설 하우스 부실 운영 방지와 개발된 기술의 특허화로 국제 경쟁력 확보에도 중요한 역할을 할 것으로 본다.

자생식물의 대량증식에 관한 연구보고는 대학, 농촌진흥청 산하의 연구기관에서 다수 있으나 실험실 수준의 기초 연구에 불과하여 생산비 절감 및 년 중 우수한 규격묘의 대량 생산을 위한 실용적인 번식체계 확립이 시급한 실정이다. 이와 같이 야생화의 효율적인 조기 대량증식 및 생산비 절감을 통한 규격묘의 년 중 대량 생산체계 확립으로 농가소득 증대와 자생식물의 식재 적지 사례연구 등 조경상 이용 방안에 대한 연구가 전무한 현실에서 야생화의 상품화 및 산업화를 위한 체계적인 실용기술 개발이 시급하여 본 연구를 하게되었다.

제3절 재료 및 방법

1. 숙근초화류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산.

가. 파종시기 실험

실험재료는 1999년 가을에 채종한 붓꽃, 원추리, 벌개미취, 섬초롱꽃, 섬기린초, 범부채, 왜성술패랭이, 산매발톱꽃, 비비추, 용머리, 감국, 털머위, 두메부추를 정선하여 추파(1999. 12. 20), 춘파(2000. 3. 20)로 나누어 원예용상토를 사용하여 파종상에 각 개체당 30입씩 3반복으로 파종하여 비닐하우스내에서 완전임의배치하여 발아율, 생육정도 등을 조사하였다.

나. 분주번식 실험

실험재료는 붓꽃, 원추리, 벌개미취, 섬초롱꽃을 이용하였다. 균일한 포기를 선발하여 2000년 3월 20일에 각각 종류별로 촉수를 1, 2, 3, 4, 5촉으로 나눠 분주한 다음 직경 9cm의 비닐포트에 식재하여 각 처리구당 10반복으로 완전임의배치하여 비닐하우스 내에서 실험하였다. 분주 5개월 후에 초장, 초폭, 분얼수, 생체중을 조사하였다.

다. 삽목번식 실험 1

섬기린초의 적정 삽목시기, 삽수길이 및 삽목용토를 찾기 위해 본 실험을 계획하였다. 이때 삽목시기는 섬기린초의 균일한 삽수를 5, 6, 7, 8월에 각각 채취하여 삽수길이를 3, 5, 7, 9cm로 하고 삽목용토는 모래, 마사토, perlite, vermiculite, peatmoss를 사용하여 pot에 삽식 하였다. 각 처리구당 10반복으로 비닐하우스 내에서 완전임의배치하여 삽목50일 후에 발근수, 근장, 초장, 초폭, 분지수 등을 조사하였다.

라. 삽목번식 실험 2

몇 가지 숙근초화류의 적정 삽목시기 및 삽목용토를 찾기위해 실험재료로 감국, 왜성술패랭이, 벌개미취, 용머리를 사용하였다. 균일한 삽수를 채취하여 삽수길이를 7cm로 조제하여 삽목시기를 5, 6, 7, 8월로 나눠 모래, 마사토, perlite, vermiculite, peatmoss에 5반복으로 비닐하우스 내에서 실시하였다. 삽목50일 후에 발근수, 근장, 초장, 초폭, 분지수 등을 조사하였다.

마. Pot크기에 따른 묘소질 조사

실험재료는 붓꽃, 원추리, 벌개미취, 섬초롱꽃, 섬기린초, 범부채, 왜성술패랭이, 산매

발톱꽃, 비비추, 용머리, 감국, 털머위, 두메부추를 이용하였다. 균일한 개체를 선발하여 2000년 3월 20일에 pot직경크기를 7.5, 9, 12, 18cm로 대별하여 종류 당 10개씩 3반복으로 포트에 이식하여 비닐하우스 내에서 실험하였다. 포트정식 5개월 후에 분얼수, 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 근수, 근장 등을 조사하였다.

바. 육묘기간에 따른 묘소질 조사

실험재료는 붓꽃, 원추리, 벌개미취, 섬초롱꽃, 섬기린초, 범부채, 감국, 왜성술패랭이, 산매발톱, 비비추, 용머리, 털머위, 두메부추를 이용하였다. 종류별로 균일한 개체를 선발하여 각 종류 당 10개씩 3반복으로 포트작업한 후 육묘기간을 각각 출하직전(7일 이내), 포트정식 후 3개월, 6개월, 9개월, 12개월로 나눠 육묘하였다. 초장, 초폭, 엽장, 엽폭, 엽수, 근수, 근장, 경제성 등은 육묘기간에 따라 조사하였다.

2. 구근류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산

가. 파종시기 실험

실험재료는 참나리, 하늘나리, 땅나리, 섬말나리를 사용하였다. 2000년 가을에 채종하여 추파(2000. 12. 20), 춘파(2001. 3. 20), 하파(2001. 6. 20)로 나누어 원예용상토를 사용하여 각 개체당 100립씩 3반복으로 파종상에 파종하였다. 파종시기에 따른 발아율, 생육정도는 파종 120일 후에 조사하였다.

나. 섬말나리의 인편번식 실험

1) 인편번식시기와 자구형성

실험재료는 균일한 종구(구둘레: 12cm이상)를 선별하여 각 시기별(3월25일, 6월25일, 9월25일)로 인편을 분리하여 원예용상토에 인편번식을 하였다. 인편번식 90일 후에 자구형성율, 자구수, 자구중, 자구직경 등을 조사하였다.

2) 인편채취부위와 자구형성

구둘레가 12cm이상인 섬말나리 구근을 2001년 5월 25일에 채취하여 인편을 내측, 중측, 외측으로 나누어 원예용상토를 사용하여 인편번식 하였다.

3) 인편절편체 크기와 자구형성

실험재료는 인편채취부위와 자구형성에 관한 실험에 사용한 구근과 동일한 것을 이용하였다. 각각의 인편을 0, 2, 3, 6, 9등분하여 원예용상토를 사용하여 파종상에 삽식하였다.

4) 용토 종류와 자구형성

실험재료는 구둘레가 12cm이상인 구근을 2001년 5월 28일에 채취하여 용토의 종류를 vermiculite, perlite, peatmoss, 팽연왕겨, 마사토, 원예용상토, 모래를 이용하여 인편번식을 하였다. 섬말나리의 인편번식에 관한 실험은 모두 각 처리구당 3반복으로 완전임의배치 하였으며 실험장소는 비닐하우스에서 실시하였다.

다. 포트 크기에 따른 구근류의 묘소질 실험

실험재료는 종자번식 실험(추파 : 2000. 12. 20)에서 나온 묘(참나리, 하늘나리, 땅나리, 섬말나리의 실생 묘)를 원예용상토, 완숙퇴비, perlite를 각각 1:1:1로 혼합한 용토를 사용하여 포트 크기별(포트직경 : 7.5cm, 9cm, 12cm, 18cm)로 각각 나누어 2001년 6월 25일에 식재 한 후 각 처리구당 10반복으로 임의배치하여 비닐하우스 내에서 실험하였다. 최종조사는 2002년 09월 25일에 구근중량, 구근직경, 구근높이, 근수, 근장 등을 조사하였다.

라. 제주수선화의 인공번식 실험

1) Notching에 의한 자구번식

가) 저반부의 분할수와 자구형성

실험재료는 제주수선화의 균일한 종구(종구둘레 14cm이상)를 선별하여 뿌리를 제거한 다음, 저반부를 notching법으로 구고의 1/2까지 절상하여 2, 4, 8, 16분할한 다음 수분을 70~80%범위로 조제한 원예용상토를 사용하여 삽목상자에 처리구당 각각 3반복으로 삽식하였다.

나) 저반부의 절단깊이와 자구형성

실험재료는 가)와 동일한 구근을 이용하여 notching법으로 저반부를 8분할한 후 절단깊이를 저반부로 부터 각각 1, 2, 3, 4, 5cm로 처리하였다.

다) 재식방법과 자구형성

실험재료는 가)와 동일한 구근을 이용하여 notching법으로 저반부를 구고의 1/2까지 절상한 후 4분할하여 직립, 역립, 수평으로 원예용상토를 이용한 화분에 식재하였다.

라) 재식깊이와 자구형성

실험재료는 가)와 동일한 것을 이용하였고 notching법으로 저반부를 구고의 1/2까지 절상한 후 8분할하여 재식깊이를 단경노출, 3, 6, 9cm로 하여 원예용상토를 사용한 화분에 식재하였다. 제주수선화의 notching에 관한 실험은 수분을 70~80% 범위로 조정한 원예용상토를 각 처리구당 3반복하였으며 실험은 무가온비닐하우스에서 실시하였다.

2) Chipping에 의한 자구번식

가) 인편부위와 자구형성

실험재료는 제주수선화의 균일한 구근(구근둘레 14cm이상)을 선별하여 뿌리를 제거한 다음 8분할하여 인편을 내측, 중측, 외측으로 구분한 후 삽식하였다.

나) 용토의 종류와 자구형성

실험재료로 사용한 구근을 8분할로 chipping된 조각을 용토의 종류(vermiculite, perlite, peatmoss, 팽연왕겨, 마사토, 원예용상토, 모래)를 달리하여 삽식하였다.

다) 분할 수와 자구형성

실험재료는 구근둘레가 14cm이상인 제주수선화를 이용하여 2, 4, 8, 16 분할로 chipping하여 원예용상토에 삽식하였다. Chipping에 관한 실험은 용토의 종류에 관한 실험 외는 모두 원예용상토를 70~80%수분함량으로 조절하여 삽식하였다.

3) 인공번식별 인편의 건조정도와 자구형성

실험재료는 제주수선화의 균일한 구근(구근둘레 14cm이상)을 선별하여 뿌리를 제거한 다음 chipping, twin-scaling, half-chipping, notching 등 인공번식을 달리하여 조제 후 당일, 1일, 2일, 3일 후 삽식하였다. 이때 삽식용토 및 실험장소는 chipping 실험과 동일하게 하였다.

4) Scooping에 의한 번식

실험재료는 제주수선화의 균일한 구근(구근둘레 14cm이상)을 선별하여 뿌리를 제거한 다음 제반부를 완전제거, 일부제거, 수평제거, 삼각형제거로 처리하여 삽식하였다.

5) Coring에 의한 번식

실험재료는 scooping에 이용한 구근과 동일하며 구근의 뿌리를 제거한 다음 coring 하였다. Scooping과 coring에 관한 실험은 원예용상토를 수분함량을 70~80%로 조절하여 삽식하였으며 실험모두 무가온비닐하우스에서 실시하였다.

3. 목본류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산

가. 파종시기 실험

실험재료는 2001년 가을에 채종한 멀꿀, 자금우, 히어리, 백량금, 으름 종자를 추파(2001. 12. 20)와 춘파(2002. 3. 20)로 나누어 각 개체당 100립씩 3반복으로 원예용상토를 이용하여 파종하였다.

나. 삽목 번식시기 실험

실험재료는 히어리, 멀꿀, 자금우, 송악, 담쟁이를 이용하였고 이들을 시기별(3월 4월, 5월, 6월. 7월, 8월)로 균일한 삽수(삽수길이 : 7cm)를 채취하여 삽목상에 각 처리구당 5반복으로 무가온하우스에서 실시하였다. 발근수, 발근장, 발근율, 초장, 초폭 등은 삽목 60일 후에 조사하였다.

다. 삽목용토 실험

실험재료는 히어리, 멀꿀, 자금우, 송악, 담쟁이를 이용하여 2002. 5. 20에 균일한 삽수(삽수길이 : 7cm)를 채취하여 삽목용토를 모래, 마사토, 원예용상토(시중판매용:원조믹스), vermiculite, perlite, peatmoss로 각각 달리하여 삽목상에 각 처리구당 5반복으로 무가온하우스 내에서 실시하였다. 삽목 60일 후에 발근수, 발근장, 발근율, 초장, 초폭 등을 조사하였다.

라. 삽수길이 실험

삽수길이에 관한 실험은 히어리, 멀꿀, 자금우, 송악, 담쟁이를 이용하여 2002. 5. 20일에 삽수를 채취하여 삽수길이별(3cm, 5cm, 7cm, 9cm, 11cm)로 원예용상토(시중판매용: 원조믹스)를 사용하여 각 처리구당 5반복으로 삽식하였다. 발근수, 발근장, 발근율, 초장, 초폭 등은 삽목 60일 후에 조사하였다.

4. 상록수 및 낙엽활엽수, 도로분리대의 적지 식재 적용사례 연구

실험재료는 1999~2000년에 식재한 원추리, 왜성술패랭이, 비비추, 범부채, 감국, 산매발톱꽃, 벌개미취, 털머위, 섬기린초, 붓꽃, 용머리, 두메부추, 섬초롱꽃을 선정하였

다. 대상지는 지역별, 위치별(표1, 그림1~4 참조)로 선정하여 계절별(표2 참조)로 생육상태, 식재본수, 경제성, 최적화종 등을 조사하였다. 생육상태는 5등급(☆:매우양호, ◎:양호, ○:보통, △:불량, ×:매우불량)으로 표시하였으며, 미적가치는 식재지의 식재밀도(본/㎡), 경제성 등을 고려하여 조사자 및 지나가는 행인 20인과 사진판독으로 종합하여 각각 상, 중, 하로 구분하여 사례지 별로 실시하였다.

표 1. 지역에 따른 위치별 식재 조사 대상지

구분	상록수 하층	낙엽활엽수 하층	도로분리대	경관석 및 정원석사이
중부지방	시청사녹지대(인천)	시청사녹지대(인천)	시청사(인천)	시청사(인천)
충청지방	고운조경농장(청양)	고운조경농장(청양)	톨게이트입구(전주)	고운조경농장(청양)
남부지방	5·18기념공원(광주)	5·18기념공원(광주)	상무신도심(광주)	대한종묘원농장(구례)

표 2. 지역에 따른 계절별 조사일시

구분	구례	광주	인천	청양
봄	2000. 3. 25	2000. 3. 25	2000. 3. 26	2000. 3. 25
여름	2000. 6. 5	2000. 6. 6	2000. 6. 29	2000. 6. 4
가을	2000. 10. 7	2000. 10. 8	2000. 10. 7	2000. 10. 8

그림 1. 낙엽활엽수 아래의 식재

그림 2. 상록수아래의 식재

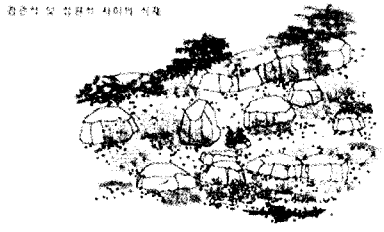


그림 3. 경관석 및 정원석 사이의 식재

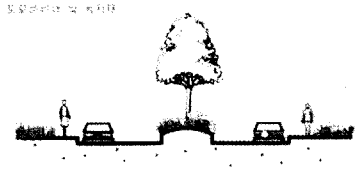


그림 4. 도로분리대의 식재

5. 절개지면, 보행섬 및 가로화단의 적지 식재 적용사례 연구

실험재료는 2000~2001년에 식재한 원추리, 왜성술패랭이, 애기범부채, 범부채, 감국, 쑥부쟁이, 벌개미취, 할미꽃, 섬기린초, 붓꽃, 용머리, 참나리, 섬초롱꽃을 선정하였다. 각 지역별, 위치별(표1, 그림1~3 참조)로 조사 대상지를 선정하여 계절별(표2 참조)로 생육상태, 식재본수, 경제성, 최적화종 등을 조사하였다. 생육상태와 미적 가치판단 기준은 실험4와 동일하게 하였다.

표 1. 지역에 따른 위치별 식재 조사대상지

구분	절개지면	보행섬	공한지 및 가로화단	공간이 넓은 잔디밭 위 화단
중부지방	고속도로(판교-수원)	송도신도심(인천)	남산공원(서울)	구월, 간석동(인천)
충청지방	고속도로(대전-전주)	산업단지내(유성)	산업단지내(유성)	덕진공원(전주)
남부지방	광주시립묘지(광주)	상무신도심(광주)	상무신도심(광주)	518묘지(광주)

표 2. 지역에 따른 계절별 조사일시

구분	중부	충청	남부
봄	2001. 3. 23.	2001. 3. 25.	2001. 3. 23.
여름	2001. 7. 12. 2001. 8. 13.	2001. 7. 14. 2001. 8. 14.	2001. 7. 14. 2001. 8. 19.
가을	2001. 10. 20.	2001. 10. 23.	2001. 10. 22.

그림 1. 보행섬, 공한지 및 가로화단의 식재

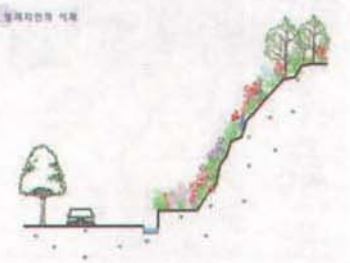


그림 2. 절개지면의 식재

그림 3. 공간이 넓은 잔디밭 위의 화단조성의 식재

6. 습지 및 고수부지의 적지 식재 적용사례 연구

실험재료는 2001~2002년에 식재한 갈대, 꽃창포, 창포, 석창포, 노랑어리연꽃, 돌단풍, 물억새, 박하, 벌개미취, 부들, 부처꽃, 부채붓꽃, 수련, 줄, 큰고랭이, 흰갈풀을 선정하였다. 각 지역별, 위치별(표1, 그림1~2 참조)로 조사 대상지를 선정하여 계절별(표2 참조)로 생육상태, 식재본수, 경제성, 최적화종 등을 조사하였다. 생육상태와 미적 가치판단기준은 실험4와 동일하게 하였다.

표 1. 지역에 따른 위치별 식재 조사대상지

구분	습지	고수부지
중부지방	한강(서울)	한강(서울)
충청지방	무심천(청주)	무심천(청주)
남부지방	광주천(광주상무)	광주천(광주상무)

표 2. 지역에 따른 계절별 조사일시

구분	중부	충청	남부
봄	2002. 3. 24.	2002. 3. 25.	2002. 3. 26.
여름	2002. 7. 13.	2002. 7. 13.	2002. 7. 14.
가을	2002. 10. 21.	2002. 10. 24.	2002. 10. 22.

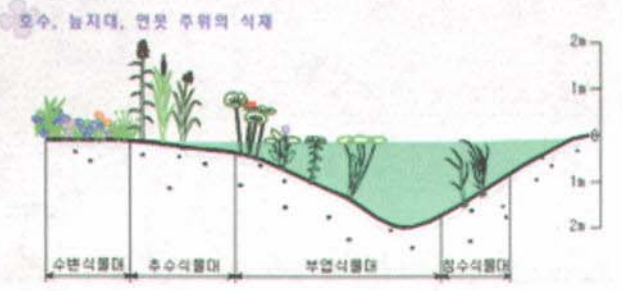


그림 1. 호수, 늪지대, 연못 주위의 식재

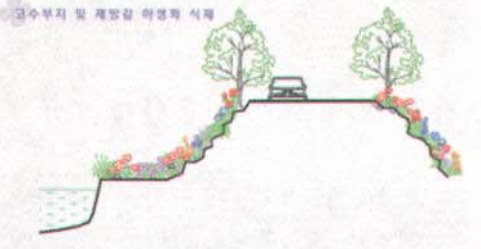


그림 2. 고수부지 및 제방길 야생화 식재

제4절 결과 및 고찰

1. 숙근초화류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산

가. 파종시기 실험

숙근초화류의 파종시기 실험에서 용머리를 제외한 대부분의 종자가 추파보다 춘파한 것에서 발아율이 높고 종자발아 기간도 단축되었으며 발아후 생육상태도 좋아, 경제적으로 볼 때 추파보다는 춘파가 유리한 것으로 나타났다. 춘파의 경우 대부분의 종자에서 파종 후 30일 정도가 지나면 60% 내외의 발아율을 보인 반면, 추파의 경우는 파종 후 70일 이후에 60% 내외의 발아율을 보였다.

왜성술패랭이와 감국이 85%이상의 높은 발아율을 보인 반면 섬기린초, 털머위가 40%내외의 대체로 낮은 발아율을 나타내었다(그림1~4).

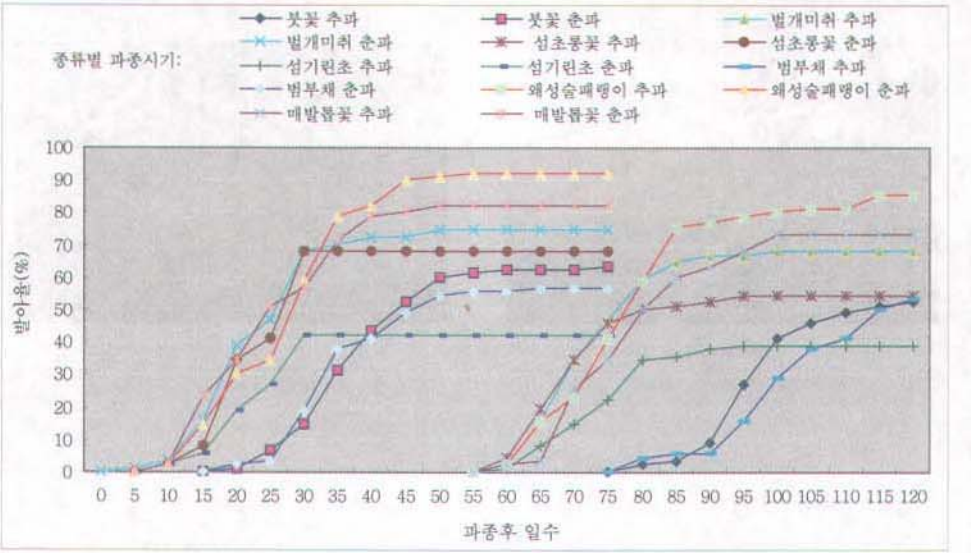


그림 1. 파종시기에 따른 붓꽃외 6종의 종자 발아율 변화

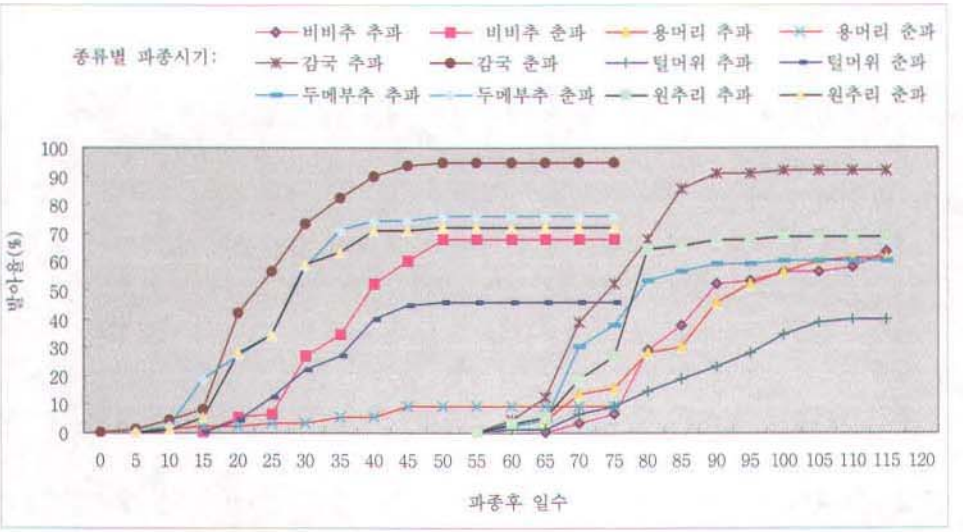


그림 2. 파종시기에 따른 비비추외 5종의 종자 발아율 변화

그림 3. 붓꽃외 12종의 춘파 발아상태

그림 4. 붓꽃외 12종의 추파 발아상태

나. 분주번식 실험

숙근초화류의 분주번식 실험에서는 분주시 분주 촉수를 많이 붙인 것일수록 초폭, 분얼수, 생체중이 증가하는 경향이 있는 반면 초장은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 특히 섬초롱꽃은 1촉에서도 9분얼 까지 증가하여 분주 번식이 좋은 반면, 원추리는 5촉에서 겨우 1촉이 증가되어 증식능률이 떨어졌다. 그러므로 섬초롱꽃은 분주 증식법이 좋으며, 원추리는 분주 증식이 비효율적인 것으로 나타났다(그림1~8).

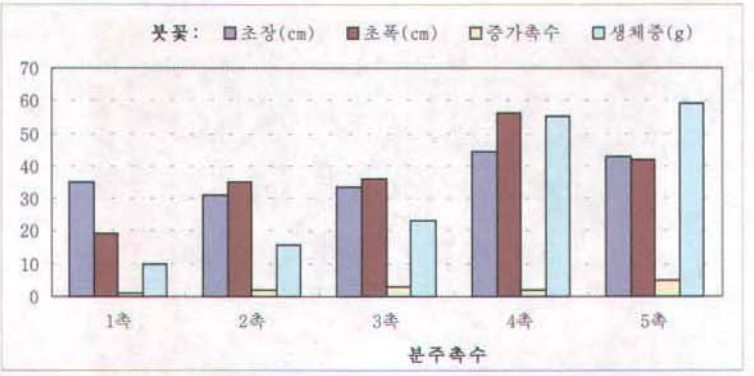


그림 1. 분주 촉수에 따른 붓꽃의 생육정도

그림 2. 분주 촉수에 따른 붓꽃의 생육정도

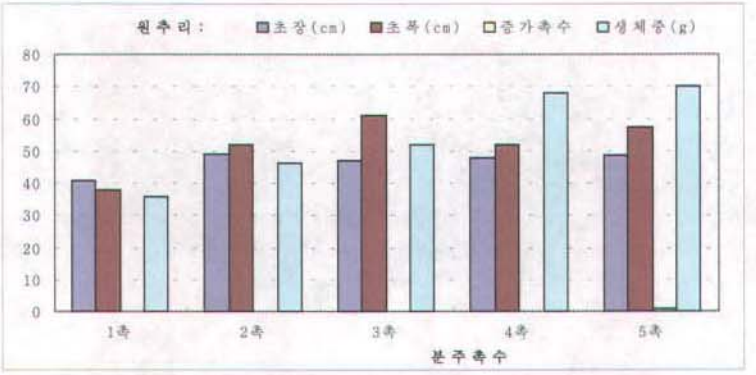


그림 3. 분주 촉수에 따른 원추리의 생육정도

그림 4. 분주 촉수에 따른 원추리의 생육정도

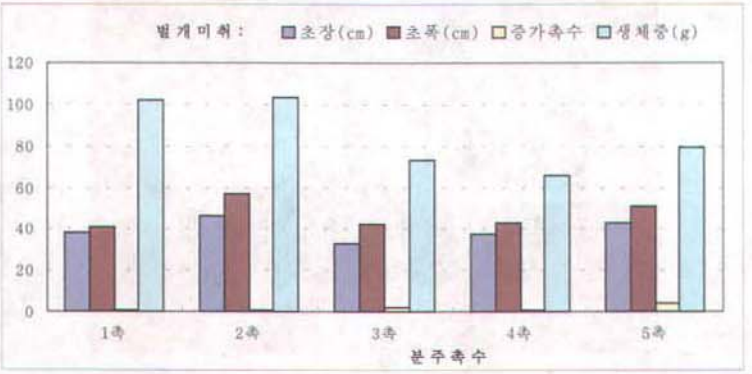


그림 5. 분주 촉수에 따른 벌개미취의 생육정도

그림 6. 분주 촉수에 따른 벌개미취의 생육정도

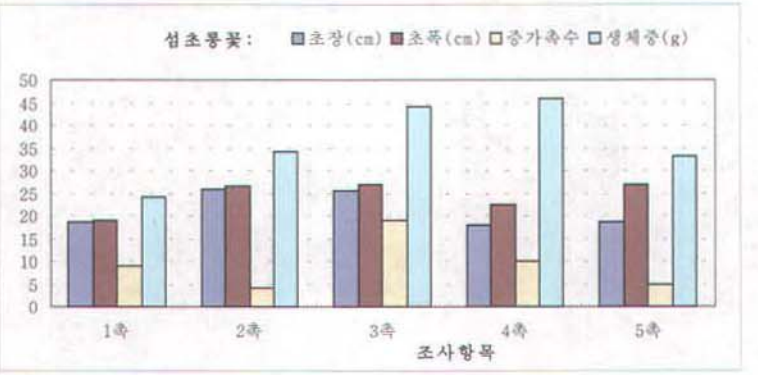


그림 7. 분주 촉수에 따른 섬초롱꽃의 생육정도

그림 8. 분주 촉수에 따른 섬초롱꽃의 생육정도

다. 삽목번식 실험 1

섬기린초의 삽목번식 실험에서 삽목시기는 5-6월이 7-8월보다 좋았는데 7-8월 삽목은 고온의 영향으로 발근율이 떨어진 것으로 생각된다. 용토는 삽수 길이에 관계없이 모래와 마사토에서 발근이 좀 더 잘되는 것으로 나타났으나 그 외 대부분의 용토에서도 비교적 발근이 잘되었다. 삽수길이는 길이가 길수록 발근율이 좋았으나 작업의 편리성과 경제성을 고려한다면 문제점이 있다. 이상의 실험결과 섬기린초는 5-6월 모래나 마사토를 삽목용토로 사용하여 삽수길이를 5-7cm로 삽목하는 것이 가장 바람직한 번식법으로 생각된다(그림1~16).

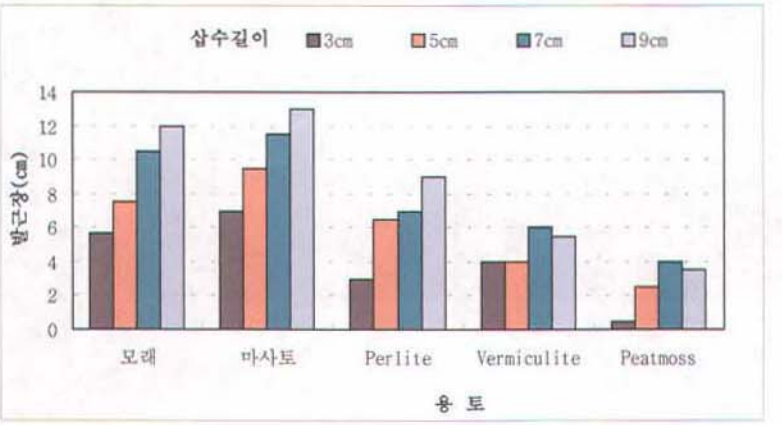


그림 1. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 5월삽목의 발근장

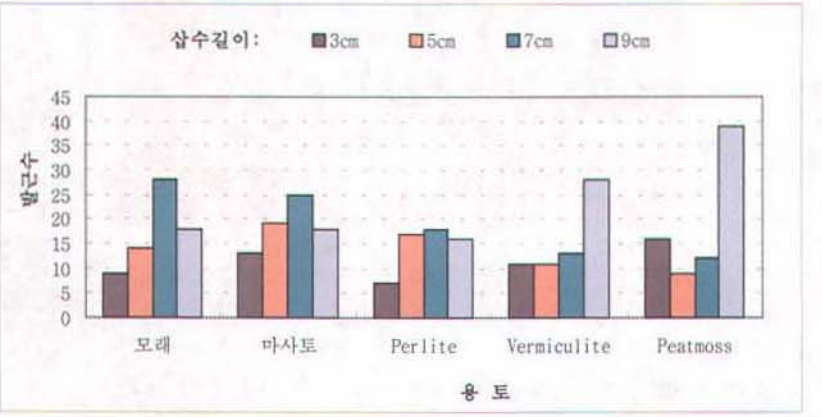


그림 2. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 5월삽목의 발근수

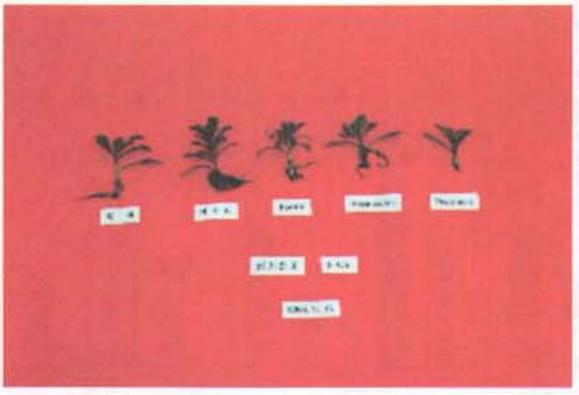


그림 3. 섬기린초의 삽수길이(3cm)와 용토에 따른 5월삽목의 발근상태

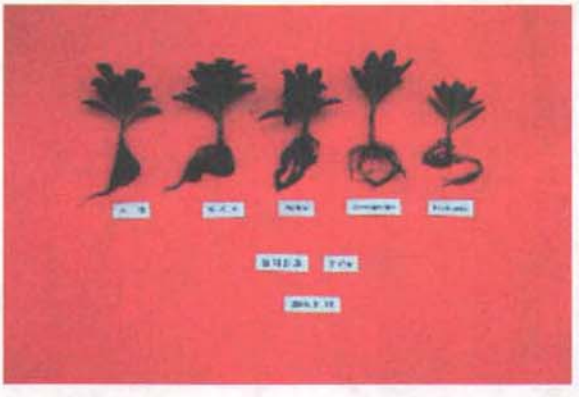


그림 4. 섬기린초의 삽수길이(7cm)와 용토에 따른 5월삽목의 발근상태

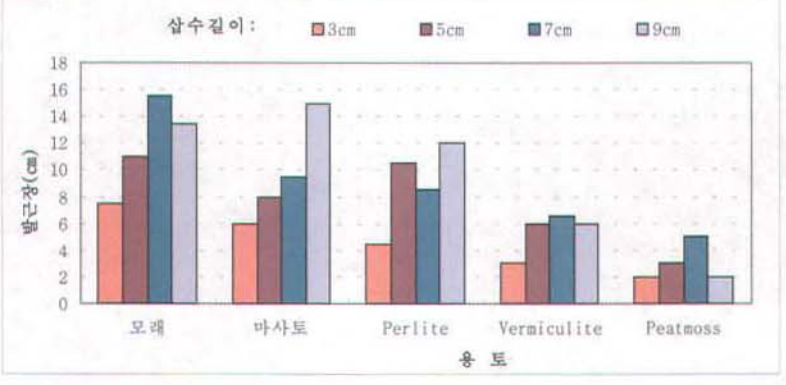


그림 5. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 6월삽목의 발근장

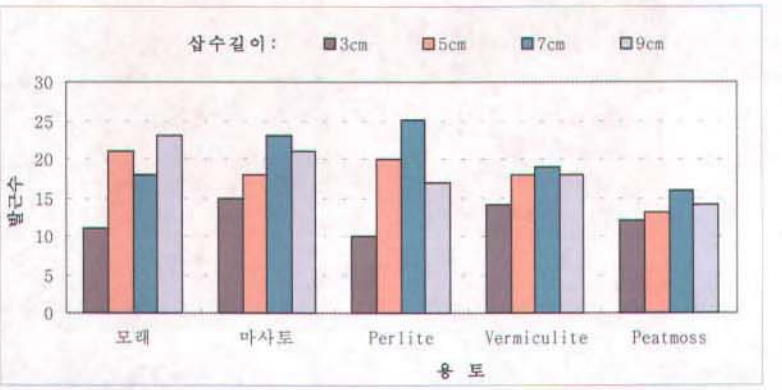


그림 6. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 6월삽목의 발근수

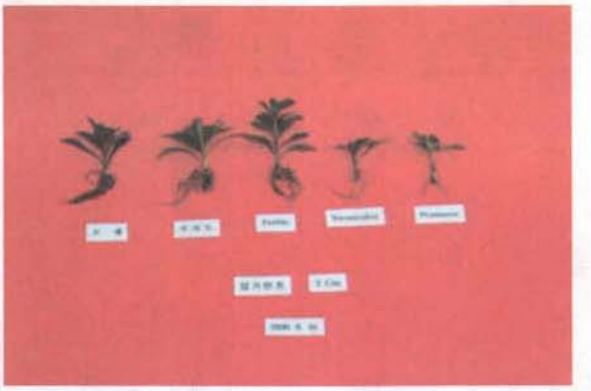


그림 7. 섬기린초의 삽수길이(3cm)와 용토에 따른 6월삽목의 발근상태

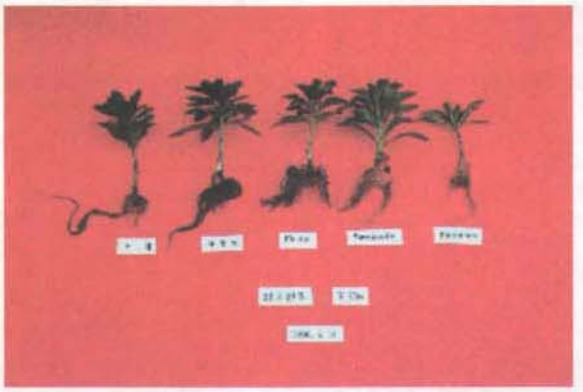


그림 8. 섬기린초의 삽수길이(7cm)와 용토에 따른 6월삽목의 발근상태

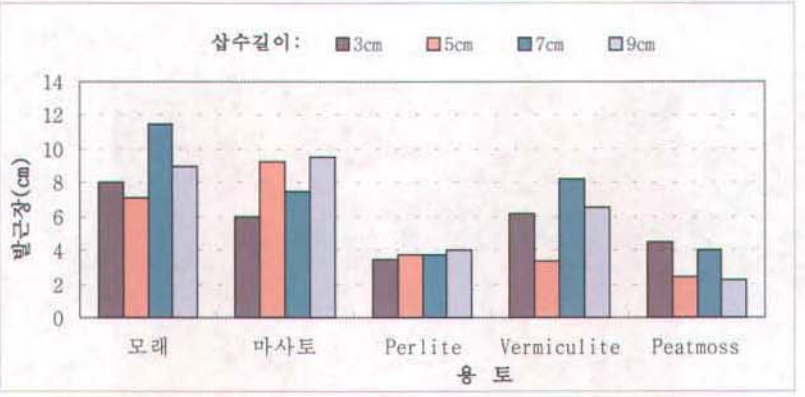


그림 9. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 7월삽목의 발근장

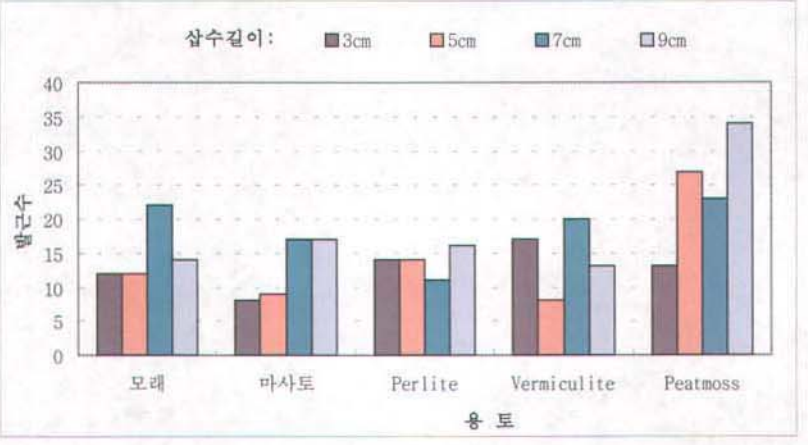


그림 10. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 7월삽목의 발근수

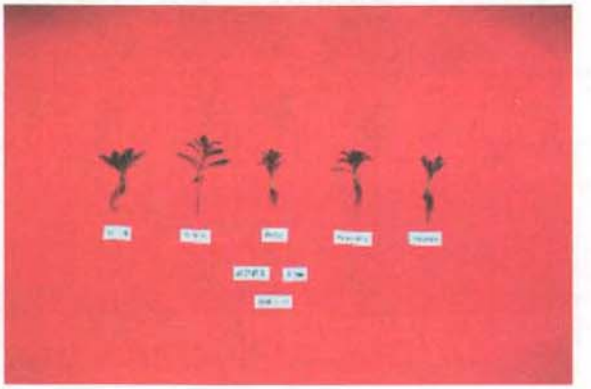


그림 11. 섬기린초의 삽수길이(3cm)와 용토에 따른 7월삽목의 발근상태

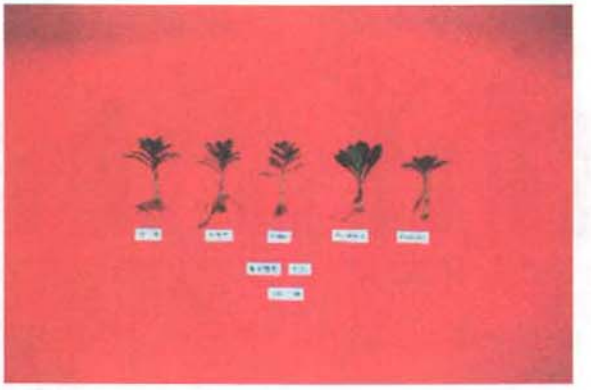


그림 12. 섬기린초의 삽수길이(7cm)와 용토에 따른 7월삽목의 발근상태

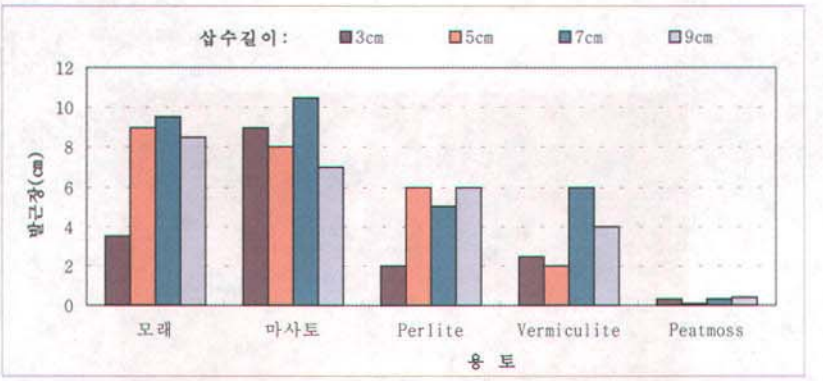


그림 13. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 8월삽목의 발근장

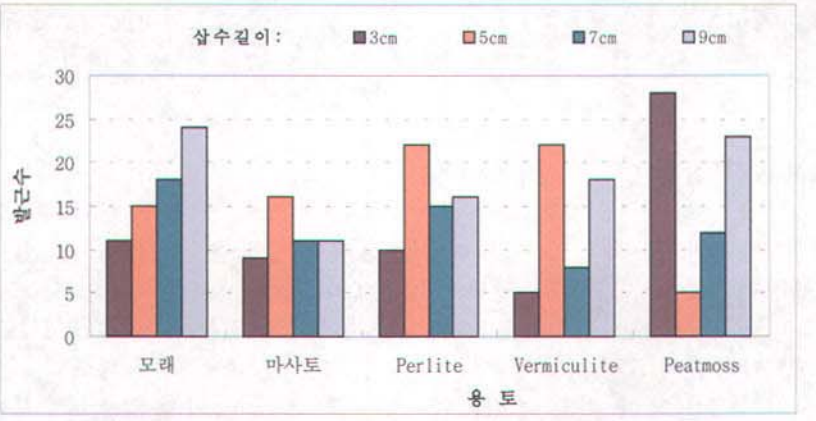


그림 14. 섬기린초의 삽수길이와 용토에 따른 8월삽목의 발근수

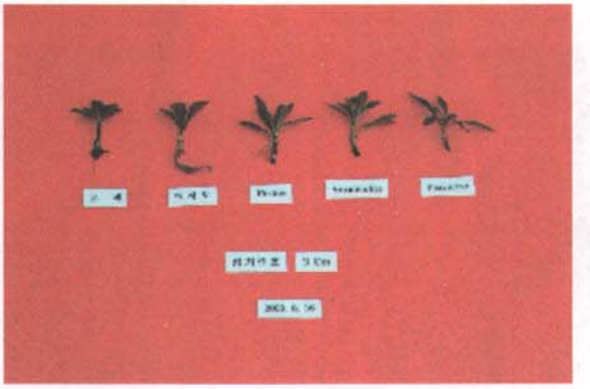


그림 15. 섬기린초의 삽수길이(3cm)와 용토에 따른 8월삽목의 발근상태

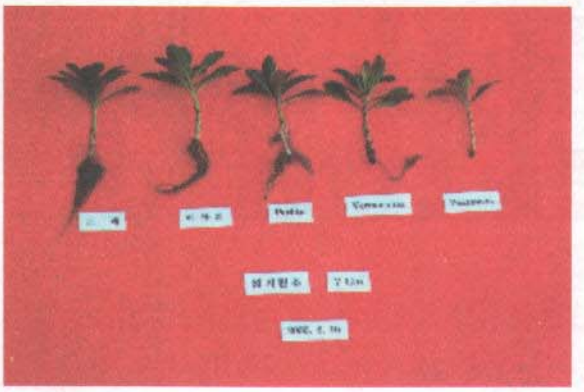


그림 16. 섬기린초의 삽수길이(7cm)와 용토에 따른 8월삽목의 발근상태

라. 삽목번식 실험 2

숙근초화류의 삽목번식 실험에서 삽목용토는 용토의 종류에 큰 차이 없이 대체적으로 발근이 잘 되었으며, 특히 마사토에서 감국은 발근수가 28개, 용머리는 발근장이 19cm로 뿌리의 발달이 좋았으며, peatmoss는 다른 용토에 비해 발근이 다소 떨어지는 편이었는데 왜성술패랭이의 경우 발근수가 4개, 벌개미취에서는 발근장이 5.8cm로 뿌리의 발달이 다른 용토에 비해 나빴다.

삽목시기는 5월 달이 가장 좋았으며 그 이후 삽목 시기가 늦어질수록 발근수와 발근장이 대체적으로 조금씩 떨어지는 것으로 나타났다. 발근수가 가장 많은 것은 감국의 5월삽목에서 27개, 가장 적은 것은 왜성술패랭이의 8월 삽목에서 6개로 나왔으며, 발근장은 벌개미취의 5월 삽목에서 21cm로 가장 길었고 가장 짧은 것은 왜성술패랭이의 7월 삽목에서 8cm로 나타났다.

이상에서 감국과 벌개미취, 왜성술패랭이, 용머리 등은 모두 발근이 잘되므로 삽목번식이 가능하며 삽목용토는 마사토와 vermiculite, 삽목시기는 5월이 가장 좋은 것으로 나타났다.

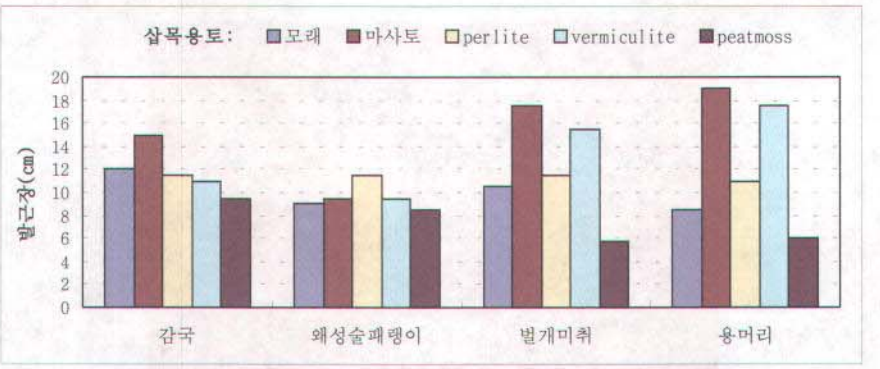


그림 1. 삽목 용토에 따른 감국외 3종의 발근장

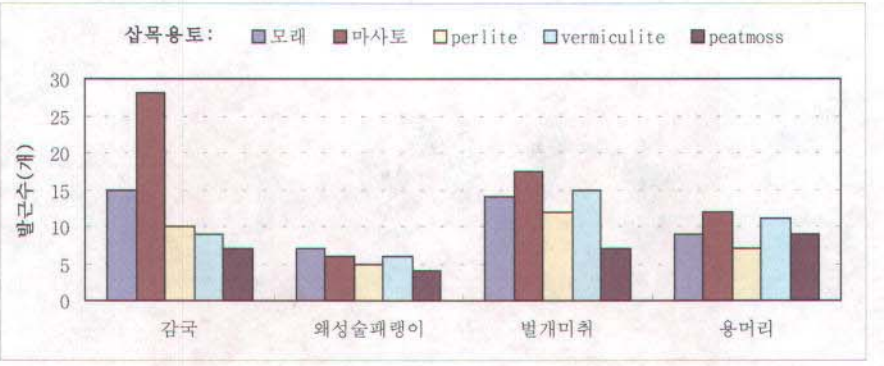


그림 2. 삽목 용토에 따른 감국외 3종의 발근수

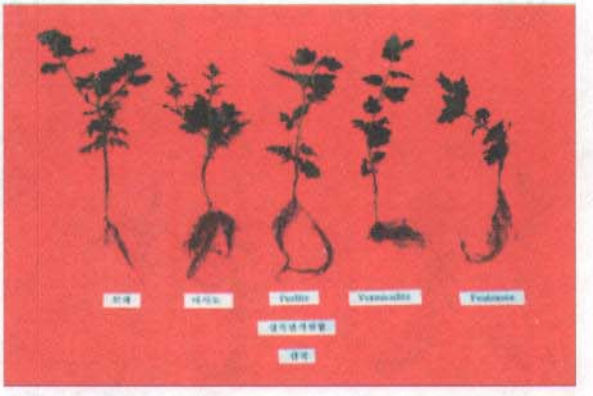


그림 3. 삽목용토에 따른 감국의 발근 및 생육정도

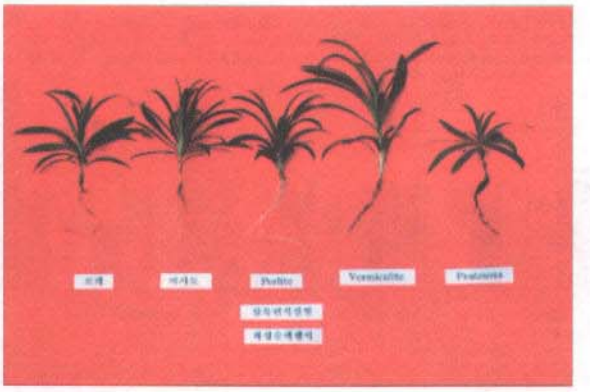


그림 4. 삽목용토에 따른 왜성술패랭이의 발근 및 생육정도

그림 5. 삽목용토에 따른 벌개미취의 발근 및 생육정도

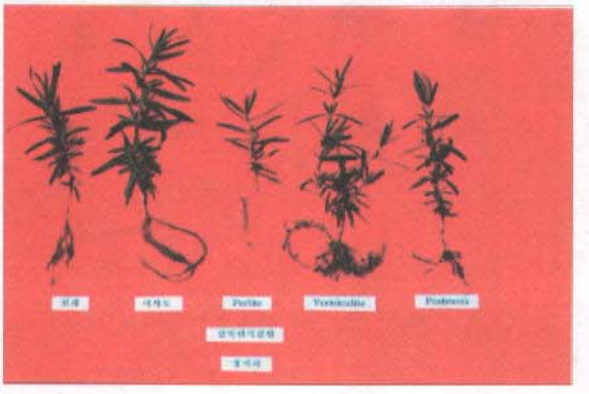


그림 6. 삽목용토에 따른 용머리의 발근 및 생육정도

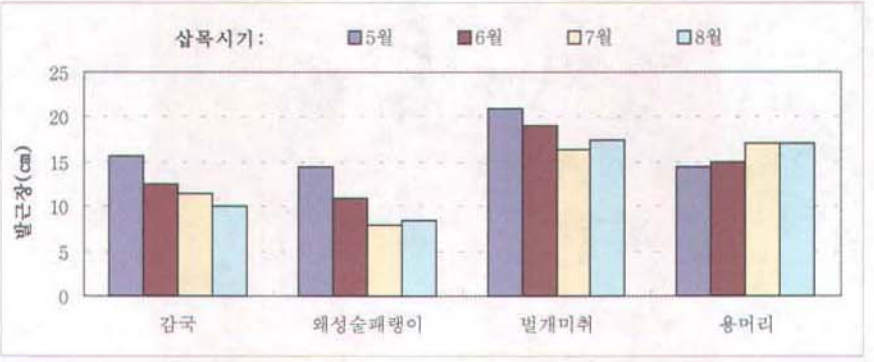


그림 7. 삽목 시기에 따른 감국외 3종의 발근장

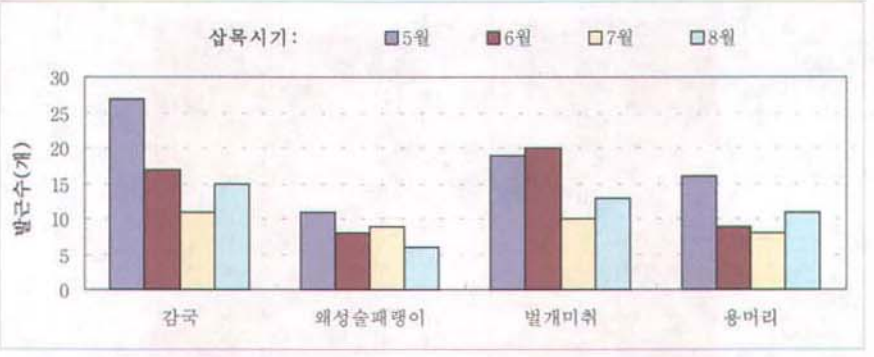


그림 8. 삽목시기에 따른 감국외 3종의 발근수

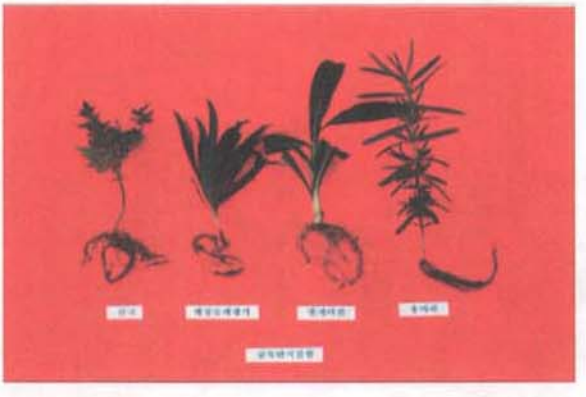


그림 9. 5월 삽목에 의한 감국외 3종의 발근정도

그림 10. 6월 삽목에 의한 감국외 3종의 발근정도

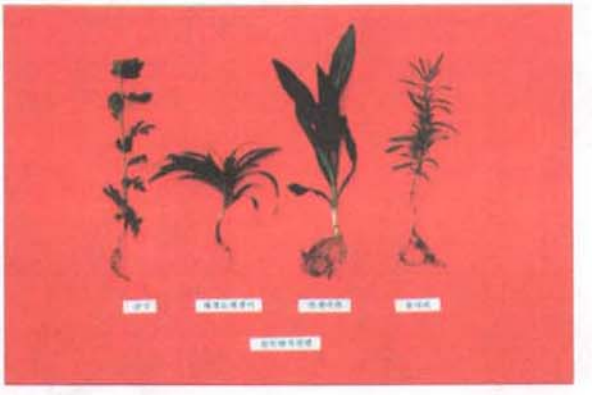


그림 11. 7월 삽목에 의한 감국외 3종의 발근정도

그림 12. 8월 삽목에 의한 감국외 3종의 발근정도

마. Pot크기에 따른 묘소질 조사

숙근초화류의 포트크기에 따른 묘소질 실험에서 대부분의 종에서 포트 크기가 클수록 포기가 커지고 분얼수도 많아지고 식물 생육도 좋았다. 이러한 결과는 포트내의 영양분과 관계되는 것으로 생각된다. 털머위의 경우는 근경이 다른 종보다 커서 포트크기가 9cm이하는 적당하지 않았다. 포트크기가 18cm일 경우는 작업의 불편성과 경제성이 떨어지며, 7.5cm이하는 너무 작아서 생육이 부진하므로 작업의 편리성이나 식물생육 및 경제성을 고려할 때 가장 적당한 포트의 크기는 9-12cm로 나타났다(그림1~26).

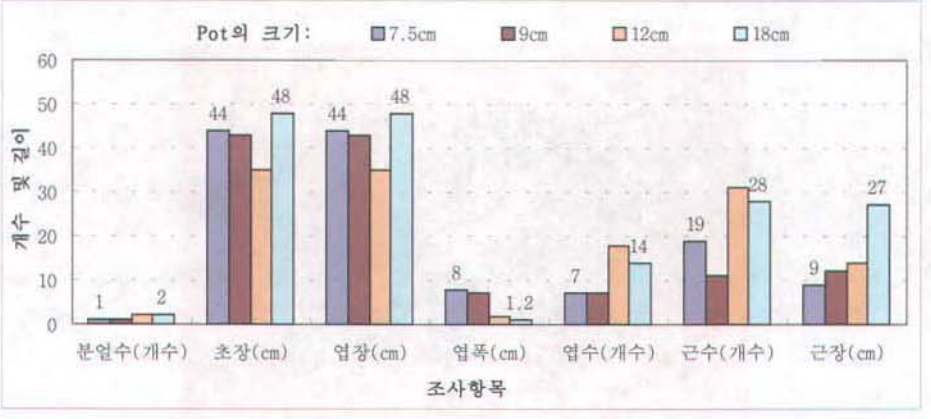


그림 1. Pot 크기에 따른 붓꽃의 묘소질

그림 2. Pot 크기에 따른 붓꽃의 묘소질

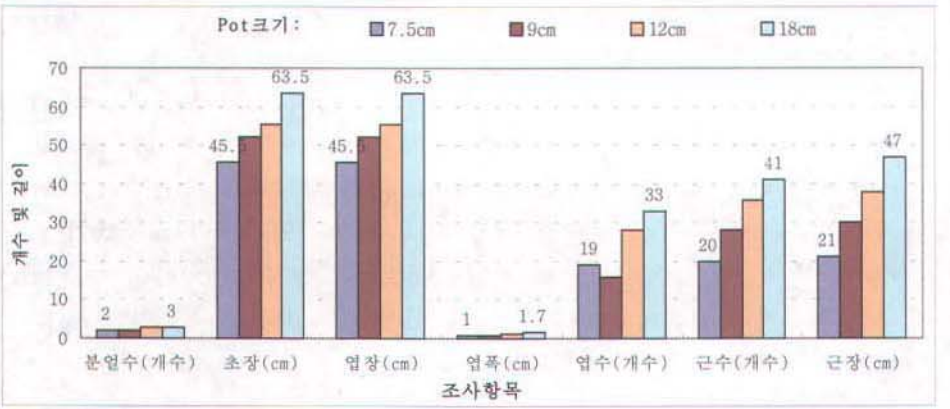


그림 3. Pot 크기에 따른 원추리의 묘소질

그림 4. Pot 크기에 따른 원추리의 묘소질

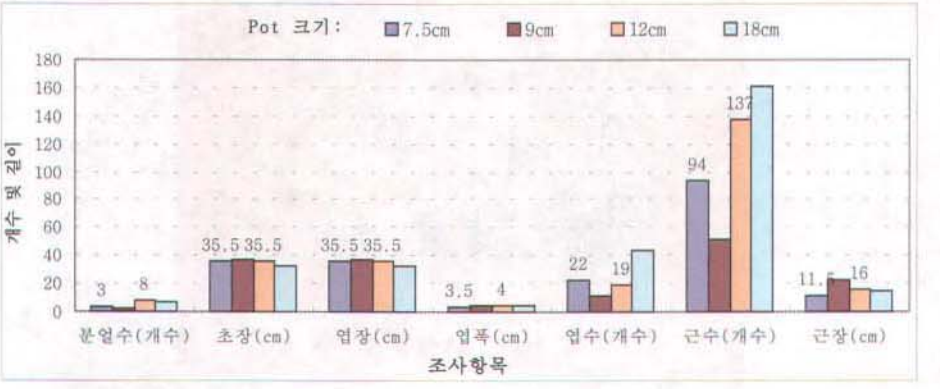


그림 5. Pot 크기에 따른 벌개미취의 묘소질

그림 6. Pot 크기에 따른 벌개미취의 묘소질

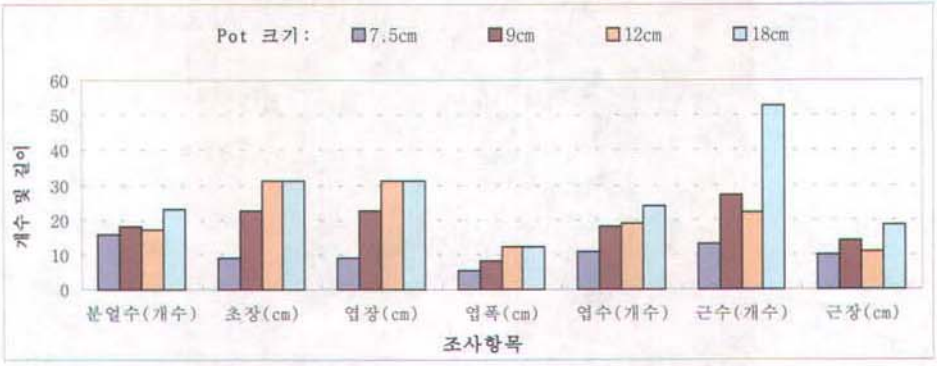


그림 7. Pot 크기에 따른 섬초롱꽃의 묘소질

그림 8. Pot 크기에 따른 섬초롱꽃의 묘소질

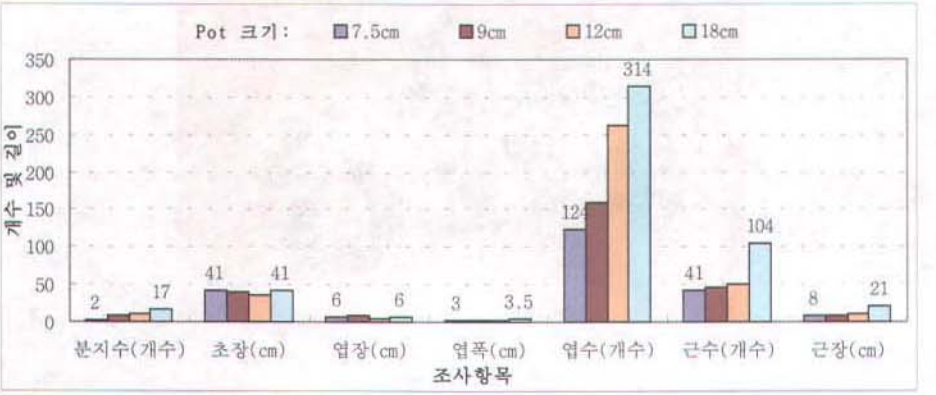


그림 9. Pot 크기에 따른 섬기린초의 묘소질

그림 10. Pot 크기에 따른 섬기린초의 묘소질

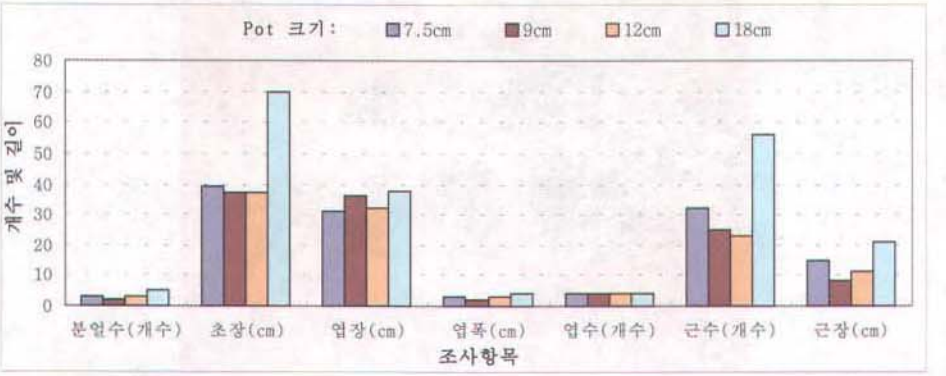


그림 11. Pot 크기에 따른 범부채의 묘소질

그림 12. Pot 크기에 따른 범부채의 묘소질

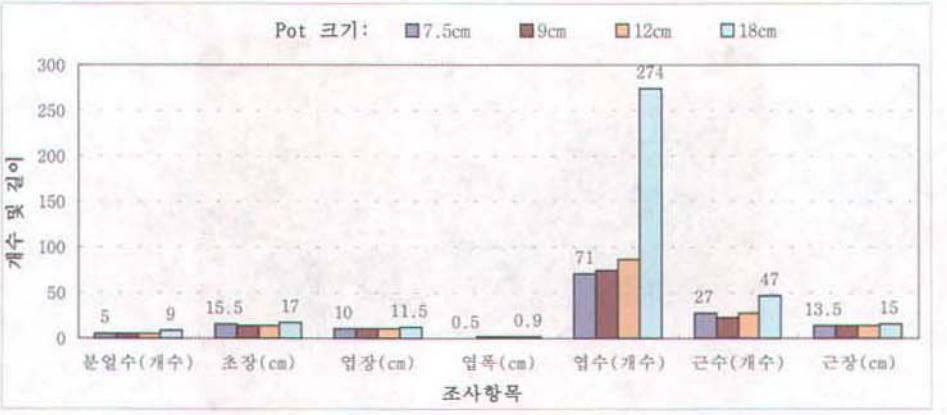


그림 13. Pot 크기에 따른 왜성술패랭이의 묘소질

그림 14. Pot 크기에 따른 왜성술패랭이의 묘소질

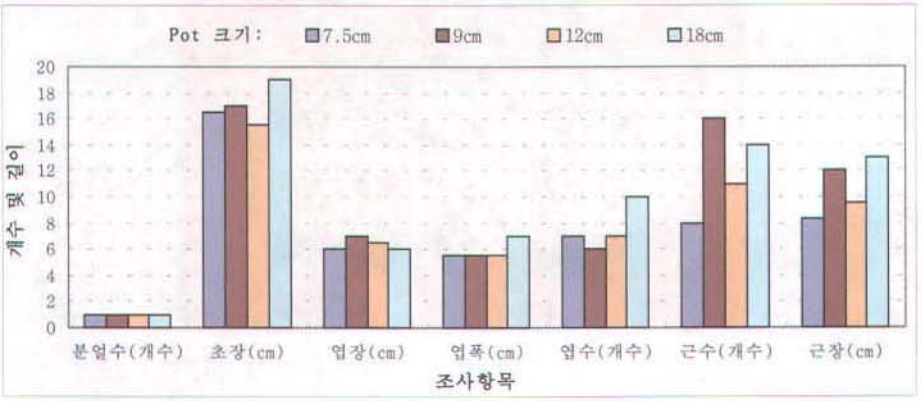


그림 15. Pot 크기에 따른 산매발톱꽃의 묘소질

그림 16. Pot 크기에 따른 산매발톱꽃의 묘소질

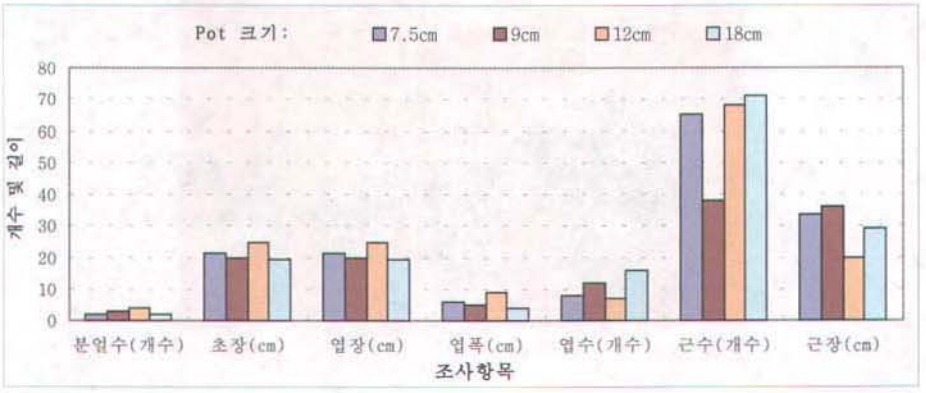


그림 17. Pot 크기에 따른 비비추의 묘소질

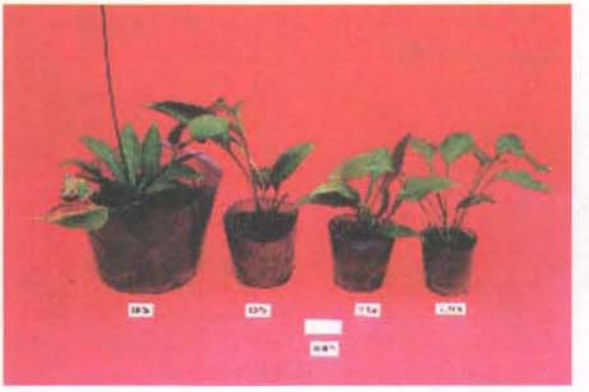


그림 18. Pot 크기에 따른 비비추의 묘소질

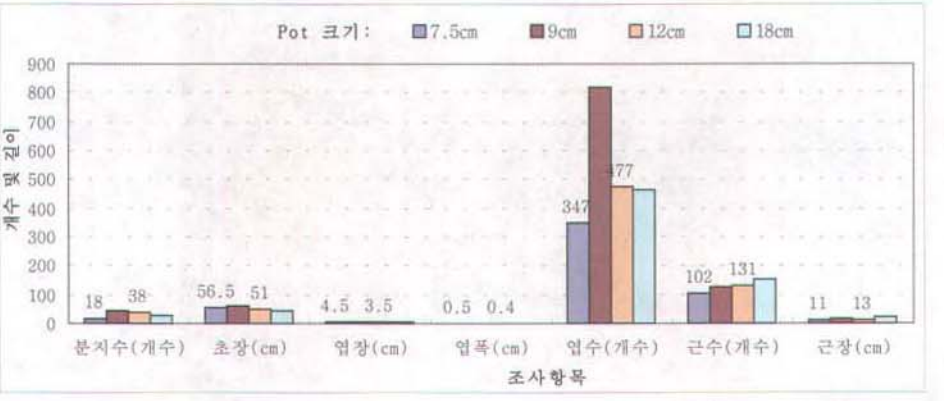


그림 19. Pot 크기에 따른 용머리의 묘소질

그림 20. Pot 크기에 따른 용머리의 묘소질

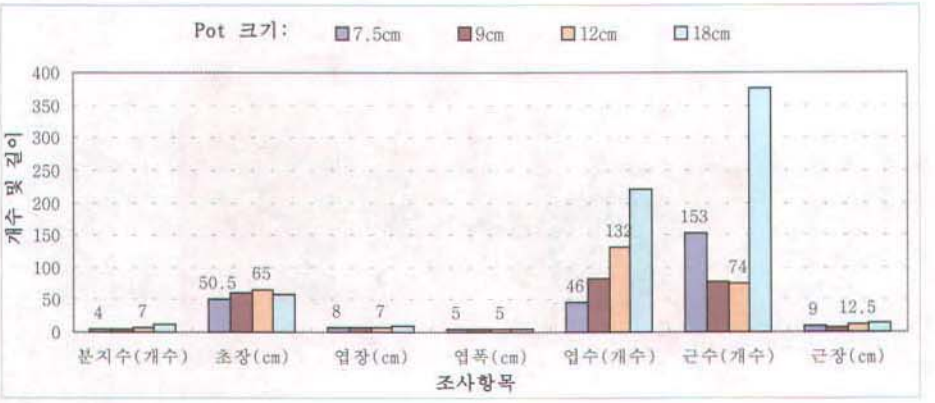


그림 21. Pot 크기에 따른 감국의 묘소질

그림 22. Pot 크기에 따른 감국의 묘소질

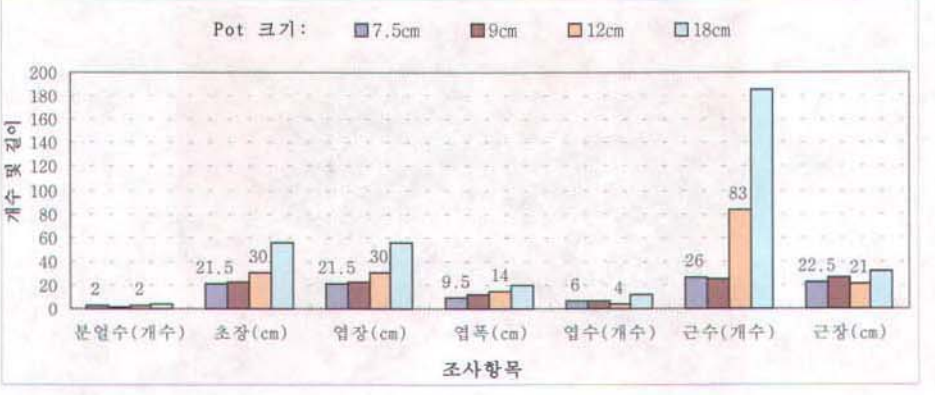


그림 23. Pot 크기에 따른 털머위의 묘소질

그림 24. Pot 크기에 따른 털머위의 묘소질

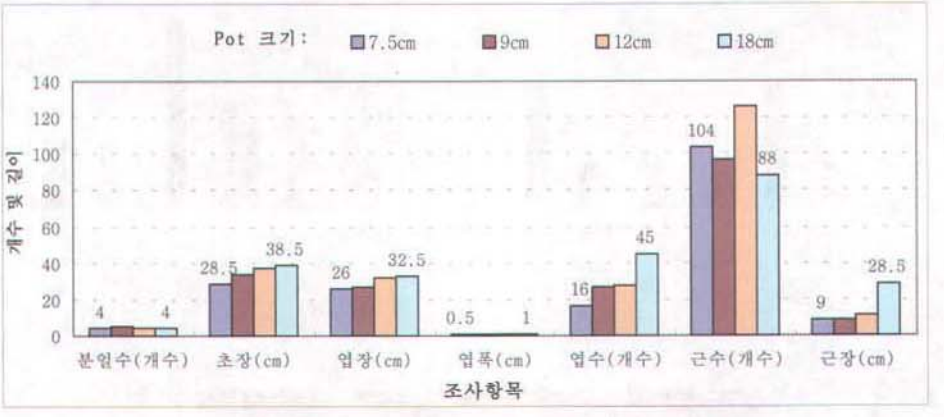


그림 25. Pot 크기에 따른 두메부추의 묘소질

그림 26. Pot 크기에 따른 두메부추의 묘소질

바. 육묘기간에 따른 묘소질 조사

숙근초화류의 육묘기간에 따른 묘소질 실험에서 전체적으로 포트육묘기간은 3-6개월이 가장 적당한 것으로 나타났다. 육묘기간이 길수록 붓꽃, 원추리, 비비추, 털머위, 두메부추는 분얼수가 증가하여 묘소질이 좋았으나, 전체적으로 모든 종에서 9개월 이상이 되면 포트 내 영양부족과 뿌리 과밀로 인하여 노화현상이 많이 나타났다. 출하직전 포트작업은 활착이 좋지 않았다. 9-12개월은 육묘기간이 너무 길고 비경제적이므로, 활착을 위한 최소한의 육묘기간과 생육상태 등을 고려할 때 3-6개월이 가장 적당한 것으로 나타났다(그림1~26).

그림 1. Pot 육묘기간에 따른 붓꽃의 묘소질

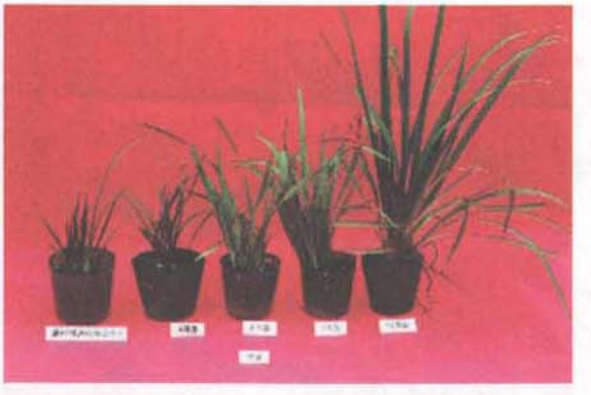


그림 2. Pot 육묘기간에 따른 붓꽃의 묘소질

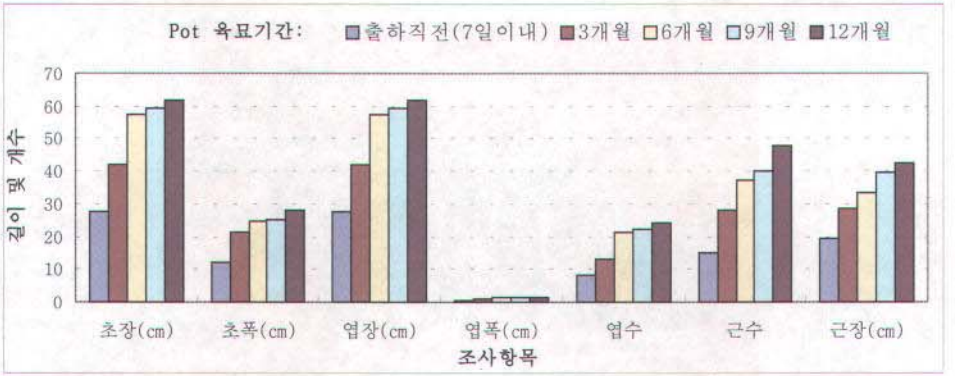


그림 3. Pot 육묘기간에 따른 원추리의 묘소질

그림 4. Pot 육묘기간에 따른 원추리의 묘소질

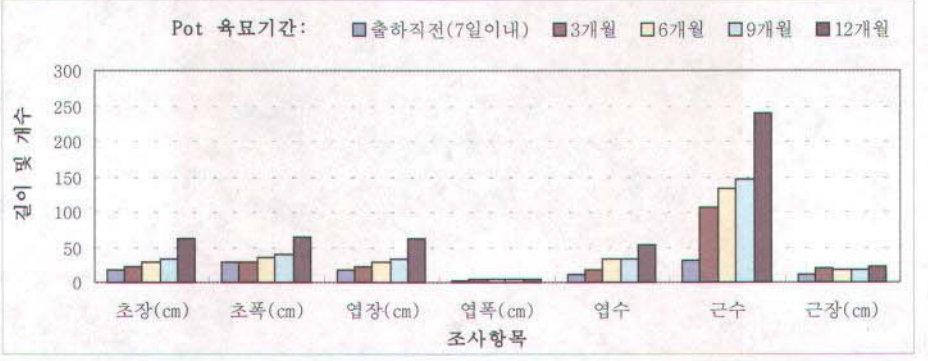


그림 5. Pot 육묘기간에 따른 벌개미취의 묘소질

그림 6. Pot 육묘기간에 따른 벌개미취의 묘소질

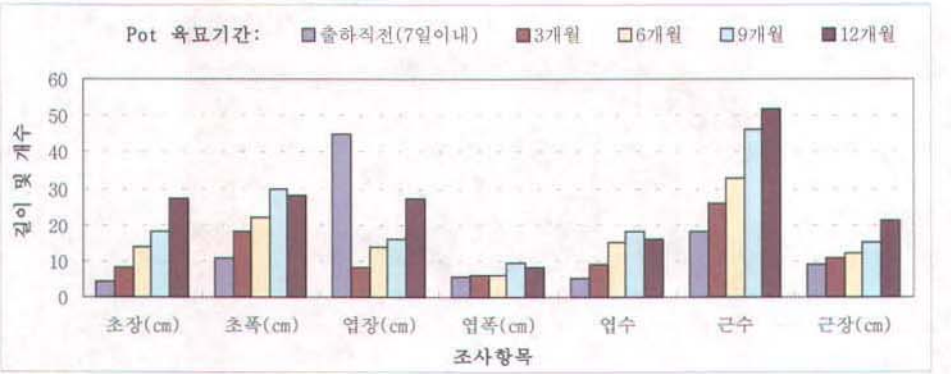


그림 7. Pot 육묘기간에 따른 섬초롱꽃의 묘소질

그림 8. Pot 육묘기간에 따른 섬초롱꽃의 묘소질

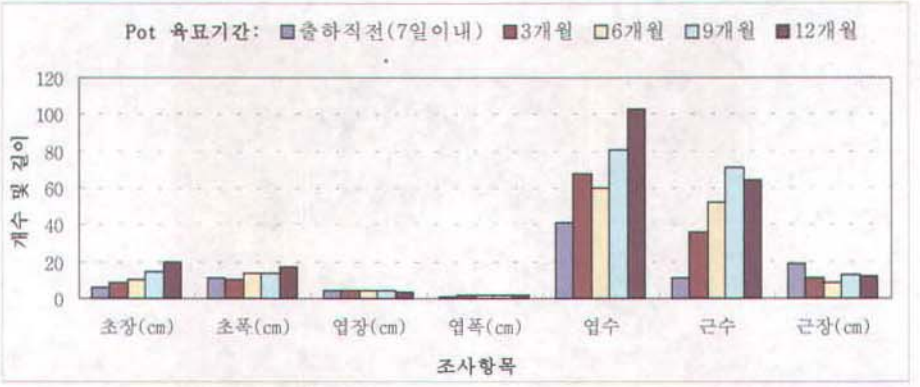


그림 9. Pot 육묘기간에 따른 섬기린초의 묘소질

그림 10. Pot 육묘기간에 따른 섬기린초의 묘소질

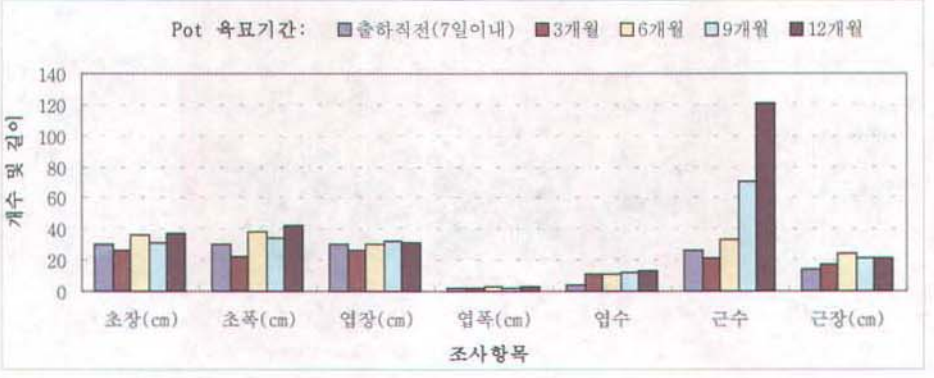


그림 11. Pot육묘기간에 따른 범부채의 묘소질

그림 12. Pot 육묘기간에 따른 범부채의 묘소질

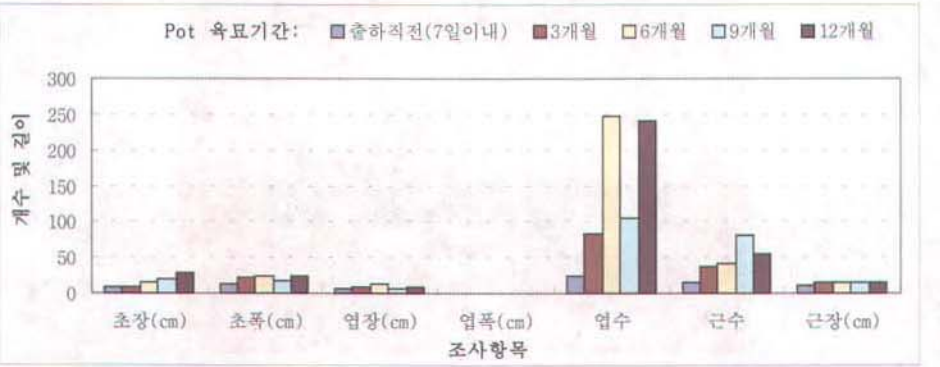


그림 13. Pot 육묘기간에 따른 왜성술패랭이의 묘소질

그림 14. Pot 육묘기간에 따른 왜성술패랭이의 묘소질

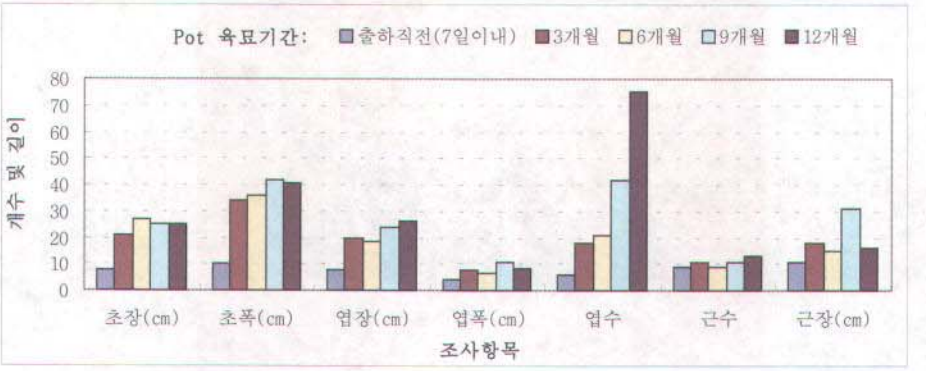


그림 15. Pot 육묘기간에 따른 산매발톱꽃의 묘소질

그림 16. Pot 육묘기간에 따른 산매발톱꽃의 묘소질

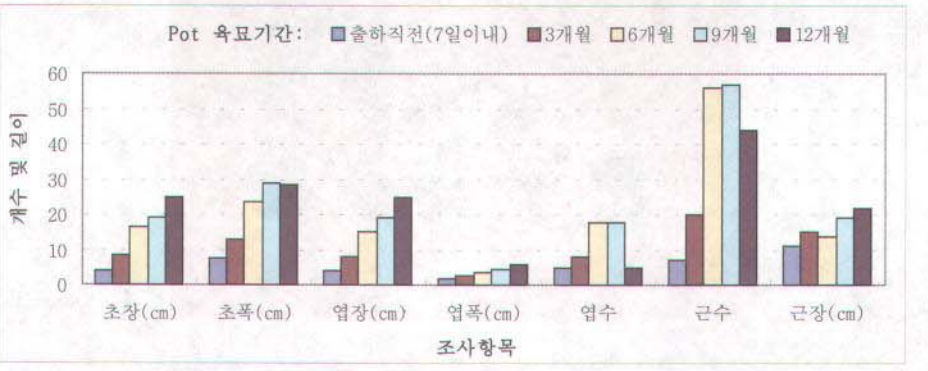


그림 17. Pot 육묘기간에 따른 비비추의 묘소질

그림 18. Pot 육묘기간에 따른 비비추의 묘소질

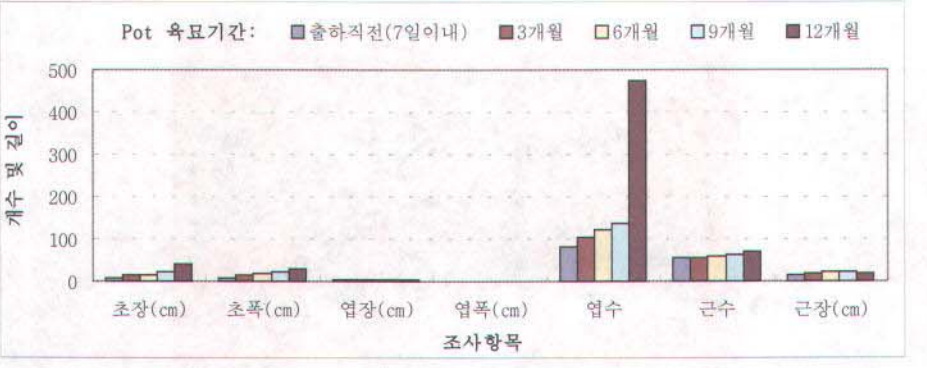


그림 19. Pot 육묘기간에 따른 용머리의 묘소질

그림 20. Pot 육묘기간에 따른 용머리의 묘소질

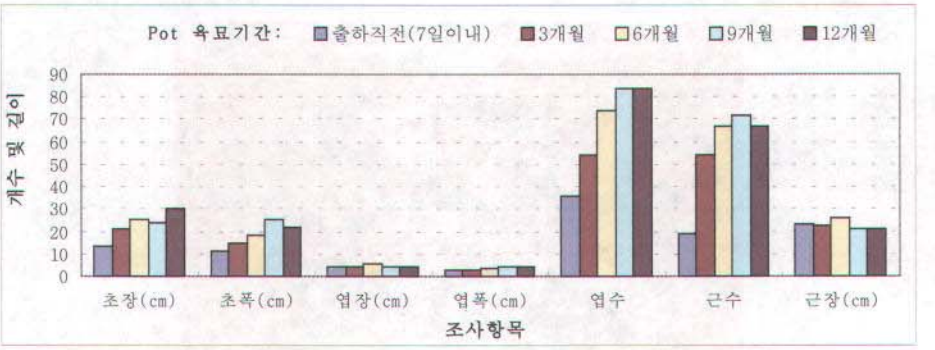


그림 21. Pot 육묘기간에 따른 감국의 묘소질

그림 22. Pot 육묘기간에 따른 감국의 묘소질

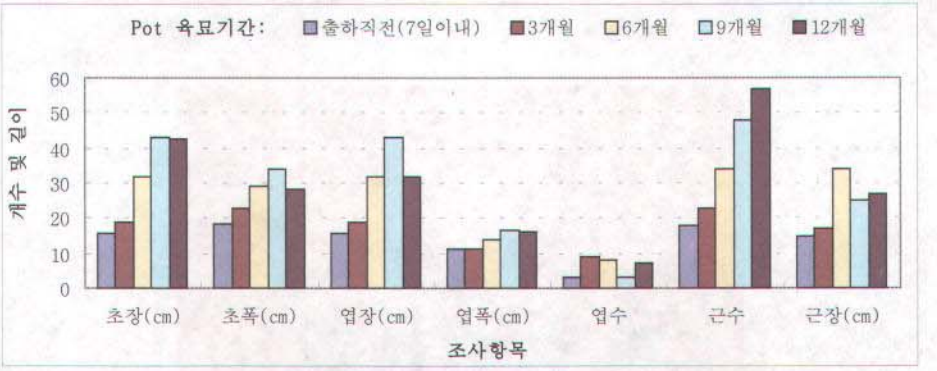


그림 23. Pot 육묘기간에 따른 털머위의 묘소질

그림 24. Pot 육묘기간에 따른 털머위의 묘소질

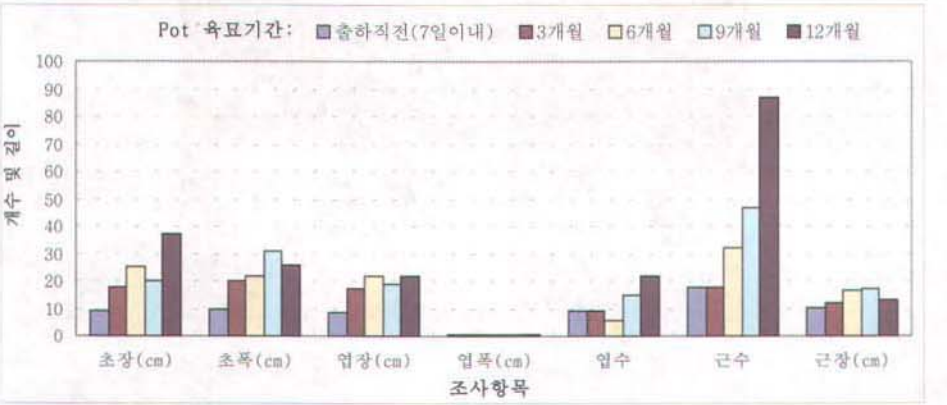


그림 25. Pot 육묘기간에 따른 두메부추의 묘소질

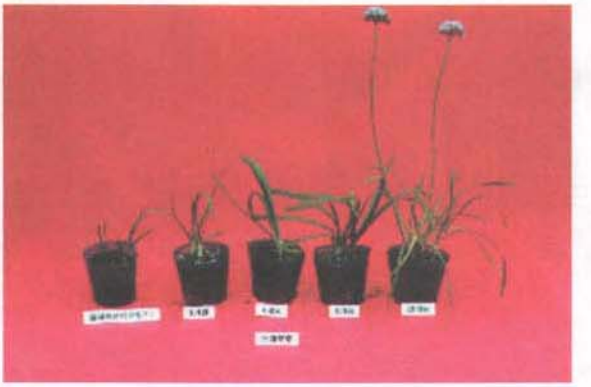


그림 26. Pot 육묘기간에 따른 두메부추의 묘소질

2. 구근류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산

가. 파종시기 실험

구근류의 파종시기 실험에서 참나리, 하늘나리, 땅나리는 추파가 춘파나 하파보다 발아율이 다소 높았으며 섬말나리는 전혀 발아되지 않았으나 추파 한 경우 6개월이 지나면서 조금씩 발아(출아)하기 시작하였다. 섬말나리는 지하조기발아형으로 알려져 있는데(정, 2000) 저온을 경과하지 않은 춘파나 하파에선 6개월 내에도 전혀 발아되지 않았으므로 발아기간 단축을 위해서 파종전 저온처리 등이 필요할 것으로 생각된다. 추파가 대체적으로 발아율이 다소 높지만 종자발아 기간이 길어서 저온처리를 하여 추파나 하파를 하는 것이 발아기간 단축을 위해서 좋을 것으로 생각된다. 춘파나 하파의 경우 참나리는 파종 후 12일 정도가 지나면서 발아하기 시작하였고, 하늘나리와 땅나리는 파종 후 27일 정도가 지나면서 발아하기 시작하였다. 추파의 경우는 참나리가 파종 후 70일, 땅나리와 하늘나리가 파종 후 95일이 지나면서 발아하기 시작하여 20일정도 지나면서 55% 내외의 발아율을 보였다. 참나리가 파종시기에 관계없이 모두 84%이상의 높은 발아율을 보인 반면 땅나리가 50%내외의 대체로 낮은 발아율을 나타내었다(그림1~2).

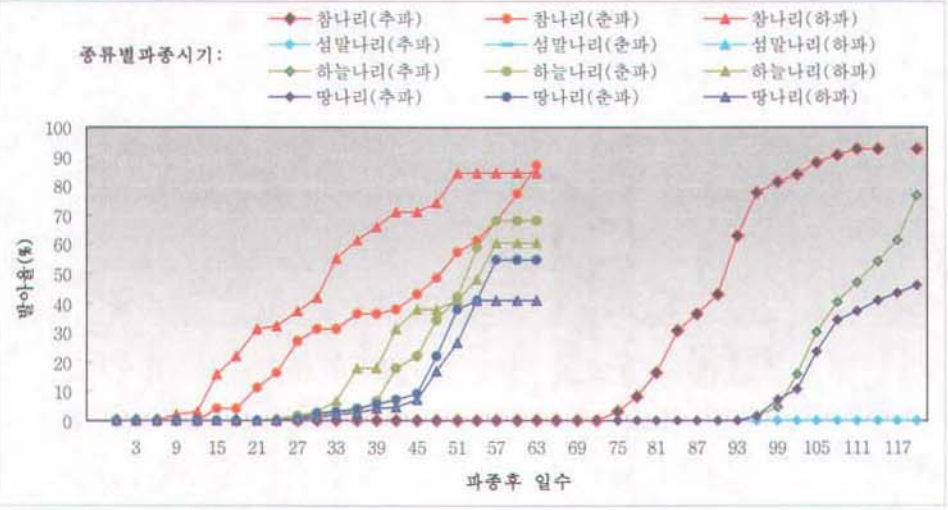


그림 1. 파종시기에 따른 참나리외 3종의 종자 발아율 변화

그림 2. 파종시기에 따른 참나리외 3종의 종자 발아

나. 섬말나리의 인편번식 실험

1) 인편번식시기와 자구형성

섬말나리의 인편번식시기 실험결과 시기별에 따라 차이를 보였는데 휴면각성기가 다른 시기에 비해 자구 형성율(62.9%)이 가장 높았고 형성된 자구도 충실하였으며 번식기간동안 구근 부패율도 낮았다. 그러나 개화기 때 인편번식을 한 경우도 자구형성이 가능하였으므로 인편만 확보된다면 연중 가능할 것으로 생각된다(그림 1~3).

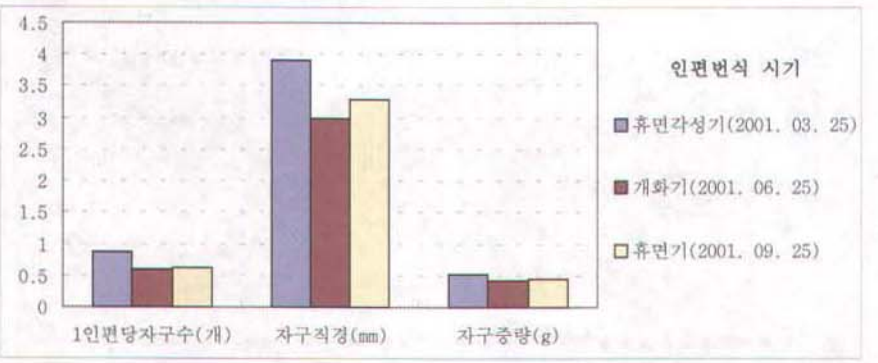


그림 1. 섬말나리의 인편번식시기에 따른 자구형성

그림2 (휴면각성기 2001. 3. 25)

그림3 (개화기 2001. 6. 25)

그림 2~3. 섬말나리의 인편번식시기에 따른 자구형성

2) 섬말나리의 인편채취부위와 자구형성

섬말나리의 인편채취 부위별에 따라 자구형성정도를 본 결과 외측>중측>내측 순으로 좋은 결과로 나타났는데 특히 외측에서 자구형성율 95%로 가장 높았고 내측인편의 경우도 90%정도 자구형성이 되므로 섬말나리의 경우는 구근의 모든 부위가 인편번식이 가능하였다. 그러나 내측 부위로 번식시킨 경우 인편 부패가 약간 높게 나타났다. 인편 당 자구 수는 외측에서 평균 1개로 가장 많으며 부패율도 4.47%로 낮아서 모든 면에서 가장 좋았다. 그러므로 외측인편을 주로 이용하는 것이 좀더 크고 많은 자구를 얻을 수 있는 것으로 생각된다(그림1~2).

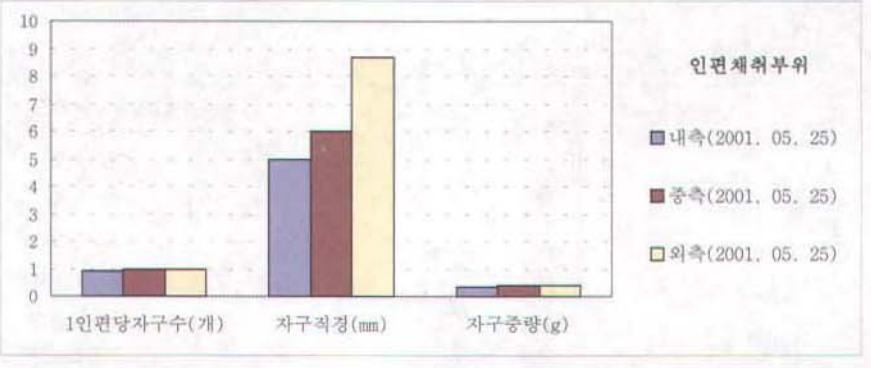


그림 1. 섬말나리의 인편채취부위에 따른 자구형성

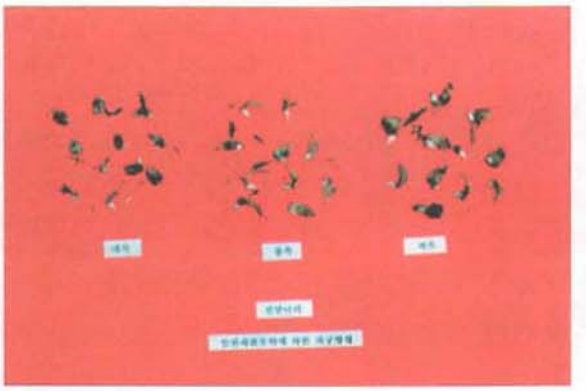


그림 2. 섬말나리의 인편채취부위에 따른 자구형성

3) 인편절편체 크기와 자구형성

섬말나리의 인편절편체 크기에 따른 자구형성은 분할 수가 많을수록 자구형성이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 3분할부터는 자구형성율이 27%로 크게 떨어지며 9분할의 경우 자구형성율이 11.1%로 매우 낮고 부패율도 66.7%로 높게 나타나서 경제성이 떨어지고 부적당한 것으로 나타났다. 인편이 충분하다면 분할하지 않는 것이 자구형성에 좋겠으나 일시에 대량증식 시키기 위해서는 분할이 불가피하므로 이런 때는 최소한 3분할 정도 하는 것이 바람직하다고 본다(그림1~2).

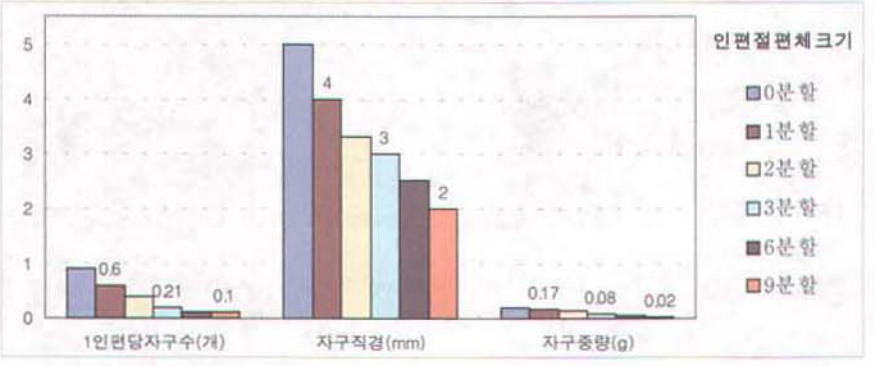


그림 1. 인편절편체 크기에 따른 자구형성

그림 2. 인편절편체 크기에 따른 자구형성

4) 용토의 종류와 자구형성

용토의 종류에 따른 섬말나리 인편삽의 자구형성율을 조사한 결과 vermiculite와 원예용상토에서 86.6% 가장 높게 나타났으며 팽연왕겨, 마사토, 모래는 53%내외로 대체로 낮게 나타났다. 인편당 자구 수는 vermiculite, 원예용상토, 펄라이트에서 각각 0.8개로 가장 많았으며 자구 직경은 vermiculite에서 0.6mm로 가장 컸다. 부패율은 peatmoss, 팽연왕겨, 마사토에서 각각 40%내외로 대체로 높게 나타나 섬말나리의 인편번식 용토로는 부적합한 것으로 나타났다(그림1~2).

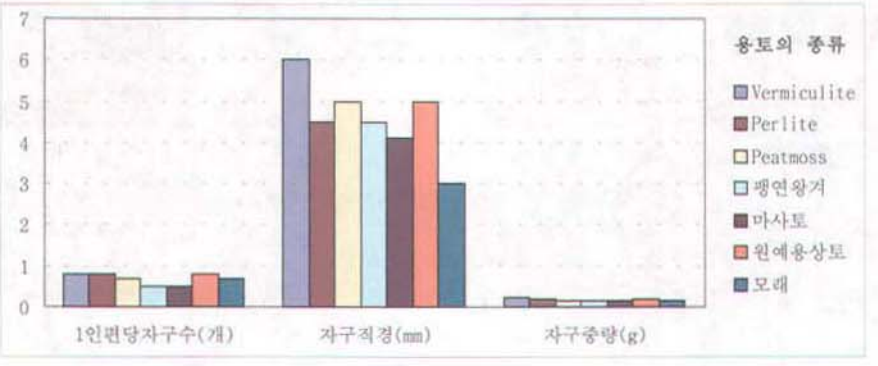


그림 1. 용토의 종류에 따른 섬말나리 인편삽의 자구형성

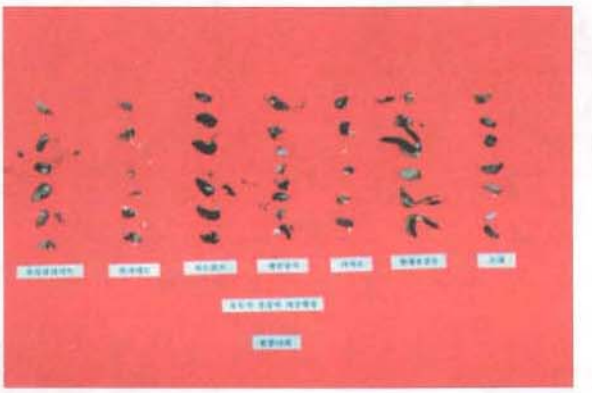


그림 2. 용토의 종류에 따른 섬말나리 인편삽의 자구형성

다. 포트 크기에 따른 구근류의 묘소질 실험

참나리와 섬말나리는 포트크기가 커짐에 따라 구중, 구직경이 크고 충실했다. 섬말나리는 다른 나리보다 부패율이 다소 높았으며, 참나리가 부패율이 가장 낮게 나타났다. 하늘나리와 땅나리는 포트크기에 상관없이 구의 충실도 등이 대체로 비슷하게 나타났다. 그러므로 참나리와 섬말나리는 다소 큰 포트에 재배하는 것이 크고 충실한 구를 생산하는데 유리하고, 하늘나리와 땅나리는 포트크기가 충실한 구를 얻는데 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타나 경제성을 고려할 때 작은 포트를 사용하는 것이 유리할 것으로 생각된다(그림1~9).

참나리 하늘나리 땅나리 섬말나리

그림 1. 참나리외 3종의 포트 크기에 따른 묘소질

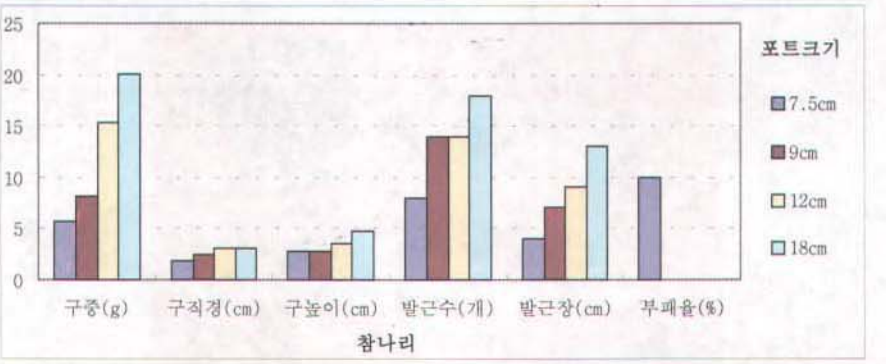


그림 2. 참나리의 포트 크기에 따른 묘소질

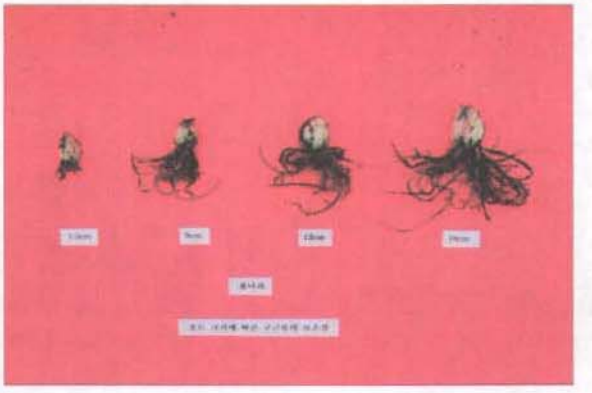


그림 3. 참나리의 포트크기에 따른 묘소질

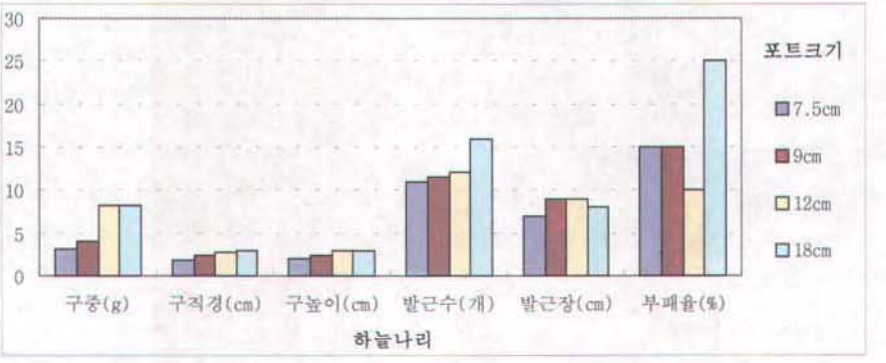


그림 4. 하늘나리의 포트크기에 따른 묘소질

그림 5. 하늘나리의 포트크기에 따른 묘소질

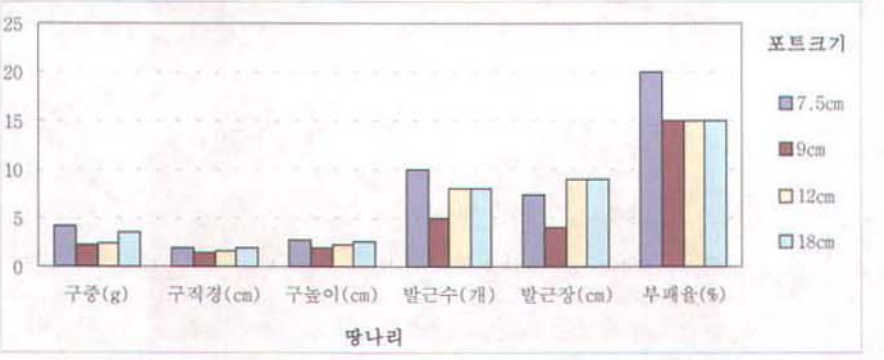


그림 6. 땅나리의 포트크기에 따른 묘소질

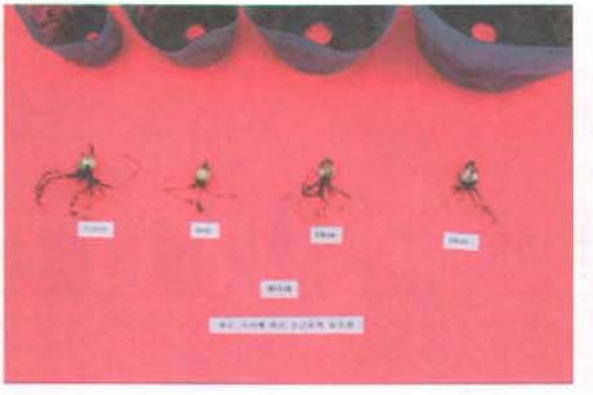


그림 7. 땅나리의 포트크기에 따른 묘소질

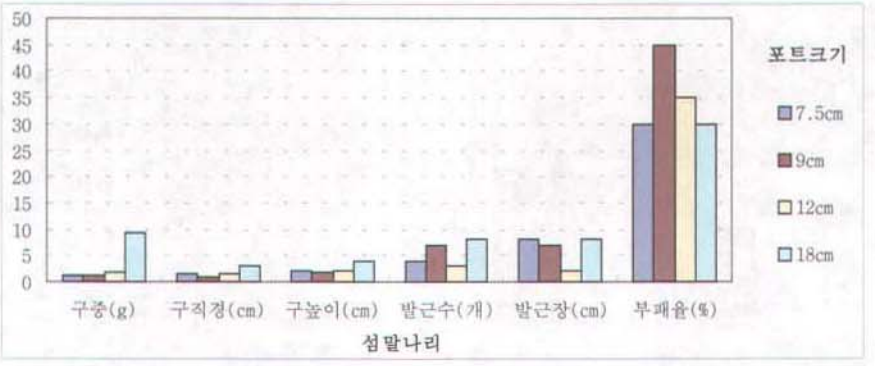


그림 8. 섬말나리의 포트크기에 따른 묘소질

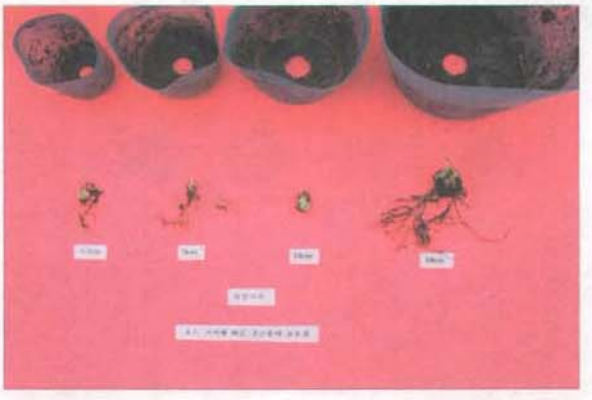


그림 9. 섬말나리의 포트크기에 따른 묘소질

라. 제주수선화의 인공번식 실험

1) Notching에 의한 자구번식

가) 저반부의 분할수와 자구형성

제주수선화의 notching시 저반부의 분할수가 자구형성에 미치는 영향을 실험한 결과 분할 수가 많을수록 자구형성수가 많은 반면 자구의 직경이 작고 충실하지 못하였고 분할 수가 적은 것은 자구는 충실하고 컸지만 형성되는 수가 적었다. 그러므로 자구의 수량이나 충실도를 고려한다면 8분할 정도 분할하는 것이 가장 좋을 것으로 생각된다(그림1~2).

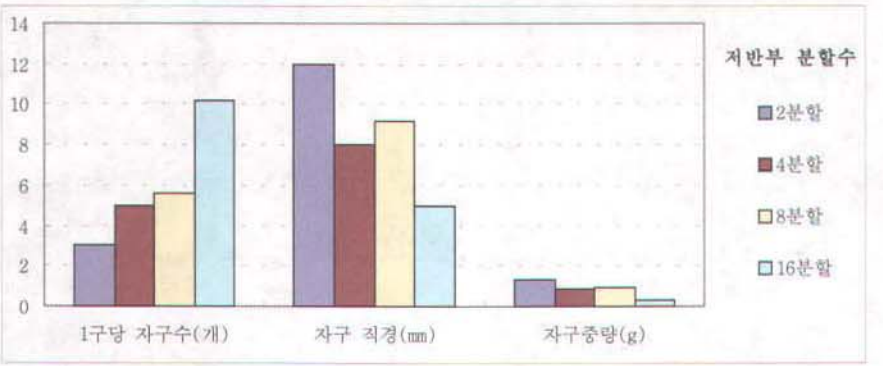


그림 1. 제주수선화의 notching에 의한 저반부 분할수와 자구형성

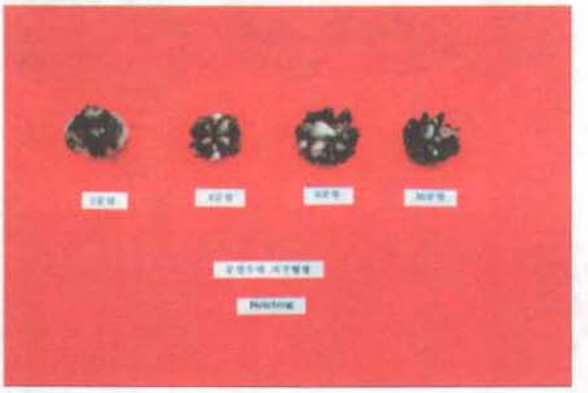


그림 2. 제주수선화의 notching에 의한 저반부 분할수와 자구형성

나) 저반부의 절단 깊이와 자구형성

제주수선화를 notching으로 인공번식 할 경우 저반부의 절단깊이가 3cm일 때 자구수가 10개로 가장 많았고 자구 직경도 8cm로 대체로 큰 구를 얻을 수 있었다. 절단 깊이가 5cm일 경우는 큰 자구를 얻을 수 있었으나 자구 수가 적고 모구의 부패율이 높게 나타났으며, 절단 깊이가 1cm일 경우는 모구의 부패는 적었으나 절단 부위가 다시 유합되어 형성되는 자구 수량이 적었다. 이상의 실험에서 notching을 할 경우 저반부의 절단깊이에 따라 자구형성에 큰 영향을 미쳤다. 따라서 자구의 수량과 충실도, 종구의 부패율을 고려 할 때 3cm로 하는 것이 가장 좋을 것으로 생각된다(그림1~2).

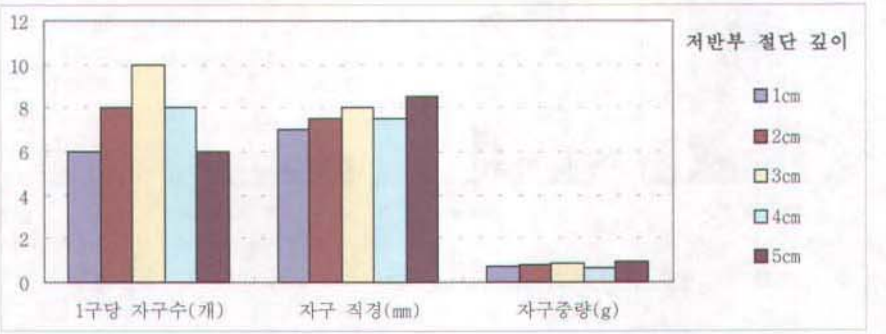


그림 1. 제주수선화의 notching에 의한 저반부 절단깊이와 자구형성

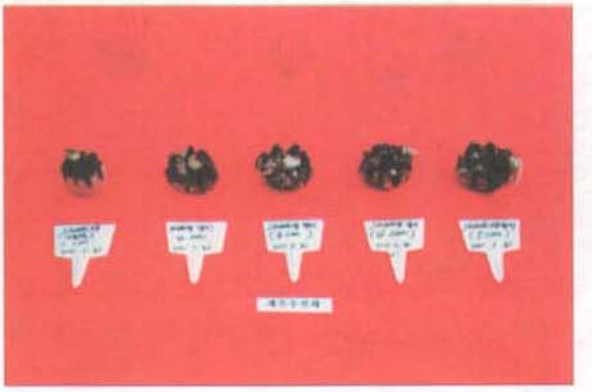


그림 2. 제주수선화의 notching에 의한 저반부 절단깊이와 자구형성

다) 재식방법과 자구형성

Notching처리 후 재식 방법에 따라 자구형성을 조사한 결과 역립>직립>수평 순으로 자구가 많이 형성되었으나 자구중은 직립 한 경우가 가장 무거운 것을 얻을 수 있었다. 그러나 역립한 경우는 번식 기간중 전혀 부패가 되지 않은 장점이 있었다(그림1~2).

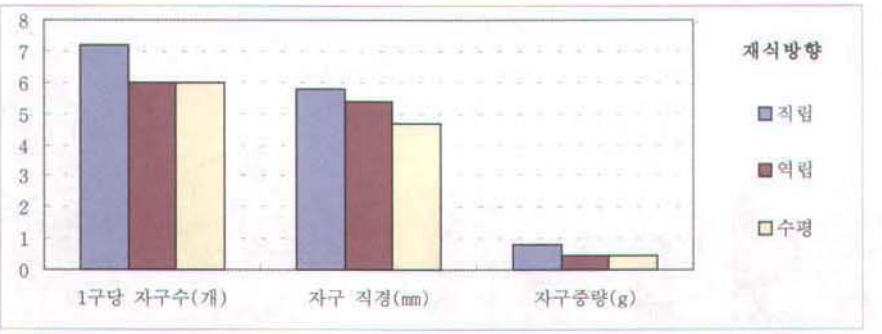


그림 1. 제주수선화의 notching에 의한 재식방법과 자구형성

그림 2. 제주수선화의 notching에 의한 재식방법과 자구형성

라) 재식깊이와 자구형성

Notching시 재식깊이가 자구형성에 미치는 영향을 조사한 결과 재식깊이는 3cm가 가장 좋았다. 그 이상은 재식 깊이가 깊어질수록 자구형성이 떨어지고 부패율도 크게 증가하였다. 그러므로 단경 노출이나 지나치게 깊은 식재는 좋지 않으며 적당한 습도유지와 호흡이 가능한 약 3cm 정도로 식재하는 것이 자구형성에 가장 좋을 것으로 생각된다(그림1~2).

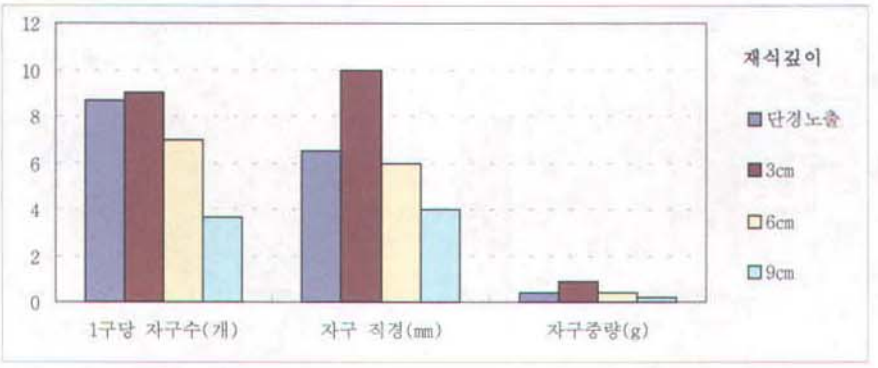


그림 1. 제주수선화의 notching에 의한 재식깊이와 자구형성

그림 2. 제주수선화의 notching에 의한 재식깊이와 자구형성

2) Chipping에 의한 자구번식

가) 인편부위와 자구형성

Chipping에 의한 인편부위별 제주수선화의 자구 형성율은 56%이하로 전체적으로 낮고 부패율도 모두 56%이상으로 나타났으며, 특히 내측 인편은 전혀 형성되지 않았다. 일시에 대량의 자구를 얻기 위해 chipping한 절편을 다시 내, 외, 중측으로 나눠 인편부위별로 실험한 결과 전반적으로 부패율도 높고 자구 형성율도 떨어지는 결과로 나타나 나리구근과는 많은 차이점이 있었다(그림 1~2).

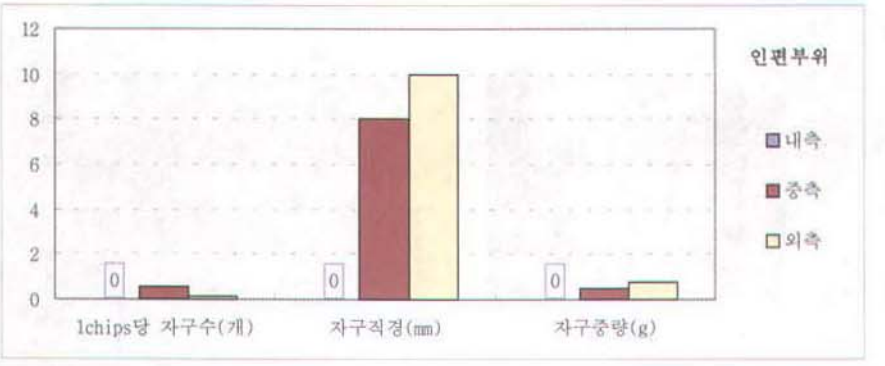


그림 1. 제주수선화의 chipping에 의한 인편부위와 자구형성

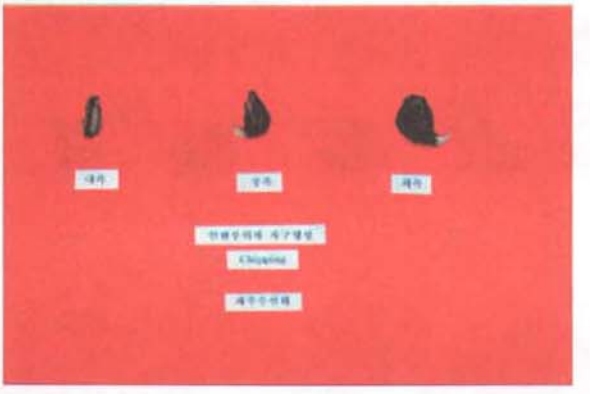


그림 2. 제주수선화의 chipping에 의한 인편부위와 자구형성

나) 용토의 종류와 자구형성

용토의 종류를 달리하여 제주수선화를 chipping한 경우 자구형성은 용토의 종류에 큰 차이 없이 대체적으로 잘 되었으며, 그 중에서도 vermiculite가 자구수 2.1개, 자구직경 1.57cm, 자구중량1.36g로 가장 좋았다. Peatmoss와 팽연왕겨는 부패율이 6.7%로 나왔다(그림1~2).

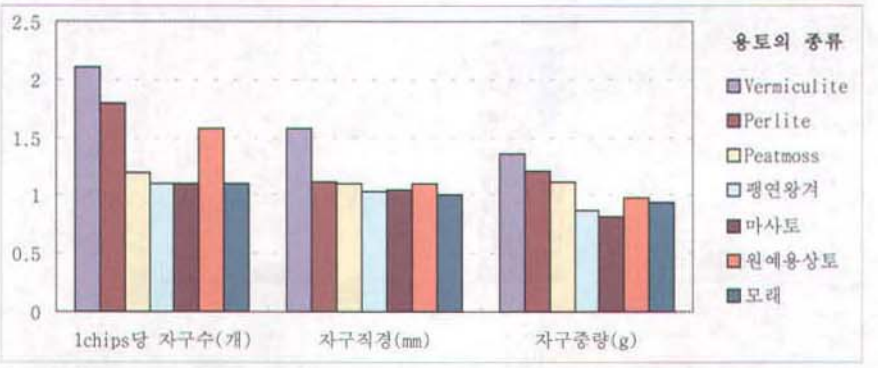


그림 1. 제주수선화의 chipping에 의한 용토의 종류와 자구형성

그림 2. 제주수선화의 chipping에 의한 용토의 종류와 자구형성

다) 분할수와 자구형성

제주수선화의 chipping에 의한 분할수가 자구형성에 미치는 영향을 실험한 결과 자구형성은 2~8분할까지는 대체적으로 비슷하였으나 16분할에서는 자구가 전혀 형성되지 않았고 부패율도 87.5%로 매우 높게 나타났다. 그러므로 자구 수량과 충실도를 고려할 때 2, 4분할보다는 8분할이 효과적인 것으로 생각된다(그림1~2).

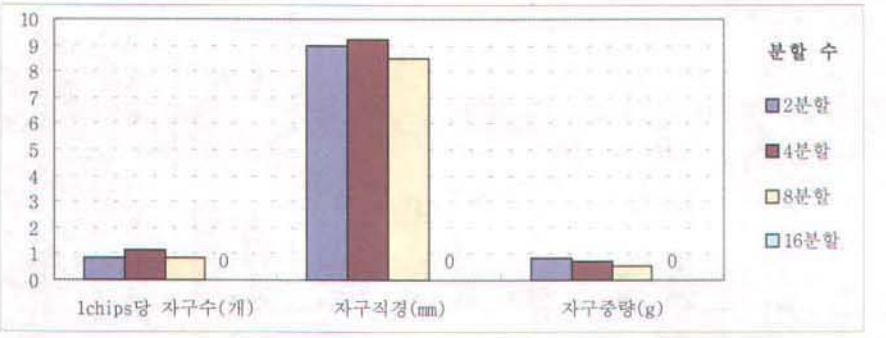


그림 1. 제주수선화의 chipping에 의한 분할 수와 자구형성

그림 2. 제주수선화의 chipping에 의한 분할 수와 자구형성

3) 인공번식별 인편의 건조정도와 자구형성

제주수선화를 이용하여 chipping, half-chipping 등 몇 가지 인공번식법을 달리하여 조제한 후 인편의 건조정도가 자구형성에 미치는 영향을 조사하였다. 어느 번식에서도 구근조제 후 당일이나 1일 후에 삽식한 경우가 자구형성에 가장 좋았고 그 이상 시일이 경과되면 자구형성이 크게 떨어졌다. Notching의 경우는 당일보다는 하루정도 지난 후에 삽식하는 것이 자구형성이 좋았다. 방법별 자구형성은 chipping이나 notching이 1구당 3~9개까지 형성되어 twin-scaling이나 half-chipping보다 좋았으며, twin-scaling이나 half-chipping은 구근 조제 후 시간이 지날수록 건조정도가 심하고 부패율이 75~100%까지 크게 나타나서 자구형성이 좋지 않았다. 그러므로 제주수선화의 대량증식을 위해서는 chipping이나 notching을 실시하여 처리 당일에 삽식하는 것이 가장 바

람직한 방법이라 생각된다(그림1~5).

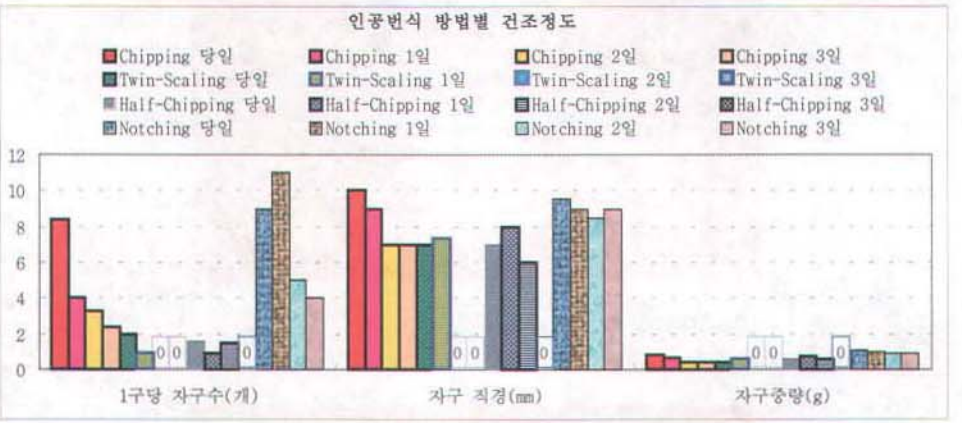


그림 1. 제주수선화의 인공번식별 인편의 건조정도와 자구형성

그림 2. 제주수선화의 chipping에 의한 건조정도와 자구형성

그림 3. 제주수선화의 twin-scaling에 의한 건조정도와 자구형성

그림 4. 제주수선화의 half-chipping에 의한 건조정도와 자구형성

그림 5. 제주수선화의 notching에 의한 건조정도와 자구형성

4) Scooping에 의한 번식

Scooping에 의한 제주수선화의 인공번식 실험에서는 절단방법에 관계없이 자구가 전혀 형성되지 않아 구근의 증식 법으로 적당하지 않았다(표1, 그림1).

표1. 제주수선화의 scooping에 의한 절단방법과 자구형성

구 분	절단방법			
	완전제거	일부제거	수평제거	삼각형제거
자구형성율(%)	0	0	0	0
1구당 자구수(개)	0	0	0	0
자구직경(mm)	0	0	0	0
자구중량(g)	0	0	0	0
부패율(%)	40	0	13.3	0

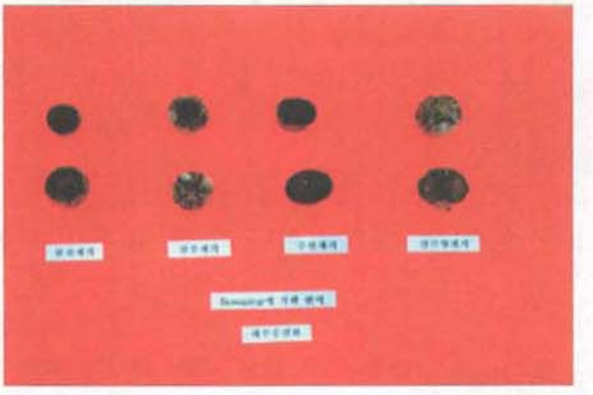


그림 1. 제주수선화의 scooping에 의한 절단방법별 자구형성

5) Coring에 의한 번식

Coring에 의한 제주수선화의 자구형성 실험에서는 자구가 전혀 형성되지 않아 백합과 식물과는 많은 차이점이 있었다(표1, 그림1).

표 1. 제주수선화의 coring 에 의한 절단방법과 자구형성

절단방법	Coring
자구형성율(%)	0
1구당 자구수(개)	0
자구직경(mm)	0
자구중량(g)	0
부패율(%)	0

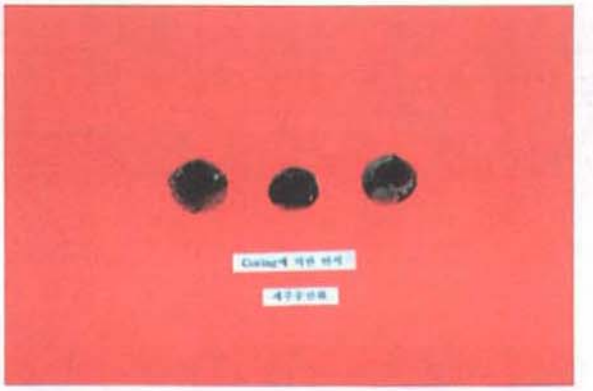


그림 1. 제주수선화의 coring에 의한 절단방법과 자구형성

3. 목본류에 대한 실생 및 영양번식을 통한 규격묘 생산

가. 파종시기 실험

히어리외 4종의 목본류를 이용하여 실험한 결과 대체로 추파가 춘파보다 발아율이 높았고 발아기간도 짧았다. 백량금은 전혀 발아되지 않았는데 종자에 문제가 있었던 것으로 추측된다. 자금우와 멀꿀은 추파, 춘파 모두 대체로 발아율은 높게 나타났으나, 저온을 경과한 추파는 발아기간이 약30~40일인데 비하여 저온을 경과하지 않은 춘파에선 발아기간이 약80일정도 소요되며 발아율도 추파보다 약간 낮게 나타났다. 히어리와 으름은 추파가 76%, 66%, 춘파가 7%, 17%로 저온경과에 대한 발아율의 뚜렷한 차이를 보였다. 그러므로 히어리와 으름은 발아율을 높이는데 반드시 저온처리가 필요함을 알 수 있었다.

이상에서 히어리, 자금우, 멀꿀, 으름의 목본류의 종자 발아는 모두 저온처리를 하는 것이 발아기간단축과 발아율을 높이는데 좋을 것으로 생각된다(그림 1~2).

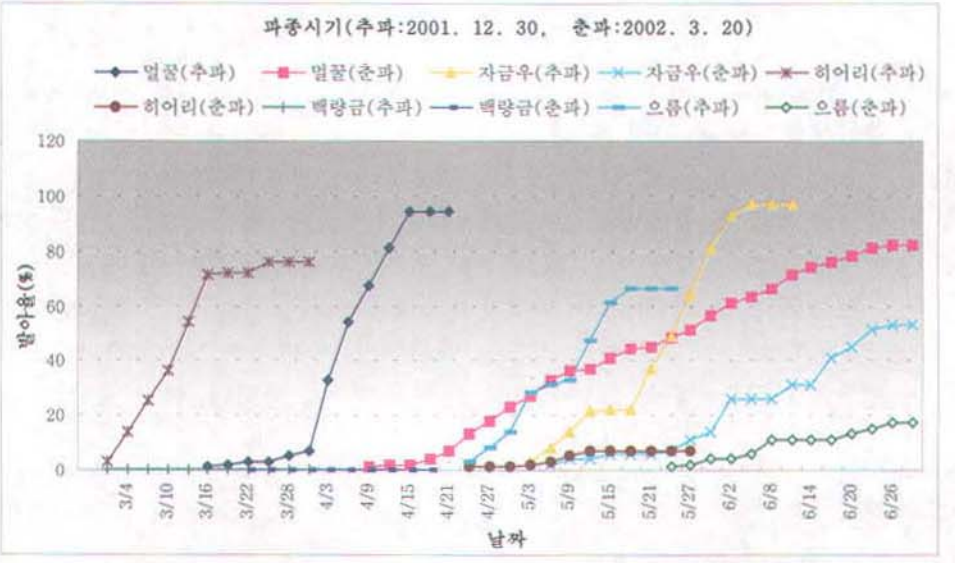


그림 1. 파종시기에 따른 히어리외 4종의 종자 발아율 변화

그림 2. 파종시기에 따른 히어리외 4종의 종자 발아

나. 삽목 번식시기 실험

목본류의 삽목시기에 따른 발근정도는 자금우, 송악, 담쟁이는 삽목시기에 큰 상관없이 대체로 발근이 잘 되어 3월에서 8월까지 언제든지 삽목이 가능한 것으로 나타났다. 담쟁이는 3월이 발근율이 가장 높고 그 이후 새싹이 나오면서

부터 계속 조금씩 떨어지므로 새싹이 나오기 전 이른봄에 삽수를 채취하여 삽목하는 것이 가장 좋을 것으로 생각된다. 히어리와 멀꿀은 자금우나 송악, 담쟁이보다 발근율이 크게 떨어졌다. 특히 멀꿀은 6월 삽목이 가장 좋았으나 전체적으로 10%이하의 가장 낮은 발근율을 보였으며 4, 5월 삽목은 전혀 발근이 되지 않았는데 대부분 삽수가 캘러스를 형성하지 못하고 고사하는 경우가 많았다. 그러므로 멀꿀은 이번 종자발아연구실험에서 발아가 매우 잘 되는 것으로 나타났기 때문에 삽목번식 보다는 종자번식이 좋을 것으로 생각된다. 히어리는 당년에 자란 가지가 어느 정도 굳어진 반숙지 상태의 삽수를 사용한 7월 삽목이 32%로 가장 발근이 잘 되었으며 5월과 6월은 전혀 발근되지 않았다. 그러므로 히어리는 가지가 어느 정도 굳어진 숙지나 반숙지를 사용하여 3, 4월 또는 7, 8월에 하는 것이 좋을 것으로 나타났지만 종자번식 만큼 효율적이지 못하였다. 이상으로 목본류의 삽목번식에서 자금우, 송악, 담쟁이는 시기에 큰 상관없이 발근이 매우 좋았으며, 히어리와 멀꿀은 전체적으로 발근율이 매우 낮게 나타났으므로 삽목에 의한 발근율을 높이기 위하여 다른 여러 가지 처리 방법이 더 연구되어야 할 것으로 생각된다(그림1~11).

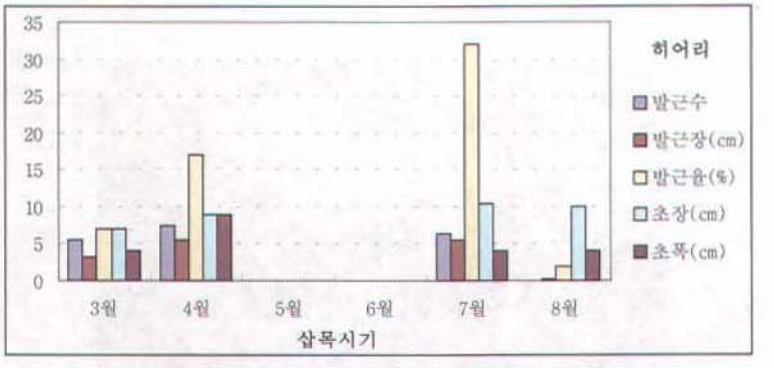


그림 1. 히어리의 삽목번식 시기에 따른 발근정도

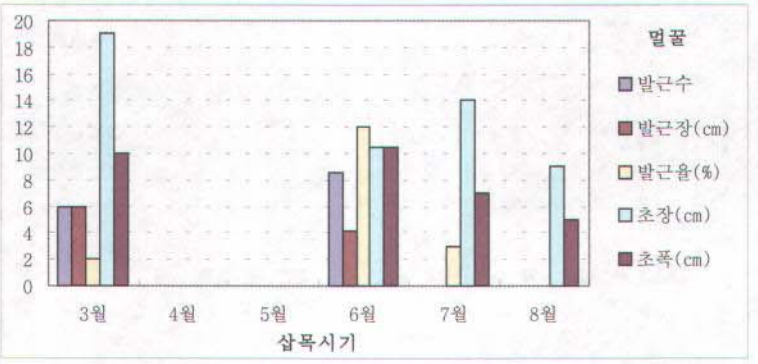


그림 2. 멀꿀 삽목번식 시기에 따른 발근정도

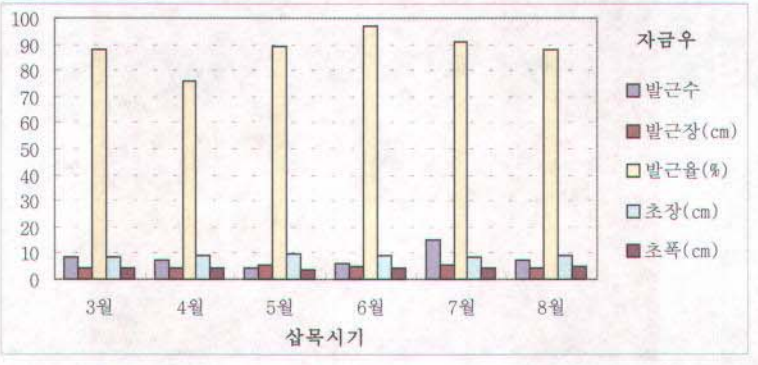


그림 3. 자금우 삽목번식 시기에 따른 발근정도

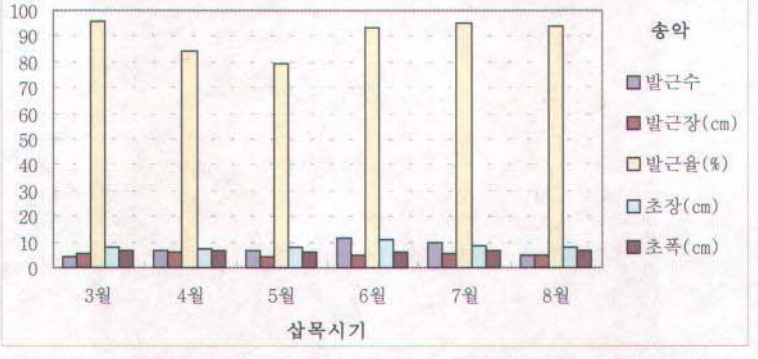


그림 4. 송악 삽목번식 시기에 따른 발근정도

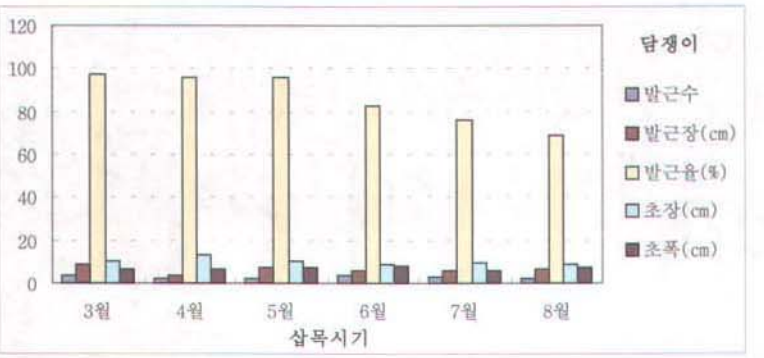


그림 5. 담쟁이 삽목번식 시기에 따른 발근정도

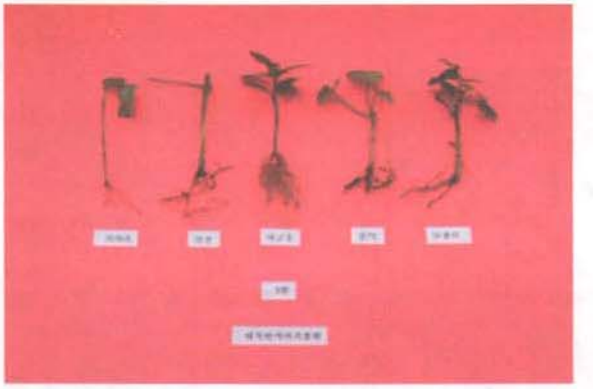


그림 6. 히어리외 4종의 발근정도(3월삽목)

그림 7. 히어리외 4종의 발근정도(4월삽목)

그림 8. 히어리외 4종의 발근정도(5월삽목)

그림 9. 히어리외 4종의 발근정도(6월삽목)

그림 10. 히어리외 4종의 발근정도(7월삽목)

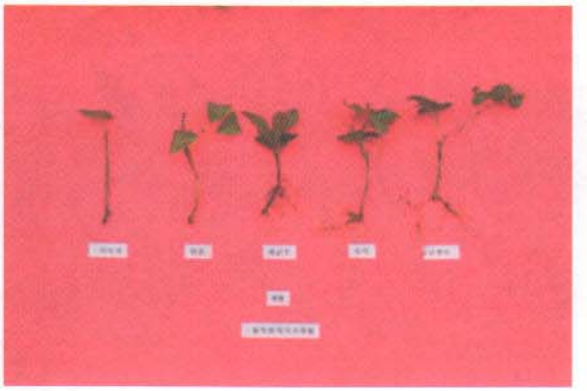


그림 11. 히어리외 4종의 발근정도(8월삽목)

다. 삽목용토 실험

목본류의 삽목 용토별 발근정도는 송악, 자금우, 담쟁이는 대체로 발근이 잘 되었으며 히어리, 멀꿀은 발근율이 매우 낮게 나타났다. 송악은 용토에 상관없이 대부분 발근율이 80%이상으로 높았고, 자금우는 모래에서 42%의 발근율로 가장 낮게 나타났으며 원예용상토와 피트모스에서 각각 83%, 87%로 높게 나타났다. 담쟁이는 마사토와 원예용상토가 74%, 76%로 가장 높았다. 히어리는 모든 용토에서 20%이하의 매우 낮은 발근율을 보였는데 그 중 피트모스에서 19%로 다른 용토에 비해 다소 높게 나타났다. 멀꿀은 모든 용토에서 발근율이 10%이하로 발근이 전혀 되지 않았고 고사하는 경우가 많았다. 그러므로 히어리와 멀꿀은 용토에 상관없이 삽목이 잘 되지 않는 것으로 나타났다(그림1~10).

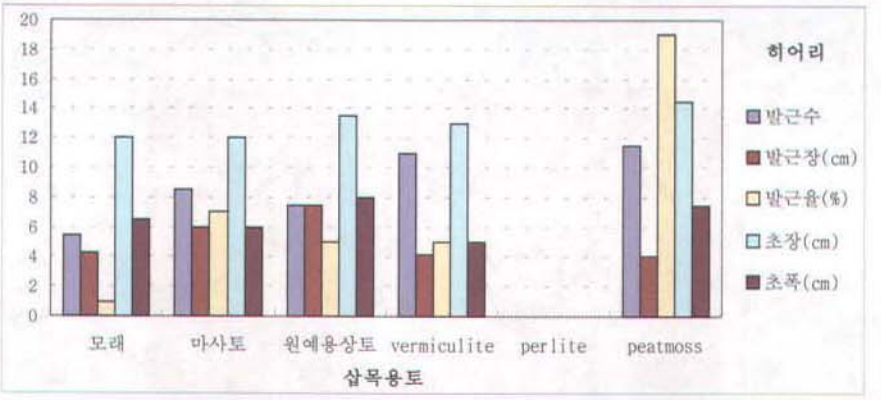


그림 1. 히어리의 삽목용토에 따른 발근정도

그림 2. 히어리의 삽목용토에 따른 발근정도

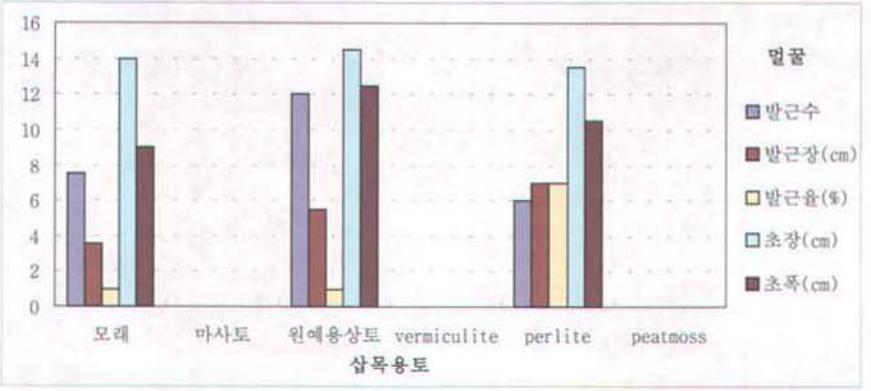


그림 3. 멀꿀의 삽목용토에 따른 발근정도

그림 4. 멀꿀의 삽목용토에 따른 발근정도

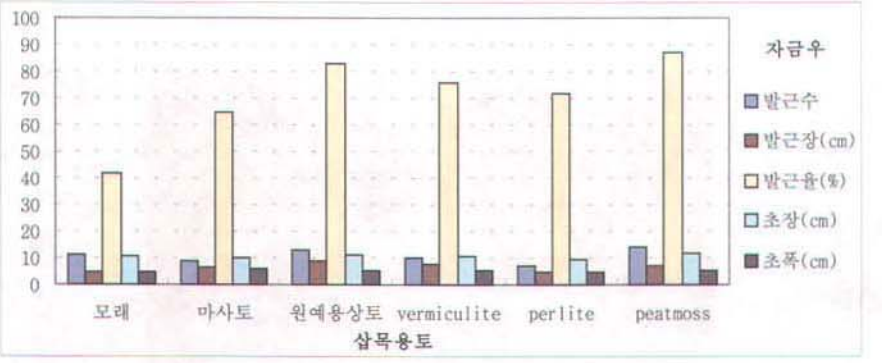


그림 5. 자금우의 삽목용토에 따른 발근정도

그림 6. 자금우의 삽목용토에 따른 발근정도

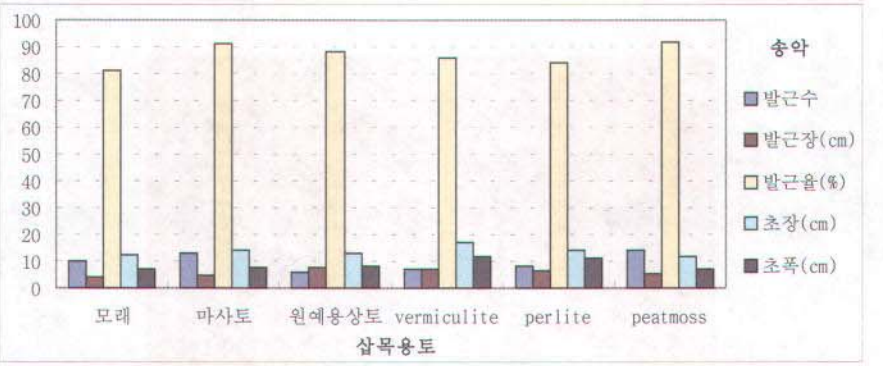


그림 7. 송악의 삽목용토에 따른 발근정도

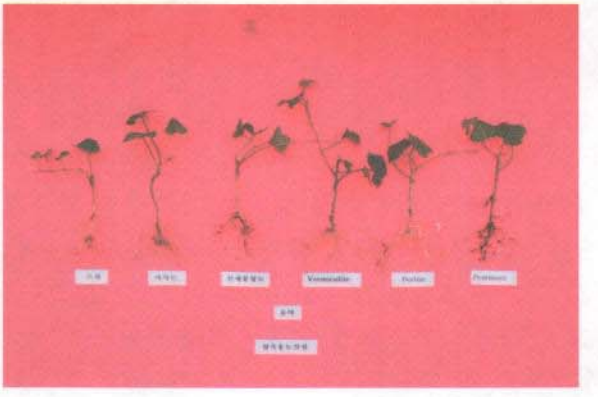


그림 8. 송악의 삽목용토에 따른 발근정도

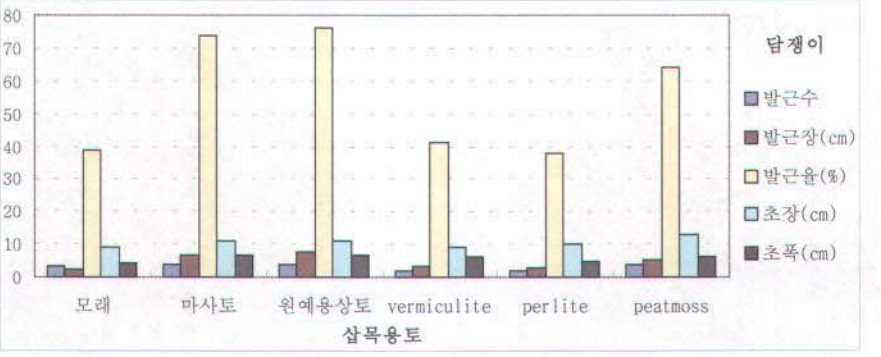


그림 9. 담쟁이의 삽목용토에 따른 발근정도

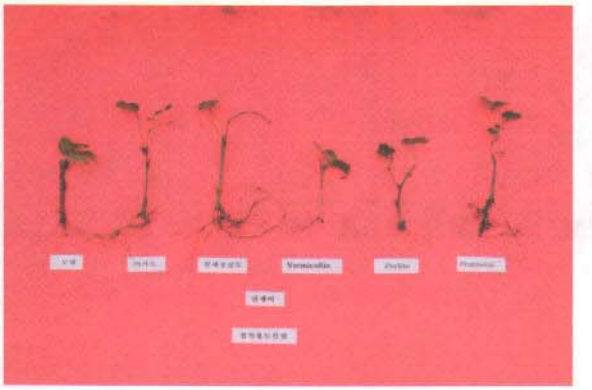


그림 10. 담쟁이의 삽목용토에 따른 발근정도

라. 삽수길이 실험

목본류의 삽수길이에 따른 발근정도는 자금우, 송악은 삽수길이에 상관없이 모두 90%이상의 매우 높은 발근율을 보였고 발근수와 발근장도 좋았다. 그러므로 자금우, 송악은 삽수를 3cm로 짧게하여도 발근이 잘되므로 대량생산을 위해서는 많은 삽수를 확보하여 삽수를 짧게 하는 것이 유리할 것으로 생각된다. 히어리는 삽수길이에 상관없이 대체로 24%이하의 낮은 발근율을 보였는데 그 중에서 삽수길이 3cm에서 발근율이 10%로 가장 낮았다. 멀꿀은 대부분 발근율이 2%이하로 매우 낮았고 대부분 고사하였으며 삽수길이가 3cm의 경우는 캘러스도 형성되지 않고 모두 고사하였다. 이상에서 삽수길이별 실험에서는 삽수의 길이보다는 식물의 종류에 따라 발근정도에 큰 차이가 있는 것으로 나타났다(그림1~10).

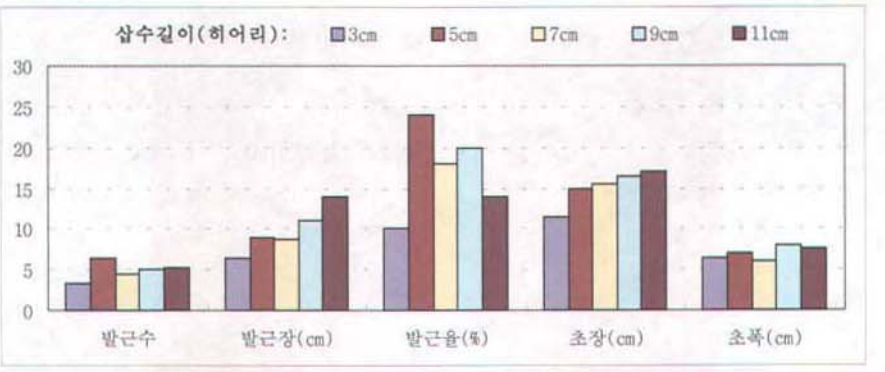


그림 1. 히어리의 삽수길이에 따른 발근정도

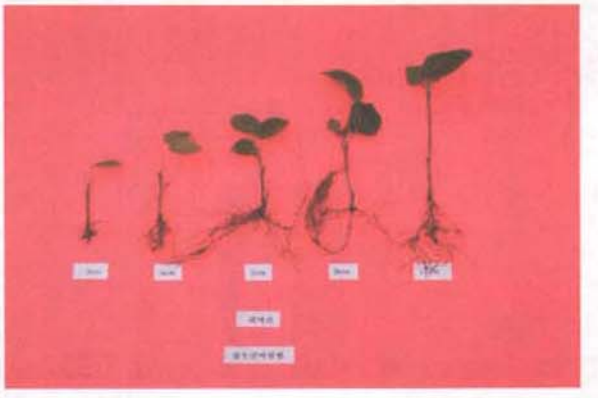


그림 2. 히어리의 삽수길이에 따른 발근정도

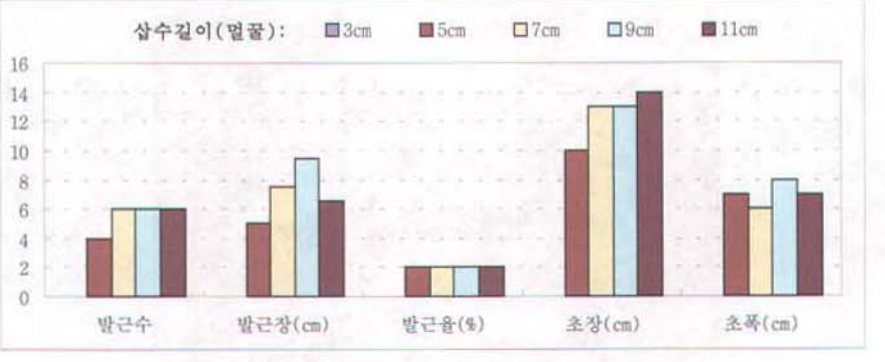


그림 3. 멀꿀의 삽수길이에 따른 발근정도

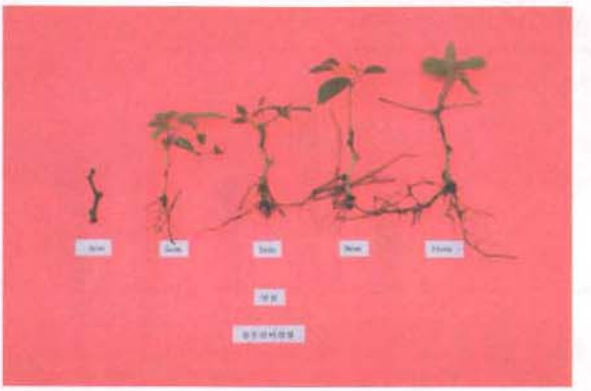


그림 4. 멀꿀의 삽수길이에 따른 발근정도

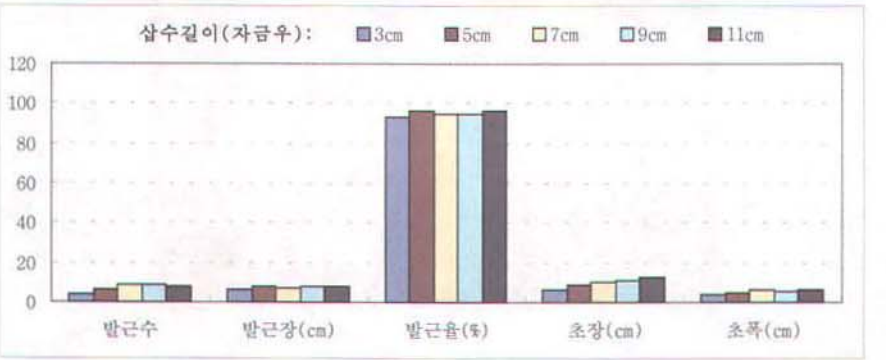


그림 5. 자금우의 삽수길이에 따른 발근정도

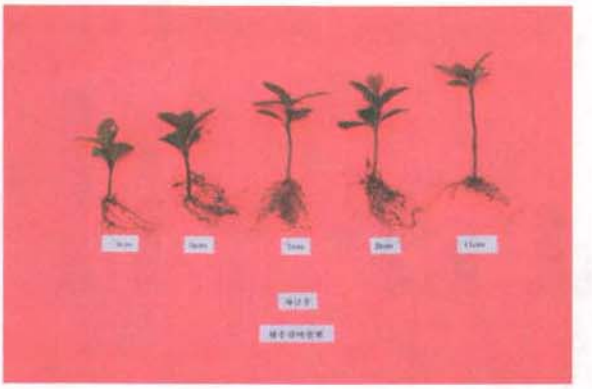


그림 6. 자금우의 삽수길이에 따른 발근정도

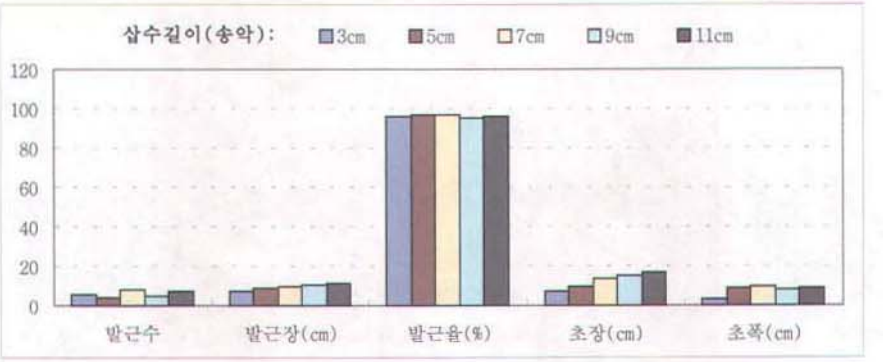


그림 7. 송악의 삽수길이에 따른 발근정도

그림 8. 송악의 삽수길이에 따른 발근정도

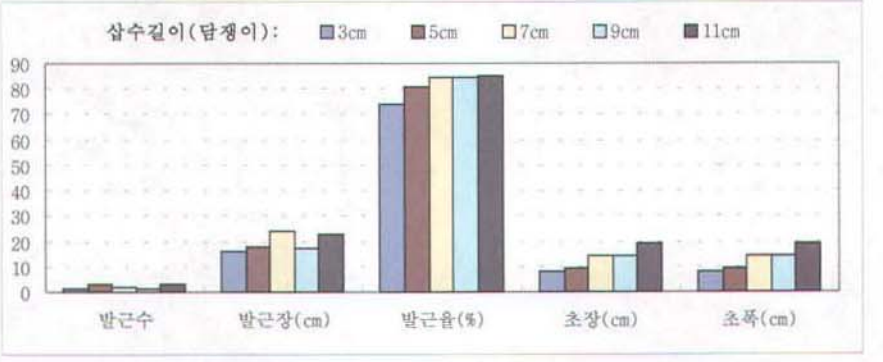


그림 9. 담쟁이의 삽수길이에 따른 발근정도

그림 10. 담쟁이의 삽수길이에 따른 발근정도

4. 상록수 및 낙엽활엽수, 도로분리대의 적지 식재 적용사례 연구

상록수 및 낙엽활엽수, 도로분리대의 적지 식재 적용사례연구에서 내한성이 약한 몇 종을 제외하고는 식재 지역에 따른 생육의 차이보다는 식재 위치와 관리상태에 따른 차이가 더 큰 영향을 미쳤다.

식재위치별 생육상태는 대체로 양지·반음지인 곳이 좋았으며, 특히 토양의 물리적인 상태 즉, 토양양분, 수분, 배수성이 생육에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보였다.

털머위는 내한성이 약하여 중부지방 이상 겨울에 온도가 크게 내려가는 지역이나 위치에는 적합하지 않는 것으로 보이며, 섬기린초, 붓꽃, 털머위는 경관석 및 정원석 사이에 식재된 경우 생육이 양호하고 미관상으로도 좋아 적당한 것으로 보인다. 일부 도로분리대에 식재된 두메부추의 경우 거의 모든 개체가 고사되었는데 이는 고온의 영향인 것으로 보인다. 매발톱의 경우 극양지이면서 척박지인 곳은 하엽이 많이 생기면서 왜성화 되는 경향이 많아 피복도가 감소하였다. 도로분리대에는 감국, 붓꽃, 섬기린초, 벌개미취, 범부채, 매발톱꽃이 개화 및 생육이 좋았고, 섬기린초는 극음지나 음지에서 생육이 좋지 않았다.

1㎡당 식재본수에 따른 생육정도는 큰 차이가 없었으며 외관상 지면 피복정도와 경제성을 고려할 때 초종에 따라 30~60본 정도가 적당한 것으로 보였다(표1~3, 그림1~8).

표 1. 원추리외 5종의 식재지역 및 식재위치에 따른 계절별 생육상태

종류	계절	식재지역 및 위치											
		중부지방				충청지방				남부지방			
		상록수 하층	낙엽활엽수 하층	도로분리대	경관석 및 정원석 사이	상록수 하층	낙엽활엽수 하층	도로분리대	경관석 및 정원석 사이	상록수 하층	낙엽활엽수 하층	도로분리대	경관석 및 정원석 사이
원추리	봄	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎
	여름	○	○	★	◎	○	○	★	△	×	△	★	△
	가을	△	△	★	◎	△	×	★	○	○	△	★	○
왜성술패랭이	봄	○	○	◎	○	○	○	◎	○	○	○	◎	◎
	여름	×	○	○	◎	×	×	○	○	×	×	★	○
	가을	×	△	★	◎	×	×	◎	○	×	×	★	○
비비추	봄	◎	◎	○	△	◎	◎	△	○	◎	★	○	○
	여름	◎	◎	×	×	◎	◎	×	△	◎	★	×	○
	가을	△	◎	×	×	○	◎	×	×	◎	★	×	×
범부채	봄	○	◎	★	★	○	◎	★	◎	○	◎	★	◎
	여름	△	○	★	○	△	○	★	○	△	○	★	○
	가을	△	○	★	○	△	○	★	○	△	○	★	○
감국	봄	△	○	★	★	△	○	★	★	○	◎	★	★
	여름	×	×	★	◎	×	×	★	◎	×	×	★	◎
	가을	×	×	★	○	×	×	★	○	×	×	★	○
산매발톱꽃	봄	○	◎	★	★	○	◎	★	★	△	○	★	★
	여름	×	△	★	★	△	△	★	◎	×	×	★	◎
	가을	×	×	◎	○	×	×	★	◎	×	×	★	○

* 생육상태 : ★매우양호, ◎양호, ○보통, △불량, ×매우불량

표 2. 벌개미취외 6종의 식재지역 및 식재위치에 따른 계절별 생육상태

종류	계절	식재지역 및 위치											
		중부지방				충청지방				남부지방			
		상록수 하층	낙엽활엽수 하층	도로분리대	경관석 및 정원석 사이	상록수 하층	낙엽활엽수 하층	도로분리대	경관석 및 정원석 사이	상록수 하층	낙엽활엽수 하층	도로분리대	경관석 및 정원석 사이
벌개미취	봄	○	○	★	★	△	○	★	★	△	○	★	★
	여름	×	○	★	◎	×	×	★	○	×	×	★	○
	가을	×	×	★	○	×	×	★	×	×	×	★	×
털머위	봄	○	○	○	○	○	◎	◎	○	◎	★	◎	◎
	여름	○	△	△	○	◎	○	○	◎	◎	★	◎	★
	가을	×	×	×	△	○	◎	△	○	◎	★	○	★
섬기린초	봄	△	△	★	★	△	○	★	★	△	△	★	★
	여름	×	×	★	★	×	×	★	★	×	×	★	★
	가을	×	×	★	★	×	×	★	★	×	×	★	★
붓꽃	봄	△	○	★	★	△	○	★	★	△	○	★	★
	여름	×	×	★	★	×	×	★	★	×	×	★	★
	가을	×	×	★	○	×	×	★	○	×	×	★	○
용머리	봄	△	○	★	★	△	△	★	★	×	△	★	★
	여름	×	×	★	◎	×	×	★	◎	×	×	★	◎
	가을	×	×	★	○	×	×	★	○	×	×	★	○
두메부추	봄	○	○	◎	◎	△	○	★	★	×	×	★	★
	여름	×	×	○	○	×	×	◎	○	×	×	○	○
	가을	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○
섬초롱꽃	봄	★	★	◎	○	★	★	◎	◎	◎	★	◎	◎
	여름	○	★	○	△	○	★	○	×	○	★	△	×
	가을	◎	★	○	○	◎	★	◎	○	◎	★	◎	◎

* 생육상태 : ★매우양호, ◎양호, ○보통, △불량, ×매우불량

표 3. 식재위치별 최적화종

위치 \ 지역	중부지방	충청지방	남부지방
상록수하층	섬초롱꽃	털머위	털머위
낙엽활엽수하층	섬초롱꽃	섬초롱꽃	섬초롱꽃
도로분리대	벌개미취	벌개미취	벌개미취
경관석 및 정원석사이	섬기린초	섬기린초	섬기린초

원추리는 대체적으로 지역 및 식재위치에 따른 생육의 큰 차이 없이 대체적으로 좋았으며, 특히 도로분리대와 정원석 및 경관석 사이에서 생육이 좋았다. 경제성과 외관을 고려할 때 $1m^2$당 식재본수는 30본이 좋았다. 왜성술패랭이의 경우 도로분리대가 생육이 좋았고 상록수 하층과 낙엽활엽수 하층에서는 생육이 불량하였다. $1m^2$당 식재본수는 50본이 적당하였다. 비비추는 낙엽활엽수하층에서 생육이 좋고, 도로분리대, 정원석 사이는 엽소현상이 나타나 생육이 불량하였다. $1m^2$당 식재본수는 35-40본이 가장 좋았다. 범부채의 경우 도로분리대에 식재된 경우 생육이 좋았고 상록수하층 음지에서는 도장하여 쓰러지는

경우가 많아 부적당하였다. $1m^2$당 식재본수는 30본이 가장 좋았다. 감국은 도로분리대에서 매우 좋았으며, 상록수하층이나 낙엽활엽수 하층에서는 생육이 좋지 않았다. $1m^2$당 식재본수 30본이 좋았다. 메발톱꽃은 대체로 생육이 좋았으며, 특히 도로분리대에 적합하였다. 그러나 지나친 척박지에선 하엽이 많이 발생하고 왜성화되어 가을에는 피복도가 크게 감소하였다. $1m^2$당 식재본수는 50본정도가 좋았다. 벌개미취의 경우 도로분리대와 경관석 및 정원석 사이에 식재된 것이 생육이 좋았으며 상록수 하층은 부적합하였다. $1m^2$당 식재본수는 30본 정도가 좋았다. 털머위는 중부지방에서는 생육이 떨어지고 특히 가을의 상록수하층에서 생육이 부진하였고, 상대적으로 남부지방은 전체적으로 생육이 좋았다. 특히 낙엽활엽수와 경관석 및 정원석사이가 생육 및 외관상 적합하였다. $1m^2$당 식재본수는 식재위치에따라 25-35본이 적합하였다. 섬기린초는 식재위치별 뚜렷한 생육차이를 보였는데 도로분리대와 경관석 및 정원석 사이는 좋은 반면 상록수하층 등 극음지에서는 도장 등으로 부적합하였다. $1m^2$당 식재본수는 50본이 좋았다. 붓꽃은 도로분리대와 경관석 및 정원석 사이가 좋았으며 상록수하층 및 낙엽활엽수 하층은 대체로 생육이 좋지 않았으며, $1m^2$당 식재본수는 30본 정도가 좋았다. 용머리는 도로분리대와 경관석 사이가 대체로 좋았으며 상록수 하층은 좋지 않았다. $1m^2$당 식재본수는 35본 정도가 좋았다. 두메부추는 도로분리대와 경관석 및 정원석사이가 좋았으나 일부 지나친 고온 및 과습지역은 대부분의 개체가 고사하였으며 상록수하층은 좋지 않았다. $1m^2$당 식재본수는 60본이 좋았다. 섬초롱꽃은 전반적으로 생육이 좋았으며 특히 낙엽활엽수 아래 식재된 것이 피복도와 생육상태가 가장 좋았다. $1m^2$당 식재본수는 35본이 좋았다.

그림 1. 도로분리대에 식재된 원추리의 생육상태(충청)

그림 2. 도로분리대에 식재된 원추리의 생육상태(인천)

그림 3. 도로분리대에 식재된
왜성술패랭이의 생육상태(광주)

그림 4. 낙엽활엽수하층에 식재된
왜성술패랭이의 생육상태(인천)

그림 5. 낙엽활엽수하층에 식재된
매발톱꽃의 생육상태(인천)

그림 6. 도로분리대에 식재된
매발톱꽃의 생육상태(광주)

그림 7. 도로분리대에 식재된두메부추의
생육상태(인천)

그림 8. 경관석 및 정원석 사이에
식재된 털머위의 생육상태(충청)

5. 절개지면, 보행섬 및 가로화단의 적지 식재 적용사례 연구

절개지면, 보행섬 및 가로화단의 적지 식재 적용사례연구에서 내한성이 약한 몇 종을 제외하고는 식재 지역에 따른 생육의 차이보다는 식재 위치와 관리상태에 따른 차이가 더 큰 영향을 미쳤다.

식재위치별 생육상태는 대체로 양지·반음지인 곳이 좋았으며, 특히 토양의 물리적인 상태 즉, 토양양분, 수분, 배수성이 생육에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보였다.

할미꽃의 경우 공해에 약한 특성으로 도로변 절개지나 보행섬등지에서 생육이 불량하였고, 용머리의 경우 광에 대한 적응력은 뛰어났으나 척박지에 대한 적응력은 그다지 좋지 못하였다. 섬초롱꽃의 경우 반음지에서의 생육은 뛰어났으나 나머지 지역에서는 생육이 불량한 것으로 보아 척박지와 양지에 대한 적응력이 떨어지는 것으로 보인다. 일부 도로변 절개지에서 대부분의 식물들의 생육상태가 좋지 못하였는데 이는 토양의 물리적 성질과 도로복사열에 의한 고온의 영향인 것으로 보인다. 원추리, 범부채, 감국, 쑥부쟁이, 벌개미취, 붓꽃과 같은 화종은 식물체가 강건하고 환경적응력도 뛰어나 전지역과 위치에서 고르게 생육이 가능한 것으로 판명되었다.

식재위치별 최적화종을 선별해 본 결과 절개지면에서 쑥부쟁이의 생육이 가장 좋았고, 보행섬의 경우 지역별로 약간의 차이가 있어 중부지방은 원추리, 충청지방은 섬기린초, 남부지방은 범부채 등이었다,

공한지 및 가로화단의 경우 중부와 충청지방은 범부재, 남부지방에는 애기범부채가 생육이 좋았으며, 공간이 넓은 잔디밭위 화단의 경우 중부와 충청지방은 용머리, 남부지방은 섬기린초가 최적화종이었다. 지역별로 위치별 최적화종이 틀리게 나타난 것은 지리적 여건 보다는 관리실태의 차이인 것으로 보인다.

경제성, 미적가치등을 고려한 1㎡당 식재본수는 원추리 30本, 왜성술패랭이 50本, 애기범부채 40本, 범부채 30本, 감국 30本, 쑥부쟁이 35本, 벌개미취 30本, 할미꽃 35本, 섬기린초 50本, 붓꽃 35本, 용머리 40本, 참나리 35本, 섬초롱꽃 35本으로 분석되었다(표1~5, 그림1~20).

표 1. 원추리외 5종의 식재지역 및 식재위치에 따른 계절별 생육상태

종류	계절	식재지역 및 위치											
		중부지방				충청지방				남부지방			
		절개지면	보행섬	공한지 및가로화단	공간이 넓은 잔디밭 위화단	절개지면	보행섬	공한지 및가로화단	공간이 넓은 잔디밭 위화단	절개지면	보행섬	공한지 및가로화단	공간이 넓은 잔디밭 위화단
원추리	봄	△	◎	◎	◎	○	◎	★	◎	△	◎	◎	◎
	여름	○	★	★	◎	○	◎	★	★	○	★	★	★
	가을	○	★	◎	◎	○	◎	★	◎	○	◎	★	◎
왜성술패랭이	봄	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎
	여름	△	★	◎	★	△	◎	○	★	△	★	○	◎
	가을	△	◎	◎	◎	△	◎	○	◎	○	◎	○	◎
애기범부채	봄	○	○	◎	○	○	○	◎	○	△	○	★	○
	여름	○	◎	★	◎	△	◎	★	◎	△	◎	★	○
	가을	△	△	◎	○	△	◎	○	△	×	○	◎	△
범부채	봄	○	◎	★	◎	△	◎	★	★	△	◎	★	★
	여름	○	★	★	★	○	★	★	★	△	★	★	★
	가을	△	△	△	△	×	○	○	◎	×	×	○	○
감국	봄	○	○	◎	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
	여름	○	◎	★	○	◎	◎	★	◎	○	○	◎	◎
	가을	◎	◎	★	◎	◎	◎	★	◎	◎	◎	★	◎
쑥부쟁이	봄	○	○	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎
	여름	◎	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	★	◎
	가을	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	★	★	◎

* 생육상태 : ★매우양호, ◎양호, ○보통, △불량, ×매우불량

표 2. 벌개미취외 6종의 식재지역 및 식재위치에 따른 계절별 생육상태

종류	계절	식재지역 및 위치											
		중부지방				충청지방				남부지방			
		절개지면	보행섬	공한지 및 가로화단	공간이 넓은잔디밭위화단	절개지면	보행섬	공한지 및 가로화단	공간이 넓은잔디밭위화단	절개지면	보행섬	공한지 및 가로화단	공간이 넓은잔디밭위화단
벌개미취	봄	△	○	★	○	○	○	★	○	○	○	★	○
	여름	○	○	★	◎	○	◎	★	◎	○	◎	★	◎
	가을	○	△	○	△	○	○	○	◎	◎	○	△	◎
할미꽃	봄	○	△	○	◎	△	○	◎	◎	◎	○	◎	★
	여름	×	△	○	★	×	△	◎	★	◎	△	◎	★
	가을	×	△	○	◎	△	△	○	○	○	△	○	○
섬기린초	봄	△	◎	◎	★	○	◎	◎	★	○	◎	◎	★
	여름	○	★	◎	★	◎	★	★	★	◎	★	◎	★
	가을	○	◎	○	○	△	◎	○	○	△	○	◎	◎
붓꽃	봄	○	◎	★	◎	○	◎	★	○	○	◎	★	◎
	여름	×	○	★	○	△	◎	◎	○	○	○	★	○
	가을	×	○	◎	○	○	○	◎	○	△	○	○	○
용머리	봄	○	○	◎	★	○	○	◎	★	○	△	◎	★
	여름	△	○	★	★	△	○	◎	★	△	○	★	★
	가을	×	○	○	◎	×	△	○	◎	×	○	◎	◎
참 나 리	봄	△	◎	★	◎	○	◎	◎	◎	△	◎	★	◎
	여름	×	★	★	◎	△	★	★	★	△	★	★	◎
	가을	×	○	△	×	×	△	△	○	△	×	×	△
섬초롱꽃	봄	△	△	○	△	×	△	○	○	△	○	◎	○
	여름	△	×	◎	×	×	△	○	△	×	△	◎	△
	가을	×	×	○	×	×	×	○	×	×	×	△	×

* 생육상태 : ★매우양호, ◎양호, ○보통, △불량, ×매우불량

표 3. 식재위치별 최적화종

위치 \ 지역	중부지방	충청지방	남부지방
절개지면	쑥부쟁이	쑥부쟁이	쑥부쟁이
보 행 섬	원추리	섬기린초	범부채
공한지 및 가로화단	범부채	범부채	애기범부채
공간이 넓은 잔디밭위 화단	용머리	용머리	섬기린초

원추리는 지역에 관계없이 대체적으로 생육이 양호하였으며 특히 가로화단의 생육상태가 좋았다. 그러나 절개지면에서의 생육은 좋지 못하였다. 왜성술패랭이는 절개지면을 제외하고는 대체로 생육이 양호하였다. 특히 일조량이 풍부한 잔디밭위의 화단에서의 생육상태가 뛰어났다. 애기범부채의 경우 대체로 생육이 양호하였으나 직사광선보다는 약간 그늘진 가로화단에서의 생육상태가 특히 좋았다. 범부채는 지역과 식재위치에 관계없이 거의 모든 곳에서 생육상태가 양호하였으며 특히 공한지 및 가로화단, 잔디밭위의 화단등에서 생육이 좋았다. 그러나 일부 절개지면에서 생육이 불량하였다. 감국의 경우 토양이 척박한 절개지면에 적응력이 뛰어났으며 특히 공한지에서 다른 지역보다 생육상태가 양호하였다. 쑥부쟁이는 관리가 부실한 곳(인천)을 제외하고는 지역과 식재위치를 가리지 않고 생육이 대체로 양호하였다. 벌개미취는 지역을 가리지않고 모든위치에 걸쳐 생육이 좋았으며, 특히 공한지 및 가로화단에 적합하였다. 할미꽃의 경우 공간이 넓은 잔디밭위 화단에서는 생육이 좋았으나 도로변 절개지나 보행섬 등에서는 생육이 불량하였다. 공해에 약한 특성 때문일 것이라 사료된다. 섬기린초의 경우 전지역에 걸쳐 생육이 고르게 양호하였으며 특히 잔디밭이나 보행섬 같이 일조가 좋은 곳에서 생육이 특히 좋았다. 붓꽃의 경우 반음지인 가로화단에서는 생육이 좋았으나 일조가 강한 절개지면이나 보행섬, 잔디밭위의 화단 등에서의 생육은 보통이었다. 용머리의 경우 양지인 공간이 넓은 잔디밭위의 화단에서 생육이 가장 좋았으며 공한지, 가로화단에서도 양호한 생육을 보였다. 그러나 척박지인 절개지면에서의 생육은 그리 좋지 못하였다. 참나리는 척박지인 절개지면을 제외하고는 생육상태가 양호하였다. 특히 잔디밭위의 화단과 가로화단 등지에서 생육이 매우 좋았다. 섬초롱꽃의 경우 반음지인 가로화단지역을 제외하는 전지역에 걸쳐 생육이 불량하였다. 이유는 척박지와 양지에 대한 적응력이 떨어지기 때문이라 사료된다.

표 4. 원추리외 12종의 식재위치별 미적가치와 ㎡당 식재본수 조사

종류	미적가치	식재지역 및 위치											
		중부지방				충청지방				남부지방			
	㎡당식재본수	절개지면	보행섬	공한지및가로화단	공간이넓은잔디밭위화단	절개지면	보행섬	공한지및가로화단	공간이넓은잔디밭위화단	절개지면	보행섬	공한지및가로화단	공간이넓은잔디밭위화단
원추리	경관	하	상	상	중	중	상	상	상	하	상	상	상
	本	(19)	(36)	(50)	(28)	(30)	(44)	(34)	(35)	(23)	(35)	(32)	(43)
왜성술패랭이	경관	중	상	상	상	중	상	중	상	하	상	중	중
	本	(44)	(55)	(60)	(55)	(37)	(50)	(50)	(57)	(25)	(54)	(44)	(45)
애기범부채	경관	중	상	상	중	중	상	상	중	하	중	상	상
	本	(30)	(44)	(45)	(40)	(41)	(50)	(45)	(33)	(35)	(35)	(42)	(38)
범부채	경관	중	상	상	상	중	중	상	상	중	상	상	상
	本	(23)	(28)	(36)	(30)	(25)	(25)	(34)	(34)	(25)	(36)	(35)	(30)
감국	경관	중	중	상	중	상	중	상	상	중	중	상	상
	本	(20)	(28)	(27)	(19)	(35)	(28)	(37)	(30)	(25)	(26)	(31)	(30)
쑥부쟁이	경관	중	하	중	상	상	상	중	상	중	중	상	중
	本	(30)	(18)	(25)	(40)	(42)	(35)	(35)	(35)	(28)	(31)	(38)	(31)
벌개미취	경관	중	중	상	중	중	중	상	중	중	중	상	중
	本	(25)	(24)	(32)	(28)	(22)	(25)	(30)	(24)	(25)	(31)	(30)	(28)
할미꽃	경관	하	하	중	상	하	하	상	상	상	중	상	상
	本	(20)	(16)	(30)	(35)	(17)	(20)	(41)	(40)	(44)	(39)	(36)	(40)
섬기린초	경관	중	상	상	상	중	상	상	상	상	상	상	상
	本	(42)	(50)	(50)	(45)	(44)	(53)	(54)	(50)	(39)	(48)	(60)	(50)
붓꽃	경관	하	중	상	중	중	상	상	하	중	중	상	하
	本	(18)	(25)	(35)	(25)	(28)	(36)	(35)	(20)	(25)	(25)	(30)	(20)
용머리	경관	하	하	상	상	하	하	상	상	하	하	상	상
	本	(20)	(25)	(44)	(43)	(35)	(30)	(40)	(45)	(25)	(30)	(38)	(40)
참나리	경관	하	상	상	중	하	상	상	상	하	중	상	상
	本	(20)	(40)	(36)	(30)	(32)	(35)	(40)	(36)	(25)	(29)	(35)	(40)
섬초롱꽃	경관	하	하	중	하	하	하	하	하	하	하	중	하
	本	(30)	(25)	(30)	(21)	(20)	(15)	(30)	(20)	(23)	(25)	(34)	(25)

* 미적판단기준 : 조사자 및 사진, 지나가는 행인을 대상으로 면담 조사(20인)

표 5. 경제성, 미적가치등을 고려한 식재밀도(본/㎡)

종 류	식재밀도(㎡)	종 류	식재밀도(㎡)
원추리	30本	할미꽃	35本
왜성술패랭이	50本	섬기린초	50本
애기범부채	40本	붓 꽃	35本
범부채	30本	용머리	40本
감 국	30本	참나리	35本
쑥부쟁이	35本	섬초롱꽃	35本
벌개미취	30本	·	·

전반적으로 식재밀도가 높을수록 미적가치(관상가치)는 높은 것으로 조사되었다. 그러나 식재 밀도가 낮거나 고사한 식물체가 많은 식재지의 경우 황폐화되어 오히려 주변 경관을 저해시키는 요인이 되고 있어 야생화식재 회의론을 일으키게 하고 있다. 철저한 관리(시비, 솎음 및 보식, 병충해 관리 등)와 식재적지에 식재되도록 유도가 시급한 것으로 조사되었다.

그림 1. 잔디밭위 화단에 식재된 원추리의 생육상태 -전주 (2001. 3. 25.조사)

그림 2. 보행섬에 식재된 원추리의 생육상태 -광주 (2001. 3. 23.조사)

그림 3. 가로화단에 식재된 애기범부채의 생육상태 -광주 (2001. 8. 14.조사)

그림 4. 잔디밭위 화단에 식재된 애기범부채의 생육상태 -광주 (2001. 8. 14.조사)

그림 5. 절개지면에 식재된 범부채의 생육상태 -광주 (2001. 3. 23.조사)

그림 6. 잔디밭위 화단에 식재된 범부채의 생육상태 -인천 (2001. 8. 13.조사)

그림 7. 가로화단에 식재된 쑥부쟁이의 생육상태 -유성(2001. 7. 14.조사)

그림 8. 잔디밭위 화단에 식재된 쑥부쟁이의 생육상태 -광주 (2001. 10. 16.조사)

그림 9. 가로화단에 식재된 할미꽃의 생육상태 -유성 (2001. 8. 14.조사)

그림 10. 절개지면에 식재된 할미꽃의 생육상태 -수원 (2001. 10. 15.조사)

그림 11. 잔디밭위 화단에 식재된 섬기린초의 생육상태 -광주 (2001. 7. 14.조사)

그림 12. 가로화단에 식재된 붓꽃의 생육상태 -서울 (2001. 5. 12.조사)

그림 13. 가로화단에 식재된 섬초롱꽃의 생육상태 -인천 (2001. 5. 12.조사)

그림 14. 잔디밭위 화단에 식재된 왜성술패랭이의 생육상태 -유성 (2001. 3. 25.조사)

그림 15. 공한지 및 가로화단 ⇒범부채(중부지방)

그림 16. 공한지 및 가로화단 ⇒애기범부채(남부지방)

그림 17. 보행섬 ⇒ 원추리 (남부지방)

그림 18. 잔디밭위 화단 ⇒ 섬기린초 (남부지방)

그림 19. 식재밀도 조사용 1㎡자(尺) 제작

그림 20. ㎡당 식재밀도 조사

6. 습지 및 고수부지의 적지 식재 적용사례 연구

식재위치별 생육상태는 종에 따라 차이가 있었으나 대체로 배수가 양호한 고수부지의 언덕이 생육이 양호하였고 수련, 노랑어리연꽃과 같은 수생식물의 경우 수심이 얕고 유속이 완만한 곳에서 생육이 왕성하였고, 갈대와 물억새의 경우 전지역 어떠한 생육환경에서나 가장 적응력이 좋아 하천주변의 지피식물로 활용 할 만한 수종이었다.

식재위치별 최적화종을 선별해 본 결과 지방에 관계없이 습지에서는 부들, 줄, 수련, 노랑어리연의 생육이 가장 왕성하였고, 고수부지에서는 꽃범의꼬리, 흰갈풀, 물억새의 생육이 가장 좋았다.

경제성, 미적가치등을 고려한 1㎡당 식재본수는 갈대 45本, 꽃창포 45本, 노랑어리연 20本, 돌단풍 55本, 물억새 55本, 벌개미취 55本, 부들 45本, 부레옥잠 45本, 부채붓꽃 40本, 부처꽃 35本, 수련 5本, 줄 45本, 큰고랭이 55本, 흰갈풀 50本으로 분석되었다(표1~5, 그림1~14).

표 1. 갈대외 7종의 식재지역 및 식재위치에 따른 계절별 생육상태

종류	계절	식재지역 및 위치					
		중부지방		충청지방		남부지방	
		습지	고수부지	습지	고수부지	습지	고수부지
갈대	봄	◎	○	◎	○	◎	○
	여름	◎	○	◎	◎	★	★
	가을	★	◎	★	◎	★	◎
꽃창포	봄	○	★	○	◎	○	◎
	여름	△	★	×	★	△	★
	가을	△	◎	×	★	○	★
창포	봄	○	×	◎	○	○	○
	여름	★	◎	★	×	★	◎
	가을	◎	△	◎	○	◎	○
석창포	봄	×	○	◎	×	◎	○
	여름	○	×	◎	◎	★	◎
	가을	○	△	★	○	★	○
노랑어리연꽃	봄	◎	○	△	△	△	◎
	여름	★	×	★	×	★	△
	가을	◎	×	×	×	★	×
돌단풍	봄	○	○	△	○	×	○
	여름	×	◎	×	◎	×	○
	가을	△	◎	×	◎	×	◎
물억새	봄	◎	◎	★	◎	★	◎
	여름	★	★	◎	★	◎	★
	가을	★	★	★	★	★	★
박하	봄	○	◎	◎	○	★	★
	여름	★	★	◎	◎	◎	◎
	가을	◎	★	★	★	★	★

* 생육상태 : ★매우양호, ◎양호, ○보통, △불량, ×매우불량

표 2. 벌개미취외 7종의 식재지역 및 식재위치에 따른 계절별 생육상태

종류	계절	식재지역 및 위치					
		중부지방		충청지방		남부지방	
		습지	고수부지	습지	고수부지	습지	고수부지
벌개미취	봄	×	○	○	○	○	★
	여름	△	◎	○	★	○	★
	가을	×	○	○	◎	◎	◎
부들	봄	◎	◎	△	◎	◎	★
	여름	★	★	×	★	◎	★
	가을	★	◎	△	○	○	○
부처꽃	봄	★	★	★	★	◎	★
	여름	★	★	★	★	★	★
	가을	◎	◎	◎	◎	★	◎
부채붓꽃	봄	○	◎	○	◎	○	★
	여름	◎	★	△	★	◎	★
	가을	○	★	◎	★	△	★
수련	봄	★	×	○	×	○	×
	여름	★	△	△	×	△	×
	가을	★	×	×	×	×	×
줄	봄	◎	○	★	◎	★	△
	여름	★	◎	★	△	★	◎
	가을	★	○	★	◎	◎	○
큰고랭이	봄	★	○	★	○	◎	○
	여름	★	◎	★	○	★	◎
	가을	★	○	★	○	★	△
흰갈풀	봄	◎	★	○	★	★	★
	여름	○	★	◎	★	◎	★
	가을	◎	◎	◎	★	◎	★

* 생육상태 : ★매우양호, ◎양호, ○보통, △불량, ×매우불량

표 3. 식재위치별 최적화종 선별

위치 \ 지역	중부지방	충청지방	남부지방
습지	부처꽃, 갈대, 부들, 창포, 줄	부처꽃, 갈대, 부들, 창포, 줄	부처꽃, 줄, 부들, 큰고랭이, 창포, 석창포, 갈대
고수부지	물억새, 박하, 벌개미취, 꽃창포, 부처꽃, 부채붓꽃, 흰갈풀	물억새, 박하, 벌개미취, 꽃창포, 부처꽃, 부채붓꽃, 흰갈풀	물억새, 박하, 벌개미취, 꽃창포, 흰갈풀, 부처꽃, 부채붓꽃

갈대는 생육환경에 큰 관계없이 생육이 대체로 양호하였으며 습지나 특히 고수부지 등 다습한 지역에서 생육상태가 좋았다. 또한 어떠한 곳에서도 번식력이 왕성하였고 오염지역에서도 생육이 양호하여 오염된 하천정화 식물로 유리할 것으로 생각된다.

꽃창포는 지역에 관계없이 생육이 좋았으나 상시 물이 잠겨있는 곳에서는 생육이 불량하였다. 고수부지화단에서의 생육이 양호하여 하천 주변의 경관식재

시 적합한 초종으로 생각된다.

창포의 경우 습지나 고수부지 어느 곳에서나 대체로 양호한 생육상태를 보였으나 양지바른 고수부지의 경우 햇빛이 강한 여름에는 잎이 고사하는 피해상태를 보였다. 그러나 다습한 물가의 경우 여름철에도 잎이 고사하지 않고 고수부지에 식재된 같은 종보다 더 왕성한 생육상태를 보였다.

석창포의 경우 중부지방의 극한지역에서는 동해의 피해가 있었으며 건조하거나 햇빛이 많이 드는 양지에서는 잎이 타서 마르는 경우가 많았으며 음지이면서 습한 곳은 잎에 광택이 흐르고 생육이 좋았다. 그러므로 석창포는 동해의 피해가 없는 중·남부의 따뜻한 지역의 습한 음지에 식재하는 것이 좋을 것으로 여겨진다.

노랑어리연꽃은 건조한곳에서는 생육이 불량하거나 고사하였으며 습한곳에서는 지역에 관계없이 거의 모든 곳에서 생육상태가 양호하였으며 40cm내외의 수심에서는 왕성한 번식능력을 보였다.

돌단풍은 습한 물가에서 양호한 생육상태를 보였고, 물에 잠기는 기간이 길 경우 죽게되어 고수부지의 언덕이나 물이 잘 빠지는 곳에서 양호한 생육을 보였다.

물억새는 전지역에 걸쳐 생육이 양호하였고 특히 물빠짐이 좋은 고수부지에서는 생육상태가 가장 좋았다.

박하의 경우 지역이나 생육환경에 관계없이 대체로 생육이 양호하였으며 습한 곳에서 생육상태가 가장 좋았으나 너무 다습하거나 음지에서는 생육이 불량하거나 도장하는 경우가 많았다.

벌개미취는 지역을 가리지않고 모든 위치에 걸쳐 생육이 좋았으며, 특히 물빠짐이 좋은 고수부지에서 왕성한 번식활동 등의 양호한 생육상태를 보였다.

부들의 경우 지역에 관계없이 잘 자라며 고수부지보다는 습지에서 더 양호한 생육상태를 보였다.

부처꽃의 경우 전지역에 걸쳐 습지 건조지에 관계없이 매우 강건한 생육상태를 보였는데 특히 수면과 지면이 접하는 물가에서 꽃이나 잎의 상태가 가장 좋았다.

부채붓꽃의 경우 전지역에서 대체로 생육이 왕성하였는데 고수부지나 다소 건조한 습지에서 생육이 가장 좋았고 물이 오랫동안 많이 고여 있는 곳은 시간이 지나면서 고사하는 경우가 많았다.

수련은 1m이하의 낮은 수심에서 양호한 생육상태를 보였고 물의 흐름이 거의 없는 하천이나 연못, 저수지 등지에서 비교적 양호한 생육상태를 보였다.

줄의 경우 전지역에 걸쳐 생육이 양호하였고 특히 수면과 지면이 접하는 모래땅에서는 뿌리의 발달이 왕성함을 보였다.

큰고랭이의 경우 지역에 관계없이 양호한 생육을 보였고, 특히 고수부지 보다는 수심10cm내외의 장소에서 왕성한 생육상태를 보였다.

흰갈풀의 경우 지역이나 생육환경에 관계없이 양호한 생육상태를 보였다. 특히 물가의 지면과 수면이 접하는 지역에서 왕성한 생육을 보였다.

표 4. 원추리외 12종의 식재위치별 미적가치와 ㎡당 식재본수 조사

종류	미적가치	식재지역 및 위치					
		중부지방		충청지방		남부지방	
	㎡당식재본수	습지	고수부지	습지	고수부지	습지	고수부지
갈대	경관	상	상	상	상	상	상
	本	(45)	(47)	(42)	(44)	(44)	(48)
꽃창포	경관	중	상	중	상	하	상
	本	(44)	(55)	(37)	(50)	(25)	(54)
노랑어리연	경관	상	하	중	하	중	하
	本	(23)	(0)	(25)	(0)	(25)	(0)
돌단풍	경관	하	상	하	중	하	상
	本	(8)	(56)	(5)	(48)	(11)	(61)
물억새	경관	중	상	상	상	상	중
	本	(51)	(65)	(63)	(65)	(62)	(53)
박하	경관	중	상	중	상	중	상
	本	(42)	(55)	(46)	(51)	(44)	(53)
벌개미취	경관	하	상	하	상	하	중
	本	(25)	(64)	(22)	(61)	(25)	(47)
부들	경관	상	중	상	중	상	상
	本	(57)	(38)	(53)	(41)	(55)	(51)
부채붓꽃	경관	중	상	하	상	중	중
	本	(34)	(46)	(24)	(54)	(36)	(37)
부처꽃	경관	상	상	상	중	상	중
	本	(42)	(41)	(46)	(30)	(46)	(30)
석창포	경관	상	중	중	중	상	하
	本	(57)	(44)	(47)	(46)	(56)	(30)
수련	경관	중	하	상	하	상	하
	本	(4)	(0)	(6)	(0)	(9)	(0)
줄	경관	상	하	상	중	상	상
	本	(47)	(24)	(52)	(35)	(55)	(59)
창포	경관	상	중	상	중	상	상
	本	(53)	(45)	(51)	(43)	(53)	(52)
큰고랭이	경관	상	하	상	하	상	중
	本	(50)	(21)	(52)	(16)	(55)	(25)
흰갈풀	경관	중	상	하	상	상	상
	本	(35)	(55)	(20)	(57)	(53)	(55)

* 미적판단기준 : 조사자 및 사진, 지나가는 행인을 대상으로 면담 조사(20인)

표 5. 경제성, 미적가치등을 고려한 식재밀도(본/㎡)

종 류	식재밀도(㎡)	종 류	식재밀도(㎡)
갈대	45本	부채붓꽃	45本
꽃창포	45本	부처꽃	40本
노랑어리연	30本	석창포	50本
돌단풍	55本	수련	5本
물억새	55本	줄	45本
박하	50本	창포	50本
벌개미취	55本	큰고랭이	55本
부들	45本	흰갈풀	50本

조사결과 식물체의 식재밀도가 높을수록 미적가치가 높게 나타났다. 그러나 식재 밀도가 낮거나 혹은 식물 생육환경과 거리가 먼 식재지에 식재할 경우 오히려 주변경관을 해치거나 거부반응을 일으키게 하였다. 조경식재에 있어 식물체가 지닌 아름다움이 식재조건이 되기는 하나 가장먼저 고려되어야 할 것은 식재지에서 가장 안정적으로 생육하며 주변경관과 조화를 이룰 수 있는 수종의 선택이어야 할 것이다.

그림 1. 고수부지에 식재된 돌단풍의 생육상태 -서울 (2002. 3. 24.조사)

그림 2. 고수부지에 식재된 벌개미취의 생육상태 -청주 (2002. 7. 13.조사)

그림 3. 습지에 식재된 큰고랭이의 생육상태
-광주 (2002. 7. 14.조사)

그림 4. 습지에 식재된 흰갈풀의 생육상태
-광주 (2001. 10. 22.조사)

그림 5. 고수부지에 식재된 박하의
생육상태 -서울 (2002. 3. 24.조사)

그림 6. 습지에 식재된 줄의 생육상태
-광주 (2002. 7. 14.조사)

그림 7. 습지에 식재된 부들의 생육상태
-청주 (2002. 7. 13.조사)

그림 8. 고수부지에 식재된 부채붓꽃의
생육상태 -청주 (2002. 10. 24.조사)

그림 9. 고수부지에 식재된 부처꽃의 생육상태 -서울 (2002. 7. 13.조사)

그림 10. 고수부지에 식재된 꽃창포의 생육상태 -서울 (2002. 7. 13.조사)

그림 11. 습지에 식재된 물억새의 생육상태 -광주 (2002. 10. 22.조사)

그림 12. 습지에 식재된 수련의 생육상태 -광주 (2002. 7. 14.조사)

그림 13. 습지에 식재된 창포의 생육상태 -광주 (2002. 10. 22.조사)

그림 14. 습지에 식재된 석창포의 생육상태 -광주 (2002. 10. 22.조사)

제5절 적 요

1. 숙근초화류의 번식에서 파종시기는 대체로 춘파가 좋았으나 용머리는 추파가 더 좋았다. 분주번식은 촉수가 많을수록 생육과 분얼이 좋았다. 삽목번식은 5-6월, 삽수길이는 5-7cm, 포트크기는 9-12cm(3-4치), 육묘기간은 3-6개월이 가장 적당한 것으로 나타났다.

2. 구근류의 번식에서 파종시기는 추파가 좋았고, 포트크기에 따른 묘소질은 큰 차이가 없었다. 섬말나리의 인편번식은 외측인편과 인편절편체의 크기가 큰 것이 좋았다. 섬말나리의 인편번식 시기는 큰 관계가 없으며 용토는 vermiculite와 원예용상토가 좋았다. 제주수선화의 인공번식 방법은 chipping이나 notching이 좋고 chipping후 다시 부위별로 나누는 것은 좋지 않았다. 제주수선화의 자구형성에서 notching시 저반부 절단 깊이는3cm, 분할정도는 8분할, 재식 깊이는 3cm가 적당하며 건조정도는 처리 후 당일이 좋았고 용토의 종류에는 큰 차이가 없었다. 제주수선화의 인공번식에서 scooping이나 coring은 자구가 전혀 형성되지 않았다.

3. 목본류의 번식에서 파종시기는 추파가 좋았고, 삽목번식 시기는 담쟁이는 3월, 히어리는 7~8월, 멀꿀은 6월이 가장 좋았고 자금우, 송악은 큰 관계가 없다. 목본류의 삽목용토는 원예용상토가 대체로 좋았고 삽수길이는 큰 관계가 없었으나 히어리와 멀꿀은 3cm이하는 발근이 좋지 않았다.

4. 상록수 및 낙엽활엽수, 도로분리대의 적지 식재 적용사례연구에서 상록수 아래는 털머위, 낙엽활엽수아래는 비비추, 섬초롱꽃, 도로분리대는 원추리, 왜성술패랭이, 범부채, 감국, 매발톱꽃, 벌개미취, 섬기린초, 붓꽃, 용머리가 좋았다. 양지와 반음지인 곳이 대체로 좋았는데 식재 지역에는 큰 차이가 없었으며 토양의 물리적 상태가 생육에 큰 영향을 미쳤다. $1m^2$당 식재본수는 30~60본이 적당하였다.

5. 절개지, 보행섬 및 가로화단의 적지 식재 적용사례연구에서 절개지는 쑥부쟁이, 보행섬은 원추리, 섬기린초, 범부채가, 공한지 및 가로화단은 왜성술패랭이, 범부채, 애기범부채가, 공간이 넓은 잔디밭위 화단은 용머리와 섬기린초가 좋았다. 털머위는 내한성이 문제되어 중부이북의 극한지에선 좋지 않았다. $1m^2$당 식재본수는 30~50본이 적당하였다.

6. 습지 및 고수부지의 적지 식재 적용사례 연구에서 습지는 부처꽃, 부들, 창포, 줄, 수련, 노랑어리연꽃이, 고수부지는 꽃범의꼬리, 흰갈풀, 물억새가 대체로 좋았다. 지역에 따른 생육의 큰 차이는 없었으며 $1m^2$당 식재본수는 20~55본이 적당하였다.

제3장 자생식물을 이용한 생태복원공법 개발

제 1 절 연구개발과제의 개요

1. 연구의 배경 및 필요성

지역마다 자연환경의 조건에 따라 독특한 생물종으로 구성된 특색있는 생태계가 형성되어 있으며 이러한 생태계의 건강성은 생물종의 다양성에 의해 평가되기도 한다. 최근 생물종의 중요성을 새로이 인식하여 생물다양성(biodiversity) 문제가 크게 대두되고 있다. 생물다양성이란 유전자에서부터 개체군, 군집 및 생태계에 이르는 생물학적 계층차원에서의 다양성을 의미하며 생물종 간의 상호작용으로 인간의 인위적인 간섭 등의 여러 위협요인들에 대한 회복능력과 안정적으로 계속적인 생산성을 보장한다(이유미, 2000). 이러한 생물다양성에 대한 관심의 고조로 자생식물, 특히 야생초화류의 생물다양성 측면에서의 지위와 역할을 재평가하고 있다.

조경소재의 활용적 측면을 살펴보면, 이전에는 주로 교관목을 위주로 한 생활개선적 차원에서 기능성과 시각성만을 중시하여 왔다. 이러한 경향은 어느 지역이나 비슷하거나 획일된 경관을 양산하였으며 특히나 도시 내에는 중층과 상층만이 존재하는 식물종 구성으로 단순한 경관이 주를 이루며 생물이 서식하기 힘든 공간만을 생산하였다. 근래에 들어, 생태적 측면을 중시하면서 지피류, 초화류 등의 자생식물을 폭넓게 활용한 다층구조형 식재기법의 도입으로 도시의 경관개선 뿐만 아니라 다양한 생물의 서식공간을 창출하고자 하는 노력이 이루어지고 있다.

인간의 무차별적인 개발행위로 인하여 환경의 문제는 지구적 차원의 문제로 최우선적으로 해결해야 하는 과제가 되고 있다. 특히 인간의 개발행위에 의하여 발생하는 훼손지에 대한 복구, 복원의 노력이 활발히 이루어지고 있기는 하나, 종래의 방법은 생태계의 안정성, 다양성에 대한 고려가 미흡하여 오히려 잘못된 생물종-외래종, 귀화종 등-을 도입함으로써 또다른 생태계의 교란을 유발하는 경우가 종종 있다. 따라서 훼손지의 복구 및 복원 시, 지역에 자생하는 식물을 적극적으로 활용하여 지역생태계의 안정성 및 다양성 증진을 도모하는 노력이 필요하다. 근래에 들어 쓰레기매립장, 옥상 및 인공지반, 절개사면 등 생태계의 건강성을 회복하거나 창출하는 과정에서 자생식물의 활용을 적극 검토하고 있으며, 하천의 치수, 이수 뿐만 아니라 하천의 환경적 측면을 고려한 자연형하천

으로 복원하는데에 수생식물, 수변식물 등의 자생식물을 다량으로 활용하고 있다. 또한 도시내 곤충, 조류 등의 생물서식공간이나 자연학습을 위한 생태공원, 소생태계를 조성하는데에도 자생식물의 이용을 극대화하고 있다. 그러나 아직까지 자생식물을 이용한 생태복원공법의 개발이나 생태적 활용기법의 개발이 미진한 상태이다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 인간의 무차별한 개발행위에 의하여 발생한 훼손지역이나 인공지반, 인간의 간섭과 교란에 의하여 생태계의 질적 저하가 발생한 지역, 생태계의 기능적 향상이 필요한 지역, 새로운 생태계를 창출할 필요가 있는 지역을 대상으로 하여 자생식물을 적극적으로 이용한 식재공법을 기초로 생태복원 및 창출이 조기에 안정적으로 구축될 수 있도록 생태복원공법 개발에 있다. 구체적인 목적을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 조기 및 중장기 효과를 획득할 수 있는 공법의 개발이다. 훼손지 등을 조기에 복구, 복원함으로써 추가적인 손실을 억제하는 공법이 필요하며 초기효과뿐만 아니라 조성 초기의 효과에 의하여 생태적 기반을 확보, 생태적 천이를 유도함으로써 중장기적 효과를 충분히 확보할 수 있는 공법의 개발이 필요하다.

둘째, 경제성 있는 공법의 개발이다. 공법의 경제성을 갖기 위해서는 사용하는 재료 및 소재를 쉽게 획득할 수 있는 것으로 선정해야 한다.

셋째, 생태적 유해성이 없는 공법의 개발이다. 지역에서 자생하는 식물을 사용하여 생태적 교란의 인자를 사전에 예방하고 자연소재를 사용하여 환경의 위해성을 없도록 해야 한다.

3. 연구의 내용 및 방법

가. 관련 이론 및 선행 사례 고찰

1) 이론 고찰

자생식물의 개념, 이용가치 등의 기본개념을 살펴본 후, 비탈면에 대한 생태복원 공법과 하천에 대한 생태복원 공법을 고찰한다.

절개지나 훼손지를 녹화하기 위하여 자생식물을 활용하는 녹화공법을 중심으로 각 공법의 주요특징, 도입식물종 등을 검토한다. 또한 녹화공법의 입지조건과 비탈면 녹화공법의 장단점을 비교·분석한다. 이러한 공법의 비교·검토를 통하여 생태복원공법 개발 시 도입가능한 자생식물종을 선별, 정리한다.

하천 및 수로의 수문학적 안정을 꾀하고 식생 등을 도입하여 수질을 개선하기 위한 공법을 고찰한다. 자연형하천 및 생태수로의 관점에서 생물서식공간 조성과 수질 개선의 두가지 목적을 달성하기 위한 기반 조성 및 식생 도입, 기타 생태계 보전 복원 기법을 고찰한다.

2) 선행사례연구

선행사례는 비탈면 생태복원을 위한 제반 공법과 아울러 수질개선을 위한 하천의 식생복원 사례와 종다양도 증진을 위한 생태복원사례로 구분하고 자생식물의 활용, 복원공법을 중심으로 살펴본다. 각 사례에서 시사점을 도출하고 본 연구의 대상 및 연구적용 절차 및 추후 연구목표를 설정하는데 참조한다.

나. 적용공법 및 모니터링

1) 적용공법 선정기준

첫째, 본 연구는 자생식물을 이용한 생태복원공법의 개발을 목표로 하고 있기 때문에, 우선적으로 자생식물을 활용하기 용이한 공법을 선정한다.

둘째, 자생식물 이외의 소재 및 재료 선택 시 구입이나 획득이 용이하며 생태적으로 유해하지 않고 생태적 교란요소로 작용하지 않는 것으로 한다.

셋째, 생태복원은 장기적인 안목으로 접근해야 한다. 그러나 훼손지의 경우, 조

기에 복원효과를 얻고자 할 때가 다수이기 때문에 복원공법 선정 시 장기적인 효과 뿐만 아니라 초기효과를 용이하게 달성할 수 있는 것으로 선정한다.

넷째, 구조적 안정성을 확보해야 한다. 비탈면의 경우 비탈면의 붕괴나 침식 등에 대한 구조 검토를 통해 안정성을 확보한 후에 식생 기반을 조성하고 식생을 도입한다. 하천 및 수로의 경우 수리수문학적 검토를 통해 안정성을 확보한 후, 식생기반을 조성하고 식생을 도입한다.

2) 공법 적용지 선정

선정된 공법을 적용하기 위하여 적절한 대상지를 선택해야 한다. 따라서 공법 적용지를 선정할 때 다음과 같은 기준으로 선정한다.

- 선정된 생태복원공법 적용 목적과 부합하는 전형적인 지역
- 식재기반이 부족하거나 빈약한 지역 또는 하천의 경우, 오염원 유입으로 식물에 의한 정화효과를 기대할 수 있는 지역
- 시험지역이 소규모로 모니터링 및 이후 관찰활동을 용이하게 진행할 수 있는 지역
- 대상지의 환경적 특성에 따라 같은 지역에 특정공법을 중복 적용이 가능한 지역

이러한 기준을 준용하여 자생식물을 이용한 생태복원공법을 개발하기 위하여 기조성되어 공법적용 후 변화상을 파악할 수 있는 시험지역을 1개소를 선정하고 선정공법의 효과를 평가하기 위하여 새로 조성할 시험지역 1개소를 선정한다.

4) 설계 및 시공

선정공법의 효과를 평가하기 위하여 새로 조성할 시험지역은 대상지의 현황 분석을 충실히 수행하여 현황 조건에 맞는 공법을 적용할 수 있도록 설계를 진행하고 도면화 작업을 실시한다. 완성된 설계도에 따라 시공을 하며 적용과정(시공) 중 미비점이 발견되면 보완하여 시공하고 설계도면을 수정하도록 한다.

5) 모니터링

모니터링은 "생태계 내에서 변화가 어떻게 또는 얼마나 발생되었는지를 알아보기 위하여 모니터링의 방향과 이의 크기를 측정하는 하나의 과정이다" 라고 정의할 수 있다. 여기에는 반드시 감지된 변화에 대한 유의성의 평가가 포함된다 (Hellawell, 1991).

- 시공 모니터링 : 시공은 설계대로 수행되었나?

- 효과 모니터링 : 사업 목적은 달성되었나?

- 검증 모니터링 : 설계에 이용된(가정된) 사항들이나 원인 - 결과 관계 등은 정확했나?

모니터링은 이미 파괴된 자연생태계의 보전 및 복원 뿐만 아니라 시간의 경과에 따른 변화 양상을 파악할 뿐만 아니라 본 연구와 같이 적용공법을 시행한 이후, 적용공법이 주변환경에 어느 정도 적응하는가에 대한 기초자료의 구축과 효과 및 문제점을 도출하여 공법의 개선, 보완하고자 할 때 필수적인 과제이다.

가) 모니터링 항목 및 방법

(1) 출현종 및 우점종

각 시험대상지의 주요부분에 1 x 1m의 조사구를 설치하여 각 조사지에 나타나는 종수와 평균초장, 식피율을 파악하고 각 조사지에 대한 식물상 조사도 같이 수행한다. 또한 본 조사중에 꽃과 열매가 있는 식물에 한하여 채집한다. 조사기간은 봄철, 여름철, 가을철의 각각 1회씩 조사한다. 우점도는 브라운-브랑케 (Braun-Blanquet) 방식으로 조사한다.

(2) 식생의 피복도

지피식생이란 지표면을 덮고 있는 목본식물과 초본식물 모두를 의미한다. 지피식생의 피복도는 조사구내에 지피식생이 토양층을 덮고 있는 면적의 비율(%)로 나타내며, 현장에서 조사구를 돌아본 후 육안으로 조사한다. 조사구에서 지피식생의 피복도 측정시 발생하는 오차를 줄이기 위해서 식생피복도 조사용 격자틀

을 조사구 위에 올려놓고 조사를 실시한다.

(3) 수질

수환경 조사는 물리적 성질과 화학적 성질을 측정하되 수생식물의 서식처가 물속 혹은 수변이므로 수질은 휴대용 측정기를 이용하여 다음 항목을 현장에서 측정한다.

<표 1> 수질측정항목

항목	조사방법
수온(℃)	현장에서 휴대용 측정기 사용
pH	pH Metre를 사용하여 현장에서 채수와 동시에 측정
Do(용존산소)	휴대용 측정기로 측정
탁도(Turbidity)	휴대용 측정기로 측정
EC(전기전도도)	EC Metre를 사용하여 현장에서 채수와 동시에 측정

6) 적용공법의 평가

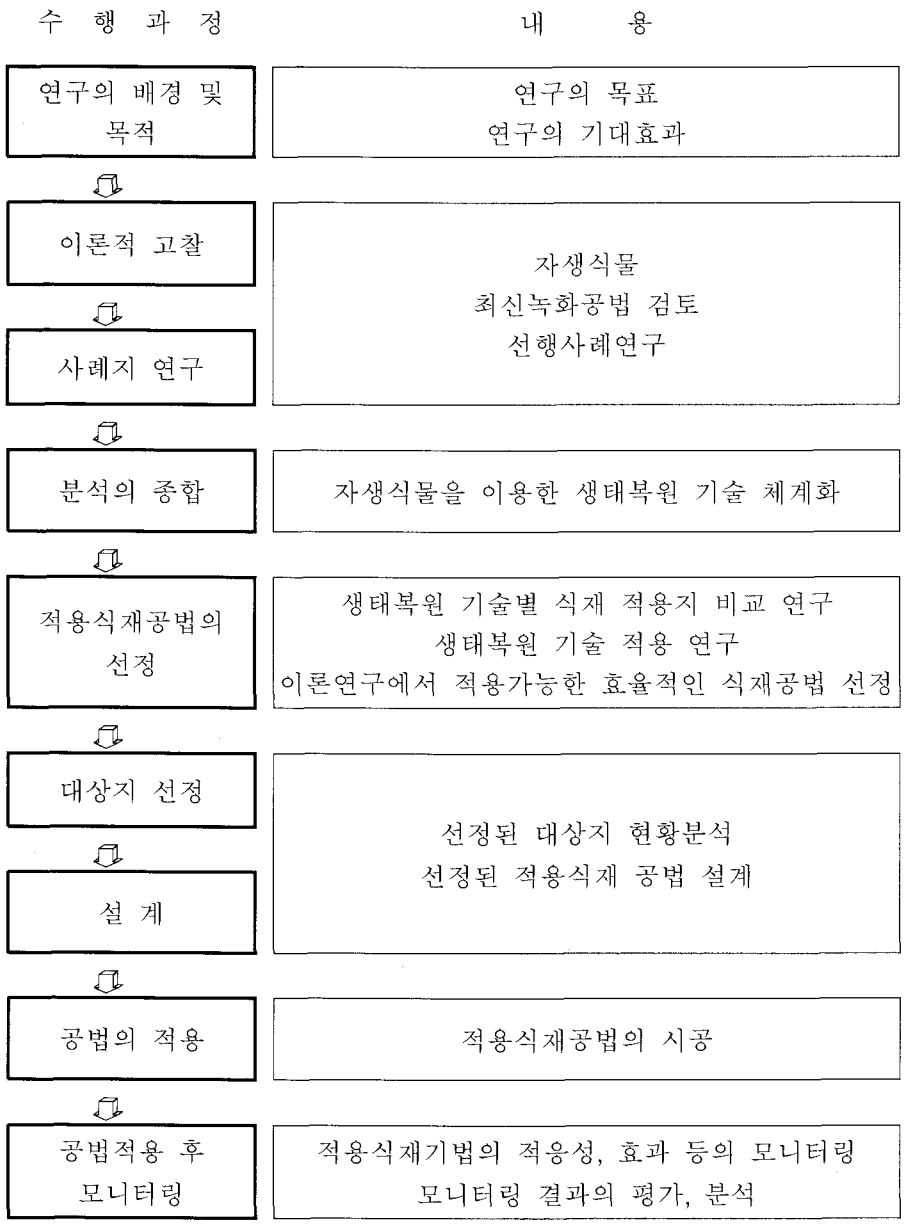
모니터링한 결과를 분석·평가함으로써 공법의 성공도 및 실용가능성을 가늠하고자 한다. 우선 공법을 평가하기 위한 틀을 작성하고 평가항목별로 주요 평가내용을 기술한다.

다음은 적용한 공법을 평가하기 위한 주요내용을 정리한 것이다.

<표 2> 평가항목 및 주요내용

구 분	주요 내용
공법 적용지의 환경조건적 측면	· 공법 적용지의 지형, 구배, 주변환경(식생을 중심으로) 및 특이조건
사용소재 및 재료의 측면	· 도입식물종 및 도입식물종의 생태적 특징 · 자재의 특징(생태적 유용성 및 유해성)
식재기법적 측면	· 식재방법의 유형 및 특징
공법의 적응도 측면	· 식생 활착도, 피복도, 도입식물의 생육정도 등
공법의 기대효과측면	· 조성목적·목표의 부합정도,초기효과,중장기효과

4. 연구의 수행과정



<그림 1> 연구의 수행과정

제2절 국내외 기술개발 현황

1. 자생식물(自生植物, native plants)

가. 자생식물이란?

보통 넓은 의미로는 '산야(山野)에 자생하는 식물로서 인위적인 보호나 재배를 가하지 않은 상태에서 식물 스스로가 살아남기에 가장 적합한 곳에서 생육하는 식물'을 의미한다. 이는 '식물이 어떤 지역에서 인공적인 보호를 받지 않고 자연 상태 그대로 생활하는 것(spontaneous plants)'을 말한다. 좁은 의미로는 토착식물(indigenous plants)을 의미하는데 이는 '식물이 어떤 지역에서 원래부터 살고 있는 것'을 의미하기도 한다. 그러나 현재 야생상태 즉 야생식물이라고 부를 수 있을지라도 도입재배식물인 경우는 자생식물이라 하지 않고 귀화식물(naturalized plants)이라 한다. 자생식물이라는 단어와 함께 야생식물, 토착식물, 향토식물, 향토수종 등의 용어가 유사어의 의미로도 사용하기도 한다.

세계적으로 45만여종의 식물이 서식하고 있으며 국내에 분포하는 자생식물은 총 185과 1,065속 4,596종이 알려져 있다. 여기에는 오래 전에 귀화한 15과 168속 438종의 귀화식물도 들어 있다. 이는 국토의 단위면적당 종수로 보아 일본이나 중국에 비해 많고, 영국(2,000여 종)이나 덴마크(1,500여 종) 등에 비하면 거의 2배나 많다. 한편 자생색물 가운데 외국에는 없고 그 나라에만 있는 종은 특산식물이라 하여 별도로 구분하는데, 한국에는 61과 172속 393종, 46변종, 22품종이 있다.[1)]

국내에 분포하는 자생식물 중 화훼, 약초, 산채 등으로 개발 가능한 것은 목초본 모두 합하여 약 593종으로 보고있는데, 화단용, 분화용, 관상수용, 절화용, 수재화단용, 공중걸이용, 지피식물용, 분재용, 가로수용 등으로 활용가치가 있는 것으로 보고되었다.

나. 자생식물의 이용가치

생태적 측면에서의 자생식물의 이용가치는 특정 지역의 환경에 대한 높은 적응성과 생물학적 다양성의 자원적 측면에 있다. 기존 재배식물보다 생육관리가 쉽다는 장점과 함께 자생식물이 지닌 우성 유전자를 이용하여 유익한 변종을 개발

1) 두산세계백과사전 Encyber, http://100.empas.com/entry.html/?i=759692&Ad=iyah

할 수 있는 가능성이 높기 때문이다. 또한 정서적 측면에서의 자생식물의 이용가치는 오랫동안 우리의 삶과 함께 해왔기 때문에 친근감이 높으며 우리 것이라는 자부심과 애착을 가질 수 있어 지역을 대표하는 대상으로 충분한 활용가능성을 지니고 있다.

보다 구체적인 자생식물의 이용가치를 정리하면 다음과 같다.

- 기후와 풍토에 적합하고 적응을 잘함으로 식물의 성장이 양호하고 쉽게 안정적인 식생구조를 재생한다.
- 환경생태계에 교란이 없이 쉽게 주위 환경에 순응하여서 초기부터 식생구조가 완벽한 생태복원이 조속히 이루어질 수 있다.
- 재배시 환경에 쉽게 적응함으로 생산량이 비교적 많고 용이한 관리로 생산비가 적게 든다,
- 체계적인 생산이 이루어질 경우, 수입대체효과 뿐만 아니라 우수한 유전자원의 보존과 국제적인 경쟁에서 우위확보의 기틀을 마련할 수 있다.
- 우리 것이라는 자부심과 애착을 가질 수 있으나 현재까지 우리는 소홀히 하여 왔으므로 앞으로 친환경적 조경설계와 시공을 위하여 더많은 연구가 필요하다.
- 지역에 따라 종류와 품종이 다양함으로 여러 가지로 특색있는 생산 및 이용이 가능하여 특색있거나 활용가치가 많은 자생식물을 이용한 관광상품 등으로 이용이 가능하다.

2. 비탈면 생태복원

비탈면 녹화를 하는 목적은 토양침식을 예방하거나 복구하기 위한 것으로 종래에는 주로 비탈면의 안전도에 큰 비중을 두었다. 최근 들어 안전도 뿐만 아니라 경관개선 및 식생복원 등 조경 및 환경보전적 측면을 중시하고 있다.

일반적으로 비탈면의 녹화방법은 비탈면의 토질, 경사 등 물리적 조건과 제반

환경조건에 부합되는 공종, 공법을 채택하고 적합한 식물을 선정하여 녹화하게 하기 때문에 본 절에서는 최근 사용되거나 적용된 녹화공법 중 자생식물을 이용하는 공법을 중심으로 활용의 확대 및 적정한 수종을 검토한다.

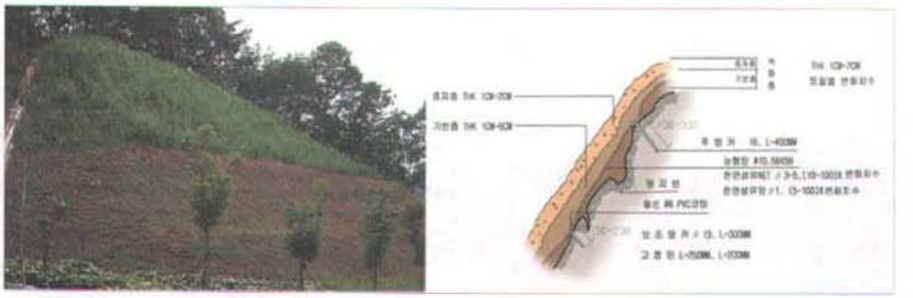
가. 자연표토 복원공법

자연표토복원공법은 생태복원용 암절개면 녹화공법으로 식물생육에 적합한 입단구조를 지닌 산림의 자연토양과 유사한 표토단면을 재현함으로써 훼손된 비탈면 주변의 자연식생을 재현하여 단절된 자연경관의 회복 및 주변식생과 생태적, 경관적으로 조화롭게 복구하는 공법이다. 주로 균열이 있는 암반사면이나 경질토사, 모래땅, 절토 비탈면, 산성토지 등 녹화가 곤란한 지역에 적용한다.

공법의 특징으로는 녹화기반토양을 비탈면에 부착, 자생초본류에서 목본류에 이르기까지 다양한 식물들을 비탈면에서 활착 생육하게 하여 보다 자연친화적인 다층구조의 식물군락을 조성하는 환경친화적인 공법이며 주로 목본류의 자연식생의 조기 활착에 적합하다.

<표 3> 자연표토 복원공법의 식물종 배합유형

초본형	야생초화류형	관목림형	다층구조산림형
· 한국들잔디 · 비수리,쑥, 새류 · 야생화류	· 감국, 구절초, 금계국, 기생초, 금불초, 달맞이꽃, 민들레, 벌개미취, 붓꽃, 벌노랑이, 산국, 쑥부쟁이, 패랭이꽃 등	· 재래초본류 : 비수리, 새류, 쑥 등 · 수목류:싸리류, 낭아초, 자귀나무, 국수나무, 병꽃나무	· 재래초본류 : 비수리, 새류, 쑥 등 · 수목류: 소나무, 붉나무, 자귀나무, 싸리류 등

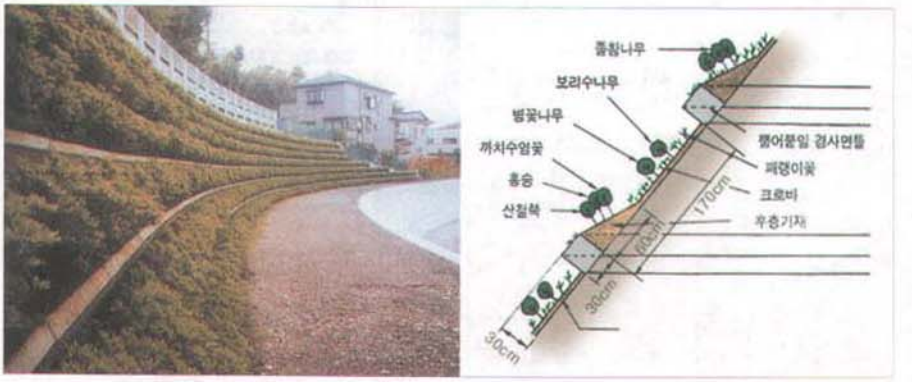


<그림 2> 자연표토 복원공법의 식물종 배합유형

*자료 : 김남춘(1999) 비탈면 녹화공법의 최신경향 및 사례(좌)
(주)현우그린(1999) 절취사면의 생태복원형 녹화 공법(우)

나. 콘크리트 틀을 이용한 비탈면 녹화 공법

콘크리트 틀을 이용한 비탈면 녹화공법은 편책 등 토류재를 비탈면에 설치하여 흙을 돋우거나 비탈면 안정을 위해 설치한 콘크리트 안에 후층기재를 뿜어 붙이거나 흙 주머니를 충전하여 수목의 생육기반을 확보하는 공법이다.



<그림 3> 콘크리트 틀을 이용한 비탈면 녹화공법의 시공사례 및 단면도

다. 묘목 식재 및 뿜어 붙이기 공법

묘목 식재 및 뿜어붙이기 공법은 일반 토사 비탈면에 적용하며, 비탈면에 묘목을 우선 식재하고 주변에는 식생기반재 뿜어붙이기로 종자를 파종하는 공법이

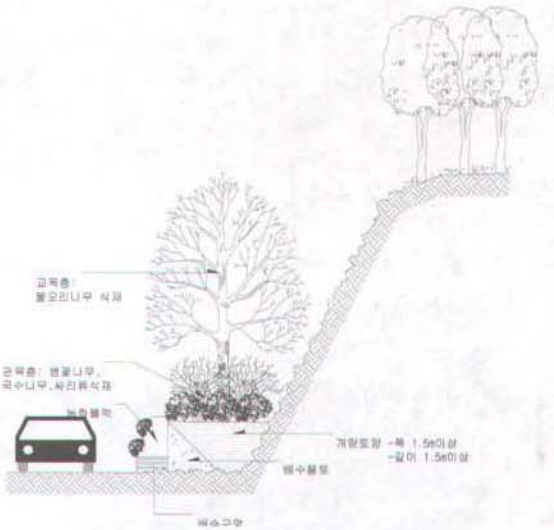
다. 주요특징으로는 시공 직후에 초본류와 목본의 경쟁을 피할 수 있어 의도하는 목본류를 비탈면에 효과적으로 활착시키는 장점이 있다.

<그림 4> 묘목 식재 및 뿜어 붙이기 공법의 시공사례 및 시공단면도

*자료 : 김남춘(1999) 비탈면 녹화공법의 최신경향 및 시공사례(좌)

라. 차폐수벽공법

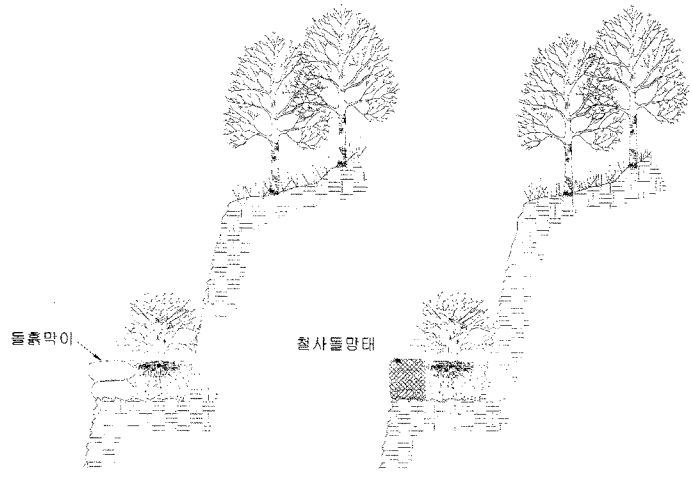
차폐수벽공법은 수목을 식재하여 생울타리와 같은 수벽을 조성하는 공법으로 노출된 암벽을 차폐할 수 있도록 자생수목을 겹으로 심어 차단하는 공법이다. 주요 적용대상지는 경암 비탈면으로, 비탈면과 도로 사이에 최소한 폭 1.5m, 깊이 1.5m의 식재공간이 확보된 지역에 적용한다. 교목으로는 속성수인 물오리나무 등을, 관목층은 건조지와 산림주연부에서 생육이 왕성한 병꽃나무, 국수나무, 싸리류, 산딸기나무류 등을 파종·식재한다.



<그림 5> 차폐수벽공법 개념도

마. 소단객토식수공법

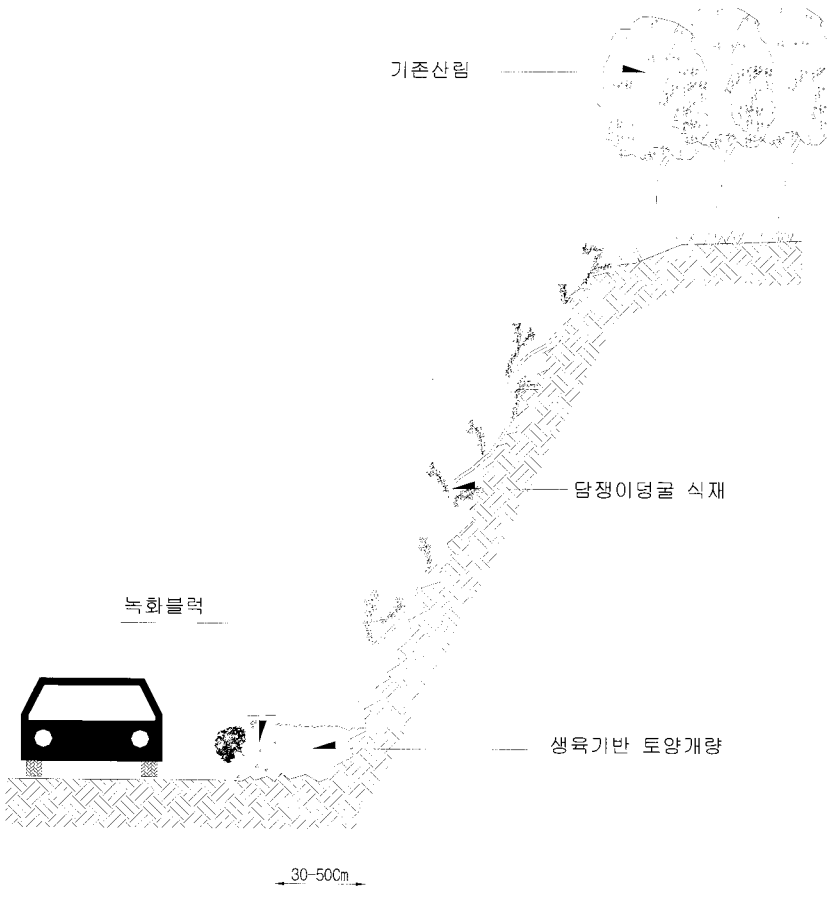
소단상 객토식수공법은 비탈면에 직접 수목을 식재하여 녹화를 도모하는 공법으로 비탈면에 소단을 설치하고 소단 위에 식재한 식생에 적합한 흙으로 객토를 하며 객토는 0.3m이상, 객토너비 1.0m이상을 표준으로 한다. 길이 3m이상의 모든 유형의 비탈면에 적용이 가능하여 활용범위가 넓다. 적정 수종으로는 싸리류, 병꽃나무, 국수나무 등의 관목류와 담쟁이덩굴 등 만경류를 들 수 있다.



<그림 6> 소단상객토식수공법 개념도

바. 덩굴식물식재공법

덩굴식물식재공법은 주로 덩굴식물을 이용하여 토목공사 등으로 발생한 암반의 지질을 피복녹화하는 공법으로 암벽 비탈면 위에 직접 식물을 식재하여 생육시킬 수 없는 경우에 적용한다. 주요시공방법은 암벽 비탈면 직하부에 있는 토양층에 덩굴식물을 식재하여 암벽 표면에 부착, 피복 녹화한다.



<그림 7> 덩굴식물식재공법 개념도

사. 고찰

<표 4> 최신녹화공법의 분석

공법	검 토 내 용
자연표토 복원공법	· 자생수종을 Seeding에 의하여 식생을 복원하는 공법으로 표토복원공법과 함께 사용한다. · 자생식물을 적극적으로 활용하여 녹화가 가능하다는 것이 장점이나, 조기녹화 및 경사면의 조기 안정화에 부분적인 보완이 필요한 공법이다. · 상기 명기한 식물종 뿐 아니라 생태적으로, 경관적으로 우수하며 조기안정화가 가능한 자생식물 개발이 요구된다.
콘크리트틀을 이용한 비탈면녹화 공법	· 급경사지 등 비탈면 안정에 문제가 있을 때, 콘크리트 구조물을 이용하여 녹화하는 공법이다. · 병꽃나무, 산철쭉 등의 관목과 패랭이꽃 등을 혼식하여 사용할 수 있다. · 관수에 대한 문제가 생길 우려가 있어 척박지에도 잘 자라는 자생식물을 선정하는 것이 중요하다.
묘목식재 및 뿜어붙이기 공법	· 다른 공법과는 달리 목본류를 적극적으로 활용할 수 있다는 장점이 있을 뿐만 아니라 초본류와 목본류의 안정적인 활착이 가능하다는 장점도 가지고 있다.
차폐수벽 공법	· 비탈면에 직접적으로 녹화하는 공법은 아니다. · 녹화블럭에 인공배합토를 사용하여 식재하는 공법이나 녹화블럭에 식재하는 식물의 활착 및 생장이 불안정할 가능성이 있다. 따라서 척박지에도 잘 자라는 식물을 선정하는 것이 무엇보다도 중요하다.
소단객토식수공법	· 차폐수벽공법과는 달리 비탈면에 직접 수목을 식재하는 방법으로 소단을 설치하여 식재가능지를 조성하는 것이 특징이다. · 소단에 교목, 관목, 초화류 등 다양한 식물의 식재가 가능하다.
덩굴식물식재공법	· 원지반의 암반이 그대로 노출되어 비탈면에 식재가 불가능할 경우 사용하는 공법이다. · 비탈면에는 덩굴성 식물만을 사용할 수 있다는 단점이 있으나 녹화블럭과 함께 활용가면 경관성을 높일 수 있다.

각 녹화공법별 적용입지조건과 장단점을 정리하면 <표 5>, <표 6>, <표 7>과 같다.

<표 5> 비탈면 녹화공법별 입지조건(●:적합, ◐:보통, -:부적합)

녹 화 공 법	토 질 조 건				경사도조건(°)				비고
	양토	마사토	연암	경암	30 이하	31 ~45	46 ~60	60 이상	
평떼붙이기공법	●	◐	-	-	●	◐	-	-	녹화기초 공사병행
줄떼심기공법	●	◐	-	-	●	-	-	-	
넷트장지공법	◐	●	◐	-	◐	●	◐		
종자뿜어붙이기공법	●	◐	◐	-	●	●	◐	◐	
객토종자뿜어붙이기공법	◐	●	◐	-	-	●	●	●	
종비토뿜어붙이기공법	-	-	◐	●	-	-	●	●	
묘목식재공법	●	◐	-	-	●	◐	-	-	
덩굴식물식재공법	-	-	●	●	-	-	●	●	유인시설 설치
볏짚거적덮기공법	◐	●	◐	-	●	●	◐	-	
망덮기(Coir net)공법	◐	●	◐	-	-	●	◐	-	
망덮기(Jute net) 공법	◐	●	◐	-	-	●	-	-	
식생구멍심기공법	◐	●	◐	-	◐	●	-	-	
새집붙이기공법	-	-	●	◐	◐	●	◐	-	
식생자루심기공법	-	●	◐	-	-	◐	●	-	
차폐수벽공법		◐	●	●	-	●	●	●	

<표 6> 비탈면 식재녹화공법 장·단점 비교

공법	적용대상	장점	단점
잔디심기 평떼붙이기공법 잔디심기 줄떼심기공법 잔디심기 줄떼다지기공법 잔디심기 선떼붙이기공법	토사	·주변경관와 조화 ·종자·치수 침입 활발 ·다목적으로 활용(휴게공간)	·인건비 많이 소요 ·숙련된 기술필요 ·기술자 부족(인력부족) ·지속적 유지관리 필요
넷트잔디공법	토사, 마사토	·시공간편 ·경관양호	·인력이 많이 소요 ·넷트고정이 불량시 붕괴 ·비탈이 불안정시 위험
잔디줄기살토공법	토사	·시공방법이 간편 ·국내 떼를 이용녹화 ·세계 최초개발	·착근이 불량 ·지속적인 유지관리 필요 ·살포시기가 제한(봄철)
잔디줄기쉬트공법	토사	·시공시 인력절감 ·경관양호 ·시공방법 간편	·시공과정이 불편 ·주로 평지에 시공
잔디씨발아대	토사, 마사토	·평지시공에 유리 ·시공이 간편 ·녹화효과 우수	·비탈시공 불리 ·지속적인 유지관리 ·비탈시공시 기술 필요
식생매트공법	토사	·내구성이 김 ·표면침식방지 ·작업이 용이	·인력시공 ·주름이지지 않도록 시공
식생대공법	토사	·시공이 간편 ·녹화효과 빠름	·인력시공 ·내구성이 짧음
새심기공법	토사	·주변경관과 조화 ·다목적으로 활용(휴게공간)	·인건비 많이 소요 ·기술자 부족(인력부족) ·기술 인력 부족
식생반공법	토사	·녹화효과가 빠름 ·시공비 저렴 ·종자유실 방지	·인력 시공 ·건조해가 발생하기 쉬움
식생자루공법	토사, 마사토	·종자,비료유실이 적음 ·시공이 간편 ·내구성이 오래감	·인력 시공 ·자루간 접촉부위 유실
식생구멍공법	마사토, 연암	·부분 녹화에 유리 ·시공이 간편	·전면녹화 불리 ·효과가 짧음 ·지속적인 유지관리
분묘묘식재공법	토사, 마사토	·부분 녹화에 유리 ·시공이 간편	·인력시공 ·전면녹화 불리
소단객토식수공법	토사, 암반	·부분 녹화에 유리 ·재래 수목을 이용	·녹화효과가 짧음 ·계속적인 유지관리 ·인력시공
새집공법	암반	·부분 녹화에 유리 ·재래 종자, 수목을 이용	·인력시공 ·전면녹화 불리 ·숙련된 기술 필요
차폐수벽공법	암반	·시공이 간편 ·시공비 저렴	·인력시공 ·경관이 나쁨

<표 7> 비탈면 파종녹화 및 안정화공법의 장·단점 비교

공법		적용대상	장점	단점
넷트·종자뿜어붙이기공법	코이어넷트	토사	·시공이 간편 ·단시간내 대규모 시공 ·가격이 저렴 ·강우시 종자유실방지 ·보습력 증대	·내구성이 짧음 ·경관불량 ·집중호우시 침식 발생
	쥬트넷트			
	코이어메쉬			
	쥬트메쉬			
	코이어매트			
볏짚거적덮기공법		토사	·가격이 저렴 ·단시간내 대규모 시공 ·시공방법이 간편 ·강우시 종자유실 방지	·내구성이 짧음(3년) ·집중호우시 침식 발생
종자뿜어붙이기공법		토사, 연암	·가격이 저렴 ·단시간내 대규모 시공 ·시공방법이 간편	·강우시 종자 표토 유실 ·떼붙이기에 비해 천이 지연 ·암반부에 식생활착 불량
종비토뿜어붙이기공법	R/S 녹생공법	암반	·시공간편 ·녹화효과 양호 ·하수슬러지 이용	·자연식생천이 불리 ·지속적인 유지관리
	배합토뿜어붙이기 공법(식양토)	암반	·시공간편 ·녹화효과 양호 ·폐자재 이용	·자연식생천이 불리 ·지속적인 유지관리
	텍솔녹화토공법	암반	·시공간편 ·녹화효과 양호	·자연식생천이 불리 ·환경문제 야기 ·지속적인 유지관리
	SF녹화공법	토사, 연암	·시공간편 ·녹화효과 양호 ·생태적인면 고려	·시공의 연속성이 떨어짐 ·지속적인 유지관리
	원지반 식생정착공법	토사, 연암	·시공간편 ·천연재료 이용	·식생생육 불리한 기반재 ·지속적인 유지관리
	ASNA공법	암반	·시공시스템 체계적 ·녹화효과 양호	·시공의 연속성이 떨어짐 ·자연식생천이 불리
암반사면부분녹화공법		암반	·자연석 최대 활용 ·경관 양호	·시공비가 고가 ·인력시공 ·전면녹화 불리
폐타이어 법면녹화공법(안전공법)		토사, 마사토	·폐자재 활용 ·비탈 안정 유리	·식생생육 불리한 기반재 ·지속적인 유지관리
힘줄박기공법(안정공법)		토사	·비탈안정유리 ·타공법과 병용	·시공이 복잡 ·숙련된 기술 필요 ·장비가 많이 소요
격자틀붙이기공법(안정공법)		토사	·비탈 안정유리 ·타공법과 병용 ·시공이 간편	·숙련된 기술 필요 ·인력시공
블록붙이기공법(안정공법)		토사	·시공이 간편 ·비탈 안정 유리	·숙련된 기술 필요 ·인력시공
콘크리트·모르타르뿜어붙이기공법(안정공법)		암반	·시공간편 ·비탈 안정유리	·경관불량 ·용출수비탈 불리

각 공법별로 도입 가능한 자생식물은 다음과 같다.

<표 8> 공법별 도입 자생식물

공 법	자 생 식 물
자연표토복원 공법	초본형: 한국들잔디, 비수리, 쑥, 새류 및 야생화류 야생초화류형 : 감국, 구절초, 금계국, 기생초, 금불초, 달맞이꽃, 민들레, 벌개미취, 붓꽃, 벌노랑이, 산국, 쑥부쟁이, 패랭이꽃 등 관목림형 : 비수리, 새류, 쑥 등의 초본류, 싸리류, 낭아초, 자귀나무, 국수나무, 병꽃나무 등의 수목류 다층구조산림형 : 비수리, 새류, 쑥 등의 초본류, 소나무, 붉나무, 자귀나무, 싸리류 등의 수목류
콘크리트 틀을 이용한 비탈면 녹화공법	눈향, 개나리, 병꽃나무, 산철쭉, 야생초화류 등
묘목식재 및 뿜어 붙이기 공법	소나무, 곰솔, 노간주나무, 가죽나무 참나무류, 붉나무, 야생초화류, seed spray 등
차폐수벽공법	느티나무, 산벚나무, 측백나무, 병꽃나무, 국수나무, 싸리류, 산딸기나무류, 개나리, 쥐똥나무 등
소단객토 식수공법	싸리류, 병꽃나무, 국수나무, 개나리 등, 담쟁이 등의 만경류
덩굴식물 식재공법	담쟁이, 등나무, 줄사철, 송악 등의 만경류

최신녹화공법에서 사용한 식물종의 특징은 첫째, 건조지나 척박지에서 잘 견디거나 생육가능한 식물종을 위주로 사용한 점, 둘째, 경사라는 지형조건으로 인하여 교관목보다는 초화류를 집중 사용한 점, 셋째, 피복성이 우수하거나 양호한 종을 활용한 점, 넷째, 특정 목적에 의하여 교목이나 덩굴성 식물을 일부 도입한 점 등으로 정리할 수 있다.

1) 식물의 활용형태에 따른 녹화공법의 분류

앞에서 검토한 녹화공법을 식물의 활용형태에 따라 식재, 파종(Seeding), 특수한 자재를 사용하는 것으로 구분하면 다음과 같이 정리할 수 있다. 특수한 자재를 사용한 공법에서 자재들의 특징은 공법을 적용한 이후 자연상태에서 저절로 분해되어 유기물화되어 식물생육에 도움이 될 수 있는 볏짚, 넷트, 마대 등을 사용하고 있다는 점이 주목할만하다. 이는 분해되지 않는 자재를 사용함으로써 유발되는 또다른 환경문제를 사전에 방지하고자 하는 목적으로 평가할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 마찬가지로 자생식물 이외의 자재를 사용할 경우, 자연상태에서 분해되어 자연으로 환원될 수 있는 조건을 갖춘 것을 선택하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

<표 9> 식물의 활용형태에 따른 녹화공법의 분류

구분	공법
식재	· 평떼붙이기, 줄떼심기, 묘목식재공법, 덩굴식물식재공법, 새집붙이기공법, 식재구멍심기공법, 차폐수벽공법 등
Seeding	· 객토종자뿜어붙이기공법, 종비토뿜어붙이기공법 등
특수한 자재사용	· 넷트장지공법, 볏짚거적덮기공법, 망덮기공법, 식생자루심기공법 등

3. 하천 생태복원

가. 수질개선을 위한 하천 식생복원

문헌에서 해외의 하천복원사례는 다양하게 찾아볼 수 있는데 본 연구에서는 외국의 사례로 오스트리아 짤스부르크 하천복원사업과 미국 미시시피州 하천복원사업을 구체적으로 소개한다. 두 사업은 그 배경이 사뭇 다르지만(산지하천 대 평지하천; 도시하천 대 전원하천) 생물서식처의 회복, 복원이라는 점에서 공통점을 가지고 있다. 또한 국내사례로는 양재천 하천복원사업을 소개한다.

1) 오스트리아 짤스부르크시의 Alterbach강 복원사례(Mader, 1999)

(가) 시험구간의 개요

짤스부르크는 알프스 산맥 북쪽 기슭에 있는 오스트리아의 한 도시로서 모차르트의 출생지로 유명하다. 이 도시에는 소하천인 Alterbach 강이 시내를 관류하고 있으며, 이 하천은 1940년대 나찌 시대에 하천의 이치수기능을 위해 정비되었다. 그러나 1980년대 후반 들어 지역 주민들의 하천 복원에 대한 욕구를 만족시켜주기 위해서는 치수기능 유지와 생태 서식처의 개선을 목표로 하천복원 사업을 시작하였다. 사업 후 생물과 무생물의 특성을 고려한 학제간 모니터링 결과에 의하면, 복원사업이 생물서식처 가용성을 증가시킨 것으로 나타났다. 이 사업에 의해 100년 빈도의 홍수에 견디어냄과 동시에 자연에 가까운 서식처 조건이 달성된 것으로 나타났다.

이 하천은 유역 면적 30.2km2, 길이 10.5km, 낙차 186m 정도의 급경사 산지하천으로, 때로는 매우 큰 홍수가 발생한다. 복원 사업 대상 구간의 길이는 1.2km, 하상 경사는 8/1,000 정도이다.

(나) 설계 및 시공

복원 사업에는 하천정비 사업 전 19세기 하천 지도를 참조하여 만곡을 조성하였다. 이 하천의 구체적인 복원 대책은 1) 하천의 만곡을 살리기 위해 가능한 주변 토지 구입, 2) 종단변화와 하폭의 변화, 3) 얕은 구역을 만들기 위해 하폭의 확대, 4) 수심변화의 조정, 5) 깊게 놓인 안정공(安定工, Stabilization Elements)을 이용한 하도 형태의 자동 조절, 6) 초기 식생과 물가 그늘의 조성, 7) 강턱의

변화(급함과 완만함), 8) 하상의 변화(교란요소의 조성), 9) 下水의 경감, 10) 위락기능, 자전거, 출구 등의 조성 등이다.

복원전

복원후

<그림 8> Alterbach강의 하천복원

(다) 결과 및 시사점

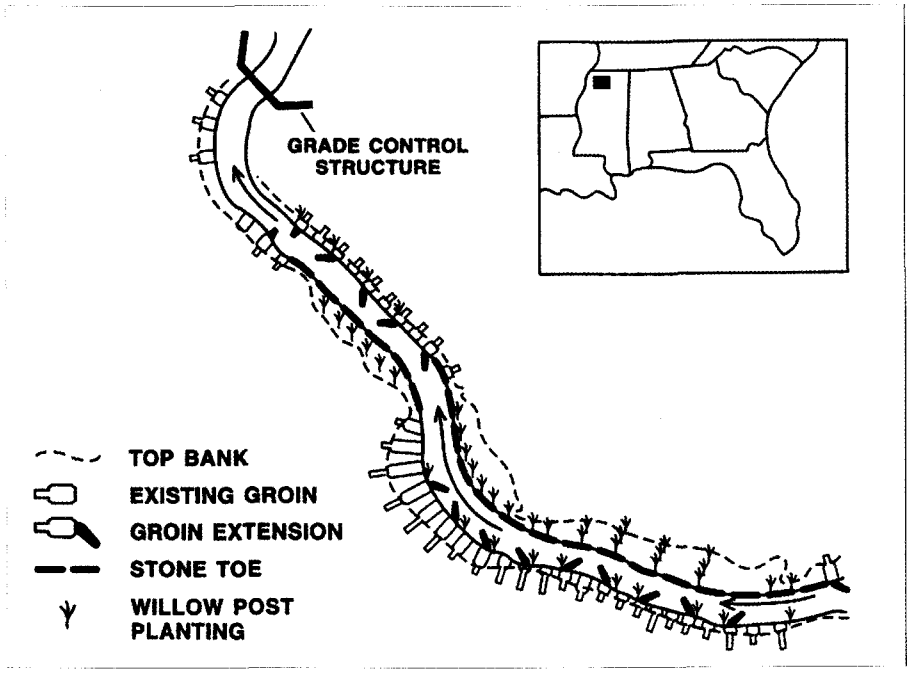
위 그림과 같이 Alterbach 강 복원 사업은 자연에 가까운 하천형태의 조성으로 생태계 기능을 회복하고 동시에 친수성을 증진시켰다는 점에서 긍정적으로 평가되고 있다. 비록 하천변 도로, 자전거 도로, 건물, 기타 기존의 시설에 의해 완전한 하천복원이 되지 못하였지만 자연형 하천공법의 적용으로 서식처 가용성과 수중 유기체는 분명히 개선된 것으로 나타났다. 동시에 통수능도 유지되고 있다. 그러나 완전한 의미의 하천복원을 위해서는 장차 하천부근의 토지를 수용하여 하천에 편입시키는 노력이 필요하다.

2) Hotophia Creek 시험 사례(우효섭, 2001)

이 사례는 미국 미시시피州 북부에 있는 Hotophia Creek에 대해 국립 유사실험실(NSL)에서 1991년~1993년 사이에 수행된 하천복원 시험 결과이다(Shields 등, 1995). 이 하천은 상류 유역에서 인간 활동으로 토지이용과 흐름이 변화하여 하류 하천의 하상과 강턱이 침식되어(Incised) 하천 서식처가 악화되어 생태계는 물론 심미적으로도 문제가 되었다.

(가) 시험구간의 개요

시험하천 구간은 길이 약 1km로서 평면도는 그림 9와 같으며 전형적인 하천 전경은 그림 10과 같다. 이 구간의 상류 유역면적은 91km2, 만곡도는 1.2, 하폭은 44~77m, 하도 깊이는 3~4m, 최심선 경사는 0.0011, 하상 재료는 중앙 입경 0.2~0.56mm의 모래, 평균 유량은 1.9m3/s, 연평균 비유사량은 985ton/km2/yr이다. 이 유역은 1830년대 이주민들이 정착한 후 삼림벌채와 개간 등 토지이용의 급격한 변화로 하류 하천은 퇴적되어 하상이 높아지다가 1930년대 이후 하천정비와 홍수 조절용 저수지 축조 등으로 하류 하천은 하도와 하상이 다시 침식되기 시작하였다. 이러한 하천 침식은 두부 침식, 만곡도의 축소와 하도 확대 등으로 나타났다. 그에 따라 1976년~1991년 사이 하상은 평균 1.2m가 저하되었다. 이러한 하천변화는 결과적으로 생태 서식처를 악화시키고, 하천에 대한 친수성 또한 낮아졌다.



<그림 9> Hotophia Creek 시험구간

(나) 설계와 시공

이 시험 사업에서는 사석과 생물 재료를 이용한 하천의 안정과 생태 서식처의 복원, 그리고 친수성 향상 등을 사업의 목적으로 두었다. 그러나 경제성 면에서 비용이 과다하게 소요되는 것은 고려하지 않았다.

하천복원 설계의 기본개념으로 1) 비용 절감을 위해 하천 경사를 바꾸거나 만곡도를 늘리는 대형 토목사업은 지양하고 기존의 수제를 활용하고 2) 기존의 사석 수제를 연장하여 여울과 소를 조성하되, 흐름 방향과 반대 방향으로 교대로 경사지게 설치하고(사진 3 참조), 3) 수제의 연장으로 인해 생길 수 있는 맞은 편 강턱의 불안정을 막기 위해 강턱 밑에 사석 호안을 하고, 4) 호안 주위와 사주(Sand Bars)에 토종 버드나무(Salix)를 삽목하는 것 등을 채택하였다. 길이가 연장된 수제는 최심선의 만곡을 유도하며, 수제 뒤로 소(沼)를 형성한다. 물가 식생은 수중에 유기물 공급과 그늘을 만들어준다는 점에서 중요하다. 또한 하도내 식생은 유사의 퇴적을 유발하여 다른 식생의 자연 활착을 도와준다. 물가 식생 활착을 위해 총 3,445개의 휴면 버드나무 삽목을 심었다. 삽목의 직경은 2~25cm, 길이는 150~180cm 정도이며, 시험구간의 주위 1km 범위에서 잘라서 그 날로 삽목 하였다. 삽목 위치는 1) 강턱 밑 끝 사석의 바로 뒤, 2) 사주, 3) 수제가 강턱과 만나는 곳 주위 점착성 강턱 등이다.

(다) 결과 및 시사점

하천복원 시험의 성과를 평가하기 위해 사업 전후에 걸쳐 자료를 수집하였다. 복원 공사는 '92년 2월에 시작하여 '93년 3월에 끝났다. 하천단면은 100m 간격으로 12개 단면에 대해 사업 전·후 측량을 하였다. 물고기는 100~137개의 격자점에서 1991~1994년에 주기적으로 조사하였다.

사업전

사업 후 2년

<그림 10> Hotophia Creek 시험구간(Shields 등, 1995)

공사가 끝 난지 10일 만에 최대 유량 380m3/s의 강턱 유량에 가까운 홍수가 났다. 그러나 모니터링 기간 중 하천 단면의 변화는 거의 없었다. 기저 유량에 의한 평균 수심은 전체적으로 공사 후 처음 1년은 9cm에서 22cm로 대폭 늘었다가 그 다음 해부터 15cm 정도를 유지하였다. 어류 서식처 조사 결과 수제가 만든 세굴공에서 개체 수, 종의 수, 평균길이 등이 3~5배 정도 크게 증가하였다. 구체적으로, 종의 수와 물고기 평균길이는 약 50% 증가하였으며, 채집된 물고기 수는 사업 전 300마리 수준에서 사업 후에는 1,000마리 수준으로 3배정도 늘었다. 세굴공의 깊이도 32cm에서 84cm 정도로 크게 늘었다가 나중에 약간 줄었다. 이러한 세굴공 깊이의 감소는 시간이 감에 따라 돌 수제 바닥의 세굴로 수제가 점차 주저앉았기 때문이다. 사진 3(b)는 복원 사업 후 두 번의 성장기를 지난 후 하천 사진이다. 버드나무의 싹은 삽목 후 바로 1개월 후에 나기 시작하여 1년 이내에 강바닥에서 높이 2cm 정도까지 자라고, 물가는 진한 숲으로 변하였다. 강턱 밑 사석과 버드나무는 맞은 편에 연장 수제로 인한 강턱 침식에 잘 저항하고 있었다.

시험 사업으로 하천의 단면형, 하상 재료, 마찰 계수 등의 변화는 거의 없었던 반면에, 식생을 지탱하는 물가 사주(Sandbars)의 길이는 두 배로 늘고, 세굴공의 확장 등으로 물고기 수도 3배로 늘었다. 그러나 일부 수제는 주저앉아 제대로 역할을 하지 못했다. 따라서 수제 마루의 높이는 1m에서 2m 정도로 늘리는 것이 바람직하다. 다음, 강턱 밑의 사석은 대부분 제 기능을 발휘하고 퇴사는 자연적으로 묻혔다. 여기서 강턱 밑에 심은 버드나무는 1.5m 정도 깊이로 심으면 사석 없이도 홀로 침식에 저항할 수 있다.

3) 양재천

가) 시험구간의 개요

한국건설기술연구원에서 환경부 G-7 과제로 수행 중인 '국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발' 연구에서는 양재천을 시험하천으로 선정하여 자연형 하천공법을 시험적용중이다. 양재천은 시흥의 청계산, 과천의 관악산에서 발원하여 서울특별시 서초구, 강남구 등을 거쳐 탄천으로 유입되는 지방2급하천이다. 양재천의 유역과 물리적 특성을 <표 10>에 정리하였다.

<표 10> 양재천 유역의 물리적 특성

구분		특성	비고
유역	유역면적	58.6 km2	
	하천길이	15.6 km	
물리적 특성	하천경사	상류 1/300 이상, 중류 1/500 내외, 하류 1/1,000 내외	
	유량	평상시 1 m3/s 내외, 홍수시 하류부에서 최대 300 m3/s	
	하폭	저수로 폭은 5-30m, 제방마루 폭은 20-100m	
	하상재료	상류 Ø2-10cm 이상 (자갈), 중류 Ø1-10mm (모래 + 자갈), 하류 Ø1mm 이하 (모래 + 실트)	

양재천은 <표 10>에서 확인할 수 있는 바와 같이 국내 중소하천의 전형적인 특징을 가진 하천이며, 1970년대 정비되어 복단면과 제방으로 이루어진 횡단면을 가지고 있다. 하천의 선형은 준직강화되어 있는 상태이다. 수질 특성은 상·하

류에 걸쳐 큰 변화 없이 BOD 3~10ppm을 유지하고 있으며 이는 도시하천의 수질로는 양호한 편에 속한다고 할 수 있다.

양재천의 생물 특성은 개수된 인공 하천의 특징으로서 하천내에 수목이 제거되어 존재하지 않으며 고수부지에는 환삼덩굴과 잡풀이 무성한 상태이었다. 하천의 직강화와 단면의 획일화로 인해 하천 서식처의 물리조건이 훼손되었으므로 생물상은 사실상 존재하지 않는다고 판단되었다. 다만 홍수 직후에 소수의 물고기가 관찰된 적이 있다.

사업전 사업직후 사업 후 2년

<그림 11> 양재천 사업전 후

http://www.envitop.co.kr/01chumdan/05/sp1.htm

나) 설계와 시공

(1) 공법별 적용사례

▶ 저수로 선형 : 만곡(파장은 하폭의 5~7배)

▶ 저수로 호안 : 양안에 총 16개의 서로 다른 공법적용

▶ 하도 내 : 여울과 소(갈지자, 징검다리, V자 거석, 둔덕여울 등)

→ 하천 흐름의 다양성 창출

→ 하상이 자갈이라 여울 미 조성

▶ 고수부지

- 갯버들, 부들, 갈대, 창포, 달뿌리풀, 물억새 등을 식재하였으나 부적절한 위치 선정과 침수, 세굴, 퇴적 등으로 상당 부분 고사하였음

- 갯버들과 달뿌리풀의 생존률이 비교적 높음

▶ 제방

- 돌망태+인동 덩굴
- 블록 떼기+식생
- '98년 8월 홍수에 지탱

<표 11> 적용호안공법 및 식생

우안	호안공법	식생	좌안	호안공법	식생
R1	돌바구니 3단	달뿌리풀	L1	야자섬유롤+야자섬유망	달뿌리풀
R2	돌바구니+나무수재	자연식생	L2	사석쌓기 I	갯버들
R3	돌바구니 2단	자연식생	L3	야자섬유롤강자갈	갯버들
R4	나무틀	자연식생	L4	야자섬유망+돌수제	자연식생
R5	자연식계단+산책로	자연식생	L5	야자섬유롤+강자갈	달뿌리풀
R6	사석쌓기 II	자연식생	L6	야자섬유롤+야자섬유망	갯버들
R7	야지섬유롤+야자섬유망	갯버들	L7	야자섬유망+나무수제	갯버들
R8	사석쌓기 II	갯버들	L8	습생식물 구락	갈대, 부들

(2) 중류구간(우면동)

▶ 서울시 서초구 우면동 무지개 다리에서 하류 우면교간 300m 구간에 적용 (Second site)

▶ 하천 경사가 비교적 완만하며, 하상재료는 모래로서 양안 고수부지의 우점 식생은 환삼덩굴임

▶ 현재 적용된 제 공법들은 정착 단계에 있음

▶ 수질

- BOD 6~11ppm으로 상류 과천 시험구간보다 약간 불량

▶ 설계원칙

- 목표 : 하천 서식처의 물리기반을 복원하여 생태 서식처 기반 조성 + 친수성제고 + 치수능력 유지·보전

- 기본원칙 :

  · 저수로의 만곡

  · 저수로 평면의 좌우 비대칭

  · 한단면을 4개의 소구간으로 구분하여 각각 적용함(하도+저수로 호안+고수부지+제방)

  · 하천수질정화시설 시범 설치·운영함

  · 제방은 그대로 유지

▶ 적용공법

- 7개의 저수로 호안공법(윗가지, 녹화 마대 공법 등),

- 4개의 하도내 공법(V자, 외톨이, 징검다리 여울, 수제)

- 2개의 비오톱 조성공법(샛강, 웅덩이)

- 2개의 제방 호안공법(식생 호안 등)

- 1개의 수질정화 데모 플랜트(상향류식 자갈접촉산화 시설)

- 2개의 습지/자갈 정화 시설(식생 습지, 식생/자갈 습지)

▶ 저수로 호안

▶ 하도내 공법

▶ 제 방

- 돌망태와 다양한 콘크리트 식생 블록을 이용

▶ 비오톱(하천의 서식처 다양성 창출)

- 개방형과 폐쇄형(개방형 : 하도와 연결되 샛강, 폐쇄형 : 고수부지에 고립된 웅덩이)

- 폐쇄형은 수심이 작아 천변 지하수가 유입되지 않아 마름 → 수심을 더 깊게 하거나 외부에서 하천수를 유입

(3) 수질정화 시설(자갈접촉산화)

▶ 수질 정화 시험시설

- 상향류식 자갈접촉산화시설

- 8mL × 1.8m W × 2.4m H로 고수부지 지하에 콘크리트상자 매설

- 콘크리트 상자 안에 직경 20~50㎜, 50~100㎜, 100~150㎜DML 자갈 등을 순서대로 깔음

- 징검다리 여울의 수위 상승 효과를 이용하여 상류 하천수를 유입시켜 위어로 유량 조절

- 처리된 유출수는 개수로를 통해 하류 하천으로 합류

- 처리용량 : 500㎥/day

- BOD와 SS 제거율 : 40~70%(유입수 수질이 좋으면 제거율 저하, 수온이 낮으면 제거율 저하)

(4) 수질정화 습지(식생과 자갈)

▶ 습지와 자갈을 이용한 지천의 수질정화 시설

- 습지 정화 : 고수부지에 갈대·부들 밭 습지를 조성하여 자류나 하수관거에서 나오는 오염수 정화

- 지갈여과 수질정화 : 고수부지에 자갈 층을 깔고 그 위에 갈대를 심어 수질 정화

- BOD 이외에 N,P 제거 기대

(5) 모니터링 시행

시험 적용후 2~4년 간 두 구간에서 모니터링 계속(물리, 화학, 생물 등)

- 물리적: 수위-유량 관계, 일정한 장소에서 일정한 각도로 사진 촬영, 하도 변화, 세굴과 퇴적 등

- 화학적: 수질, 저니의 질

- 생물적: 식생, 육상 곤충, 양서파충류, 포유류, 어패류, 대소무척추 동물, 조류 등

(6) 정성적 결과

- 식생의 활착 → 서식처 기반 조성

- 생물의 종과 수는 증가

- 개구리, 물새 등 과거 보이지 않던 종의 서식

- 자연스럽게 보이는 하천과 식생은 주변 주민들에게 호응을 받음

(7) 부문별 문제점

▶ 홍수위 상승 우려 ▶ 하천에 국부적인 세굴 ▶ 하천에 토사 퇴적

▶ 하도형태의 변화 ▶ 원하지 않는 식물우점 ▶ 자연형공법 유지관리

(가) 홍수위 상승 우려

자연형 하천공법의 적용에 의한 하천 내 수복의 성장과 자연에 가까운 하도의 형성은 통수능과 하도안정과 같은 하천의 공학적 기능을 저하시킬 수 있다. 이로 인한 첫 번째 문제는 흐름 저항의 증가이고, 다른 문제는 국부적 와류의 형성으로 인한 하천 내 세굴과 퇴적이다.

하천 내 수목은 흐름에 장애물이다. 따라서 같은 홍수량에 대해 수목이 없는 경우보다 홍수위가 상승한다. 이러한 수위상승 우려문제는 자연형 하천의 도입에서 중요하게 다루어져야 한다. 예를 들면 양재천 과천 구간 중 콘크리트 저수로 대신에 버드나무 다발을 이용하여 저수로를 유지한 소구간은 사업후 3년이 지나자 아래 가운데 그림과 같이 버드나무가 번성하게 되었다. 이는 흐름에 저항을 증가시켜 홍수 시 수위 상승을 일으킨다. 그러나 간접적인 추정 결과 홍수위 상승은 설계 홍수에서 약 10% 미만으로 추정된다. 실제 이 구간에서는 지난 1998년 8월 설계 홍수를 넘는 홍수가 발생하였으나 사업구간 상류 우안의 만곡부 바깥쪽에서 수류의 원심력으로 인해 일부 제방을 넘었을 뿐이다. 그러나 보수적인 하천관리 측면에서 아래 우측 그림과 같이 높고 크게 자란 버드나무는 일부 밑둥치기를 하였다. 이는 자연친화적 하천사업에서 유지관리의 중요성을 시사한다.

(나) 하천에 국부적인 세굴

살아있는 나무와 풀과 같은 자연 재료로 만들어진 자연형 하천은 콘크리트로 정비된 하천에 비해 특히 적용 초기에 취약하다. 다음은 과천 구간에서 자연형 공법을 시험 적용한 후 홍수로 인한 세굴 피해를 보여준다.

· 홍수 피해(1998년 8월)

- 8월 8~9일 : 24시간에 430㎜의 호우가 집중되었음(설계호우 385㎜초과)
- 홍수로 시험 구간 상류의 우안이 일시적으로 월류되었음
- 홍수 시 최대 유량 250㎥/s, 최대유속 3~4m/s로 추정됨
- 홍수피해구역

(다) 하천에 토사 퇴적

다음은 토사의 퇴적 문제이다. 자연형 하천공법에서 이용된 수목과 다양하게 설계하여 시공한 저수로 호안공은 홍수시 국부적인 와류를 일으킨다. 와류는 유속의 감소와 역류 등을 가져와 상류에서 물과 함께 이송되는 유사의 퇴적을 촉진시킨다. 이러한 하천 내 퇴적은 궁극적으로 하천의 통수능을 감소시킬 수 있다. 그러나 일정 수준 이상의 퇴적은 오리혀 하천 내 유속을 증가시키고, 증가된 유속은 하상과 고수부지에 쾨적된 토사를 세굴시킨다. 따라서 나중에는 하천의 퇴적과 세굴은 평형 상태에 도달할 것이다.

(라) 하도 형태의 변화

만곡은 자연 하도의 일반 형태이다. 그러나 하천의 특성을 충분히 이해하고 그에 맞는 적절한 만곡을 주어야 한다. 옆 사진은 서울시 우면동 양재천 시험 구간으로, 공법 적용 직후와 홍수 후를 비교한 것이다. 이 구간은 하천 경사 1/500 정도이며, 바닥은 모래인 중류 구간이다. 이 사진과 같이 1999년 8월 홍수로 우안 상류의 만곡부 안쪽은 인공 섬과 붙어 커다란 사주가 형성되고, 원래 계획된 저수 호안은 토사로 매몰되었다. 반면에 시험 구간 하류 좌안에 조그맣게 만든 인공 모래밭은 8월 홍수로 모두 씻겨 내려갔다. 이러한 시행착오는 모래 하천에 하도의 기하 특성과 흐름 특성을 충분히 고려하지 않고 하천을 설계하고 공법을 적용함에 따른 것이다.

(마) 원하지 않는 식물의 우점

우면동 시험 구간은 1970년대 하천 정비 이전의 식생 기록은 없으며, 정비 후는 고수부지에 환삼 덩굴이 우세한 곳이다. 이런 구간에 갯버들, 부들, 갈대 다른 물가 식물을 심자 바로 그해 여름에 환삼덩굴이 다시 지배하여 원하는 식물을 고사시켰다. 아래 그림은 1998년 봄에 저수 호안 갯버들 윗가지 덮기 공법으로 시공하였으나, 그해 여름에 환삼덩굴과 고마리가 다시 덮어버린 것을 보여준다. 사실상 우면동 구간은 환삼덩굴에 의해 갯버들, 달뿌리풀, 부들, 갈대 등 물가 식물 대부분이 고사하였으며, 다만 좌안 자갈 밭 고수부지에서만 환삼덩굴이 크게 자라지 못해 원하는 식물이 건재하였다. 이러한 결과는 하천복원 사업 구간의 지배적인 식물과 그 특성을 이해하고 식재를 하여야 한다는 것을 시사한다.

또한 식재 종과 식재 위치의 선정도 중요하다. 본 시험 연구에서는 갯버들이 아

닌 교목성 버드나무를 물가에 심어 너무 크게 자라서 통수능에 장애를 주거나, 물가 식물을 고수부지에 심어 상당 부분이 고사되는 시행 착오를 거쳤다.

(바) 자연형 공법의 유지관리

자연형 공법은 공법 적용만큼 유지관리가 중요하다. 과천 구간의 경우 물가 우안 하류에 심은 버드나무는 심은 지 3년만에 높이 5~7m, 줄기 직경 10㎝ 정도로 곧게 성장하여 홍수 시 통수능에 지장을 주었다. 이에 따라 버드나무 다발 중간 중간에 밑둥 치기를 하여 나무를 솎아냈다. 이 경우 처음부터 갯버들이 아닌 버드나무를 심어 문제가 되었지만, 자연형 하천이 자연성을 가지면서 치수 능력을 유지·보전하기 위해서는 하천 내 식생의 주기적인 관리가 필요하다.

또한 우면동 구간에서는 환삼덩굴이 지배하여 다른 식생의 활착을 방해하고 있다. 따라서 환삼덩굴의 확산을 막고 원하는 식생의 활착을 위해서는 적절한 유지관리가 필요하다.

(8) 결과와 시사점

(가)치수면

-홍수 시 유속이 3~4m/s 이상되는 비교적 경사가 급한(1/300 이상)하천에서 자연형 하천공법의 활착전까지 세굴에 취약함(특히 비탈 멈춤공)

- 하천내 각종 구조물(배수관, 세월교, 거석 등)주위는 세굴에 특히 취약함

- 야자섬유 망은 세굴에 특히 취약하기 때문에 시공 장소의 선정과 세굴 방지 조치에 각별한 주의를 요함

- 저수로, 인공사주, 개방형 비오톱, 거석 등은 하천의 세굴과 퇴적을 고려하여 신중히 배치하여야 함

- 갯버들 다발을 이용한 호안은 뿌리가 활착하면 콘크리트만큼 강함

- 자연형 공법의 설계에는 하도의 미소지형 변화(사주의 형성 등)의 예측이 필요함

(나) 환경면

- 공법 적용 후 생물종과 수의 다양성은 정확히 모니터링하기 어려우나 하천 내 식생의 활착과 여울·소의조성, 수질의 개선 등은 분명히 하천 동식물의 서식처 조건을 좋게 만드는 것임

- 공법에 이용된 각종 식물(갯버들, 부들, 갈대, 달부리풀, 억새, 창포 등)은 반복적인 침수, 세굴, 퇴적 등에 의한 피해 가능성을 충분히 고려하여 식재 요망

- 의도하는 식물 종은 때로 의도하지 않는 식물 종(환삼덩굴 등)에 의해 덮여 고사될 수 있으므로 공법 적용 전후의 식생 조사가 중요함

(다) 추천공법(잠정)

- 사석과 갯버들, 갯버들 다발 등 호안 공법(일반 호안)

- 나무틀과 사석 호안 공법(수충부 호안)

- 모래 하천에 다양한 형태의 거석을 이용한 여울과 소의 조성(V자형 여울, 외톨이 거석, 징검다리 여울 등)

- 다양한 식생 호안 블록

- 저수로 옆 샛강, 고수부지 내 웅덩이와 군락 조성

- 상향류식 수질정화시설(작은 면적에도 가능하며, 하수관에서 나오는 고농도의 오수 정화)

- 고수부지를 이용한 습지/자갈 정화 시설 → N,P처리 가능(지속적인 모니터링 필요)

나. 종다양도 증진을 위한 생태복원

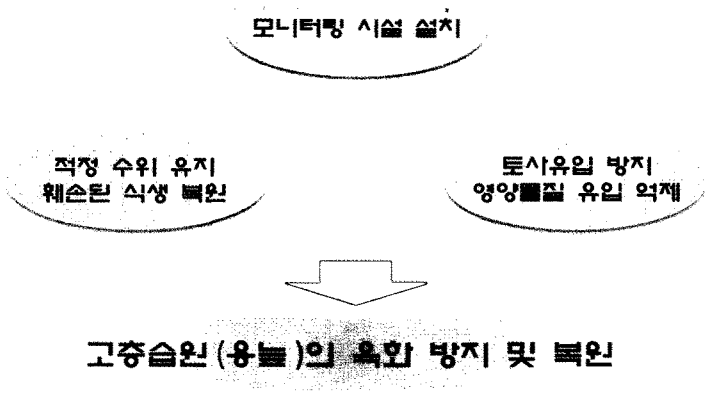
1) 용늪 식생 복원(환경부, 2000)

가) 복원 목적

산악지대의 고원(highland)에 위치한 고층습원(high moor)인 대암산 용늪이

지닌 학술적 가치와 희소성(rarity)를 보전·보호하기 위하여 인간의 활동에 의한 교란 및 훼손요인을 제거하여 대암산 용늪 및 주변 생태계를 보존, 복원하는데 그 목적이 있다.

나) 복원의 기본방향



<그림 12> 복원의 기본방향

다) 자생식물을 이용한 생태복원방법

대암산 용늪의 훼손을 복원하거나 복원하는 대책으로 녹화용 식생마대(Green bag)공법, 법면보호구 공법을 활용한 훼손지 복원, 토사유입방지를 위한 도로표면처리 대책(격자나무블럭 쇄석포장), 유속저감을 위한 우배수로, 물막이시설 설치, 군부대로부터 유출되는 생활하수 및 오수를 정화하기 위한 정화처리시설(수초골재정화처리시설, 합병정화조) 조성, 기초자료구축을 위한 용늪내 모니터링 시스템 설치, 답압에 의한 습지 훼손 방지를 위한 목도설치 등의 생태복원방법을 제시·시행하고 있다. 본 연구에서는 자생식물을 이용한 생태복원방법을 중심으로 검토하였다.

용늪내 식생복원은 오랜기간동안 형성된 이탄층의 유실을 막고 안정된 습지를 유지하기 위하여 용늪 및 용늪 주변에서 자생하는 식물종을 활용하는 방법을 주로 사용하였다. 해마다 습원내의 장초형 습원식물(삿갓사초, 진퍼리새, 가는오이풀 등)을 예초하여 노출지에 피복시켜 줌으로 종자산포에 의해 자연적 재생, 복원이 계속되도록 유도하였다. 군사활동에 의하여 발생한 사면을 복원하는데 있

어서도 녹화매트공법, 식생마대공법 적용시 현지에서 자생하는 식물을 훼손이 되지 않는 범위내에서 채취하여 활용하는 방법을 제시하였다.

라) 시사점

대암산 용늪 생태계 보전을 위한 복원사업은 특수환경(고지대)에서의 훼손지 복원사업으로 훼손에 대한 철저한 원인규명을 통한 대책마련에 초점을 맞춘 점에서 볼 때, 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 특히 훼손지의 식생복원에 있어 새로운 교란요인의 발생을 사전에 예방하기 위하여 사용할 식물소재를 모두 현지내지 현장 주변에서 자생하는 식물을 또다른 훼손이 일어나지 않는 범위 내에서 채취하여 활용하는 적극적인 보전방법을 도입한 점이 특이하다고 하겠다.

2) 옥상녹화 - 하늘동산 21

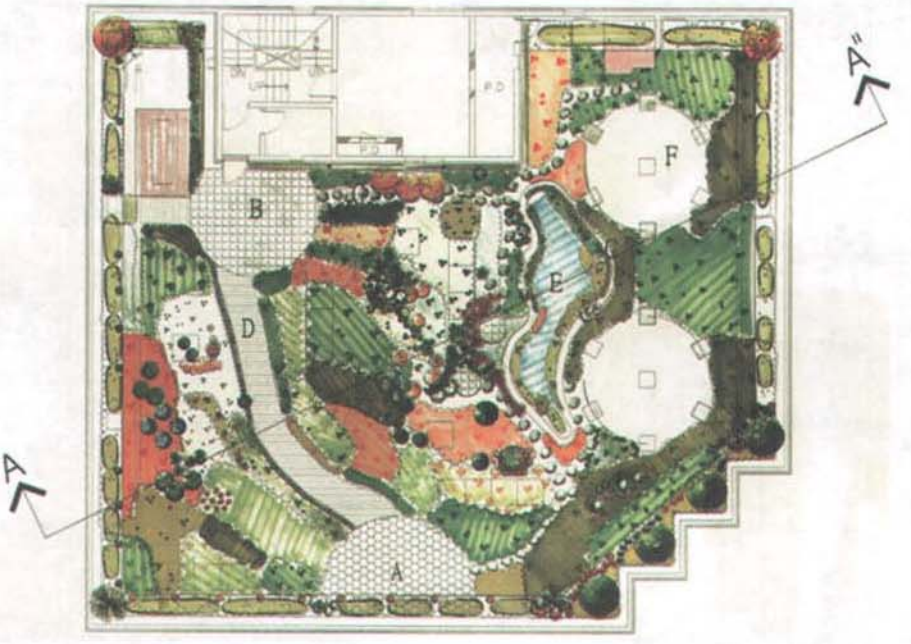
가) 개요

- 위치 및 면적 : 경기도 성남시 분당구 수내동 4-4 경동빌딩(12층) 옥상(총 면적 518㎡)
- 배경 및 목적 : 공공기반기술개발사업(前, G-7 환경공학기술개발사업)의 일환으로 추진된 "효율적인 생물서식공간 조성기술 개발"에 관한 연구과제의 실험사업 중에 하나로 도시공간에서 녹지를 확보하여 생물서식공간으로 활용하는데 있어서 옥상의 중요성을 인식하고 옥상공간을 생물서식공간으로 조성하고 지역생태교육 장소로 운영함으로써 향후 국내의 주요 옥상녹화의 모델을 제시하고자 하였다.

나) 기본계획

생물서식을 위한 전체시스템으로 야생초지와 관목덤불숲, 습지로 구성되어 있으며, 습지에서 육상공간으로 자연스럽게 이동할 수 있도록 하였다. 또한, 각각의 공간들이 서로 개별적으로 나타나지 않도록 연계성을 강조하였다. 즉, 옥상소생태계 전체를 하나의 습지공간으로 보고, 자연지역에서 볼 수 있는 모습들을 최대한 반영하고자 노력하였다. 하중의 문제를 해결하고자 식재지반은 경량토인 파라소으로 조성하였으며 다양한 식물소재를 도입하여 작은 공간이지만 다양한

생물이 서식할 수 있도록 조성하였다.



<그림 13> 기본계획도

<표 12> 옥상 소생태계 식재 식물종

구 분		도입한 수종	종수
1단 식재지역	지피 식물	두메부추, 미나리, 문수조릿대, 벌개미취, 매미꽃, 개쑥부쟁이, 섬초롱꽃, 석창포, 꽃창포, 땅나리, 구절초, 쪽제비고사리, 비비추, 맥문동, 상록패랭이, 원추리, 만년청, 물억새, 바위취, 참나리, 은방울꽃, 꽃무릇, 섬백리향, 붓꽃, 범부채, 애기부들, 돌나물, 앵초, 털부처꽃, 부추, 감국, 미나리아재비, 억새, 줄, 질경이, 수초, 도라지, 갈대	38
	만경목	담쟁이, 능소화, 송악, 칡, 머루, 다래, 청미래덩굴	7
	관목	철쭉, 눈주목, 진달래, 갯버들, 싸리, 찔레, 산딸기	9
	(소) 교목	산벚나무, 배롱나무, 홍단풍, 중국단풍, 보리수나무, 소나무, 복자기나무, 산수유, 가중나무, 산딸나무, 개암나무, 국수나무, 떡갈나무, 좀작살나무, 노간주나무, 산초나무, 참빗살나무, 산보리수나무	18
소계			70
2단 식재지역	지피 식물	두메부추, 둥근잎꿩의비름, 자주꿩의비름, 벌개미취, 맥문동, 구절초, 상록패랭이, 돌나물, 땅채송화, 섬기린초, 기린초, 억새	12
	만경목	청가시덩굴, 줄사철	2
	관목	산딸기, 개나리, 싸리, 찔레	4
	(소) 교목	산딸나무, 홍단풍, 측백나무, 산보리수나무, 장구밥나무	5
소계			23
총도입종수		(1단식재종수 + 2단식재종수 - 중복종수)	81

다) 조성 후 모습

습지 앞에서 전체를 본 모습

습지앞에 위치한 관목덤불숲과 초지지역

<그림 14> 하늘동산의 조성 후 모습

라) 시사점

기존의 옥상녹화와는 달리 인공지반 위에 생물서식공간을 조성하는 것에 초점을 맞춘 점에서 시사하는 바가 크다. 또한 인공토양(파라소) 위에 조성된 곳으로 인공토양에서 식생의 활착 등에 대한 기초자료 획득이 가능한 곳으로 습지의 수생식물, 호안변의 수변식물, 일반적인 식물의 적응력을 평가할 수 있는 곳이기도 하다.

3) 학교내 소생태계 조성 - 아름뜰 (노원구 연촌초등학교)(노원구, 2000)

가) 개요

· 위치 및 면적 : 서울특별시 노원구 하계1동 152 연촌초등학교(300㎡)

· 배경 및 목적 : 환경문제에 대한 관심이 고조되면서 환경교육의 중요성이 강조되고 있다. 학교내 소생물권 조성을 통하여 생물서식공간을 창출하고 학생들의 자연생태계에 대한 이해와 정서함에 기여함과 동시에 체험 및 현장 및 쉽고 일상적으로 접근가능한 학습장을 조성하는데 그 목적이 있다.

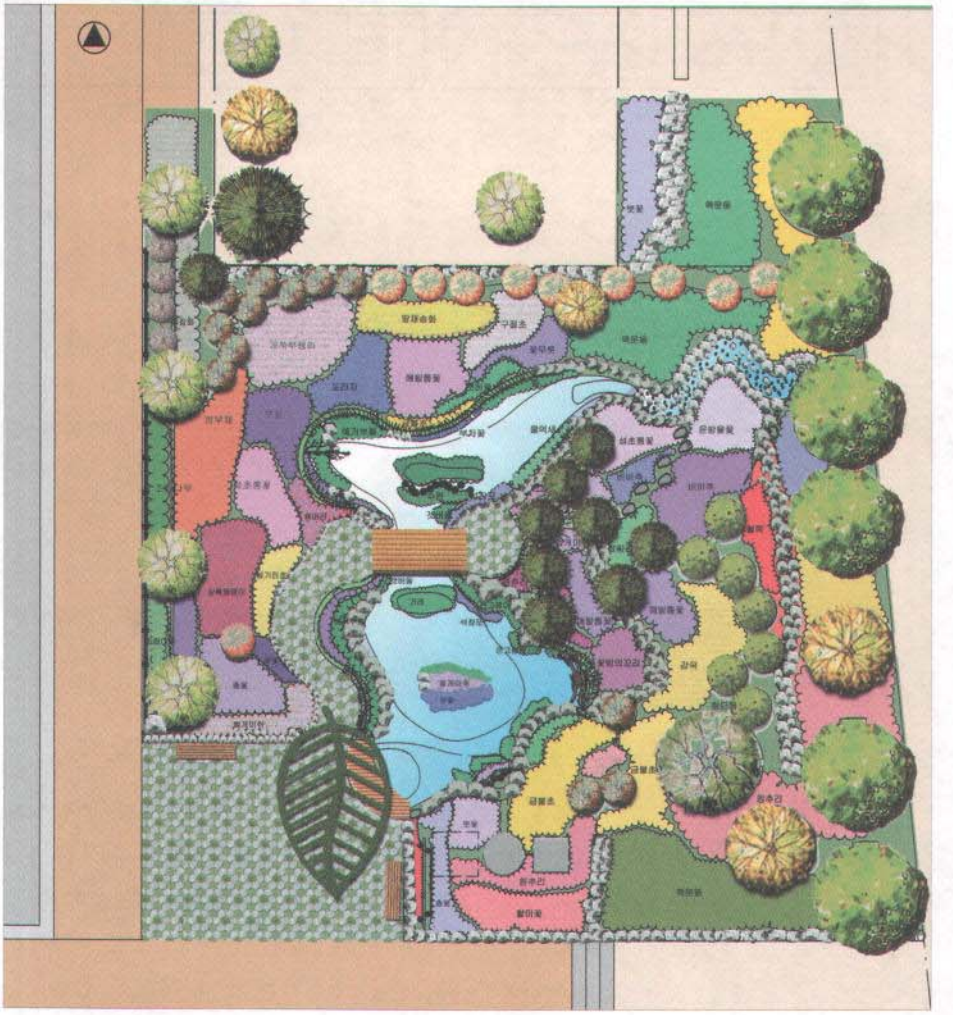
· 조성의 기본방향

-생태계의 원리적용, 소생물의 서식공간 확보, 식생의 다층구조화 등 완결성있는 소생태계 조성

-다양한 식물소재, 투수성 재료 등 친환경적 재료 사용

-환경해설시설물 설치, 용이한 관찰 및 체험활동 등 환경교육에 대한 배려

나) 기본계획



<그림 15> 기본계획도

<표 13> 식재 식물종

구 분	식 재 종
지피식물	감국, 개쑥부쟁이, 구절초, 금불초, 벌개미취, 두메부추, 맥문동, 원추리, 비비추, 은방울꽃, 옥잠화, 매발톱꽃, 할미꽃, 섬초롱꽃, 도라지, 상록패랭이, 꽃무릇, 땅채송화, 섬기린초, 석창포, 층꽃, 애기부들, 붓꽃, 꽃창포, 수련, 연꽃, 범부채, 용머리, 꽃범의꼬리, 가래, 부처꽃, 속새, 돌단풍, 물억새, 줄, 큰고랭이, 골풀 등
관목	철쭉, 갯버들, 찔레, 싸리나무, 산딸기, 조팝나무, 등나무 등
교목	소나무, 청단풍 등

다) 조성 후 모습

전경

수생식물 및 야생초화류, 교관목 식재

<그림 16> 아름뜰 조성 후 전경

라) 시사점

학교 내 소생물권을 조성하기 위하여 도입된 생태연못과 주변에 식재한 수생식물, 수변식물에 대한 활착 및 성장 상태를 관찰할 수 있는 지역이며 훼손된 비탈면에 자연석과 자생식물을 이용한 복원 후 변화추이를 살펴볼 수 있는 좋은 지

역으로 판단된다.

다. 고찰

하천복원사례에서 볼 때, 주로 생태복원시 도입한 식물종은 갈대, 부들, 줄 등의 대형추수식물이며 경관을 고려하여 꽃이 아름다운 꽃창포 등을 사용하고 있다. 목본류로는 습한 지역에서 생육하는 버드나무류를 중심으로 도입되는 것을 알 수 있다.

각 사례지의 특징 및 본 연구에서 주안점으로 살펴볼 수 있는 내용을 정리하면 다음과 같다(표 14).

<표 14> 사례지별 특징 및 주안점

사 례 지	특 징	주 안 점
대암산 용늪	고층습원	· 특수환경(고지대)에서의 훼손지 복원 · 토사유실, 침식 방지를 위한 절개지 복원시 자생식물 활용가능성
옥상녹화 하늘동산21	인공토양	· 인공토양 및 인공지반을 가진 복원대상지에 식재가능한 자생식물과 식재활착, 성장에 대한 기초자료 획득 · 생태연못 내 및 주변의 수생식물, 수변식물의 적응상태
학교내 소생태계 (연촌초교)	학교내 소생물권 비탈면	· 생태연못 내 및 주변의 수생식물, 수변식물의 적응상태 · 훼손 비탈면에 식재한 자생식물의 활착 정도

제3절 연구개발수행 내용 및 결과

1. 비탈면 식생복원

가. 시험구간 개요

○ 위치 : 전라남도 구례군 마산면 황전리(보적암부근)

○ 시험구간 규모 : 35m×10m

나. 식재기법 및 적용공법

본 시험지역에 적용한 공법은 식생마대공법으로서 본 공법은 종자, 비료, 흙 등을 혼합하여 마대에 채운 후 비탈에 쌓아 올리고 고정시켜 조기녹화하는 공법이다.

주요특징으로는 첫째, 경사면의 높이에 따라 다양하게 조절이 가능하며, 둘째, 식재를 주변 초지에서 이식하여 시공하면 도입 식물종에 대한 생태계 교란을 막을 수 있고 셋째, 식생마대(Green bag) 1개당 2종 이상 자생식물을 사용하여 조기녹화가 가능하다. 넷째, 식생마대를 쌓지 못하는 부분(정상부)은 현지 야생초본식물로 이식, 녹화하며 다섯째, 식생마대의 양쪽 모서리부분에 점파종으로 다양한 식생을 유도할 수 있다.

식생마대(600x400x150)에 흙, 유기질비료를 충전한 후 억새와 원추리를 혼식한 후, 비탈면에 마대를 쌓아 경사면을 안정화시켰으며 마대를 쌓은 주변이나 마대를 쌓지 못하는 정상부에는 현지에 서식하고 있는 조릿대 등을 이식한다. 피복효과를 높이기 위하여 억새와 원추리를 혼식하는 것 이외에 마대의 양측으로 쑥부쟁이 종자를 점파종하여 발아를 유도한다.

<그림 17> 식생마대(Green bag) 상세도

다. 도입 식물

억새, 원추리(직접 식재), 쑥부쟁이(파종), 조릿대(이식)

라. 설계 및 시공

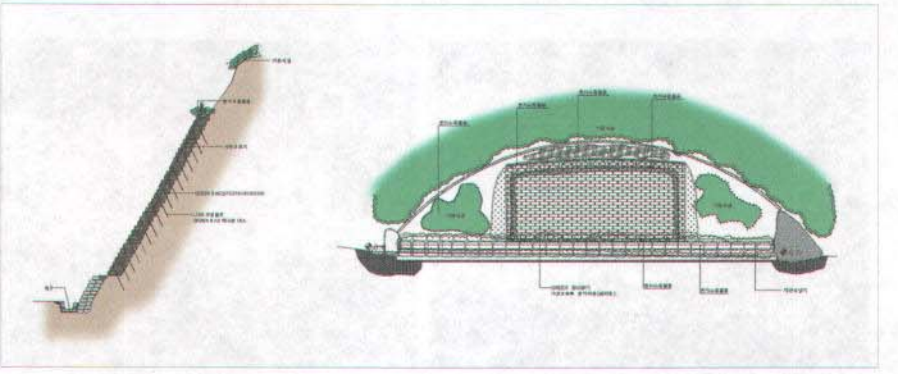
1). 시험재료

시험지역에 사용한 시험재료는 식생마대(Green Bag)와 식물종으로는 억새, 원추리이며 쑥부쟁이는 파종을 하였으며, 수량은 다음 <표 15>와 같다.

<표 15> 시험재료의 종류 및 수량

구분	단위	수량	비고
식생마대(Green Bag)	EA	2,000	
억새	본	200	
원추리	본	200	
쑥부쟁이 파종	㎡	130	

2) 시공도면의 작성



<그림 18> 녹화용 식생마대공법 단면도 및 입면도

<그림 19> 녹화용 식생마대 공법의 적용 (시공전/시공후)

마. 모니터링

식생마대공법을 적용, 시공한 후에 공법의 성공여부를 확인하기 위하여 식생의 피복도, 식생의 활착도, 식재한 식물의 적응도, 도입식물종 등을 조사하였다.

<그림 20>은 시험지역의 비탈면 식생복원 결과로 공법적용구간과 미적용구간의 복원상태가 분명하게 드러나고 있다. 공법을 적용한 구간에는 식재한 식물(억새, 원추리)가 완전히 활착하여 전면적을 피복하는 모습을 보이고 있다. 다만 직접 식재한 식물종(억새, 원추리)는 완전히 활착하였으나 파종을 한 식물종인 쑥부쟁이는 거의 발아가 되지 않았다. 공법을 적용하지 않은 구간에는 부분적으

로 식생이 침입한 흔적은 나타나고 있지만 전체적으로 토양이 침식되거나 붕괴되어 식생의 활착이 매우 미미한 상태이다.

식생마대공법적용구간 식생마대공법 미적용구간

블록으로 보강한 모습

<그림 20> 식생마대공법 적용구간 및 미적용구간

<그림 20>의 아래 그림은 도로변과 접하는 비탈면 하부의 안정을 위하여 블록으로 보강한 구간이다.

<그림 21> 공법 적용구간(확대촬영)

<그림 22> 공법 적용 상부(정상부)

오른쪽 위 그림은 복원 공법을 적용한 구간을 확대 촬영한 것이다. 전체 비탈면에 걸쳐 식생이 활착되고 있음을 알 수 있다. 다만 비탈면 상단에 국부적인 침식과 붕괴현상이 나타나고 식생 활착 상태가 매우 저조한 것을 알 수 있다.

시험재료의 주재료는 식생마대이며 이 마대는 일정 기간이 경과하면 자연상태에서 분해되어 유기질의 공급원이 된다. 아래 그림과 같이 식생마대는 분해되어 없어졌거나 분해 중에 있는 것을 볼 수 있다.

<그림 23> 식생마대의 자연적인 분해

식재종 이외에 침입한 종은 목본의 뽕나무, 말발도리, 싸리나무, 산딸기 등이다. 이 종들은 주변에서 서식하고 있는 종들로 비탈면에 식재한 억새 및 원추리가 생태적으로 안정화되면서 초본 뿐만 아니라 목본류가 침입가능하도록 생태적 조건을 형성시키는 것으로 판단할 수 있다. 또한 식생마대 내 토양이 이를 촉진하는 것으로 미루어 짐작할 수 있을 것이다.

뽕나무

말발도리

산딸기

싸리나무

<그림 24> 발견된 종

바. 적용공법의 평가

1) 공법적용지의 환경조건적 측면

본 공법을 적용한 곳의 위치는 전라남도 구례군 마산면 황전리 보적암 부근이며 수해에 의해 표면토양층-식물생육기반층-이 유실되면서 형성된 훼손지로 훼손지의 크기는 길이 35m, 높이 10m이다. 공법적용지의 향은 남향이며 경사도는 약 70°이다. 식물생육기반이 완전히 훼손되어 있고 급한 구배를 가지고 있기 때문에 직접 식재를 하거나 녹화를 하기 어려운 조건이며 특수자재를 사용하여 식물 식재 및 생육기반을 확보하는 것이 1차적인 과제로 평가할 수 있다.

본 공법적용지는 비탈면으로 생육기반을 확보하더라도 낮은 토심과 수분함량으로 인해 매우 건조한 조건이므로 식재종 선정시 우선적으로 건조지에서 생육이 가능한 것을 선발하는 것이 또한 중요하다.

2) 사용소재 및 재료의 측면

본 공법에서 사용한 자생식물은 억새(뿌리), 원추리(포기), 쑥부쟁이(종자)를 사용하였다. 식재종의 선정은 우선 건조지에서 잘 적응하거나 생육이 가능한 것과 번식력, 피복도, 경관성 등을 고려하여 선정하였다. 각각 식재종의 생태적 특징은 다음과 같다.

억새(학명 : *Miscanthus sinensis* Andersson)는 화본과의 다년초로, 산이나 들에서 자란다. 억새의 생태적 특징은 굵은 뿌리줄기가 옆으로 퍼지며 높이 1~2 m이다. 잎은 나비 1~2 cm로 가장자리에 딱딱한 잔 톱니가 있어 날카롭다. 중륵은 백색이고 털이 있는 것도 있다. 꽃은 9월에 피고 꽃이삭은 길이 20~30 cm이다. 가지는 길이 15~30 cm이며 작은이삭은 각 마디에 자루가 있는 것과 없는 것이 1쌍씩 달린다. 억새는 산과 들의 건조지 및 척박지에서 잘자라는 식물로 알려져 있다.

원추리(학명 : *Hemerocallis fulva* L.)는 백합과의 다년초로, 산지에서 자라며 높이 1-2m이다. 꽃은 7~8월에 피며 꽃줄기는 잎 사이에서 나와서 자라고, 끝에서 가지가 갈라져서 6~8개의 꽃이 총상꽃차례로 달린다. 빛깔은 주황색이고 길이 10~13cm, 통부분은 길이 1~2cm이다. 포는 줄 모양 바소꼴이며 길이 2~8cm이고, 작은 꽃줄기는 길이 1~2cm이다. 원추리는 척박한 토양에서도 잘 적응하는 특징을 가진다.

쑥부쟁이(학명 : *Aster yomena*)는 국화과의 다년초로 습기가 약간 있는 산과 들에서 자라며 높이 30~100cm이다. 뿌리줄기가 옆으로 뻗는다. 꽃은 7~10월에 피는데, 설상화(舌狀花)는 자줏빛이지만 통상화(筒狀花)는 노란색이다. 두화는 가지 끝에 1개씩 달리고 지름 2.5cm이다. 양지쪽의 습기가 많은 지역 및 습윤지를 좋아하며 군식하여 무리지어 식재하는 것이 좋다. 또한 생육이 매우 강건하며 잡초를 능가하는 지면 피복효과가 있는 식물이다.

생육기반을 만들기 위해서 사용한 재료는 식생마대인데, 식생마대의 황마(Jute) 섬유는 인도, 방글라데시, 파키스탄, 미얀마 등 열대지방에서 재배되는 갈대류의 일년생 초본에서 채취한 인피섬유로서 섬유세포의 내공이 불규칙하게 배열되어 있어서 흡수성, 보온성, 부식성, 수분의 증산방지 등의 특성을 가지고 있다. 또한 자연상태에서 자연적으로 부식, 분해되고 유기물화되어 식물의 양분역할을 발휘하는 장점을 가지고 있다.

3) 식재기법적 측면

본 공법에서 사용한 식재방법은 뿌리식재, 포기식재, 파종이다. 식생마대에 흙을 채운 후, 억새뿌리를 마대의 측면에 식재를 하고 그 다음에 경관성을 고려하여 꽃이 좋은 원추리를 포기로 식재하였으며 쑥부쟁이의 종자를 파종하였다. 식생마대가 쌓아지는 경계부는 주변에서 자라고 있는 식물을 이식하여 주변식생과 연결시켜 자연스럽게 처리하였다.

4) 공법의 적응도 측면

식생마대공법을 적용한 후, 억새뿌리의 활착이 이루어지면서 피복도가 거의 100%를 형성하여 초기에 조기 피복효과를 충분히 획득함에 따라 토양침식 및 유실을 방지할 수 있었으며 포기식재한 원추리 또한 활착하여 여름철 개화시기에 양호한 경관을 형성하였다. 다만 종자를 파종한 쑥부쟁이는 발아되지 않아 거의 모습을 찾아 볼 수가 없었다. 이는 건조지, 척박지라는 생태적 조건이 발아에 매우 불리한 조건을 형성함에 기인하는 것으로 사료되며 건조지, 척박지에서 발아가 높은 종을 선정하는 것이 바람직할 것이다.

억새와 원추리가 어느 정도 안착화되면서 주변에서 다른 종(산딸기, 뽕나무, 말발도리, 싸리 등)이 침입하는 모습을 관찰할 수 있었는데 이는 생육기반으로 조성된 식생마대가 억새와 원추리에 의해서 척박한 서식환경을 개선함에 따라 초본류 뿐만 아니라 교관목류의 생육이 가능한 생육지반으로 안정화되어 가고 있는 것으로 판단할 수 있다.

5) 공법의 기대효과적 측면

훼손지를 복원하는데 있어서 조기효과를 얼마나 달성하느냐가 복원의 성공여부를 가늠한다. 이는 복원대상지에 식재를 하거나 파종한 식물종이 얼마나 빠른 속도로 활착, 높은 피복도를 확보함으로써 훼손지의 추가적인 토양침식, 토양유실 등 훼손 발생을 억제할 수 있는가와 직결된다. 본 공법의 초기 피복도는 억새 및 원추리에 의하여 식생마대를 쌓은 전지역에 걸쳐 100%에 가까운 수치를 보이고 있다. 따라서 충분한 조기효과를 달성하여 훼손지의 추가훼손을 억제하였다고 평가할 수 있다.

다음으로 조기효과로 인하여 얼마만큼의 생태적 안정성을 확보하느냐가 또한 복원 성공여부를 가늠한다. 이는 초기에 활착된 식물이 훼손지의 빈약한 생태적 기반을 바탕으로 생육하면서 생태적 조건을 개선함으로써 주변지역에 분포하는 식물종이 쉽게 침입 및 이입되어 정착할 수 있는 생태적 안정성을 얼마나 확보할 수 있는가를 의미하며 이후 천이과정에서 나타나는 식물종과 직결된다. 본 시험지역에서는 초본류 뿐만 아니라 산딸기, 말발도리, 싸리, 뽕나무 등 교관목이 침입하는 모습을 볼 수 있는데 이는 시간의 경과에 따라 초기에 식재한 식물종(억새, 원추리)이 시험지역의 서식환경을 일정정도 개선하였다고 할 수 있을 것이다. 추후 이입된 교관목의 성장과정과 변화추이를 지속적으로 모니터링함으로써 추가적으로 유용한 자료를 확보하리라 기대할 수 있다.

2. 하천 생태 복원

가. 시험구간 개요

○ 위치 : 강원도 횡성군 우천면 농공단지 폐수유출지점

○ 시험구간 규모 : L150m×W3.5m

○ 시험구간 현황

상류부

· W3.5m, 경사 5%의 콘크리트 수로로 유속이 빨라 바닥이 그대로 노출되어 있는 상태

중류부

· W3.5m, 경사 1-2%의 콘크리트 수로로 비교적 유속이 느려 토사가 퇴적되어 일부지역에 1년생 초본류가 도입되어 있는 상태

하류부

· W3.5m, 경사 1-2%의 콘크리트 수로로 하류부로 갈수록 유속이 느려져 토사의 퇴적량이 많아 식재기반이 충분히 확보되어 있는 상태

<그림 25> 시험구간 현황

나. 식재기법 및 적용공법

식재하는 식물의 형태와 식재방법에 따라 다르게 적용할 수 있으며, 조기에 효

과를 보고자 할 때에는 식재밀도를 높이는 것이 좋다.

1) 뿌리심기(갈대, 줄, 부들 등, 길이 20~30cm)의 경우는 9~20본/㎡ 가 적당하다.

2) 포트묘심기(1년생)의 경우는 20~60본/㎡가 적당하다.

3) 뗏장심기(갈대, 미나리 등)의 경우는 식재조건 및 여건에 따라 식재피복율 100%, 50%, 30%로 구분하여 식재하는 것이 바람직하다.

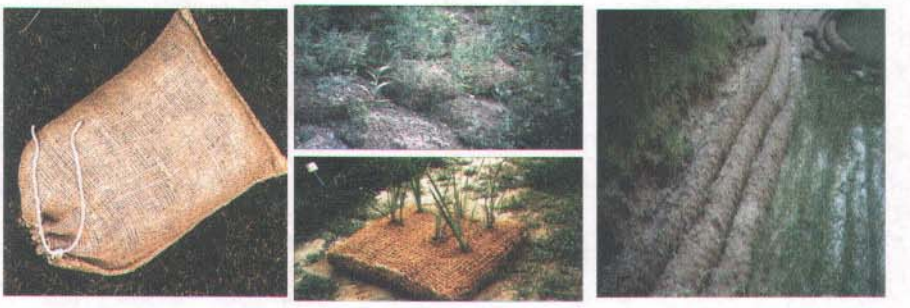
4) 갯버들의 경우 지름이 1cm이상 되는 줄기를 30~100cm 길이로 잘라서 위아래를 구분하여 삽목하듯이 심는다.

5) 특수식재방법

실개천에서 특수식재방법의 도입은 꼭 필요한 경우 외에는 거의 적용하지 않으나 하천 호안의 붕괴 우려가 있다든지 하천바닥이 잔자갈이나 암석 등으로 식재기반이 부실하거나 없을 경우 식생기반조성을 위해 특수자재를 사용한다.

· 녹화마대(가마니) 공법

· 녹화롤(roll) 공법



녹화마대 녹화롤(roll)

<그림 26> 특수자재

이때, 녹화마대, 녹화롤이 폭우시에 유실되지 않도록 주의를 요한다.

다. 도입 식물

하상 및 호안이 콘크리트나 기타 인공구조물이 아닌 자연토양, 자갈 등으로 이루어진 자연 실개천 및 하천일 경우에는 다음의 식물을 일반적으로 활용한다.

① 갈대　　② 줄　　③ 부들　④ 꽃창포

⑤ 노랑꽃창포 ⑥ 물억새 ⑦ 흰갈풀 ⑧ 미나리 ⑨갯버들 등

<그림 27> 도입식물

라. 설계 및 시공

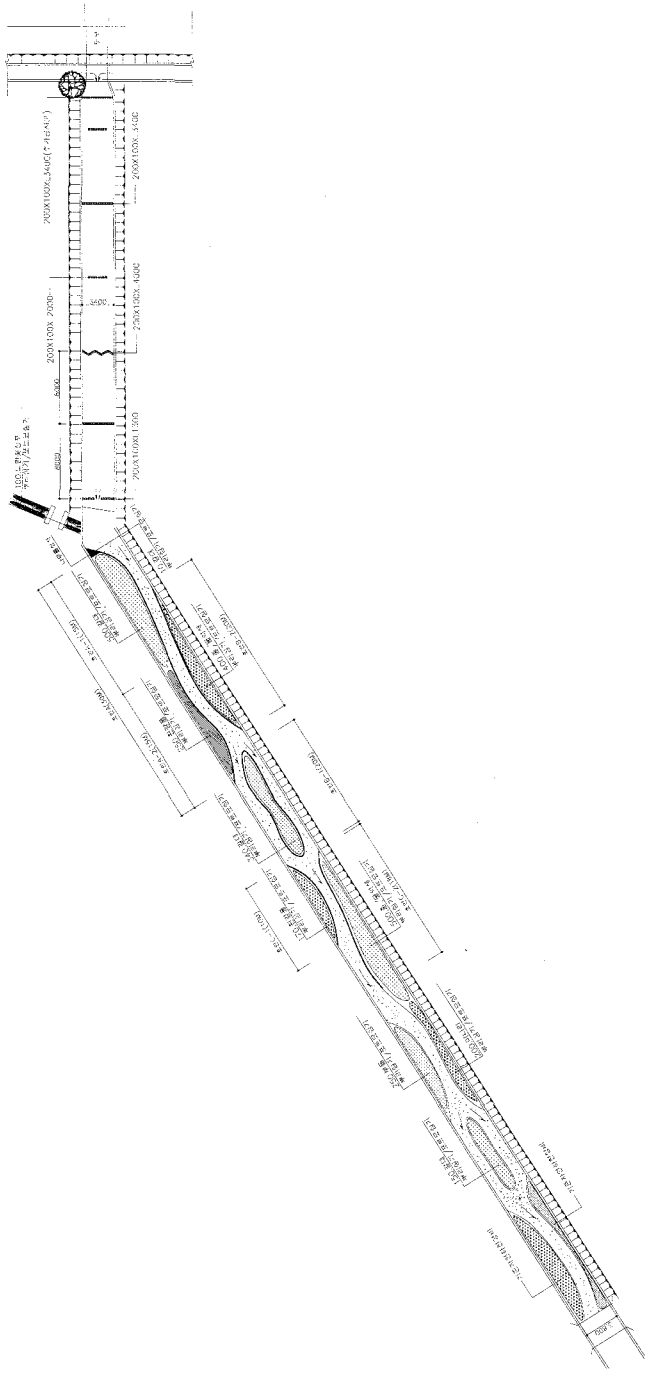
1) 시험재료

현지 하천 시험구에 식재한 식물재료는 초본이 갈대, 줄, 물억새, 부들, 흰갈풀, 미나리, 노랑꽃창포 7종이고, 목본이 갯버들 1종이며, 사용된 공법 및 수량은 다음과 같다.

<표 16> 시험재료

수목명	사용된 공법	단위	수량
갈대	뿌리심기, 포트묘심기	본	1,000
줄, 물억새	뿌리심기, 포트묘심기	본	900
부들	뿌리심기, 포트묘심기	본	250
흰갈풀	뿌리심기, 포트묘심기	본	420
미나리	뿌리심기, 포트묘심기	본	200
노랑꽃창포	뿌리심기, 포트묘심기	본	100
소계		본	2,870

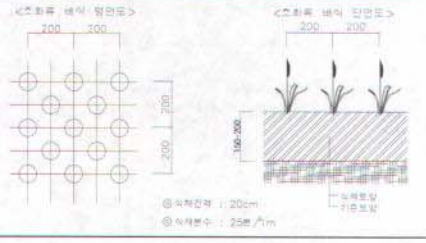
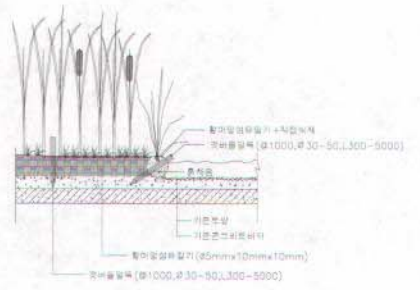
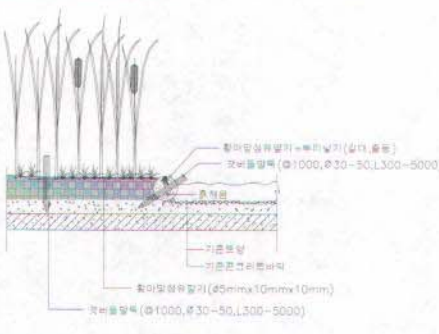
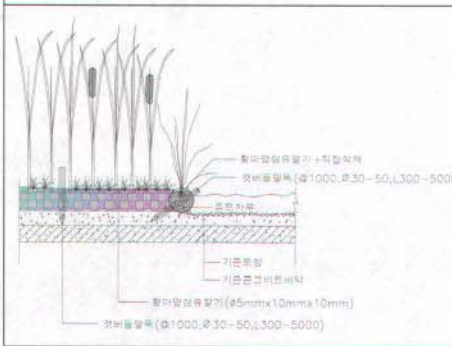
2) 시공도면의 작성



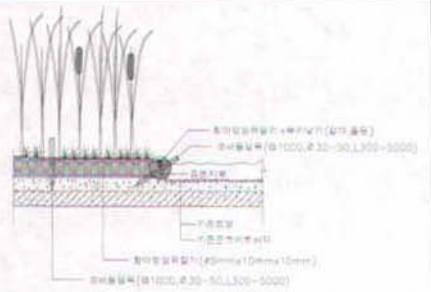
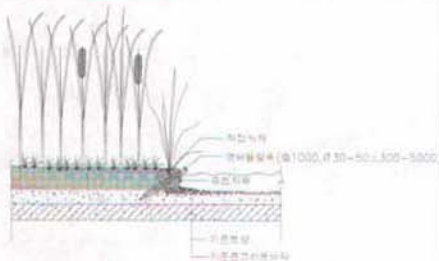
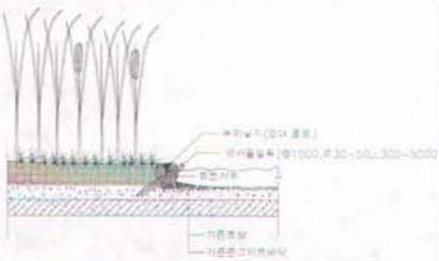
<그림 28> 설계도면

3) 적용공법(호안유형)

<표 17> 적용공법(호안유형)

그림	시설명	특징
	식생상세	· 기본식재밀도 : 25본/㎡ · 식물의 형태와 식재방법에 따라 식재밀도를 다르게 적용
	호안 A-1Type	· 호안유형 : 황마망섬유말기+직접식재 · 갯버들말뚝에 의한 호안 고정 · 식재기반에 황마망섬유깔기, 갯버들말뚝고정
	호안 A-2Type	· 호안유형 : 황마망섬유망말기+뿌리넣기(갈대, 줄 등) · 갯버들말뚝에 의한 호안 고정 · 식재기반에 황마망섬유깔기, 갯버들말뚝고정
	호안 B-1Type	· 호안유형 : 쥬트자루+황마망섬유망말기+직접식재 · 갯버들말뚝에 의한 호안 고정 · 식재기반에 황마망섬유깔기, 갯버들말뚝고정

<표 계속>

그림	시설명	특징
	호안 B-2Type	· 호안유형 : 쥬트자루+황마망섬유망말기+뿌리넣기(갈대, 줄등) · 갯버들말뚝에 의한 고정 · 식재기반에 황마망섬유깔기, 갯버들말뚝고정
	호안 C-1Type	· 호안유형 : 쥬트자루+직접식재 · 갯버들말뚝에 의한 호안고정
	호안 C-2Type	· 호안유형 : 쥬트자루+직접식재 · 갯버들말뚝에 의한 호안고정

본 시험에서 하천생태복원공법 개발을 위하여 호안의 유형별로 6개로 구분하여 적용하였으며, 구체적인 시설수량은 다음과 같다.

<표 18> 호안별 수량

명칭	규격	단위	수량
호안 A-1Type	W=1000	M	15
호안 A-2Type	W=1000	M	15
호안 B-1Type	W=1000	M	20
호안 B-2Type	W=1000	M	20
호안 C-1Type	W=1000	M	10
호안 C-2Type	W=1000	M	18

4) 시공

2001년 3월 시공설계도면에 기초하여 시공을 하였으며 시공전후의 모습은 다음과 같다.

시공전 시공후

<그림 29> 시공전후 모습

마. 모니터링

<표 19> 5월 식생조사 결과

조사지역	상류부	중류부	하류부
조사면적(m×m)	1×1	1×1	1×1
초장/식피율(m/%)	0.5/95	0.6/100	0.5/100
출현종수	6	6	8
고마리	4.4	2.2	2.2
미나리	2.2	4.4	4.4
갈대	r		+
줄		+	
물억새		+	
흰갈풀			+
부들			+
여뀌	+	+	+
환삼덩굴	+	+	+
갯버들	+		+

<표 20> 8월 식생조사 결과

조사지역	상류부	중류부	하류부
조사면적(m×m)	1×1	1×1	1×1
초장/식피율(m/%)	0.7/100	0.8/100	0.6/100
출현종수	6	8	7
고마리	5.5	3.3	1.1
미나리	1.1	3.3	5.5
갈대	+		+
줄		+	
물억새		+	
흰갈풀			+
부들			+
여뀌	+	1.1	1.1
환삼덩굴	+	+	+
미국가막사리		+	
갯버들	+	+	

<표 21> 10월 식생조사 결과

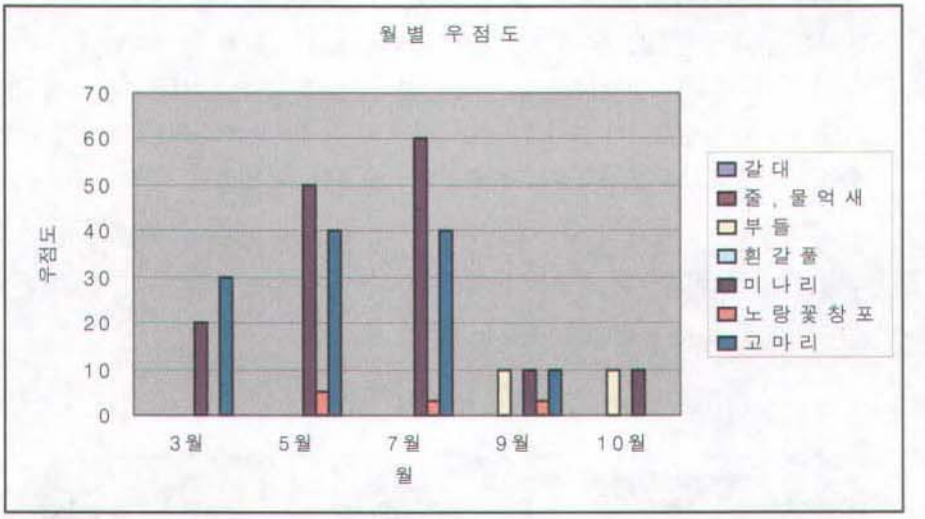
조사지역	상류부	중류부	하류부
조사면적(m×m)	1×1	1×1	1×1
초장/식피율(m/%)	0.4/90	0.4/100	0.3/100
출현종수	6	7	6
고마리	3.3	2.2	2.2
미나리	3.3	3.3	3.3
갈대	2.2		+
줄		2.2	
물억새		2.2	
흰갈풀			
부들			3.3
여뀌	+	+	+
환삼덩굴	+		+
미국가막사리		+	
갯버들	+	+	

식생조사는 5월, 8월, 10월 3차례에 걸쳐 실시하였으며, 1m×1m 조사구를 설치하여 Braun-Blanquet의 전추정법에 따른 식물의 종별 우점도(D: Dominance)를 측정하였다. 또한 군도계급을 분류하고 초장 및 식피율을 측정하였다.

선구식물종의 역할을 하는 고마리와 미나리가 각 조사지점마다 우점을 하고 있었으며 각 시기별로도 지속적으로 유지하는 것으로 조사되었다. 다만 10월의 식생조사 결과를 살펴보면 고마리의 식피율이 다소 떨어지고 미나리는 식피율이 떨어지거나 동일한 수준을 유지하였으며 식재종인 갈대, 줄, 물억새, 흰갈풀, 부들 등이 일부 출현하거나 점차 세력을 뻗어가고 있는 상황이었다. 이는 여름철 동안 강우 등의 침수로 인하여 생육환경이 다소간 변한 것에 기인하는 것으로 판단된다. 고마리와 미나리의 생육이 다소 주춤하면서 이 두종에 밀려 생장을 잘 못하던 종이 왕성한 성장을 보인 결과로 파악된다.

1) 식생의 활착도

종별 생육 정도 및 각 지점별 시기별 성장추이와 우점도는 다음과 같다.



<그림 30> 월별 성장추이 및 우점도

초기에는 침입종인 고마리 군락이 우세하였고, 미나리가 일정한 세력을 유지하였으나, 점차 미나리 군락이 고마리 군락을 제압하는 경향을 나타내었고, 다른 식생들은 대부분 피압되어서 노랑꽃창포만 간신히 세력을 유지하고 있었다.

그러나 기온과 강수량이 급변하는 9월이후에는 고마리가 완전 쇠퇴하고 미나리도 급격히 세력이 약해진 반면 부들군락이 점차 세력을 넓혀가고 있었다.

그 외에도 미국가막사리, 환삼덩굴 등 수변공간에 침입하는 외래종들이 주기적으로 왕성한 세력을 떨치다가 소멸되곤 하였다.

갈대, 줄, 물억새, 흰갈풀 등 수생식물들은 경쟁에서 완전히 밀려나 거의 소멸되었으며, 따라서 이들 식생을 유지하기 위해서는 초기에 적절한 인력을 투입하여 제어할 필요가 있다.

2) 식생의 피복도

상류부, 중류부, 하류부 구분없이 시공 완료 이후 초기에는 시험대상지역의 식재수종에 상관없이 고마리와 미나리가 90%이상의 식피율을 보이면서 우점하였다. 인공지반(콘크리트수로) 위에 조성한 식재지반은 고마리와 미나리의 빠른 피복속도에 의하여 여름철 강우에도 침식되지 않고 안정된 식생지반을 지속적으로 유지할 수 있었던 것으로 판단된다. 여름철(8-9월) 이후 일부 식재하였던 갈대, 줄, 물억새, 부들이 일부 출현하는 것을 볼 수 있었다. 이는 시공이후 토양지반이나 하천의 서식환경이 고마리와 미나리 등의 선구식생에 의하여 어느 정도 양호한 서식환경으로 변화하면서 식재수종이 출현할 수 있었던 것으로 사료된다.

초기 피복효과를 높여 초기의 토양침식 등 생육기반의 물리적 안정성의 유지와 안정된 서식환경으로의 유도를 위하여 왕성하게 번성할 수 있는 선구식물종을 선택하는 것이 매우 중요한 의미를 갖는다고 하겠다.

상류부

중류부

하류부

<그림 31> 조성후 시험지역의 상·중·하류부의 모습

3) 수질

조사지점은 시험대상지의 상류부, 중류부, 하류부로 나누어 수질개선에 대한 모니터링을 실시하였다. 측정항목은 수온(℃), 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 전기전도도(EC), 탁도 5항목이다.

<표 22> 5월 수질측정결과

조사지점	수온(℃)	수소이온농도(pH)	용존산소(㎎/ℓ)	전기전도도	탁도
상류부	22.1	6.5	5.0	30.5	7
중류부	23.2	6.6	4.8	19.7	5
하류부	22.5	6.8	3.6	21.0	4

<표 23> 8월 수질측정결과

조사지점	수온(℃)	수소이온농도(pH)	용존산소(㎎/ℓ)	전기전도도	탁도
상류부	27.5	7.0	2.2	31.4	8
중류부	28.3	7.4	3.5	20.4	6
하류부	27.8	6.8	3.0	24.7	4

<표 24> 10월 수질측정결과

조사지점	수온(℃)	수소이온농도(pH)	용존산소(㎎/ℓ)	전기전도도	탁도
상류부	23.2	7.1	4.5	29.5	6
중류부	24.2	6.6	3.8	27.7	3
하류부	23.8	7.2	3.5	22.9	3

가) 수온(단위: ℃)

수온은 크게 기온변화에 의해 결정되며 비교적 유량과 일조량이 작은 상류수에서는 낮고 변화가 크나 유량이 풍부한 큰 하천이나 저수지에서는 수온의 변화가 일반적으로 적다.

본 조사결과 수온의 분포는 5월 22.6℃, 8월 27.9℃, 10월 23.7℃로 나타났으며, 각 조사지점별 평균값을 가지고 비교해 볼 때 각 조사시기별 거의 유사한 것으로 조사되었다. 이는 본 시험대상지가 구간이 짧고 유량이 비교적 적은 곳이기 때문으로 판단된다.

나) 수소이온농도(pH)

수소이온농도는 일반적으로 부영양화 현상이 많이 진행될수록 광합성으로 인해 상승하게 된다. 조사결과 pH는 조사지점별로 6.5~7.4의 분포를 보여 중성을 나타내고 있었다.

다) 용존산소(DO)

물 속에 산소가 용존되는 양은 물과 공기와의 접촉면적, 유속 등과 함께 산소를 발생하는 식물의 양과 활성도 및 포화농도를 결정하는 온도 등이 함께 어우러져 결정된다. 용존산소 농도는 BOD 농도와 수온의 영향을 많이 받는데, BOD 농도가 높으면 유기물이 분해되면서 산소를 소모하므로 DO가 낮고, 수온이 높으면 유기물 분해속도가 빠르므로 용존산소 농도가 낮아진다.

조사결과 각 조사지점별 용존산소의 농도는 2.2㎎/ℓ~5.0㎎/ℓ의 분포를 보이

고 있었다. 8월 용존산소의 농도가 다른 조사시기보다 낮게 나타난 이유는 수온이 다른 시기보다 높아 유기물 분해속도가 빠르므로 용존산소 농도가 다소 낮은 것으로 사료된다. 용존산소량을 측정하게 되면 어떤 수체의 생물성장 조건 및 오염정도를 간접적으로 파악할 수 있게 되는데, 이를 근거로 할 때 상류지역이 하류지역보다 다소 오염정도가 다소 높음을 알 수 있다. 이는 상류지역으로 유입된 물이 하류지역까지 이동하면서 수생식물에 의하여 여과, 고정, 흡착 등을 거쳐 오염물질이 일정정도 제거됨으로써 수질개선효과를 발휘한 것으로 사료된다.

라) 전기전도도(EC)

전기전도도는 전도율이라고 하며 단면 1㎠, 길이 1㎝의 수주를 가진 전기저항(비저항, ohm.cm)의 역수로 담수에서는 주로 ㎛ohm/㎝단위로 나타내는데 SI 단위에서 ohm은 siemens의 역수로 millisiemens/m(ms/m)로 나타낸다. 즉, 1ms/m은 10㎛ohm/㎝와 같다.

전기전도도는 동일 온도에서는 용존하는 전해질의 농도와 거의 비례하므로 이를 측정함으로써 수중의 용존물질 총량을 대략 측정할 수 있다(한국수자원공사, 1995).

전기전도도 측정결과, 상류부가 하류부에 비하여 다소 높게 나타나고 있는데 이는 상류부는 물이 유입되는 입구부로 외부에서 오염물질이 어느 정도 유입되는 것으로 파악된다.

마) 탁도

부유물질은 수중에 용존되지 않은 불용성 현탁물질을 총칭하게 되는데 탁도의 경우 유속과 외부 유입량 등에 의해 결정되며, 주위에 커다란 오염원이 존재하고 유속이 빠른 곳에서는 그 양이 많은 것이 보통이다(한국수자원공사, 1995).

본 시험대상지의 탁도 조사결과, 상류부, 중류부, 하류부의 순으로 높게 나타났으며 이는 유입부(상류부)의 유속이 수로 구배에 의해서 다소 빠른 편인 점과 하류부로 갈수록 수로구배가 낮아 유속의 감속, 수생식물(고마리, 미나리 등)에 의하여 정화를 통하여 탁도가 감소한 것으로 생각된다.

바. 적용공법의 평가

1) 공법적용지의 환경조건적 측면

본 시험지역은 폭 3.5m의 콘크리트 농수로로 식물의 생육지반이 전무한 곳이었으나 상류지역에서 침식·운반된 토사가 평균 10~15cm 정도 퇴적되어 고마리, 미나리 등 일부 식생이 도입된 상태이다. 강우시 시험지역 전역에 걸쳐 침수된다는 것이 가장 큰 특징이기 때문에 침수가 시험 자생식물종을 선정시 가장 중요한 고려인자이다.

2) 사용소재 및 재료의 측면

본 시험지역에서 사용한 식물소재는 미나리, 고마리, 갈대, 줄, 물억새, 부들, 흰갈풀, 노랑꽃창포, 갯버들 등이다. 여기에서는 주요종의 생태적 특징을 정리하였다.

미나리(학명 : Oenanthe javanica)는 미나리과의 다년초로, 습지에서 자라고 흔히 논에 재배한다. 줄기 밑 부분에서 가지가 갈라져 옆으로 퍼지고 가을에 기는줄기의 마디에서 뿌리가 내려 번식한다. 줄기는 털이 없고 향기가 있으며 높이가 20~50cm이다. 잎은 어긋나고 길이가 7~15cm이며 1~2회 깃꼴겹잎이고 잎자루는 위로 올라갈수록 짧아진다. 작은 잎은 달걀 모양이고 길이가 1~3cm, 폭이 7~15mm이며 끝이 뾰족하고 가장자리에 톱니가 있다.

고마리(학명 : Persicaria thunbergii)는 마디풀과의 덩굴성 일년초로 양지바른 들이나 냇가에서 자란다. 높이 약 1m이다. 줄기의 능선을 따라 가시가 나며 털이 없다. 잎은 어긋나고 잎자루가 있으나, 윗부분의 것에는 잎자루가 없다. 잎 모양은 서양 방패처럼 생겼으며 길이 4~7cm, 나비 3~7cm이다. 가운뎃잎 갈래조각은 달걀 모양이고 끝이 뾰족하며, 곁잎 갈래조각은 서로 비슷하게 옆으로 퍼진다. 잎자루는 흔히 날개가 있고, 뒷면 맥 위에 잔 가시가 있다. 잎집은 길이 5~8mm로서 가장자리에 짧은 털이 나고 작은잎이 달리기도 한다.

갯버들(학명 : Salix gracilistyla)은 버드나무과의 낙엽활엽관목으로 강가에서 많이 자란다. 높이 1~2m이고 뿌리 근처에서 가지가 많이 나오며 어린 가지는 노란 빛이 도는 녹색으로 털이 있으나 곧 없어진다. 잎은 거꾸로 세운 바소꼴 또는 넓은 바소꼴로 양 끝이 뾰족하고 톱니가 있으며 잎자루의 길이는 3~10mm이다. 잎 표면은 털이 덮여 있다가 없어지고, 뒷면은 털이 빽빽이 나서 흰 빛이

돌거나 털이 없는 것도 있다.

본 시험지에서 생육기반의 안정화를 위하여 사용한 재료는 식생롤이며 식생롤의 황마(Jute)섬유는 인도, 방글라데시, 파키스탄, 미얀마 등 열대지방에서 재배되는 갈대류의 일년생 초본에서 채취한 인피섬유로서 섬유세포의 내공이 불규칙하게 배열되어 있어서 흡수성, 보온성, 부식성, 수분의 증산방지 등의 특성을 가지고 있다. 또한 자연상태에서 자연적으로 부식, 분해되고 유기물화되어 식물의 양분역할을 발휘하는 장점을 가지고 있다.

3) 식재기법적 측면

본 공법에서 사용한 식재방법은 호안부와 둔치부로 구분할 수 있다. 호안부에는 우선 식생롤에 흙을 채운 후 김밥모양처럼 말아 호안의 모양을 잡고 식생롤에 일정간격으로 식물종의 뿌리식재, 포트묘 식재를 수행하였다. 식재방법의 가장 큰 특징은 식생마대(롤)호안을 고정시키고 관목을 도입하기 위하여 갯버들말뚝을 사용한 점이다. 둔치부에는 일반적인 식재방법에 의하여 식재하였으며 둔치부에도 식생롤을 고정하기 위하여 마찬가지로 갯버들말뚝으로 사용하였다.

4) 공법의 적응도 측면

본 시험지역은 콘크리트 농수로로 인공지반과 다름없기 때문에 식물생육기반을 조성하여 조기에 안착화시킴으로써 강우시, 여름철 집중호우시의 침수상태에서도 훼손을 최소화하고 유지될 수 있도록 생육기반 조성부의 90%이상의 조기피복이 필요하다.

고마리의 경우, 한해살이초본이기 때문에 왕성한 성장과 함께 높은 피복율을 보이는 식물이며 미나리는 침수상태에서 견딜 수 있는 생태적 특성을 가진 식물이다. 두 식물에 의해서 조성 초기 100%에 가까운 식피율을 확보하였다.

강우시 본 시험지역은 주변에서 유입된 우수에 의해서 상당히 빠른 속도로 수위가 높아진다. 그림에서 보는 바와 같이 강우시 수위가 상승하여 농수로 전역이 침수상태를 보이는 것을 볼 수 있다.

<그림 32> 강우시 수위의 변화

다음 그림은 침수 후의 시험지역을 촬영한 것이다.

<그림 33> 침수 후 식생이 복원된 모습

농수로 내 식물정착지역은 미나리와 고마리의 100%에 가까운 식피율을 유지하고 있었기 때문에 강우시 유량증가에 의한 침수, 침식력의 증가에도 불구하고 생육기반이 그래도 유지됨을 확인할 수 있다. 이는 강우시나 여름철 집중강우 후에도 지속적인 식물생육기반을 유지시키는데 중요한 요소가 식피율라는 사실을 알 수 있다.

강우에 의한 침수 후 식생의 변화는 일년초인 고마리의 경우 생육조건이 급격히

열악해지면서 많은 부분이 고사하거나 발육상태가 부진하였으나(그림에서 노란색 또는 갈색부분) 미나리의 경우, 생태적 특성상 침수에도 아무런 피해를 입지 않고 지속적인 생육상태를 보였다. 오히려 미나리의 경쟁자인 고마리의 일시적인 소멸로 침수 이후 고마리가 점유하고 있는 곳에까지 미나리가 침입 더욱 세력을 발휘할 것으로 예측된다. 또한 대형추수식물인 갈대, 줄, 부들 등은 고마리의 생육이 왕성한 봄철, 여름철에는 그 세력이 미약하다가 침수라는 생태적 간섭으로 세력이 후퇴한 시기에 미나리와 함께 세력을 확장하는 모습을 살펴볼 수 있었으며 가을철 접어들면서 일정정도의 세력을 확보하였다. 다만 일반적인 하천변에서의 생육상태보다는 다소 떨어지는 경향을 보인다.

식생마대호안을 고정시키는 역할과 함께 관목의 도입을 위하여 호안부에 식재한 갯버들말뚝은 고마리 및 미나리의 왕성한 생육에 따른 피압, 침수에 의하여 제대로 활착하지 못하고 도태되었다. 그러나 둔치부에 식재한 갯버들말뚝의 경우, 초기에는 고마리 및 미나리와의 경쟁에서 밀려 성장의 둔화현상을 보였으나 이후 뚜렷한 활착을 보이며 안착화되는 모습을 살펴볼 수 있었다.

5) 공법의 기대효과적 측면

본 시험지역에서 예측한 기대효과는 안정된 식물생육기반의 확보 및 식물의 안착화, 수생식물에 의한 수질개선 등이다. 식물생육기반의 확보 및 식물의 안착화는 앞서 언급했듯이 강우시 및 여름철 집중강우시의 침수조건에도 충분히 견뎌 침수직후 약간의 피해현상은 나타났으나 자연회복력에 의해 빠른 속도로 복구되어 생육기반 및 식물 안착화의 연속성을 확보하였다.

수질개선적 측면에서는 조성초기에는 시공당시 농수로의 이물질제거 등 수로정비로 인하여 수질 특히 탁도가 급격히 개선되었다. <표 22, 23, 24>에서 보는 바와 같이 수생식물에 의하여 상류부에서 하류부로 갈수록 DO가 일정정도 개선됨을 확인할 수 있었다.

수로 및 식물생육기반조성부에 일정간격으로 설치한 나무보의 효과가 상당한 것으로 사료된다. 나무보를 설치함으로써 유속의 감소로 호안에 가해지는 충격의 완화 및 수생식물과의 접촉시간의 확보, 일정유량의 유지, 호안의 보습효과의 지속 등이었다.

<그림 34> 시험지역에 설치한 나무보

여름철 집중강우시에도 본 시험지역이 훼손되지 않고 유지될 수 있었던 것은 첫째, 고마리, 미나리, 갯버들, 갈대, 줄 등의 우수한 피복율(100%)로 유속을 견딜 수 있었다는 점, 둘째, 강우에 의하여 불어난 유량을 충분히 배수할 수 있는 저수로의 조성과 통수면적의 확보로 파악된다.

제4절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표달성도

현재 사용되고 있는 녹화공법의 검토와 사례적용지에 대한 연구를 통하여 본 연구에서 개발하고자 하는 공법의 핵심적인 요구사항을 도출하였다. 첫째, 도입 자생식물종의 선정 둘째, 경제적이며 생태적인 소재의 사용 셋째, 초기효과를 용이하게 확보할 수 있는 방법 등으로 정리할 수 있다.

지리산 보적암부근의 비탈면에 적용한 식생마대공법은 억새, 원추리, 쑥부쟁이 등의 자생식물을 도입하고 주재료가 황마인 식생마대를 활용하는 공법으로 조기에 전면을 100%에 가깝도록 피복율을 확보하여 성공적인 효과를 거둘 수 있었다. 다만 쑥부쟁이 종자의 발아부진으로 대체종에 대한 고려가 필요한 것으로 평가되었다. 이 공법의 보다 효율적인 시공방법을 모색하여 체계화가 요구된다.

횡성군 우천면 농공단지에 적용한 식생마대(롤)호안공법도 마찬가지로 조기에 피복율을 확보함으로써 여름철 집중강우시에도 침식되지 않고 견딜 수 있는 안정성을 거둬 성공적인 적용사례로 평가된다. 소규모의 나무보의 역할을 크게 평가할 수 있을 것이다. 유속 감소로 호안에 가해지는 충격의 완화, 수생식물과의 접촉시간의 확보, 일정유량의 유지, 호안 보습효과의 지속 등의 역할을 충분히 발휘하여 수질개선의 효과 뿐 아니라 수생식물이 안정적으로 생육할 수 있는 기본 조건을 확보하는 것으로 예측된다. 다만 갯버들말뚝이 고정의 역할 뿐만 아니라 호안부에 활착하여 생육할 수 있는 방법의 모색이 필요하다. 따라서 본 공법은 생육기반조건이 열악하거나 콘크리트 등 인공지반적 성격을 갖는 농수로나 소규모, 소량의 오염원이 발생하는 지역, 재처리를 위하여 처리수가 유입되는 지역 등에 유용하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 관련분야에의 기여도

본 연구에서 개발한 식생마대공법은 인위적으로 훼손된 비탈면을 빠르고 안전하게 피복하여 침식 및 붕괴현상을 방지하고, 경관미를 조속히 회복시키며, 야생동물의 서식처와 이동통로로 이용되거나 밀원 식물의 서식처로서의 역할을 하도록 하는데 기여할 것이다. 토양조건에 적합한 자생식물을 선정하면 강우차단, 표면유출량의 조절, 토양내 침투율의 증가, 심토층 유출 등이 원만하게 이루어지

게 되어 표면침식이 억제되고, 점진적으로 토양의 물리성과 화학성이 개량되어 주변 식생의 원활한 침입이 이루어지게 되는 효과가 나타난다. 또한, 강우뿐만 아니라 바람에 의한 지표면 토양침식을 억제하며, 소음경감 효과도 발휘되어 쾌적한 환경조성에 이바지 하게된다.

국내의 비탈녹화법들은 기술적으로 개선되어야 할 부분이 아직도 많은 상태이며, 보다 발전된 녹화공법들이 개발될 필요가 있다. 갖가지 토질 조건과 형상을 갖는 비탈들을 녹화하기 위한 공법 개발이 진행되고 있으며, 특히 자생식물을 이용한 비탈면 녹화의 경우, 다양한 시도가 진행되고 있다. 본 연구는 자생식물 중 초본류를 활용하여 조기에 복원효과를 거둘 수 있는 공법개발에 상당한 진척을 보인 것으로 판단된다.

제5절 연구개발결과의 활용계획

1. 후속 연구의 필요성

본 연구에서는 자생식물 중 주로 초본류의 이용과 특수자재인 식생마대를 활용하는 생태복원공법 개발에 초점을 맞추었다. 이는 초본류가 조기효과를 확보하기에 용이하여 훼손지 및 조기피복이 필요한 곳에 효과적으로 대처할 수 있기 때문이다. 또한 초본류가 조기에 활착하여 훼손지를 생태적으로 안정화시킴으로써 자연상태에서 다른 종의 침입을 유도하는 효과도 함께 거둘 수 있다. 특수자재인 식생마대를 도입한 것은 복원 초기에 식물이 정착하는데 기여할 뿐만 아니라 식물의 생육기반을 안정적으로 확보할 수 있기 때문이다.

후속 연구가 필요한 분야는 공법적용 후, 일정정도 생태적 안정을 확보한 다음, 침입하는 종이 귀화식물이 아닌 자생종으로 어떻게 유도할 것인가이다. 즉 귀화식물의 침입을 원천적으로 억제하거나 침입을 받았을지라도 공법적용시 식재한 종이 귀화식물과의 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 기법에 관한 연구라 할 수 있을 것이다. 또한 목본류의 침입을 원활히 유도하여 천이과정을 진행시킬 수 있

는 방법에 관한 연구도 필요할 것이다.

다음은 초본류만이 아니라 목본류를 적극 도입하는 공법개발에 관한 연구이다. 다층구조의 산림일 때 보다 많은 생물다양성을 확보할 수 있을뿐더러 생태적 안정성도 확보할 수 있다. 따라서 초본류, 관목류, 교목류 등을 혼합하여 사용함으로써 조기에 다층구조형군락을 형성시키는 공법을 개발함이 요구된다.

2. 타분야에의 응용

본 연구에서 개발한 식생마대공법은 자생식물을 활용하여 조기에 복원을 해야 하는 훼손지에 효과적인 것으로 나타났다. 또한 소규모, 소량의 오염원 발생지역에서 자생식물을 이용하여 수질을 개선하는데 효과적인 것으로 나타났다.

훼손지 특히 비탈면은 토질조건과 경사조건에 따라 다양한 형태를 띠며 나타난다. 이러한 조건에 따라 노출된 사면을 복원하는데에도 다양한 복원공법을 적용함이 필요하다. 동일장소에서 발생한 훼손지(비탈면)에 동일한 공법을 적용하면, 경관이 무미건조해지고 생태적 다양성이 낮게 나타날 우려가 있다. 따라서 토질 및 경사조건에 따라 비탈면을 복원할 시, 한가지의 공법만을 적용하는 것이 아니라 묘목식재공법, 자연표토복원공법, 종비토뿜어붙이기공법 등과 본 연구에서 개발한 식생마대공법을 동시에 적용함으로써 각 공법의 장단점을 보완할 수 있어 보다 높은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

3. 기업화 추진방안

건설기술관리법 제 18조 제1항은 "건설교통부장관은 국내에서 최초로 개발한 건설기술 또는 외국에서 도입하여 개량한 것으로 국내에서 신규성·진보성 및 현장적용성이 있다고 판단되는 건설기술에 대하여 이를 개발한 자의 요청이 있는 경우로서 당해 기술의 보급이 필요하다고 인정되는 경우에는 당해 기술을 새로운 건설기술(신기술)로 지정·고시할 수 있다"고 규정하고 있다.

따라서 본 연구에서 개발한 식생마대공법을 다음과 같은 내용의 신기술지정신청서를 제출하여 신기술로 지정받을 수 있도록 하는 것이 공법의 보급을 위하여 바람직할 것이다.

가. 신기술의 명칭 및 개발배경

나. 신기술의 내용(신기술의 요지 및 지정요건인 신규성·진보성·현장적용성에 대한 구체적인 내용을 포함한다) 및 범위

다. 개발 또는 개량한 자의 성명(법인의 경우에는 그 명칭 및 대표자의 성명)

라. 국내외 건설공사에서의 활용전망

마. 시방서 및 유지관리지침서

바. 기타 품질검사전문기관이 발행한 각종 시험성적서 및 시험시공결과 등 신기술의 평가에 필요하다고 인정되는 사항

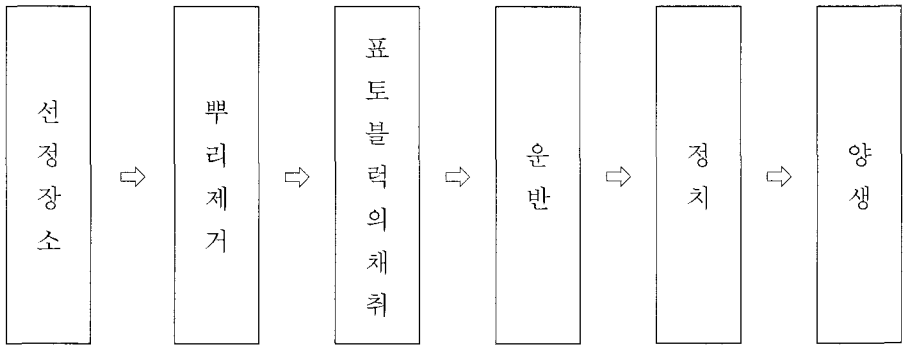
제6절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 표토블럭이식공법

표토란 토지를 형성하는 토층 중 최상단부에 위치하는 암색 또는 암갈색의 유기물이 다량 포함된 토양층으로써 입단구조가 잘 발달된 유기물층(A0)과 용탈층(A)을 지칭하며 보통 유용한 표토란 유기물질을 5%이상 함유한 것을 말하며 일반적으로 30cm 내의 깊이를 이루는 층을 일컫는다. 표토의 생성은 매우 느리고 오랜 세월의 작용으로 만들어지기 때문에 귀중한 자원하며 그 활용가치가 매우 높다고 할 수 있다.

현재 우리나라에서는 각종 개발시 표토를 보존하여 수목식재시 이용하도록 권고하고 있으나 경제성 및 공사기간의 제약, 공사담당자의 이해 부족으로 표토를 활용하지 못하고 있을 뿐만 아니라 표토의 선정, 채취, 운반, 적치, 양생 등 표토활용의 과정이 시스템화되어 있지 않아 그 활용도는 낮은 편이다.

본 연구에서 소개하는 표토블럭이식공법은 표토내 서식하는 미생물과, 소동물, 식물의 종자, 현존하층식생을 포함한 임상생태계 전체를 교란없이 이식하는 공법으로, 표토를 일정크기의 블럭형태로 채취하여 활용함으로써 시공을 용이하게 하며 토양미생물의 분해기능을 통한 지력증진을 도모하고 우수 등 침식 보호, 토양유실 방지, 조기 복원, 녹화하기 위한 방법이다.



<그림 35> 표토활용의 절차

표토블럭의 채취

표토채취콘테이너

표토블럭콘테이너에서 표토를 분리하여 식재지 등에 표토를 이식한다.

<그림 36> 표토블럭이식공법

2. 표토석션공법

표토석션공법은 낙엽층을 제외한 표층 10-15cm를 공기압축기를 이용하여 토양 내 무척추동물, 미생물, 매장종자 등을 포함하여 채취하여 표토를 활용하는 공법으로 기존 임상과 동일한 식생구조를 유도하기 위한 공법이다.

①표토채취(Suction)

②가적치

③기반조성

④취부

⑤공사완료직후

⑥공사완료 3개월 후

<그림 37> 표토석션공법의 적용과정

제4장 참고문헌

1. 김경훈, 우보명, 1999. 비탈면 녹화용 재료로서 산림 표토층의 적정 채취시기 및 이용방안, 한국환경복원녹화기술학회지 2(2): 53-61
2. 김남춘, 1991. 녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문, p.5-9
3. 김남춘, 1999. 비탈면 녹화공법의 최신경향 및 사례, 환경과 조경 130:120-125
4. 김준민, 김철수, 박봉규, 1987. 식생조사법, 일신사, p.170
5. 남상준, 현우그린(주), 1999. 비탈면 녹화공법의 현황 및 향후 발전 방향, 한국 환경복원녹화기술학회지, p.57-60
6. 노원구, 2000. 학교내 소생물권 조성 기본 및 실시설계, p.14, 30
7. 두산세계백과사전 Encyber, http://100.empas.com/entry.html/?i=759692&Ad=i-yah
8. 박윤점 · 허북구 · 정소영 · 정재호 · 안민실, 1998년. 한국산 자생 상사화의 효과적인 번식방법 원예과학기술지, 제16권2호, 242
9. 손기철 · 이종섭 · 송종은, 1998년. 室內植物의 視覺的 認識이 人間의 腦波變化에 미치는 影響, 한국원예학회지, 제39권6호, 858
10. 송정섭, 2000. 2. 한국자생 앵초 종자 및 식물체의 휴면타파와 개화생리. 서울시립대학교박사학위논문
11. 송정섭 · 류병열 · 허건양 · 방창석 · 최영은 · 김병현, 1998년. 저면관수가 자생 초화류 플러그묘 생육 및 용토의 물리성에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권4호, 475
12. 순천시농업기술센터, 1992. 원색잡초도감
13. 안영희, 이택주, 1997. 자생식물대백과. 생명의나무
14. 오 욱 · 김기선 · 유용권, 1998년. 국화 挿木에 있어서 發根 培地의 氣相率(Air Filled Porosity)이 挿穗의 發根과 生育에 미치는 效果(英文), 한국원예학회지, 제39권1호, 92
15. 우보명 외 17인, 1997. 산림공학, 광일문화사, p.453
16. 우보명(1998) 한국의 비탈복원 및 녹화기술, 한국환경복원녹화기술학회지 창립기념 한일심포지움, p.83-98
17. 우효섭, 2001. 하천환경개선사업의 평가와 전망, 건설기술정보, p.1-8
18. 유용권 · 김기선, 1998년. 몇가지 전처리가 미선나무의 종자발아에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권1호, 86
19. 유용권 · 김기선, 1998년. 미선나무 종자의 발달단계별 및 수세처리, NaOCl 처리에 따른 페놀화합물의 함량변화, 한국원예학회지, 제39권2호, 193
20. 윤평섭 · 이정식, 1998년. 온도처리가 은방울꽃(Convallaria keiskei Miq.)의

휴면타파 및 개화촉성에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권1호, 74
21. 이영노, 1996. 원색한국식물도감. 교학사
22. 이우철, 1996. 원색한국기준식물도감. 아카데미서적
23. 이정식 · 김양희 · 노희선, 1998년. 도시환경조성을 위한 옛 농작물 선발, 한국원예학회지, 제39권6호, 849
24. 이종석 · 방광자, 1998년. 연화바위솔(Orostachys iwarenge)의 생육과 개화에 미치는 일장과 광도의 영향, 한국원예학회지, 제39권1호, 83
25. 이창복, 1980. 대한식물도감, 향문사
26. 임 순 · 선정훈 · 손성호 · 한봉희 · 백기엽, 1998년. 광, 무기물 및 생장억제제가 나리류의 자구형성에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권1호, 107
27. 임 순 · 선정훈 · 손성호 · 한봉희 · 백기엽, 1998년. 절편체 급원과 생장조절물질이 나리류의 자구형성에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권1호, 111
28. 임업연구원, 1992. 한국수목도감, 산림청임업연구원
29. 임웅규, 박석근, 류종원, 사동민, 이미순, 임규옥. 1996. 자원식물학. 도서출판 서일
30. 장형태, 2002. 지피식물가이드북. 늘푸른기획21
31. 鄭舜京 · 朴潤点 · 金元嬉 · 吳龍男 · 李恩耕 · 郭炳華, 1998년. 몇 가지 切花薔薇 品種의 岩綿 揷木 發根率 및 苗 生育 연구, 한국원예학회지, 제39권2호, 203
32. 정정학, 1998년. 채종시기, 저장조건 및 GA처리가 섬말나리의 종자 발아 및 자구 형성에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권3호, 329
33. 정정학, 1999. 한국자생 둥근잎꿩의비름의 분화재배에 관한 연구. 농촌진흥청
34. 鄭凞敦 · 崔永俊 · 申尙勳, 1998년. 버미큘라이트를 基本으로 한 床土에 있어서 追肥의 종류가 고추 플러그묘의 生長에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권1호, 1
35. 채수천 · 손기철 · 윤재길, 1998년. 주야 온도차(DIF)가 Dendrobium의 생육 및 지엽발생에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권1호, 60
36. 최상운, 2002. 비탈면 녹화용 자생 초화류 뿌리가 흙의 전단강도 증진에 미치는 영향 : 구절초, 산국, 붓꽃, 띠를 중심으로, 서울대학교 대학원 석사학위논문, p.1-2
37. 최상태, 고재영, 백기엽, 김재영, 김영진, 신학기, 1996. 나리, 구근 생산과 절화 재배기술. 농민신문사
38. 최상태 · 정우윤 · 안형근 · 장영득, 1998년. 나리屬 식물의 生育에 있어 鱗片의 역할, 한국원예학회지, 제39권6호, 780
39. 최상태 · 정우윤 · 안형근 · 장영득, 1998년. 나리屬 식물의 促成栽培時 球根의 植栽깊이가 莖, 葉 및 根의 生育에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권6호, 771

40. 최상태 · 정우윤 · 안형근 · 장영득, 1998년. 나리屬 식물의 促成栽培時 低溫處理期間과 球根의 植栽깊이가 生長 및 開花에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권6호, 765
41. 한국수자원공사(1999) 탐잔다목적댐 담수예정지역 식생조사, p.109-117
42. 한국야생화개발연구회, 2002. 2. 야생화개발과 이용. 대명기획
43. 현우그린(주)1(1999) 절취사면의 생태복원형 녹화공법, 한국환경복원녹화기술학회지 2(2):97-100
44. 환경부, 1996. 훼손된 생태계의 Biodiversity 평가 및 복원기법 개발, p.37-49
45. 환경부, 2000. 대암산 용늪 생태계 보존을 위한 복원사업 기본 및 실시설계, p.2-3, 33, 40-58
46. 환경부/한국건설기술연구원, 1998. 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발', 연구보고서
47. 황성곤 · 황환주 · 김기선, 1998년. 삽목시기 및 발근촉진제 처리가 진달래의 발근에 미치는 영향, 원예과학기술지, 16권1호, 33
48. 姜炯式 · 金容範 · 高泰信 · 鄭舜京, 1998년. 夏菊 促成栽培를 위한 側枝 揷木苗 生産時 에세폰處理 效果, 한국원예학회지, 제39권1호, 79
49. 김태정, 1997. 늪, 습지에 피는 꽃. 국일미디어
50. 농림부, 1998. 두릅순 우량 유전자원의 육종 및 생산기술개발에 관한 연구, 건국대학교
51. 농촌진흥청. 1993 수출 유망 구근화훼(*Lycoris*류)의 대량증식 및 재배법 확립에 관한 연구
52. 박권우, 이창후. 1999. 최신원예번식학. 선진문화사
53. 박권우 · 이긍표 · 박광우 · 정진철, 1998년. 몇 가지 한국 산채종자의 Priming 처리가 발아에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권2호, 135
54. 박권우 · 이긍표 · 박광우 · 정진철, 1998년. 한국 산채종자의 형태적 특성 및 종자층적처리가 발아에 미치는 영향, 한국원예학회지, 제39권2호, 129
55. 박지영 · 유용권 · 정정학 · 김기선, 1998년. 땅나리 기내 인편 배양시 광환경과 배양 절편체의 조건이 증식 효율성에 미치는 영향, 원예과학기술지, 제16권3호 358
56. Goldsmith, F.B.(1991) Vegetation monitoring, In Monitoring for conservation and ecology, Goldsmith, F.B. ed., Chapman & Hall, London, p.77-86
57. Hellawell, J.M.(1991) Development of a rationale for monitoring, In Monitoring for conservation and ecology, Goldsmith, F.B. ed., Chapman & Hall, London, p.1-14
58. http://osoo.co.kr/four01.htm

59. http://textiledept.co.kr/bastfibers.html
60. http://www.envitop.co.kr/01chumdan/05/sp1.htm
61. http://yesone.co.kr/psd/main4.htm
62. Mader, H.(1999) Successful River Restoration within the Urban Area of Salz burg shown at River Alterbach, 3rd International Symposium on Eco-Hydraul ics, Salt Lake City, Utah
63. Shields, Jr., F. D. and Cooper, C. M., and Knight, S. S.(1995) Experiment in Stream Restoration, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, 12