

갈대 줄기의 마디부 발근을 이용한 뗏장 식물섬 개발

이효혜미¹⁾ · 권오병¹⁾

¹⁾ (주) 아썸 호소생태연구소

Development of Floating-Islands with a Sod Mat by Shooting and Rooting from Shoot Nodes of Common Reed

Hyo Hye Mi Lee¹⁾ and Peter Kwon¹⁾

¹⁾ Institute of Limnology, Assum Ecological Systems, Inc.

ABSTRACT

The community of common reed (*Phragmites australis*) is expanded by the development of new shoots from nodes of rhizomes and old shoots in natural environments. We developed the useful technique to construct reed mats of floating islands developed from shoot nodes of reeds for the purpose of the rapid stabilization of vegetation and the application of adapted plants with their specific environmental conditions. The vegetation development was compared in the floating islands planted with the different reed samples. The reed samples were consisted of four types : long shoot in the length of 100 cm (AG I), short shoot of 15 cm (AG II), long rhizome of 100 cm (BG I) and short rhizome of 15 cm (BG II). Shooting started earlier in BG I and BG II than in AG I and AG II. But the rate of shooting was higher in AG I and AG II than in BG I and BG II. After four weeks, AG I and AG II were higher than BG I and BG II in the biomass and density of newly developed shoots. These results showed that the construction of sod mats by planting only reed shoots was a useful technique to develop vegetation on the floating islands

Key words : *floating island, reed, rhizome, shoot, sod mat*

I. 서 론

최근 산업화와 도시화에 의하여 파괴된 자연 환경을 복원하려는 노력과 시도가 날로 증가하고 있다. 생태 복원은 기존의 토목, 조경을 바탕으로 한 공학적 공법이 아닌 생태학적 지식을 바탕으로 하는 새로운 공법을 필요로 하며, 이러한 방법중의 하나가 뗏장을 이용한 식재

방법이다. 뗏장이란 잔디의 식재 방법에서 발전된 것으로 식물의 뿌리가 자라면서 서로 엮이는 현상을 이용하여 카페트형 또는 매트형으로 생산하는 형태를 말한다(박규호, 1999; 안태봉, 1999; 이성호와 심상렬, 1999). 뗏장은 운반의 편리함과 식생의 조기 착생으로 피복도가 우수한 장점이 있어서 여러 식물 중에 적용되는 식생복원 방법 중의 하나이다(허태학과 안

영희, 1999).

최근 하천, 호소 및 습지 생태계의 복원에 정수식물인 갈대(*Phragmites australis*)가 광범위하게 적용되고 있다. 갈대는 우리나라의 하천 및 호소에 번성하는 식물중의 하나로서 벼과의 다년생 초본식물이다(이창복, 1993). 정수성 수생식물인 갈대는 생산성이 매우 높고(임병선 등, 1998a; 1998b), 오염정화능이 크기 때문에 식생복원에 자주 이용되며(공동수 등, 1994), 이러한 이유로 개체군(population)에 대한 연구가 비교적 많은 식물이다(김창호, 1997). 일반적으로 갈대를 이용한 생태복원 방법은 갈대를 파종, 포기 식재, 삼목 등의 방법으로 시공하였다. 그러나 파종법은 발아를 촉진하는 방법이 규명되지 않아서 발아율이 낮으며, 포기 식재를 위한 자연상태의 갈대 채굴은 하천과 습지에 교란을 주고 뿌리와 줄기가 절단되어 생육이 불량하거나 고사하는 문제점으로 인하여 실제 적용에 어려움이 있다. 멧장을 이용한 갈대 식재는 규격화된 크기의 멧장을 뿌리가 온전한 상태로 생산함으로써 식재가 용이하고 활착이 뛰어난 유용성이 있다(허태학과 안영희, 1999).

멧장은 식생복원 방법 중의 하나인 인공식물섬에도 적용할 수 있는 기술이다. 인공식물섬은 수심이 깊거나 수위 변동이 큰 곳, 호안 경사가 급한 곳, 그리고 기질이 콘크리트와 같은 인공적인 곳에서 수생식물을 복원할 수 있는 효과적인 생태기술이다. 이러한 인공식물섬은 수질 정화, 생물서식공간 제공, 파랑 감소 및 경관미 조성 등의 효과가 있다(이효혜미 등, 2001). 식물섬에 식재하는 식물은 주로 갈대, 애기부들, 줄, 노랑꽃창포 등의 정수식물이며, 현재 식물섬을 조성할 때 식재되는 정수식물은 주로 포트 이식에 의하여 이식되고 있다.

인공식물섬에 적용되고 있는 식물 중 대표적인 종인 갈대는 기수역으로부터 담수역까지 생육지 범위가 매우 넓다(이효혜미, 2000). 본인들이 1998년에 기수호인 동해안 경포호에서 갈대 식물섬을 시공한 경험에 의하면, 담수에서 조성한 갈대 포트 묘를 기수에 식재하여 활착에 성공하지 못하였다. 이러한 경우에 현지에서 생

육하는 갈대를 이용하면 효과적으로 식물섬을 조성할 수 있을 것이다. 또한 현장에 생육하는 갈대를 이식하는 경우에 지하부를 포함하는 포기를 채취하지 않고 줄기만을 잘라서 삼목하면 생육지 파괴를 방지할 수 있다.

따라서 본 연구는 식물섬의 갈대 식생 조성에서 식물의 조기 정착을 용이하게 하고, 현지 환경에 적응된 식물을 이용하도록 하며, 경제적인 식재법을 개발하기 위하여 갈대 줄기를 이용한 멧장을 형성하는 방법을 개발하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 갈대 시료 준비

2001년 7월 5일에 충청북도 진천군에 위치한 (주)아섬의 Research Eco-park의 자연형 습지대에 생육하는 갈대를 뿌리까지 채취하여 시료로 준비하였다(Fig. 1). 채취된 갈대는 침수된 부분을 기준으로 하여 지상부와 지하부로 분리하였다. 특히 침수되어 뿌리가 발생한 줄기는 지하경으로 간주하여 지하부에 포함시켰다.

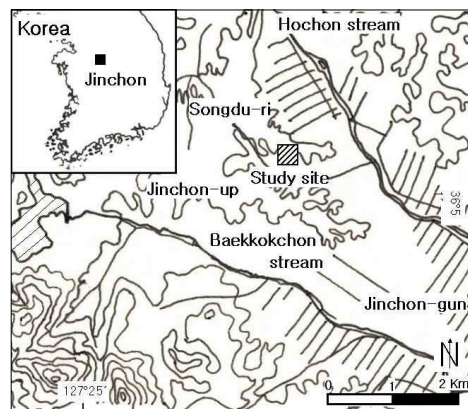
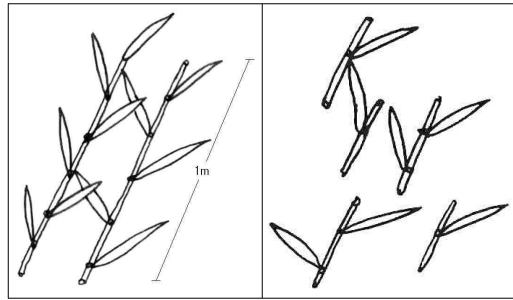


Fig. 1. Map showing the study site.

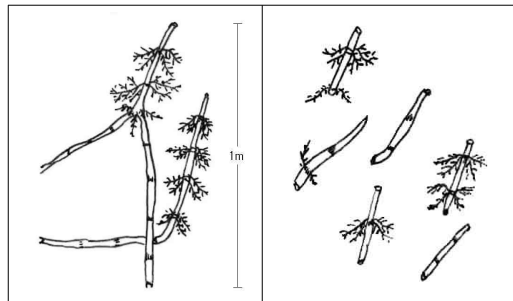
갈대 멧장 형성을 위한 식물 시료는 4 종류로 구분하였다. 지상부의 갈대는 길이가 약 100 cm 되는 것(above-ground I, AG I)과 줄기의 마디가 1-2 개 포함되도록 약 15 cm 정도로 자른 것(above-ground II, AG II)의 두 종류로 구

분하였다. 지하부도 지상부 시료와 마찬가지로 분지된 지하경 중 길이가 가장 긴 것이 100 cm 가량 되도록 자른 지하부(below-ground I, BG I)와 1-2 마디가 포함되도록 15 cm 정도로 자른 지하부(below-ground II, BG II)로 구분하였다.

갈대 시료는 실험이 시작된 7월 5일에는 화서가 발달하지 않은 상태였으며, 부체에 얹어진 갈대 시료는 줄기 및 뿌리의 마디 수가 220 개가 되도록 일정하게 준비하였다.



Above-ground I (natural) Above-ground II (cutting)



Below-ground I (natural) Below-ground II (cutting)

Fig. 4. Above and underground materials of *Phragmites australis*.

2. 뗏장 식물섬 제작

부유성이 있어 이미 ASSUM(상표등록 제 491383호)의 재료가 되고 있는 인공부력 소재를 이용하여 1×1 m² 크기로 부체를 만들고, 야자섬유 그물망을 1×2.1 m²로 준비하였다. AG I, AG II, BG I, 그리고 BG II로 준비된 갈대 시료를 반으로 접은 야자섬유 그물망 사이에 넣었다. 갈대 시료의 유실을 방지하기 위하여 식물섬과 야자섬유 그물망을 녹화끈으로 감침

질하였다. 식물섬은 충청북도 진천군 소재 (주) 아섬의 Research Eco-park 내 연못에 띄웠다. 각 처리당 하나의 식물섬을 제작하였다.

3. 현장 조사 및 분석

1×1 m² 식물섬의 식생변화를 조사하기 위하여 실험 후 0주, 1주, 4주, 6주 및 7주에 새로운 줄기의 수를 모두 세어 밀도를 측정하고, 각 식물섬 실험구에서 5개의 식물체 높이를 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다. 7주차에는 식물섬을 분해하여, 생물량과 발근한 뿌리의 길이를 측정하였다.

생물량은 지상부, 지하부로 식물체를 구분하고, 지하부를 다시 지하경과 뿌리로 분리한 후 측정하였다. 지상부 생물량은 물위로 새롭게 출현한 줄기의 건조량으로 측정하였다. 지하부 생물량은 지상부를 제외한 물에 잠긴 부분을 모두 포함하였다. 채취한 식물 시료를 80℃ 건조기에서 향량이 될 때까지 건조시킨 후 무게를 달아 건조량을 측정하였다.

III. 결 과

갈대의 경엽부를 채취하여 식물섬을 만든 줄기 길이 100 cm인 AG I과 줄기 길이 15 cm인 AG II에서는 동시에 경엽부와 뿌리가 출현하기 시작하였다. 설치 49일이 경과한 후에 경엽부로부터 출현한 AG I과 AG II의 경엽부 길이는 각각 70 cm와 35 cm로서 지하경에서 출현한 BG I과 BG II의 55 cm와 30 cm보다 길었다 (Table 1).

Table 1. Length (cm) of developed shoots with the passage of days (mean±SD, n=5)

Days	Above ground		Below ground	
	AG I	AG II	BG I	BG II
0	0	0	0	0
7	0	0	10± 3.5	3± 1.2
28	25± 3.5	25± 2.1	35± 7.1	20± 3.1
42	50± 5.4	35± 1.8	50±11.7	20± 4.1
49	70± 7.9	35± 2.9	55±12.7	30± 6.1



Fig. 3. Root formation from the nodos of shoots and rhizomes (A : shoot, B : rhizome).

실험 진행 후 3일째에 길이 100 cm인 지하부 I 실험구(BG I)의 마디에서 처음 새로운 경엽부가 출현하였다(Fig. 3). 지하경 정단부가 흰색에서 붉은색으로 변하면서 새로운 줄기로 발달하였다. 실험 시작 7일 후에는 짧게 절단한 지하경 (BG II)의 마디에서 새로운 경엽부가 발달하기 시작하였다(Table 2). 지하부에서의 경엽부 출현은 지하경의 정단부에서 마디부의 순으로 발달하였다.

Table 2. Percentage (%) of germination with the passage of days

Days	Above ground		Below ground	
	AG I	AG II	BG I	BG II
0	0	0	0	0
7	0	0	2	1
28	77	71	18	49
42	97	92	28	52
49	138	136	47	90

경과일수에 따른 출현한 새로운 줄기 수는 Fig. 4와 같다. 설치 후 7일까지는 지하경의 경엽부 형성이 활발하였지만, 그 후에는 지상부의 경엽부 형성이 월등히 높았다.

새로운 줄기의 특징은 지상부와 지하부의 실험구에서 확연하게 구분되었는데, AG I과 II에서 생성된 줄기는 가늘고, 방형구 전체에서 고르게 성장하였으며, BG I과 II에서는 굵은 줄기가 다수 생성되었으나, 높이의 편차가 심하였다(Fig. 5). Fig. 5는 실험 49일 후 각 실험구의 식생이 발달한 모습이다.

식물섬에서 7주후의 생물량이 가장 많은 것

은 AG II로서 건중량이 356 g이었고, 가장 적은 것은 BG I으로서 131 g이었다(Table 3).

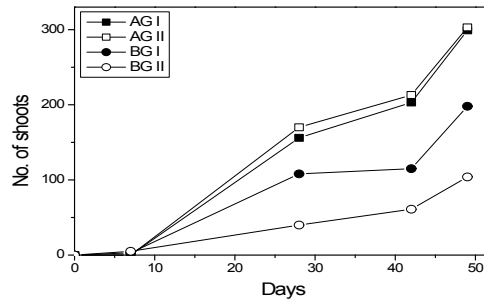


Fig. 4. Number of developed shoots from the nodos of *Phragmites australis*.

Table 3. Biomass (g DM) of shoots, rhizomes and roots of *Phragmites australis*

Part	Above ground		Below ground	
	AG I	AG II	BG I	BG II
Shoot	65	32	25	20
Rhizome	172	318	92	188
Root	13	6	15	68
Total	250	356	132	276

갈대의 지상부/지하경(S/R) 생물량 비는 AG I이 가장 높았다(Table 4). 지상부나 지하부를 일정 크기로 자른 AG II와 BG II의 경우 지하부의 건중량은 많았으나, 지상부/지하부(S/R)의 비는 0.1 정도로 낮았다.

Table 4. Ratio of shoot biomass/rhizome biomass (S/R)

Ratio	Above ground		Below ground	
	AG I	AG II	BG I	BG II
S/R	0.379	0.102	0.272	0.106

IV. 고 찰

수생식물을 이용한 습지 복원에는 종자를 직파하거나, 발아 후 포트에 이식하여 식재하는 방법이 지금까지 사용되었다. 그러나 파종법은

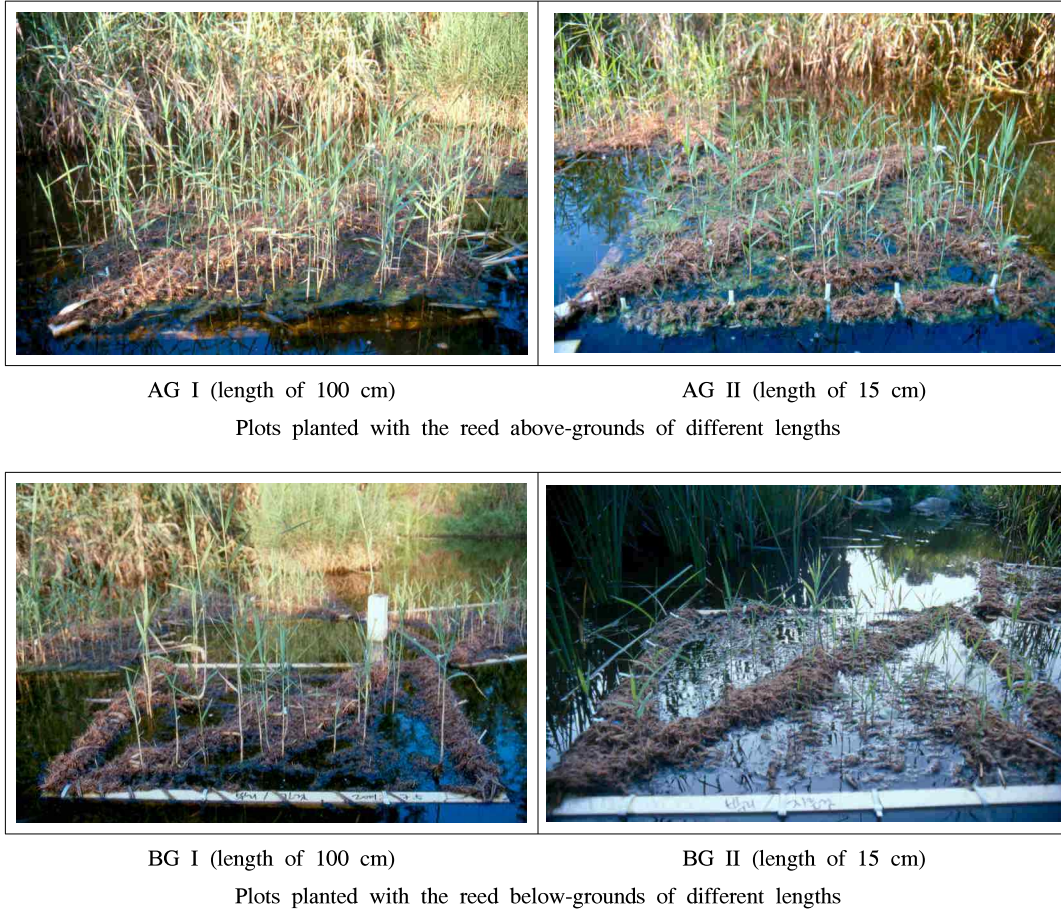


Fig. 5. Comparisons of developed shoots on the floating islands with the different treatments after 49 days.

갈대 씨앗의 특성상 바람에 잘 날리기 때문에 종자가 파종 시에 유실될 확률이 높을 뿐 아니라, 자연 상태의 환경이 일정하지 않기 때문에 발아율이 매년 달라지는 단점이 있다. 또한 온실에서 발아를 시킨 뒤 식재하는 방법은, 규격화된 조건에서 생산된 갈대가 극심한 환경에 식재되었을 경우 안정화되지 못하고 고사하는 단점이 있다.

뗏장을 이용한 식생 복원은 파종 및 포트 식재로 인한 단점을 극복할 수 있는 방법으로서, 균근을 이용하거나(차동천 등, 1997), 수경재배에 의하여 뗏장을 형성하려는 연구가 진행되었다(허태학과 남궁용, 1997). 지금까지 개발된 뗏장은 성장 효율이 높지 않고 현장에 적용하기

에는 비경제적이기 때문에 널리 이용되지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서 시도한 뗏장 형성 방법은 갈대류의 복원에 흔히 이용되는 포복경(runner)와 지하경(rhizome)의 생장에 의하여 군체를 형성하는 여러 방법과는 달리 갈대 지상부의 줄기를 이용하기 때문에 재료에서 분명한 차이가 있으며(정대영과 심상렬, 1998), 줄기를 개체 번식에 이용한 적이 없다는 점에서 번식 방법을 다양화한 것에 의의가 있다.

갈대를 실험 재료로 선택한 이유는 우리나라 전역에 분포하는 대표적인 대형수생식물임과 동시에(이효혜미, 2000), 세계 모든 대륙에 생육하는 종으로서, 염분 내성이 커서 해안부터 하

천에 이르기까지 지리적으로 광범위하게 분포할 뿐 아니라 염도가 45-60‰인 곳에서도 발견되는 가장 쉽게 발견할 수 있는 종이기 때문이다(Lissner and Schierup, 1997). 이러한 생육적 특징으로 인하여, 갈대는 쉽게 구할 수 있으며 습지복원에 잘 이용된다. 다양한 환경에서 생육하는 갈대는 생태형(ecotype)이 존재하며, 이러한 생태형에 가장 큰 영향을 환경요인은 염분도인 것으로 연구되었다(Hootsmans and Wiegman, 1998; Pellegrin and Hauber, 1999; Clevering *et al.*, 2001, Mauchamp and Mesleard, 2001). 이처럼 현지 환경에 따라 특성화된 갈대를 서로 교차 이식할 경우 생육발달이 저하되거나 고사하는 것으로 나타났다. 실제로 염분도가 7-15 ‰로서 기수호인 경포호에 지난 1998년에 갈대 식물섬이 시공되었으나, 담수에서 조성한 갈대 포트 묘는 이식 후 뿌리를 내리지 못하고 토양과 함께 썩어서 식생 복원에 실패하였다. 그 후로서 몇 차례 갈대 포트 묘를 이용한 이식방법을 계절별로 시도하였으나, 모두 만족할 만한 성과는 얻지 못하였다. 2001년 5월에 시행된 식생 복원에서는 갈대 포트 묘를 이용하지 않고, 경포호 현지에 생육하는 갈대를 직접 채취하여 이식하는 실험을 하였다. 이 결과 3개월 후 갈대의 피복도가 80-100 %에 이르러서 현지 갈대를 이용한 복원이 매우 효과적이었음을 알 수 있었다. 갈대의 생태형 존재는 경포호와 같이 환경조건이 특이한 곳의 식생복원을 위하여 현지에 적용된 생태형을 이용하는 것이 바람직한 방법임을 생각하게 한다.

현지 식물을 이용하여 식재한 것이 환경적응이 빨라서 식생 활착율이 높다할지라도 식물 채취의 어려움과 채취로 인한 습지대 파괴의 문제가 남아있기 때문에 쉽게 도입할 수 없다. 그러나 갈대 줄기를 이용한 식재방법은 이러한 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대하며, 또한 줄기를 이용한 영양번식으로 이루어진 군집은 각 개체의 특성이 동일하다는 특징이 있다. 그러므로 영양번식법은 소량의 현지에 적용된 개체를 이용하여 환경적응성을 갖는 대량의 군집을 얻을 수 있는 장점이 있다.

줄기를 내는 지하경의 마디보다 줄기부분의 마디에서 발아율이 좋은 것은 아직 밝혀내지는 못했으나, 그 원인을 산소의 원활한 공급과 연관지어 생각하면 다음과 같은 결론을 지을 수 있다. 식물은 발아 시에 상당량의 산소를 요구하므로 조직 내에 산소의 공급이 원활하면 발아율이 향상될 것이다. 갈대의 지하경은 자연 상태에서 발달된 통기조직 내에 다량의 공기를 함유하지만 조직이 연약하여 채취 시 손상되기 쉽다. 갈대의 줄기는 속이 비어있어서 마디 사이에 공기를 다량 함유할 뿐 아니라 조직이 단단하여 잘 손상되지 않는다는 특징이 있다. 실험에서 모든 시료는 물 속에 잠기도록 설정하였으므로, 갈대 지하경은 손상된 부분을 통하여 물이 들어가 혐기조건으로 변하고, 줄기 부분은 산소를 함유하여 호기상태가 유지되었을 것이다. 이러한 시료의 차이 외에 생리적 차이에 따른 발아율의 특징이 있을 것으로 사료되므로, 심층적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

이 연구에서 개발된 갈대의 마디부 발근을 이용한 뗏장은 식물섬에 적용하기에는 적합한 방법으로 입증되었다. 또한 갈대 이외에도 상류 하천에 분포하는 달뿌리풀과 하구에서 갈대와 함께 대군집을 형성하는 모새달 등에서도 줄기 발근을 이용한 뗏장 형성을 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결 론

갈대 인공식물섬 조성에서 조기에 식생을 안정화시키고 현지에 적용된 식물을 이용할 수 있는 방법을 고안하기 위하여, 갈대 줄기의 마디로부터 줄기와 뿌리를 형성시키는 뗏장 식물섬을 개발하였다. 갈대의 줄기와 지하경을 이용하여 뗏장 식물섬을 만들어서 갈대의 생장을 비교한 결과, 줄기만을 식재하여도 식생의 발달이 지하경을 식재한 것보다 우월하였다. 그러므로 이 연구에서 개발된 갈대의 마디부 발근을 이용한 뗏장은 식물섬에 적용하기에는 적합한 방법으로 입증되었다. 이 방법을 적용하면, 식물섬을 조성할 때 현지에 적용된 갈대 식

생에 큰 손상을 가하지 않고 지상부의 줄기만을 절단하여 식생을 이식할 수 있기 때문에 생태적으로 적응성이 크고 경제적인 방법으로 판단되었다. 또한 갈대 이외에도 상류 하천에 분포하는 달뿌리풀과 하구에서 갈대와 함께 대군집을 형성하는 모새달 등에서도 줄기 발근을 이용한 뗏장 형성을 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

- 공동수 · 양상용 · 황동진 · 류홍일 · 류재근. 1994. 대형생물에 의한 수질개선기법. 한국환경생물학회 춘계학회. pp. 15-36.
- 김창호. 1997. 낙동강 하구의 습지 환경 변화와 갈대(*Phragmites communis* Trin.) 개체군의 성장 동태. 부산여자대학교 자연과학연구소 논문집 3 : 1-13.
- 박규호. 1999. 종이를 이용한 식생매트. 대한민국 특허청 등록실용신안공보.
- 안태봉. 1999. 식생매트를 이용한 사면보호녹화공법 개발 연구. 산업연구 1 : 199-223.
- 이성호 · 심상렬. 1999. 자연식생조성용 카페트형 초본식물 뗏장 및 그 뗏장 식재를 통한 자연식생 조성방법. 대한민국 특허청 공개특허공보.
- 이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사.
- 이효혜미. 2000. 한국의 습지분류. 인하대학교 석사학위논문.
- 이효혜미 · 권오병 · 석정현 · 조강현. 2001. 인공 식물섬에 적합한 식물의 선발 - 4종 정수식물의 식생구조와 생장의 비교. 한국환경복원녹화기술학회 4 : 87-96.
- 임병선 · 이점숙 · 김종욱 · 김하송 · 이승호. 1998a. 함평만 갯벌 조간대의 식생분포 및 현존량. 연안환경연구 15 : 9-20.
- 임병선 · 이점숙 · 김종욱 · 김하송 · 임현빈. 1998b. 순천만 갯벌의 식생에 관한 연구. 연안환경연구 15 : 1-8.
- 정대영 · 심상렬. 1998. 호안자연식생 복원을 위한 갈대류(*Phragmites* spp.) 뗏장 개발 - 토양의 조성 및 과중량이 달뿌리풀(*Phragmites japonica*) 뗏장 형성에 미치는 영향. 한국조경학회지 26 : 28-35.
- 차동천 · 신정섭 · 김동욱 · 손승현 · 임재홍. 1997. 균근균을 함유한 잔디 생장 매트. 대한민국 특허청 공개특허공보.
- 허태학 · 남궁용. 1997. 잔디뗏장 재배방법. 대한민국 특허청 공개특허공보.
- 허태학 · 안영희. 1999. 갈대 및 달뿌리풀의 성형 뗏장묘 제조방법. 대한민국 특허청 공개특허공보.
- Clevering, O.A. H. Brix and J. Lukavska. 2001. Geographic variation in growth response in *Phragmites australis*. Aquatic Botany 69 : 89-108.
- Hootsmans, M.J.M. and F. Wiegman. 1998. Four helophytes species growing under salt stress : their salt of life? Aquatic Botany 62 : 81-94.
- Lissner, J. and H.-H. Schierup. 1997. Effects of salinity on the growth of *Phragmites australis*. Aquatic Botany 55 : 247-260.
- Mauchamp, A. and F. Mesleard. 2001. Salt tolerance in *Phragmites australis* populations from coastal Mediterranean marshes. Aquatic Botany 70 : 39-52.
- Pellegrin, D. and D.P. Hauber. 1999. Isozyme variation among populations of the clonal species, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. Aquatic Botany 63 : 241-259.

接受 2001年 1月 12日