

세 갈대 개체군의 절단 부위별 삽목 생장 특성

홍문기·김재근

서울대학교 생물교육과

Growth Characteristics of Cutting Culms Sectioned at Different Positions from Three Reed Populations

Hong, Mun-Gi and Kim, Jae Geun

Dept. of Biology Education, Seoul National University.

ABSTRACT

Culm cutting is very effective and convenient method for asexual propagation and even much less destructive than the other ways such as excavation of rhizomes. Despite that culm cutting is such a useful method, only few investigations for raising its efficiency have been carried out. We tried to examine the effect of different geographical populations and cutting sections on the shoot emergence, biomass production and its allocation in terms of cutting efficiency. Culms were sampled from three environmentally distinct wetlands : riparian marsh, salt marsh and montane fen and then they were cut separately into four sections from the bottom to the top part. Both factors of different population and section affected the shoot emergence together. Middle parts on the culm always showed more shoot emergence irrespective of different population. On the other hand, first section from salt marsh and fourth section from the montane fen did not exhibit any shoot emergence. Significant difference in increase of shoot emergence between different sections during investigation period was confirmed only from salt marsh population. Not only different population but also appropriate cutting section should be considered together for better efficiency in cutting of reed culms.

Key Words : biomass allocation, common reed, *Phragmites australis*, shoot emergence.

First author : Hong, Mun-Gi, Dept. of Biology Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea,
Tel : +82-2-880-9077, E-mail : duflex7@hanmail.net

Corresponding author : Kim, Jae Geun, Dept. of Biology Education, Seoul National University, Seoul 151-748,
Korea,
Tel : +82-2-880-7896, E-mail : jaegkim@snu.ac.kr

Received : 24 November, 2011. **Revised** : 29 December, 2011. **Accepted** : 20 February, 2012.

I. 서 론

갈대(*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)는 고산습지로부터 하천변의 담수습지 그리고 기수습지와 염습지에 이르기까지 매우 넓은 범위의 서식 환경 스펙트럼을 갖는 대표적인 정수식물이다(Haslam, 1970, 1972; Marks et al., 1994; Mal and Narine, 2004). 넓고 다양한 종류의 습지환경에서 서식 가능할 뿐만 아니라 생장도 다른 정수식물들에 비해 뛰어난 갈대는 최대 6 m 까지 자랄 수 있는 것으로 알려져 있다(Haslam, 1970, 1972; 오경환·임병선, 1983; Gleason and Cronquist, 1991; Eggers and Reed, 1997; 노희명 등, 2002). 갈대는 위와 같은 생태적 특성 등에 기초하여, 수질 정화를 위한 인공 습지 조성이나 훼손된 습지의 정비 및 복원 등에 활발히 활용되고 있다(Tanner, 1996; 이효혜미 등, 2001; Calheiros et al., 2007; Rejmánková, 2011).

다년생 식물인 갈대를 다양한 목적의 습지에 적용할 수 있는 방법으로는 종자를 직접적으로 파종하는 방법, 발아시킨 유묘나 성체를 활용하는 방법 그리고 지상부나 지하부를 활용한 삽목이나 뗏장 제작 등이 알려져 있다(황인택 등, 1996; 주용규, 1998; 정대영·심상렬, 1999; 이효혜미·권오병, 2002; 정경진 등, 2003). 물론 조 직배양 기술을 활용하여 갈대를 대량 증식한 이후 습지에 적용하는 것도 가능하나(Cui et al., 2002; Zhao et al., 2004), 위의 방법들을 활용하는 것이 일반적이다. 그 중에서도 효율이 높고 여러 모로 유용한 것으로 알려진 방법이 바로 지상부를 활용한 삽목이다(황인택 등, 1996; 정경진 등, 2003).

종자 파종의 경우 현장에서의 종자 발아율이 현저히 낮아지는 한계점을 보일 뿐만이 아니라 종자의 채취 시기를 정하는 것 또한 굉장히 까다롭기 때문에 여러 모로 불편하다. 또한 지하부인 지하경을 활용하기 위해 직접 채취하는 경우 습지를 심각하게 훼손하고 교란시킬 수 있다. 반면,

지상부를 활용한 삽목의 경우 위와 같은 문제점들을 해결할 수 있으며 줄기로부터의 지상부(shoot) 발아율 또한 75% 정도로 상당히 높아 그 활용 가능성이 이미 충분히 확인된 상태이다(황인택 등, 1996; 이효혜미·권오병, 2002; 정경진 등, 2003).

주용규(1998)의 연구에 따르면 지상경 삽목은 지하경 삽목과 달리 일단 활착이 되면 고사하지 않고 성장하여 상대적으로 높은 효율을 보이는 것으로 확인된 바 있다. 뿐만 아니라 이효혜미와 권오병(2002)은 갈대의 지상부와 지하부를 활용한 뗏장 제작 효율에 있어서도 지상부가 지하부보다 더 뛰어났음을 밝힌 바 있다. 이처럼 갈대의 지상부를 활용한 삽목은 용이한 채취와 더불어 발아 효율 또한 높은 무성생식 방법으로서 다양한 이점을 갖추고 있다. 또한 과도한 채취 시 생태계 파괴 등으로 문제가 될 수 있는 지하경과는 달리 갈대 지상부의 채취는 오히려 갈대 생장을 촉진시킬 수 있다(정연숙 등, 1999; 김구연 등, 2007).

여러 면에서 높은 활용가치를 지니는 지상부 삽목은 파종법이나 지하경 삽목과 비교하여 차별성을 가진다 할 수 있다(정대영·심상렬, 1998; 주용규, 1998). 그럼에도 불구하고 갈대의 무성생식을 활용한 국내외 연구의 대부분은 갈대 습지의 물질 흡수 능력 등에 초점을 맞춘 것들이 대부분이다(Tanner, 1996; 심우섭·한인섭, 1998; 문형태 등, 1999; 노희명 등, 2002; 양홍모, 2004; Calheiros et al., 2007; Gottschall et al., 2007). 위 연구들의 경우 대부분이 유묘나 지하경을 활용한 것들이며 지상부 삽목의 효율성을 높일 수 있는 차원에서의 기초 연구는 거의 전무한 상태다.

다양한 환경에서 채취한 갈대 지상부를 지면으로부터의 거리에 따라 절단하여 부위별로 식재한 뒤 지상부 출현과 생장을 비교 관찰해 보았다. 이를 통해 다른 환경의 개체군 차이와 지면으로부터의 부위별 차이가 갈대 지상부 삽목 효율 및 생장에 어떻게 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

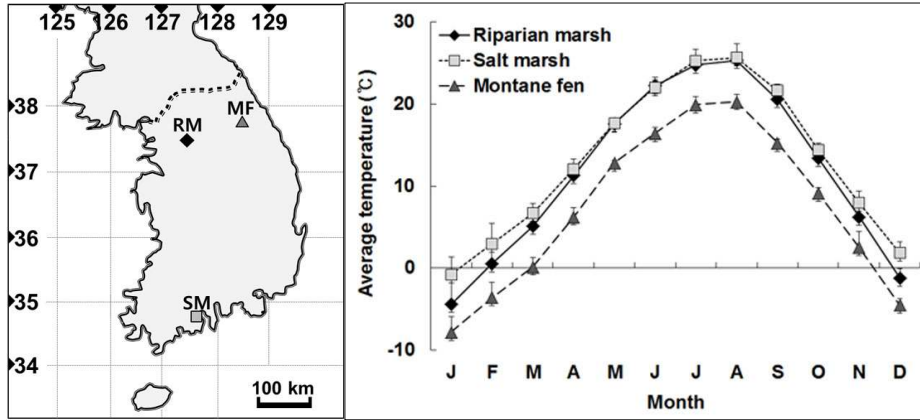


Figure 1. Geographical location and average temperature from 2007 to 2011 of three sampling sites (RM, riparian marsh; SM, salt marsh; MF, montane fen).

II. 재료 및 방법

염농도가 명확히 구분되는 지역 간 갈대 생육에 차이가 있다는 선행연구를 토대로(이호준·양효식, 1993) 고산 습지(montane fen)인 강원도 오대산 조개동 갈대 습지(E128°55' N37°83', 해발고도 871m), 염습지(salt marsh)인 전라남도 순천만 갈대 습지(E127°48' N34°84', 해발고도 6 m) 그리고 담수 하천 습지(fresh water riparian marsh)인 경기도 광주시 퇴촌면에 위치한 경안천 습지(E127°30' N37°46', 해발고도 28 m)를 갈대 지상부 채취 장소로 선정하였다.

세 습지는 염 농도뿐만 아니라 고도나 위도 등

다양한 지리적, 환경적 차이로 인해 월별 평균 기온에 있어서도 상당한 차이를 보였는데, 특히 고산 습지인 오대산 조개동 습지는 다른 두 습지에 비해 전반적으로 기온이 크게 낮은 것으로 확인되었다. 조개동 습지와 경안천 습지의 기온 데이터 비교는 우리나라의 경우 위도보다 고도 차이에 의한 기온차가 훨씬 클 수 있다는 사실을 시사한다(그림 1).

조개동 습지의 경우 물이끼(*Sphagnum* spp.)가 서식하는 빈영양 상태(oligotrophic status)의 습지로서 낮은 pH(5.8)와 전기전도도 값(44.3 μ S/cm)이 측정되었다. 반면 순천만 습지의 경우 해수의 영향으로 인해 굉장히 높은 전기전도도 값

Table 1. Physico-chemical characteristics of sampling sites (n = 4)

| | | Electric conductivity | pH | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Na ⁺ | Mg ²⁺ |
|----------------|------|-----------------------|-----|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | | (μ S/cm) | - | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) |
| Riparian marsh | mean | 374.8 | 6.9 | 0.1 | 0.3 | 1.0 | 75.3 | 28.8 | 28.8 | 10.1 |
| (28 m*) | S.D. | 8.0 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 1.7 | 5.3 | 1.0 | 1.1 | 0.0 |
| Salt marsh | mean | 16,362.0 | 7.8 | 7.3 | 4.0 | 0.4 | 157.0 | 187.3 | 4,350.3 | 512.1 |
| (6 m*) | S.D. | 16,327.6 | 0.1 | 4.9 | 3.7 | 0.3 | 156.3 | 132.3 | 4,606.4 | 544.5 |
| Montane fen | mean | 44.3 | 5.8 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 1.2 | 3.0 | 6.0 | 0.8 |
| (871 m*) | S.D. | 3.7 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 1.0 | 0.2 |

*above sea level, S.D. = standard deviation.

Table 2. Growth parameters of three eco-types of common reed in sampling sites (n = 3)(mean ± S.D.)

| | Shoot height (cm) | No. of shoots (#/m ²) | Above-ground biomass (g/m ²) |
|----------------|-------------------|-----------------------------------|--|
| Riparian marsh | 375.7 ± 7.6a | 30.0 ± 5.0a | 954.6 ± 26.8a |
| Salt marsh | 301.3 ± 3.1b | 102.0 ± 17.1b | 1665.1 ± 194.3b |
| Montane fen | 415.7 ± 21.8c | 15.3 ± 2.3a | 432.3 ± 53.9c |

Each letter denotes statistically different sub-groups by Duncan test, $P = 0.05$.

(16,362 $\mu\text{S}/\text{cm}$)이 측정되었다. 한편 경안천 습지는 전반적으로 위 두 지역의 중간 정도 되는 수질 특성을 나타내었다(표 1).

위 세 채취 지역은 각각의 환경 중에서도 특히 갈대의 생육이 왕성한 곳들로서 갈대 초고나 지상부 생산성(above-ground biomass)에 있어 유사한 환경들 중 가장 뛰어난 특성을 나타내었다. 조개동 습지의 경우 초고가 4 m가 넘어 세 지역 중 가장 컸으며 순천만 습지의 경우 염습지임에도 불구하고 3 m가 넘는 초고와 더불어 1.5 kg/m²이 넘는 지상부 생산성을 나타내었다. 경안천의 경우 초고나 밀도, 생산량 모두 세 지역 중 중간 정도의 생육 특성을 보였다(표 2). 뿐만 아니라 서로 완전히 다른 환경 특히 서로 다른 기후적 특성 그리고 수문(hydrology)과 매질 및 수질 환경 등에 적용된 결과인지 초고나 밀도 또한 완전히 상이하였으며 논문 상 자료의 형태로 제시되었으나 초고나 밀도와 더불어 잎이나 꽃의 크기나 모양 그리고 색 등 형태적 특성에서도 육안으로 구분이 될 만큼 차이를 나타내었다.

2011년 6월 중순, 지상부 삽목을 위해 선정된 각각의 습지 중 갈대 확장이 활발히 이뤄지고 있는 지역에서 지상부를 선택적으로 채취하였다. 그 후 지면으로부터의 거리에 따라 부위별로 절단한 후 절단 부위가 마르지 않도록 처리하여 온실의 mesocosm에 모래와 함께 식재하였다. 지면으로부터의 거리 산정의 경우, 세 지역의 갈대 초고가 각기 달라 절대적인 길이가 아닌 상대적 비율을 적용하여 하나의 갈대 줄기가 4등분이 되도록 절단하였다(지면에서 가장 가까운 순서대로

편의상 1, 2, 3 그리고 가장 먼 것을 4로 구분하여 명명하였다). 단, 지상부 출현이 이뤄지는 부위별 마디(node)수가 최대한 균질하게 포함되도록 주의하였다. 갈대 삽목의 경우 일반적으로 사용되는 방법인 수평법(갈대를 지면에 거의 수평이 되도록 비스듬히 식재하되 약 절반가량이 매질에 묻히도록 함)을 적용하였다. 뿌리가 충분히 발달하기 전에 과도한 양분을 시비할 경우 오히려 식물체가 썩게 되므로(정경진 등, 2003) 따로 시비는 수행하지 않았으며 식재 식물량을 고려하여 충분한 양의 매질에 지상부를 삽목하였다.

지역 및 부위별로 3~4반복(경안천 습지, 3반복; 순천만 습지, 4반복; 조개동 습지, 3반복)이 되도록 mesocosm을 구성하였으며 각각의 실험 조건별 mesocosm에 부위별로 절단한 갈대를 6~7개씩 식재하였다. 경안천의 경우 진딧물 피해로, 진딧물이 상대적으로 적은 갈대만을 선택적으로 채취하다 보니 충분한 수의 갈대 샘플을 확보하기 어려웠으며 조개동의 경우 너무 많은 수의 갈대 지상부를 채취하는 것은 습지 보존 지역을 훼손할 염려가 있기에 각 지역 및 부위별로 3반복의 mesocosm이 되도록 채취 반복수를 제한하였다. 지역별 및 지역 내 갈대 간 초고가 균질하지 못하였기에 지상부 출현이 이뤄지게 되는 마디가 최대한 비슷한 수로 포함될 수 있도록 고루 배치시켰으며 육안으로 관찰 시 다소 부실하거나 생육상태가 불량한 갈대가 포함될 경우 6개가 아닌 7개의 부위별 갈대로 각각의 mesocosm을 구성하였다. 지상부 식재 및 출현수와 관련된 자세한 사항은 결과 및 고찰에 제시하였다(표 4).

삽목 후 약 한 달 가량의 시간이 지난 7월 중에 새로운 지상부 출현(emergence)이 관찰되었으며 이후 약 15 cm 이상의 초고 생장이 이뤄진 8월부터 실험구별 지상부 출현수를 측정하였다. 지상부 출현 수 측정은 지상부 식물체의 갈변이 관찰된 10월까지 계속되었으며 갈변을 기점으로 식물체를 매질로부터 분리시켰다. 분리한 식물체는 수돗물로 깨끗이 씻어 매질을 완전히 제거하고 지상부와 지하부로 구분하였다. 특히 지하부는 지하경과 뿌리로 추가적으로 분리한 뒤 건조량을 측정하였다(80℃에서 48시간 건조). 초기 식재 지상경은 크기와 색으로 구분하여 제거함으로써 건조량에 포함되지 않도록 하였다. 단, 삽목 후부터 수확 전 시기 중 진딧물 등의 영향으로 고사한 식물체는 따로 건조량에 포함시키지 않았다.

실험구별 지상부 출현 및 생육 비교를 위해 지역별 repeated measures ANOVA(독립변수 : 지면으로부터의 높이에 따른 부위 및 경과 시간) 및 three-way ANOVA(독립변수 : 지역, 지면으로부터의 높이에 따른 부위, 지상부 및 지하부 등의 기관)를 ($P = 0.05$)의 유의확률 수준으로 수행하였다. 정규성(normality)과 동분산성(homoscedacity) 가정을 위해 지상부 출현수는 제곱근 변환(SQRT-x transformed) 그리고 생물량과 관련된 결과는 로그변환(log-x transformed) 하였으며 검증을 위해 Komogorov-Smirnov test와 Levene's test를 각각 수행하였다. 위 모든 통계 수행은 통계프로그램인 statistics SPSS ver. 20을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 출현 shoot 수 변화 측정을 통한 지역별, 부위별 삽목 생육 특성 비교

상이한 환경으로부터 기인한 서로 다른 갈대 개체군의 지상부 삽목 효율 및 생육 특성을 비교하여 보았다. 결과 중 가장 특징적인 사실은 지역별로 지상부 출현이 이뤄진 부위(section)에 있어 명료한 차이를 보였다는 것이다(그림 2). 경안천

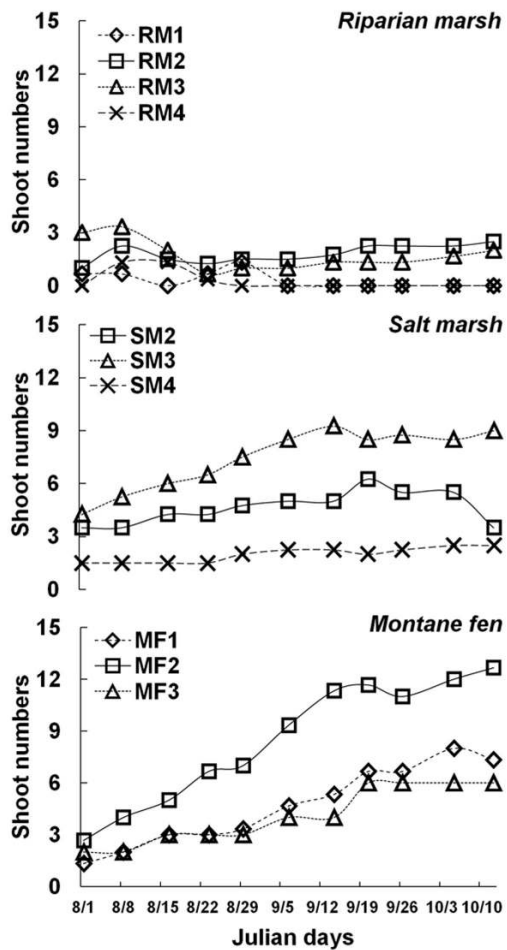


Figure 2. Shoot number increment in three populations. Each numbers next to abbreviation of site indicate the vertical position from the bottom (i.e., the larger number, the higher position from the bottom).

의 경우 RM1부터 RM4에 이르기까지 모든 부위에서 지상부 출현이 이뤄졌던 반면, 순천만은 SM1을 제외한 나머지 부위에서 그리고 조개동 습지의 경우 MF4를 제외한 나머지 부위에서 지상부 출현이 이뤄졌다. 이는 갈대 지상부 삽목 시 채취가 이뤄지는 습지의 환경에 따라 채취 부위를 달리해야할 필요성을 시사한다(홍문기·김재근, 2011). 적어도 모든 지역의 '2'와 '3'에 해당하는 부위의 경우 지상부 출현이 관찰된 만큼 실제 갈대 채취 시 반드시 고려되어야 할 것이다.

Table 3. Repeated measures ANOVA result for SQRT shoot number increment among experiments. Time (Julian days), section (1 to 4) and site (RM, riparian marsh; SM, salt marsh; MF, montane fen).

| Source | Site | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|------|----------------|----|-------------|--------|----------|
| Time | RM | 9.276 | 10 | 0.928 | 4.826 | 0.000*** |
| | SM | 4.411 | 10 | 0.441 | 9.767 | 0.000*** |
| | MF | 15.138 | 10 | 1.514 | 24.235 | 0.000*** |
| Time x Section | RM | 6.293 | 30 | 0.210 | 1.091 | 0.366 |
| | SM | 1.873 | 20 | 0.094 | 2.074 | 0.011* |
| | MF | 0.845 | 20 | 0.042 | 0.677 | 0.824 |

SQRT = square root.

* $P < 0.05$, *** $P < 0.001$.

담수 하천인 경안천과는 달리 염수의 영향을 지속적으로 받는 순천만의 SM1에서는 단 하나의 지상부 출현도 관찰되지 않았다. 뿐만 아니라 조개동 습지 갈대의 가장 높은 부위인 MF4의 경우도 마찬가지로 지상부가 출현하지 않았다. 갈대 부정이 형성은 주로 마디에서 이뤄지는데(황인택 등, 1996; 이효혜·권오병, 2002), 높은 고도에 위치한 조개동 습지의 경우 다른 두 습지에 비해 상대적으로 갈대 생육이 늦다. 초고 자체는 다른 두 습지보다 더 컸지만 여전히 생장 중이어서 맨 윗부분에 해당하는 MF4에 해당하는 줄기가 마디를 충분히 포함하지 못하였기 때문에 부정이 형성이 제대로 되지 못한 것으로 보인다.

지상부 출현이 이뤄진 경우 시간이 경과함에 따라 지속적인 출현수 증가가 관찰되었다(그림 2, 표 3). 보통 갈대의 생육은 개화 후 10월 정도에 끝이 나는데(오경환과 임병선, 1983; Mal and Narine, 2004) 본 연구에서는 개화는 이뤄지지 못했으나 몇몇 출현 지상부 수가 10월을 기점으로 감소하는 경향을 나타내기도 하였다(그림 2, SM2과 MF1). 지상부 출현수의 경우 모든 지역에서 시간이 경과함에 따라 유의미한 증가가 확인되었으나(표 3) 각 지역별로 분석할 경우 부위별 차이는 순천만($P = 0.011$)을 제외한 나머지 두 곳에서는 유의미하지 않은 것으로 나타났다.

순천만의 경우에만 부위별 지상부 출현수 증가간 유의미한 차이가 검증되었다. 조개동의 경우도 MF2가 다른 두 부위에 비해 지상부 출현수가 높은 것처럼 보이나 통계적으로 유의미한 차이는 확인되지 않았는데 이는 통계량 부족 때문인 것으로 판단된다.

다른 두 지역에 비해 현저히 낮은 지상부 출현 및 수의 증가가 관찰된 경안천의 경우 모든 부위에서 지상부 출현이 관찰된 반면 약 2주 만에 RM1과 RM4의 지상부가 전부 고사하였다(그림 2). 다른 두 지역과 마찬가지로 가장 낮은 부위인 RM1과 가장 높은 부위인 RM4의 경우 상대적으로 마디수도 적고 활력도 낮을 뿐만 아니라 경안천 습지 전반에 걸쳐 창궐해 있던 진딧물의 영향이 크게 작용한 것으로 보여 진다. 지상부 채취에 까지도 불편함을 줄 만큼 많은 수의 진딧물이 갈대 지상부 전체에 퍼져 삼목체의 생육에까지 영향을 미친 것으로 판단된다(Tscharntke, 1992, 1999). 지상부 삼목 시 반드시 진딧물과 같은 병충해와 관련하여 각별한 주의가 필요한 것으로 보여 진다. 충분한 수의 반복수로 실험을 수행하였으나 생각보다 많은 실험구에서, 지상부 출현이 저조하거나 고사하여 애초에 의도한 연구 설계에 따른 결과의 통계적 유의미성은 충분히 확보되지 못하였다(표 4).

Table 4. Initial mesocosm design and result of shoot emergence.

| | Riparian marsh | Salt marsh | Montane fen |
|---|----------------|------------|-------------|
| No. of mesocosm for section of each site (A) | 3 | 4 | 3 |
| No. of section per culm (B) | 4 | 4 | 4 |
| No. of mesocosm of each site (A x B) | 12 | 16 | 12 |
| No. of each section in mesocosma (C) | 6 | 6 | 6 |
| Total No. of section per site (A x B x C) | 72 | 96 | 72 |
| No. of mesocosm in which shoot emerged (D) | 2 | 12 | 6 |
| Shoot emergence ratio of each site [% , (D / (A x B)) x 100] | 16.7 | 75.0 | 50.0 |

^a if relatively weak or meager culm is included in mesocosm, we add one more section into mesocosm set for compensating initial difference in vitality of culms.

2. 개체군에 따른 삼목체의 생물량 분배

지역 간 출현 지상부의 초고가 전반적으로 유사하였기에 생물량 또한 지상부 출현수와 유사한 경향을 나타내었는데 그림 2에서와 마찬가지로 경안천의 경우 RM2에서 순천만의 경우 SM3 그리고 조개동의 경우 MF2에서 가장 높은 지상부 및 지하부 생물량이 확인되었다(그림 3).

전반적으로 지상부는 지하부가 잘 발달함에 따라 함께 발달하는 경향을 나타내었는데(Whigham and Simpson, 1978; Gross et al., 1991) 지상부의 생물량은 지하경 및 뿌리와 밀접한 관련(각각 $P < 0.05$, $P < 0.01$)이 있었을 뿐만 아니라 지하

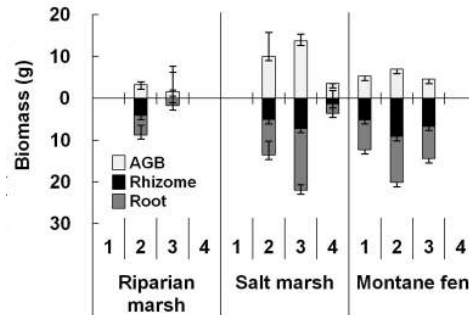


Figure 3. Biomass of above- and below-ground part emerged from vertically different positioned culm of three populations. Vertical bars indicate standard deviation. AGB = above ground biomass.

Table 5. Correlation between log AGB, log rhizome biomass, and log root biomass.

| | AGB | Rhizome biomass | Root biomass |
|-----------------|---------------------|-----------------|--------------|
| AGB | Pearson Correlation | 1 | 0.695** |
| | Sig. (2-tailed) | | 0.011 |
| | N | 22 | 22 |
| Rhizome biomass | Pearson Correlation | 1 | 0.665** |
| | Sig. (2-tailed) | | 0.001 |
| | N | 22 | 22 |
| Root biomass | Pearson Correlation | | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | | |
| | N | | 22 |

AGB = above ground biomass.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

Table 6. Three-way ANOVA result for log biomass and its allocation among experiments. Site (riparian marsh, salt marsh and montane fen), section (1 to 4) and part (above ground biomass, rhizome and root).

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------------------|-------------------------|----|-------------|--------|----------|
| Site | 3.841 | 2 | 1.921 | 10.935 | 0.000*** |
| Section | 4.431 | 3 | 1.477 | 8.409 | 0.000*** |
| Part | 0.211 | 2 | 0.105 | 0.599 | 0.554 |
| Site x Section | 0.370 | 2 | 0.185 | 1.053 | 0.358 |
| Site x Part | 0.552 | 4 | 0.138 | 0.785 | 0.541 |
| Section x Part | 0.603 | 6 | 0.101 | 0.572 | 0.750 |
| Site x Section x Part | 0.040 | 3 | 0.013 | 0.075 | 0.973 |

*** $P < 0.001$.

경과 뿌리 간에도 유의미한 상관($P < 0.01$)이 확인되었다(표 5). 이는 지상부 출현 수가 많은 경우 지하경의 길이 확장이나 뿌리의 활착도 더 좋았을 것임을 의미한다.

상이한 환경의 세 개체군의 갈대가 자연에서 각기 다른 패턴의 지상부 생육(표 2)을 보여주었던 것과 마찬가지로 지상부 삼목체도 마찬가지로의 지역 간 상이함을 기대하였으나 통계적으로 유의미한 차이는 확인되지 않았다(표 6). 전체적으로 경안천이 다른 지역에 비해 생물량이 낮았으며 '2'나 '3' 부위에 주로 생물량이 집중되었다는 사실 정도만을 검증할 수 있었다. 이는 진딧물 등에 의한 영향 등으로 인한 저조한 지상부 출현수 및 고사로 인한 통계량 부족으로 인한 것으로 보여진다(표 4).

일반적으로 다양한 지정학적, 환경적 차이는 갈대 생육에 지대한 영향을 미치는 것으로 잘 알려져 있다(Meyerson et al., 2000; Clevering et al., 2001; 홍문기·김재근, 2011). 그러한 차이가 이식(transplantation)이 이뤄지더라도 유지되는 경우가 있는데 이를 생태형(ecotype)이라 한다. 넓은 지리적 분포를 갖는 갈대의 그러한 특성을 고려하여 명료히 구분되는 환경의 개체군들로부터 채취한 지상부 삼목체 생육을 비교하여 보았다. 하지만 지상부 삼목을 통한 지상부 출현 및 생물

량 분석 결과를 갖고서 세 지역이 서로 다른 생태형이라 말할 순 없었다. 생태형은 기본적으로 고정된 표현 형질이 서로 다른 환경에 노출되더라도 유지될 때를 일컫는 용어이기 때문이다. 다만 세 지역의 지상부 삼목 결과에 있어 여러 모로 유의미한 차이를 나타내었으므로 환경 차이가 지상부 삼목에도 기여했다고 볼 수 있다. 그러므로 지상부 삼목이 이뤄지게 될 경우 무엇보다 삼목체가 적용될 습지의 환경적 특성을 충분히 고려하는 것이 선행되어야 함을 제안한다.

황인택 등(1996)의 제안과 같이 우리나라에서의 지상부 삼목을 위한 채취는 보통 6월 중에 시행한다. 하지만 조개동과 같은 높은 고도에 위치한 고산습지의 경우 다른 지역에 비해 상대적으로 생장이 느리므로 다른 습지보다 다소 늦은 시기에 채취하거나 채취 시 아직 마디 발달이 되지 못한 부위는 채취하지 않는 것이 바람직할 것이다. 즉 초고의 절대 높이가 아닌 상대 높이로 중간 정도에 해당하는 갈대를 선택적으로 채취하며 절단한 갈대의 길이보다는 부정아가 만들어지는 마디가 충분히 포함되도록 채취하여 식재하는 것을 제안한다. 실제로 우리나라의 북단과 최남단에 위치한 조개동과 순천만의 경우 6월 중 조개동의 갈대 초고가 순천만보다 컸음에도 불구하고 조개동의 갈대는 초고 생장이 한창이었던 반면

순천만의 경우 거의 생장이 완료된 상태였다. 채취 시기와 더불어 진딧물과 같은 병충해에 의한 삼목 효율 저하도 가능하므로 그에 대한 고려도 수반된다면 보다 나은 갈대 지상부 삼목이 가능할 것이라 기대한다.

IV. 감사의 글

갈대 지상부 채취와 온실 내 설치를 도와준 이광문, 박경아, 박지현, 김태현 그리고 온실 실험 진행에 많은 도움을 주신 (주)지엘조경개발의 황영도 대표님, 박달곤 이사님, 강유정 대리님께 감사의 말씀을 전합니다. 통계 처리 등 보다 나은 논문이 될 수 있도록 세심한 조언을 아끼지 않아 주신 익명의 심사위원님들께도 깊은 감사를 드립니다. 본 연구는 환경부 산하 수생태복원사업단의 Eco-STAR project(EW33-08-12), 서울대학교 BK 21 사업, 그리고 정부 재원으로서는 한국연구재단(과제번호 313-2007-2-C00735)의 지원을 받아 수행되었음을 밝힙니다.

인 용 문 헌

- 김구연 · 박희순 · 주기재. 2007. 낙동강하구 갈대 군락의 성장에서 지상부제거에 따른 영향. 한국환경생태학회 학술대회논문집 pp.62-68.
- 노희명 · 최우정 · 이은주 · 윤석인 · 최영대. 2002. 시화지구 인공습지에서 갈대에 의한 질소 및 인 흡수. 한국생태학회지 25(5) : 359-364.
- 문형태 · 남궁정 · 김정희. 1999. 대형수생식물의 물질생산과 질소와 인의 흡수량. 환경생물학회지 17(1) : 27-34.
- 심우섭 · 한인섭. 1998. 울산지역에서 자생하는 갈대, 부들, 갈풀을 이용한 reed-bed의 생활하수 정화능력 연구. 한국환경과학회지 7(2) : 117-121.
- 양홍모. 2004. 갈대 및 부들 습지셀의 연못시스템 방류수 질소제거 비교. 한국환경농학회지 23(4) : 234-239.
- 오경환 · 임병선. 1983. 섬진강 하구 염습지 갈대 군락의 생산성과 토양양분의 계절적 변화. 한국생태학회지 6(2) : 90-97.
- 이호준 · 양효식. 1993. 생육지의 토양염분농도에 대한 갈대(*Phragmites communis* Trin.)개체군의 적응. 한국생태학회지 16(1) : 63-74.
- 이효혜미 · 권오병 · 석정현 · 조강현. 2001. 인공 식물섬에 적합한 식물의 선발-4종 정수식물의 식생구조와 생장의 비교. 한국환경복원녹화기술학회지 4(1) : 87-96.
- 이효혜미 · 권오병. 2002. 갈대 줄기의 마디부 발근을 이용한 뗏장 식물섬 개발. 한국환경복원녹화기술학회지 5(1) : 59-65.
- 정경진 · 김미경 · 안원용. 2003. 하천합류부에서 갈대매트를 이용한 하천식생대 조성에 대한 기초적 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 6(4) : 62-73.
- 정대영 · 심상렬. 1998. 호안자연식생 복원을 위한 갈대류(*Phragmites* spp.) 뗏장 개발-토양의 조성 및 파종량이 달뿌리풀(*Phragmites japonica*) 뗏장 형성에 미치는 영향. 한국조경학회지 26(1) : 28-35.
- 정대영 · 심상렬. 1999. 갈대속 (*Phragmites* spp.) 식물의 식생공법 개발에 관한 연구. 한국조경학회지 27(2) : 51-57.
- 정연숙 · 오현경 · 노찬호 · 황길순. 1999. 습지식물의 지상부 제거가 생산력과 영양염류 제거량에 미치는 효과. 한국환경생물학회지 17(4) : 459-465.
- 주용규. 1998. 간석지에서의 갈대 시공법에 관한 연구. 한국전통조경학회지 16(3) : 35-40.
- 홍문기 · 김재근. 2011. 유전 형질, 환경 인자, 식재 방법 차이에 따른 갈대 지상경 삼목 효율 비교 분석. 한국습지학회지 13(3) : 603-611.
- 황인택 · 최정섭 · 이회재 · 홍경식 · 조광연. 1996. 갈대(*Reed, Phragmites communis* Trin.)의 방제를 위한 제조제 스크리닝방법의 확립 I.

- 갈대의 육묘. 한국잡초학회지 16(1) : 21-27.
- Calheiros, C., A. Rangel and P. Castro. 2007. Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. Water Res. 41(8) : 1790-1798.
- Clevering, O. A., H. Brix and J. Lukavska. 2001. Geographic variation in growth responses in *Phragmites australis*. Aquat. Bot. 69(2-4) : 89-108.
- Cui, S., W. Wang and C. Zhang. 2002. Plant regeneration from callus cultures in two ecotypes of reed (*Phragmites communis* Trinius). In Vitro Cell. Dev. -Pl. 38(4) : 325-329.
- Eggers, S. E., and D. M. Reed. 1997. Wetland plants and plant communities of Minnesota and Wisconsin. US Army Corps of Engineers, St. Paul District, St. Paul, MN, p.263.
- Gleason, H. A., and A. Cronquist. 1991. Manual of vascular plants of the Northeastern United States and adjacent Canada. New York Botanical Garden, Bronx, NY, p.810.
- Gottschall, N., C. Boutin, A. Crolla, C. Kinsley and P. Champagne. 2007. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. Ecol. Eng. 29(2) : 154-163.
- Gross, M. F., M. A. Hardisky, P. L. Wolf and V. Klemas. 1991. Relationship between above-ground and belowground biomass of *Spartina alterniflora* (Smooth Cordgrass). Estuar. Coasts 14(2) : 180-191.
- Haslam, S. M. 1970. The performance of *Phragmites communis* Trin., in relation to water supply. Ann. Bot. 34(4) : 867-877.
- Haslam, S. M. 1972. Biological flora of British Isles : *Phragmites communis*. J. Ecol. 60(2) : 585-610.
- Mal, T. K., and L. Narine. 2004. The biology of Canadian weeds. 129. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. Can. J. Plant Sci. 84(1) : 365-396.
- Marks, M., B. Lapin and J. Randall. 1994. *Phragmites australis* (*P. communis*) : threat, management and monitoring. Nat. Areas J. 14(4) : 285-294.
- Meyerson, L. A., K. Saltonstall, L. Windham, E. Kiviat and S. Findlay. 2000. A comparison of *Phragmites australis* in freshwater and brackish marsh environments in North America. Wetlands Ecol. Manage. 8(2-3) : 89-103.
- Rejmánková, E. 2011. The role of macrophytes in wetland ecosystems. J. Ecol. Field Biol. 34(4) : 333-345.
- Tanner, C. C. 1996. Plants for constructed wetland treatment systems-A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. Ecol. Eng. 7(1) : 59-83.
- Tscharntke, T. 1992. Fragmentation of *Phragmites* habitats, minimum viable population size, habitat suitability, and local extinction of moths, midges, flies, aphids, and birds. Conserv. Biol. 6(4) : 530-536.
- Tscharntke, T. 1999. Insects on common reed (*Phragmites australis*) : community structure and the impact of herbivory on shoot growth. Aquat. Bot. 64(3-4) : 399-410.
- Whigham, D. F., and R. L. Simpson. 1978. The relationship between belowground biomass of freshwater tidal wetland macrophytes. Aquat. Bot. 5 : 355-364.
- Zhao, L., F. Zhang, J. Guo, Y. Yang, B. Li and L. Zhang. 2004. Nitric oxide functions as a signal in salt resistance in the calluses from two ecotypes of reed. Plant Physiol. 134(2) : 849-857.