

유전 형질, 환경 인자, 식재 방법 차이에 따른 갈대 지상경 삽목 효율 비교 분석

홍 문 기* / 김 재 근**†

Comparative analysis of cutting efficiency using culms of reed with genetic,
environmental and methodological differences

Mun-Gi Hong* / Jae Geun Kim**†

요약 : 갈대 지상경 삽목 효율성 제고를 위해 지상경 채취 지역, 매질, 식재 방법 그리고 지면으로부터의 거리에 따른 부위별 삽목 갈대 구분 등 다양한 방법들을 적용한 삽목 실험을 수행하였다. 그와 더불어 더 나은 삽목법을 다양한 환경의 여러 가지 갈대 생태형에 적용하여 보았다. 연구 결과 생태형, 채취 지역, 매질 등의 차이는 지상경에서의 새로운 경엽부 출현과 생육에 미미한 영향을 미친 반면 식재 방법과 갈대 지상경 중 삽목 부위 차이는 삽목 효율에 상대적으로 많은 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 본 연구는 갈대의 지상경 삽목 시 삽목에 필요한 지상경 채취에 앞서 삽목을 통해 증식시킨 갈대를 도입시킬 습지의 환경적, 생태적 특성을 먼저 고려하여 채취 장소를 선정해야 함을 제안한다. 뿐만 아니라 위도나 고도에 따른 기후 조건 등을 고려한 갈대의 연중 생육 특성도 함께 파악하여 적절한 시기에 지상경을 채취하고 채취한 갈대의 중간 정도 부위를 선택적으로 삽목에 활용하는 것을 제안한다. 그와 더불어 습지에서 갈대를 채취할 경우 활발한 확장이 이뤄지고 있는 확장부에서 삽목을 위한 지상경을 채취하는 것이 나으며 삽목을 위한 매질의 경우 상토보다는 통기성이 좋은 모래가 효율적이었다. 삽목 식재 방법의 경우 갈대 지상경이 지면에 수평 방향이 되도록 식재하게 되는 수평법이 지면에 수직으로 식재하는 수직법에 비해 훨씬 높은 효율을 나타내는 것으로 확인되었다. 지상경 삽목 효율 제고를 위해선 위 조건들뿐만 아니라 진딧물과 같은 병해충들로부터 갈대 삽목체가 피해 받지 않도록 하는 차원에서의 관리 방안 또한 함께 고려되어야 할 것이다.

핵심용어 : 갈대, 매질, 삽목, 생태형, 지상경

Abstract : In order to enhance cutting efficiency of reed culms, we had assessed diverse methodology in cutting and applied better conditions among them into three vigorous eco-types of common reed. From the results, differences in a eco-type, a sampling area in reed population and substrata affected the shoot emergence slightly. On the other hand, differences in a type of burying culms and a burying part among whole culm affected shoot emergence strongly. Our results suggest that not only methodological condition but also appropriate kind of eco-types must be considered in using reed culms for better cutting. In addition that, sampling timing according to the geological and climatic condition of certain area should be considered for better cutting efficiency as well. We also recommend that the sampling area such as expanding area in a population, burying a middle part of the culm, substratum such as well-ventilated sand and vertical burying method for better cutting efficiency. Lastly, for more enhancement of cutting efficiency of reed culms, potential damages by blight and harmful insects such like aphids should be concerned very carefully.

Keywords : common reed, cutting, reed culm, eco-types, *Phragmites australis*, substrata

† Corresponding author : jaegkim@snu.ac.kr
* 비회원 · 서울대학교 과학교육과 박사과정 · E-mail : duflex7@hanmail.net
** 정회원 · 서울대학교 생물교육과 교수 · E-mail : jaegkim@snu.ac.kr

1. 서 론

갈대(*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)는 고산습지부터 하천변의 담수습지, 기수와 염습지에 이르기까지 굉장히 다양한 서식 환경 스펙트럼을 갖는 대표적인 정수식물로 잘 알려져 있다(Haslam 1970, 1972, Marks et al. 1994, Mal and Narine 2004, Nam et al. 2008). 매우 다양한 환경에서 서식 가능할 뿐만 아니라 성장도 다른 식물들에 비해 뛰어난 갈대는 최대 6m까지도 자라는 것으로 알려져 있다(Haslam 1970, 1972, 오경환과 임병선 1983, Gleason and Cronquist 1991, Eggers and Reed 1997, 노희명 등 2002). 이러한 갈대는 수질 정화를 위한 인공 습지 조성이나 훼손된 습지 정비 및 복원 등의 사업에 활발히 사용되고 있는 식물종이다(Tanner 1996, 이효혜미 등 2001, Calheiros et al. 2007, Gottschall et al. 2007).

다년생 식물인 갈대를 습지에 적용할 수 있는 방법엔 종자를 활용한 파종법, 지하경과 같은 지하부를 활용한 삽목 그리고 지상경을 활용한 삽목법 등이 있다(황인택 등 1996, 이효혜미와 권오병 2002). 물론 예외적으로 조직배양 기술을 통한 캘러스 유도 기술을 활용하여 갈대를 대량 증식한 이후 습지에 적용하는 경우도 있으나(Cui et al. 2002, Zhao et al. 2004), 위 세 가지 방법을 활용하는 경우가 일반적이다. 그 중에서도 가장 효율성이 높고 여러 모로 유용한 것으로 알려진 방법이 바로 지상경을 활용한 삽목법이다(황인택 등 1996). 종자 파종은 발아율이 현저히 낮은 단점이 있으며 종자의 채집 시기 또한 까다롭기 때문에 여러 모로 불편하며 지하부인 지하경을 채집할 경우 습지를 심각하게 훼손하고 교란할 수 있다는 점 등의 약점을 지니는 반면 지상경을 활용한 삽목은 이러한 문제점들을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 발아율 또한 75% 정도로 상당히 높아 그 활용 가능성이 확인된 바 있다(황인택 등 1996, 이효혜미와 권오병 2002).

이효혜미와 권오병(2002)은 갈대의 지상부와

지하부를 활용하여 뗏장을 만들었는데 그 효율에 있어서도 지상부가 지하부보다 더 뛰어나다는 사실을 확인하였다. 이처럼 갈대의 지상부를 활용한 삽목은 높은 발아 효율과 더불어 채집도 용이할 뿐만 아니라 무성생식의 이점까지 갖추고 있고 생태계 교란 가능성도 낮아 여러 모로 높은 활용 가치와 더불어 차별성을 가진다 할 수 있다(정대영과 심상렬 1998). 그럼에도 불구하고 갈대의 무성생식을 활용한 국내의 연구의 대부분은 갈대 습지의 물질 흡수 능력에 초점을 맞춘 것들이 대부분이고(Tanner 1996, 심우섭과 한인섭 1998, 문형태 등 1999, 노희명 등 2002, 양홍모 2004, Calheiros et al. 2007, Gottschall et al. 2007), 그들 또한 유묘나 지하경을 활용한 연구들이며 지상경 삽목 효율성을 높일 수 있는 차원에서의 연구는 거의 전무한 상태이다.

갈대는 다양한 환경에서 서식 가능한 정수식물일 뿐만 아니라 굉장히 큰 초고와 높은 생산성을 보이는 식물이다(Clevering et al. 2001). 그러한 갈대의 생태적 특성에 착안하여 다양한 환경에서 생육하고 있는 우량 형질 갈대의 지상경을 개체군 내 다양한 지역으로부터 채취하였다. 채취한 지상경을 지면으로부터의 높이에 따라 절단하여 부위별로 구분한 뒤 다양한 매질과 삽목법을 활용하여 식재하고 초고 생장을 비교 관찰하였다. 본 연구는 갈대 지상경을 활용한 삽목 효율성을 제고할 수 있는 생태학적 방안들을 제안하고자 한다. 이를 통해 삽목을 위한 지하경 채취에 따른 습지 교란 위험성을 줄이고 지상부인 지상경 활용을 통해 유전적 격리 등으로 인해 종자 결실이 되지 않는 갈대를 활용하는 습지 복원이나 관리 등에 있어 갈대 지상부 삽목을 필요로 하는 다양한 경우에 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 실험 설계 - 다양한 방법 적용을 통한 갈대 지상경 삽목 효율

갈대 지상경 삼목 효율성 제고를 위해 강원도 홍천군 내면 명개리에 위치한 오대산 조개동늪 (E128°55', N37°83')에서 갈대 지상경을 채취하였다. 조개동늪의 갈대는 일종의 방풍림 역할을 하는 소나무림에 의해 둘러싸여 있으며 초고가 4.5m에 이르는 등 우리나라에서 보고된 갈대 중 가장 큰 갈대라 할 수 있다. 연구진은 먼저 조개동늪을 확장부(expanding area, Expa.)와 기존 지역(established area, Esta.)으로 구분한 뒤 2010년 8월에 지상경을 채취하였다. 이는 갈대가 다년생식물이지만 지상부가 출현하는 지하경에도 수명이 존재한다는 사실을 고려하여(Asaeda and Nam 2002, Karunaratne et al. 2004a, b) 확장부와 기존 지역의 지하경 연령 차이에 따라 지상부 삼목 효율 또한 달라지는지 여부를 확인하고자 함이다.

채취한 갈대 지상경은 지면으로부터의 높이에 따라 약 1m 단위로 총 4개의 부위별 갈대가 만들어질 수 있도록 절단하였다. 채취 후 부위별로 절단한 지상경은 온실에 설치한 mesocosm으로 옮겨졌으며 수분 손실이 이뤄질 수 있는 갈대 지상경의 절단면이 건조해 지는 것을 방지하고자 조개동늪의 물이끼(*Sphagnum* spp.) mat를 활용하여 절단면이 공기 중에 직접적으로 노출되지 않도록 하였다. 옮겨진 갈대 지상경은 두 가지 매질 조건인 모래(sand)와 상토(bed soil) 그리고 지면과 수평이 되도록 설치하는 수평법(horizontal cutting, Hori.)과 지면과 수직 방향이 되도록 하는 수직법(vertical cutting, Vert.)으로 mesocosm에 식재하였다(Fig. 1). 식재한 뒤 약 3개월이 경과한 2010년 11월 중 실험구별로 새롭게 출현한 경엽부(newly emerging shoots)의 초고 측정을 통해 경엽부 출현 여부 및 성장 정도를 파악하였다.

2.2 실험 설계 - 다양한 갈대 생태형을 활용한 삼목 효율

서로 다른 환경에 오래도록 노출되어 유전적으

로 상이할 것이라 판단되는 갈대 생태형의 지상경 삼목 효율을 비교하기 위해 환경적으로 명료한 차이를 보이는 세 지역의 습지를 이호준과 양효식(1993)의 연구 결과에 근거, 염 농도에 따른 채집 장소로 선정하였다(Table 1). 고산 습지인 강원도 오대산 조개동늪의 경우 양분이 적은 빈영양 상태(oligotrophic status)로서 물이끼가 밀식하고 있었으며 매우 낮은 전기 전도도(electric conductivity, EC)와 pH 값이 측정되었다. 반면 염습지인 전라남도 순천만 습지(E127°48', N34°84')의 경우 상대적으로 높은 염분에 의해 매우 높은 EC값이 측정되었다. 한편 담수 하천 습지인 경기도 광주시의 경안천 습지(E127°30', N37°46')는 EC나 pH에 있어 앞선 두 지역의 중간 정도 되는 환경적 특성을 보였다. 습지의 질산태 및 암모니움태 질소 그리고 유효 인산의 경우 염습지인 순천만이 다른 지역들에 비해 상대적으로 높은 경향을 나타내었으나 그러한 결과가 곧 갈대 생육과 직결되진 않았는데(Fig. 2) 이는 순천만 습지의 높은 염분도로 인한 스트레스가 함께 작용하여 생육을 결정지었기 때문인 것으로 판단된다(김철수 1975, 이성규 1977).

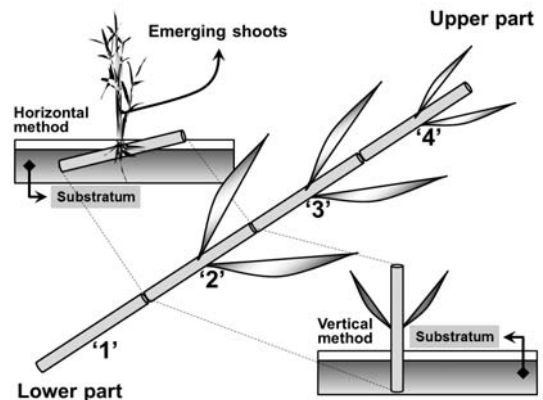


Fig. 1. Experimental set with different methodology in a cutting using culms of vigorous common reed. The numbers (1 ~ 4) indicate the distance from ground to the top of cutting culm (i.e., the lower values indicate the culms near the ground).

Table 1. Physico-chemical characteristics of water in three wetlands.

	Riparian marsh (28m*)		Salt marsh (6m*)		Montane fen (871m*)	
	Surface water	Rhizosphere water	Surface water	Rhizosphere water	Surface water	Rhizosphere water
EC(μ S/cm)	379	370	39,400	15,360	25	54
pH	6.72	7.12	7.86	7.76	5.66	5.98
NO ₃ -N(ppm)	0.07	0.11	7.98	9.64	0.04	0.36
NH ₄ -N(ppm)	0.33	0.37	5.79	1.81	0.02	0.59
PO ₄ -P(ppm)	0.09	0.08	0.47	0.21	0.01	0.10

* above sea level

위 세 습지는 각각의 유사한 환경의 습지들 중에서도 특히 갈대의 생육이 왕성하여 갈대 초고나 지상부 생산성에 있어 다른 지역들에 비해 상대적으로 높아 지상경 채취를 위한 우량 갈대 습지로 선정되었다(Fig. 2). 세 지역 갈대들은 초고나 생산성에 있어 우량 갈대라 할 수 있으며 서로 완전히 다른 환경, 특히 서로 다른 수문과 매질 및 수질 환경에 노출되어 있어 초고나 밀도 또한 완전히 상이하였으며 이는 이효준과 양효식(1993)의 연구 결과와도 유사하다 할 수 있다. 뿐만 아니라 논문 상 제시하진 않았으나 갈대의 모양이나 색 등 형태적인 특성 또한 명료하게 구분될 정도로 차이를 나타내었기에 세 갈대를 우량 갈대 생태형이라 규정하였다.

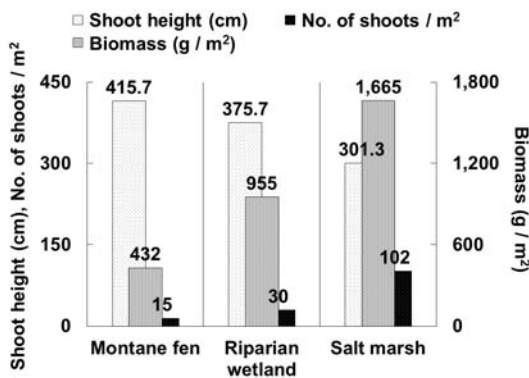


Fig. 2. Comparison of three growth parameters of three reed eco-types at October in 2011.

세 지역의 갈대 생태형을 앞선 연구 방법 2.1에서와 마찬가지로 2011년 6월, 지면으로부터의 높이에 따라 절단한 후 절단 부위가 마르지 않도록 처리하여 온실 내 mesocosm에 식재하였다. 삼목이 다소 늦었던 앞선 연구(2.1) 결과 및 일반적인 삼목 시기가 여름철인 점을 고려하여(황인택 등 1996, 이효혜미와 권오병 2002) 앞선 연구(2.1)보다 2개월 정도 일찍 삼목을 실시하였으며 2010년의 연구 결과를 토대로 개체군 내 지상경 채취 지역, 식재 매질 조건 그리고 삼목 방법은 더 높은 효율의 방법으로 선택 적용하였다(각 연구 지역 내 갈대 확장부에서 갈대 지상경 채취, mesocosm 내 매질은 모래로 통일, 지상부 삼목 방법은 수평법 적용). 갈대의 경우 지면으로부터 높이에 따라 4개 부위로 절단하여 mesocosm에 식재하는 실험 조건은 앞선 연구(2.1)와 동일하게 유지하였다. 담수하천인 경안천과 염습지인 순천만 갈대의 경우 최고 초고가 4m가 채 되지 않아 3m 안팎의 갈대를 4등분 한 다음 식재하였으므로 경안천과 순천만 갈대의 결과 상 1 ~ 4는 고산 습지인 조개동늪과 같이 각각 1m를 의미하는 것이 아니라 3m 안팎의 갈대를 4등분한 부위별 갈대를 뜻한다.

2010년 연구 결과를 토대로 2011년 연구에선 각 실험구 당 7 ~ 8개 정도의 부위별 갈대를 함께 식재하여 충분한 결과가 도출될 수 있도록 하였다. 2011년 6월에 식재한 세 가지 갈대 생태형의 지상경은 2010년 연구에서와 마찬가지로

2011년 11월 초 새롭게 출현한 경엽부 잎이 갈변하는 시기에 맞춰 출현 경엽부의 초고 측정을 실시하여 세 가지 생태형 및 지상으로부터의 식재 부위별 삼목 효율 등을 비교 분석하였다. 단, 2011년 6월부터 11월에 이르는 생육 기간 동안 일시적으로 출현하였다가 해충 등의 이유로 고사한 식물체는 초고 측정 대상에 포함시키지 않았으며 초고 측정 당시까지 건강하게 생육한 출현 경엽부(emerging shoots)만을 대상으로 출현수(shoot numbers)와 평균 초고를 측정하였다.

단, 특정 실험구에서 출현한 다수의 경엽부 초고가 거의 유사한 점을 감안하여 다수의 출현 경엽부 초고를 각각 측정하진 않았으며 대표할 수 있는 몇몇 개체를 임의적으로 선별하여 초고 측정 뒤 평균 초고값을 산정하였으며 실험구 별 유사한 초고 양상을 감안하여 출현 경엽부 수만 실험구별로 따로 측정하였다.

3. 결 과

3.1 다양한 방법 적용을 통한 갈대 지상경 삼목 효율

지상경 삼목 효율 분석 결과, 상토에서보다는 모래가 그리고 기존 지역 보다는 확장 지역에서의 초고 생장이 다소 나은 것으로 확인되었다. 하지만 매질 및 지상경 채취 지역 차이는 지상경 삼목 효율에 결정적인 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 수평법과 수직법에 따른 삼목 효율의 경우 수평법을 통한 새로운 경엽부 출현이 압도적으로 우수하였으며 수직법에 의한 경우 오직 한 실험구에서만 경엽부 출현이 관찰되었다(약 3cm 정도 초고). 삼목 방법과 더불어 지면으로부터의 높이에 따른 지상경 삼목 또한 실험구별로 상당한 차이를 나타내었다. 단 한 가지 실험 조건을 제외하고 거의 대부분이 지면으로부터 2 ~ 3m 거리에 해당하는 부위에서 주로 새로운 경엽부 출현이 관찰되었으며 특히 지면으로부터 2m 거리에 위치한 줄기에서 출현한 경엽부가 상대적으로 큰 초고를 나타내었다(Fig. 3).

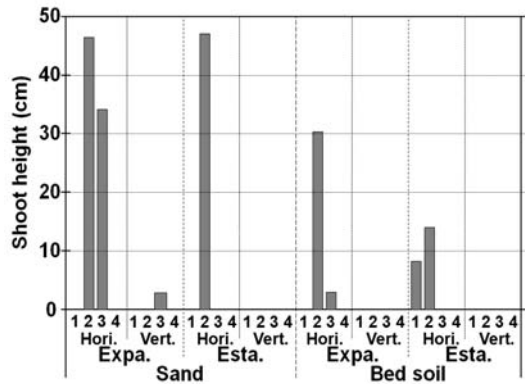


Fig. 3. Height of emerging shoots by different substratum, sampling area in wetland, cutting methodology and location on using culm in cutting. The numbers (1 ~ 4) indicate the distance from ground to the top of cutting culm (i.e., the lower values indicate the culms near the ground). 'Hori.', 'Vert.', 'Expa.', and 'Esta.' mean 'horizontal', 'vertical', 'expanding', and 'established', respectively.

3.2 다양한 갈대 생태형을 활용한 삼목 효율

서로 다른 지역에 서식하는 세 가지 갈대 생태형의 지상경 삼목 효율을 분석해 보았다. 연구 결과 담수 하천인 경안천 보다는 고산 습지인 조개동늪이나 염습지인 순천만의 생태형 갈대에서 보다 좋은 경엽부 출현 및 생육이 관찰되었다(Fig. 4). 뿐만 아니라 지면으로부터의 거리에 따른 지상경 삼목 효율의 경우 앞선 연구에서와 마찬가지로 '1, 4'보다 가운데 부위인 '2, 3'에서 상대적으로 큰 초고와 많은 경엽부 출현이 관찰되었으며 고산 습지인 조개동늪의 경우 지면으로부터 3 ~ 4m 높이에 해당하는 지상부에선 단 한 개의 경엽부도 출현하지 않았다. 담수 하천인 경안천의 경우 지면과 가장 가까운 부위인 '1'과 가장 먼 '4'에서 마찬가지로 경엽부가 전혀 출현하지 않았으며 염습지인 순천만의 경우 지면과 가장 가까운 '1'에서만 경엽부 출현이 관찰되지 않았다.

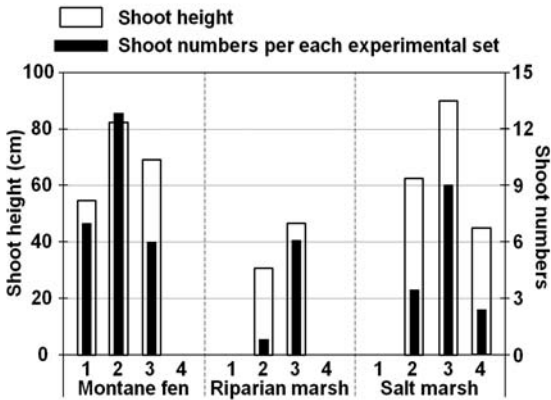


Fig. 4. Height and numbers of emerging shoots in each experimental set by different genetic, environmental conditions (eco-types) and location on using culm in cutting. The numbers (1 ~ 4) indicate the distance from ground to the top of cutting culm (i.e., the lower values indicate the culms near the ground).

4. 논 의

갈대의 지상경 삽목 효율성 제고를 위해 다양한 갈대 생태형을 여러 가지 삽목 조건들에 적용해 보았다. 각각의 실험 조건별 분석 결과 오랜 시간 노출된 환경 차이에에서 기인한 유전적 차이를 의미하는 생태형 차이뿐만 아니라 각각의 갈대 개체군 내에서 어디에 위치하는지 여부(Clevering 1999) 그리고 갈대 줄기(culm)에서 지면으로부터의 상대적 높이(부위), 또한 지상부를 어떤 매질에 어떻게 식재하는지 등 다양한 방법론적인 요소들이 복합적으로 갈대 지상경 삽목에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

황인택 등(1996)의 연구에 따르면 지하경을 활용한 삽목 시 모래보다 원예용 상토에서의 뿌리 활착과 지상부 출현이 더 왕성하였던 반면 본 연구 결과, 갈대 지상경 삽목은 상토 보다는 모래를 활용하는 편이 더 나은 것으로 확인되었다. 이는 삽목 성공에 있어 양분 못지않게 중요한 조건이 바로 산소 공급인데 상대적으로 양분은 많지만 산소 공급이 원활하지 못한 매질인 상토 보다 상대

적으로 통기성이 뛰어난 모래에서 보다 수월한 산소 공급이 이뤄졌던 것으로 판단된다(Weisner and Graneli 1989, Lenssen et al. 1999).

삽목 방법의 경우 수직법 보다는 수평법을 활용하는 것이 훨씬 높은 삽목 효율을 나타내었는데 이는 수직법에 비해 수평법이 양분 및 수분 흡수가 가능한 표면적을 훨씬 더 넓힐 수 있기 때문인 것으로 여겨진다. 뿐만 아니라 지상경 채취 시 습지 내 개체군에서 상대적으로 연령이 높은 기존 지역보다 활발한 확장이 이뤄지고 있는, 상대적으로 연령이 낮은 지역의 갈대 지상경을 채취하여 삽목하는 것이 더 높은 경엽부 출현을 가능케 한다는 사실을 확인하였다. 이를 통해 지하경의 연령(Asaeda and Nam 2002, Karunaratne et al. 2004a, b) 또한 지상부 출현에 영향을 미친다는 사실도 확인할 수 있었다. 마지막으로 지면으로부터의 거리에 따른 지상경 삽목 효율성의 경우 2010년과 2011년 연구 모두에서 대부분의 갈대 지상경 중 중간 정도 부위인 '2, 3'에서 훨씬 큰 초고 생장이 확인되었다.

한편, 담수 하천인 경안천 우량 갈대의 지상경 삽목 효율이 고산습지인 조개동늪과 염습지인 순천만과 비교하여 상대적으로 낮은 이유는 습지에서 지상경 채집 시에도 확인되었던 식물 표면의 다수의 진딧물에 의한 생육 저해 효과인 것으로 판단된다. 경안천으로부터 지상경을 채취한 이후 mesocosm으로 이식한 뒤 진딧물을 방제하기 위해 지속적으로 살충 작업을 하였으나 11월 중 초고 측정 당시까지도 진딧물이 일부 여전히 번성하고 있는 모습이 경안천 갈대 실험구에서만 관찰되었다. 그럼에도 불구하고 경안천 갈대 또한 다른 지역들과 마찬가지로 갈대 줄기의 중앙 부위인 '2, 3'에서 상대적으로 높은 경엽부 출현 및 초고 생장이 확인되었다. 보다 나은 지상경 삽목 효율을 위해선 야외 현장의 진딧물 등 병충해와 관련된 정보 또한 철저히 수집하여 충분히 방제하고 관리함으로써 보다 높은 지상경 삽목 효율이 달성될 수 있도록 하는 차원에서의 노력이 필요할 것으로 보여 진다.

2010년 연구 시 조개동늪의 고도에 따른 기후 특성을 충분히 고려하지 못하여 너무 늦은 시기인 8월 중 지상경을 채취한 결과 약 2개월 정도 밖에 생육하지 못하여 상대적으로 낮은 초고 생장이 이뤄진데(평균, 약 30cm 정도) 반해 그 보다 2개월 정도 앞선 시기에 채취를 진행한 2011년의 경우 2010년 보다 거의 두 배 수준의 초고 생장(평균, 약 70cm 정도)과 왕성한 경엽부 출현이 관찰되었다(Fig. 3, 4). 이를 통해 적어도 6월 중에 지상부를 채취하는 것이 바람직하다는 선행 연구 결과(황인택 등 1996)를 뒷받침 하는 결과를 얻었다고 할 수 있으나 같은 6월이더라도 서로 다른 위도나 고도의 지역일 경우 평균 기온과 적상 계수 등에 있어서의 차이가 복합적으로 작용하여 가을철 최대 초고와는 또 다른 초고 양상을 나타내게 될 것이므로 지역별 특성 등을 충분히 고려한 채취 시기 선정이 필요할 것이라 판단된다.

데이터로 제시되진 않았으나 실제로 고산 습지인 조개동늪의 경우 갈대 생육이 다른 지역에 비해 훨씬 늦게(4월 중순) 시작하여 훨씬 빨리 끝났음에도 불구하고(10월 말) 초고는 월등히 큰 것을 알 수 있다. 조개동늪과 마찬가지로 순천만의 경우 우리나라의 최남단에 위치한 관계로 6월에 이미 최고 초고에 이르러 6월과 10월 간 초고 차이가 거의 없었다. 반면 경안천 갈대의 경우 6월 초고와 10월 초고 간 상당한 차이가 있었다. 이와 같이 다양한 지정학적, 환경적 차이에 따른 갈대 생육 차이가 존재하므로 지상경 삼목 효율을 높이기 위해선 그러한 요소들에 대한 고려도 반드시 수반되어야 한다(Meyerson et al. 2000, Clevering et al. 2001).

이처럼 보다 나은 지상경 삼목을 위해선 무엇보다 먼저 삼목하여 증식시킨 갈대를 어떤 환경 조건에 식재 적용할 것인지를 판단하여 가장 유산 환경 중 삼목을 위한 우량 갈대 채취용 습지를 선정하는 것이 바람직할 것이라 여겨진다(이효혜미와 권오병 2002). 그와 더불어 그 지역의 위도와 고도 및 기후 조건 등이 복합적으로 반영된 갈대의 연중 생육 특성을 분석하여 가장 적절한 시

기에 지상경을 채취하여야 하며 채취한 지상경의 지면으로부터 중간 정도 높이(2나 3)의 부위를 선택적으로 절단하여 모래와 같은 매질에 수평으로 누어 삼목하는 것이 바람직할 것이다. 또한 지상경 채취 시엔 갈대 개체군 내에서도 상대적으로 연령이 많은 지역보다 활발한 무성 생식이 진행 중에 있는 확장부의 갈대 지상경을 선택적으로 채취하여 삼목하는 것이 보다 높은 지상경 삼목 효율을 보장할 수 있는 또 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

5. 감사의 글

갈대 지상경 채취 및 온실 내 mesocosm 설치를 도와준 박경아, 박지현, 김태현 그리고 온실 실험 진행에 많은 도움을 준 (주)지엘조경개발의 황영도 대표, 박달곤 이사, 강유정 대리님께 감사를 전합니다. 본 연구는 환경부 산하 수생태 복원 사업단의 Eco-STAR project (EW33-08-12), 서울대학교 BK 21 사업, 그리고 정부재원으로서 한국연구재단(과제번호 313-2007-2-C00735)의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힙니다.

6. 참고 문헌

- 김철수. 1975. 갈대군락의 현존량과 환경요인에 관한 연구. 한국식물학회지 18(3): 129-134.
- 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.
- 이성규. 1977. 염도구배에 따른 갈대(*Phragmites longivalvis* Steudel) 초지 생산력의 계절적 변동에 관한 연구. 한국동물자원과학회지 19(1): 42-47.
- 이호준, 양효식. 1993. 생육지의 토양염분농도에 대한 갈대(*Phragmites communis* Trin.) 개체군의 적응. 한국생태학회지 16(1): 63-74.
- 이효혜미, 권오병, 석정현, 조강현. 2001. 인공식물섬에 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.
- 정대영, 심상렬. 1998. 호안자연식생 복원을 위한 갈대류(*Phragmites* spp.) 뗏장 개발 - 토양의 조성 및 과중량이 달뿌리풀(*Phragmites japonica*) 뗏장 형성에 미치는 영향. 한국조경학회지 26(1): 28-35.
- 황인택, 최정섭, 이희재, 홍경식, 조광연. 1996. 갈대(Reed, *Phragmites communis* Trin.)의 방제를 위한 제초제 스크리닝방법의 확립 I. 갈대의 육묘. 한국잡초학회지 16(1): 21-27.
- Asaeda T, Nam LH. 2002. Effects of rhizome age on the decomposition rate of *Phragmites australis* rhizomes. Hydrobiologia 485(1-3): 205-208.
- Calheiros C, Rangel A, Castro P. 2007. Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. Water Research 41(8): 1790-1798.
- Clevering OA. 1999. Between- and within-population differences in *Phragmites australis* 1. The effects of nutrients on seedling growth. Oecologia 121(4): 447-457.
- Clevering OA, Brix H, Lukavska J. 2001. Geographic variation in growth responses in *Phragmites australis*. Aquatic Botany 69(2-4): 89-108.
- Cui S, Wang W, Zhang C. 2002. Plant regeneration from callus cultures in two ecotypes of reed (*Phragmites communis* Trinius). In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant 38(4): 325-329.
- Eggers SE, Reed DM. 1997. Wetland plants and plant communities of Minnesota and Wisconsin. US Army Corps of Engineers, St. Paul District, St. Paul, MN, p 263.
- Gleason HA, Cronquist A. 1991. Manual of vascular plants of the Northeastern United States and adjacent Canada. New York Botanical Garden, Bronx, NY, p 810.
- Gottschall N, Boutin C, Crolla A, Kinsley C, Champagne P. 2007. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. Ecological Engineering 29(2): 154-163.
- Haslam S. 1970. The performance of *Phragmites communis* Trin., in relation to water supply. Annals of Botany 34(4): 867-877.
- Haslam S. 1972. Biological flora of British Isles: *Phragmites communis*. Journal of Ecology 60(2): 585-610.
- Karunaratne S, Asaeda T, Toyooka S. 2004a. Colour-based estimation of rhizome age in *Phragmites australis*. Wetlands Ecology and Management 12(5): 353-363.
- Karunaratne S, Asaeda T, Yutani K. 2004b. Age-specific seasonal storage dynamics of *Phragmites australis* rhizomes: a preliminary

- study. *Wetlands Ecology and Management* 12(5): 343-351.
- Lenssen J, Menting F, van der Putten W, Blom C. 1999. Effects of sediment type and water level on biomass production of wetland plant species. *Aquatic Botany* 64(2): 151-165.
- Mal TK, Narine L. 2004. The biology of Canadian weeds. 129. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. *Canadian Journal of Plant Science* 84(1): 365-396.
- Marks M, Lapin B, Randall J. 1994. *Phragmites australis* (*P. communis*): threat, management and monitoring. *National Areas Journal* 14(4): 285-294.
- Meyerson LA, Saltonstall K, Windham L, Kiviat E, Findlay S. 2000. A comparison of *Phragmites australis* in freshwater and brackish marsh environments in North America. *Wetlands Ecology and Management* 8(2-3): 89-103.
- Nam JM, Yoon J, Kim H, Kim JG. 2008. Plant settlement patterns and their effects on breeding sites of little terns (*Sterna albifrons*) on sand bars on Ganwol lake. *Journal of Ecology and Field Biology* 31: 37-43.
- Tanner CC. 1996. Plants for constructed wetland treatment systems - A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. *Ecological Engineering* 7(1): 59-83.
- Weisner S, Graneli W. 1989. Influence of substrate conditions on the growth of *Phragmites australis* after a reduction in oxygen transport to below-ground parts. *Aquatic Botany* 35(1): 71-80.
- Zhao L, Zhang F, Guo J, Yang Y, Li B, Zhang L. 2004. Nitric oxide functions as a signal in salt resistance in the calluses from two ecotypes of reed. *Plant Physiology* 134(2): 849-857.
- 논문접수일 : 2011년 09월 09일
○ 심사의뢰일 : 2011년 09월 12일
○ 심사완료일 : 2011년 12월 07일