

옥신 처리 농도 및 시기에 따른 갈대 지상경 삽목 효율

홍문기 · 김재근+

서울대학교 생물교육과

Cutting Efficiency Using *Phragmites australis* Culms According to Content and Timing of Indole-acetic Acid Treatment

Mun-Gi Hong · Jae Geun Kim+

Department of Biology Education, Seoul National University

요 약

본 연구에서는 갈대 지상경 채취시기와 관련된 제한점을 극복하기 위한 방안으로 가을에 채취한 갈대에 생장조절 식물호르몬인 옥신(IAA)을 다양한 농도(10^{-3} M, 10^{-6} M, 10^{-9} M, 10^{-12} M)로 처리하였다. 2012년 9월 5일, 상당 부분 경화가 진행된 산지 습지 갈대에 옥신을 처리한 결과 240개의 절편으로부터 총 19개의 경엽부 출현이 확인되었으며, 10^{-6} M에서 옥신의 효과가 가장 크게 나타났다. 산지 습지로부터 이식하여 서울대학교에서 1년간 생육시켜온 갈대의 경우 약 2주 가량 늦게(2012년 9월 19일) 실험을 수행하였음에도 불구하고 10^{-6} M의 옥신 처리 후 60개의 삽목 절편으로부터 총 50개의 경엽부가 출현하였다. 하지만 동일한 방법으로 약 40일 가량 더 경과한 시점인 10월 29일 삽목 실험 결과 60개의 절편으로부터 오직 2개의 경엽부만을 확인할 수 있었다. 앞선 두 실험 시 서울의 기온이 20°C 안팎이었던데 반해 세 번째 실험 시엔 10°C 수준으로 부정이 형성이 이뤄지기엔 다소 낮은 기온이 그 원인으로 보여 진다. 삽목 절편의 직경이 두꺼울수록 출현 경엽부의 직경도 두꺼웠으며(경엽부의 직경은 삽목한 절편 직경의 약 20% 수준이었다.), 이는 더 큰 초고 생장을 가능케 하는 중요한 요소이므로 되도록 두꺼운 갈대 절편을 삽목에 활용하는 것을 제안한다.

핵심용어 : 갈대, 삽목, 지상경, 처리 시기, 식물 호르몬

Abstract

In this study, we tried to overcome a limit in cutting timing of reed culm by applying a plant hormone, indole-acetic acid (IAA) as a growth regulator with various contents (10^{-3} M, 10^{-6} M, 10^{-9} M, 10^{-12} M). 19 shoots emerged from 240 segments of hardened reed culm from montane fen and eight out of the 19 shoots emerged by 10^{-6} M IAA treatment as the most in 5th Sep. 2012. 50 shoots emerged from 60 segments of non-hardened reed culm from a population in Seoul National University transplanted from Mt. Odae by 10^{-6} M IAA treatment despite the cutting was performed about two weeks later (19th Sep.). Via third cutting experiment performed about 40 days later (29th Oct.), only two shoots out of 60 segments were observed by the same experimental condition except atmospheric temperature. It seemed likely that it was too low temperature in third experiment (10°C) than the former experiments (about 20°C) to form adventitious buds from culm segment. We recommend to utilize the thick reed culm in culm cutting as possible because the thicker culm segment we used, the thicker emerged shoot we could observe (i.e., diameters of emerged shoots were about 20% of the planted segment's diameters).

Keywords : common reed, cutting, plant hormone, reed culm, treatment timing

1. 서론

갈대[*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.]는 다년생 정수식물로서 다양한 미생물이나 동물의 먹이와 서식처를 제공할 뿐만 아니라 담수습지 및 염습지 등 여러 종류의 습지 생태계에서 오염물질을 정화하고 아

름다운 경관을 조성하는 등 다양하게 활용되며, 생태적 가치 또한 높은 종이다(Lee et al., 2001; Oh and Ihm, 1983; Rejmánková, 2012; Ro et al., 2002). 이와 같은 기능을 가지는 갈대를 증식시키기 위한 방법으로 종자를 활용한 유성생식 방법과 지상경이나 지하경을 활용한 무성생식 방법 그리고 캘러스 분화를 유도하는 조직배양

+ To whom correspondence should be addressed.
jaegkim@snu.ac.kr

기술 등이 알려져 있다(Hwang et al., 1996; Jeong and Shim, 1999; Jeong et al., 2003; Ju, 1998; Lee and Kwon, 2002; Lee et al. 2012).

종자를 활용하는 유성생식 방법의 경우 연 1회 채취만 가능하며 지리적 격리 등의 이유로 불임(sterile)인 개체군의 경우 활용이 불가능하다(Klimeš, 2000). 최대 1 m 깊이까지 분포하기도 하는 지하경 채취의 경우 많은 시간과 인력을 필요로 하는 소모적인 작업일 뿐만 아니라 무엇보다 교란요소로서 습지생태계를 훼손할 여지가 있다(Adcock and Ganf, 1994; Haslam, 1970; League et al., 2006). 반면, 지상경을 활용한 삽목의 경우 삽목을 위해 지상경을 제거할 경우 보상생장을 통한 지상부 밀도 증가에 기여할 수 있을 뿐만 아니라(Choung et al., 1999), 활용법도 간단하며 무엇보다 생태계 교란에 대한 여지가 적기 때문에 그 활용 가능성이 여러 차례 강조되어 왔다(Hong and Kim, 2011, 2012; Ju, 1998). 조직배양법의 경우 생태적 가치가 뛰어난 개체군의 유전체 보존 등에 널리 활용되고 있으나(Lee et al., 2012; Straub et al., 1988; Yang et al., 2003), 많은 시간과 비용을 필요로 할 뿐만 아니라 고도로 숙련된 기술을 필요로 하는데 반해 지상경을 활용한 무성생식법의 경우 그러한 제한점들을 쉽게 극복할 수 있다(Hong and Kim, 2011, 2012).

지상경 삽목의 경우 곧게 선 지상경의 지면으로부터 중앙 정도에 해당하는 부위를 마디(node)가 포함된 절편(segment)의 형태로 활용하는 것이 효율적이다(Hong and Kim, 2011, 2012). 지상경 삽목 시 고려해야 할 중요한 요소로 절편부위와 더불어 채취시기가 있다(Hong and Kim, 2011). 너무 이른 시기일 경우 갈대의 초고 생장이 충분히 이뤄지지 못해 부정아가 발생하는 마디가 포함된 절편을 충분하게 확보하기 어렵고 너무 늦을 경우 기온이 낮아지며 줄기가 딱딱해지는 경화로 지상경의 무성생식 능력이 급격하게 저하될 수 있다. 지상경 채취 시기의 경우 보통 6, 7월의 여름이 적합한 것으로 알려져 있으나(Hwang et al., 1996), 갈대 개체군이 분포한 지역의 위도나 고도 등의 기후 조건이나 여러 가지 환경 차이 등으로 동일한 채취시기에도 불구하고 그 효과는 완전히 달라질 수 있다(Hong and Kim, 2011, 2012). 즉 지역 및 생활사에 따라 적절히 채취시기를 달리해야 할 필요가 있으며 이는 적절한 채취시기를 놓칠 경우 높은 삽목 효율을 기대할 수 없다는 한계점을 시사한다.

그럼에도 불구하고 갈대 지상경 삽목에 있어 이와 같은 지상경 삽목 시기 문제로 인한 취약점을 보완할 수 있는 직접적인 연구들은 국내외로 충분히 수행되지 못했다(Hong and Kim, 2011, 2012). 본 연구에서는 늦은 삽목 시기로 인해 낮아질 수 있는 지상경 삽목의 효율성을 증진시키기 위해 생장 조절 식물 호르몬인 옥신(IAA, indole-acetic acid)을 처리하였다. 실제로 옥상 초본이나 목본 등을 대상으로 옥신이나, 합성 옥신인

2,4-D를 활용한 연구들은 몇 차례 진행된 바 있으나(Kang et al., 2005; Kim and Kim, 2007; Kim et al., 2004), 갈대와 같은 습지식물의 지상경을 활용한 삽목 시 옥신 등의 식물 호르몬 효과를 규명한 연구는 아직 시도되지 않았다.

먼저 서로 다른 농도에서 부정근(adventitious root)이나 눈(bud) 등의 발생을 달리 조절하는 것으로 알려져 있는 옥신을 다양한 농도로 처리하여 어떤 농도의 옥신이 갈대 지상경 삽목 효율성 증진에 효과적인지 확인하고자 하였다. 그리고 일반적으로 지상경 삽목을 위한 적정 시기로 제안되는 여름 이후의 여러 시기에 채취한 갈대에 옥신을 처리하여 어떠한 농도의 옥신 처리와 처리 시기(삽목 시기)가 지상경 삽목 효율에 적합한지 규명함으로써 늦은 삽목 시기와 관련된 한계점을 보완해 보고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 지상경 삽목을 위한 최적 옥신 농도 분석(실험 1)

2012년 9월 5일, 강원도 오대산 조개동 갈대 습지(E128o55' N37o83', 해발고도 871 m)로부터 총 240개의 갈대 절편(reed segment)을 채취하여(자세한 방법은 Hong and Kim, 2012 참고) 서울시에 위치한 서울대학교(N37°27' E126°57', 해발고도 120 m) 내 온실에 식재하였다. 채취한 절편의 평균 길이는 약 23.1 ± 1.7 cm로 모든 절편 당 2개의 마디가 포함될 수 있도록 하였다(Table 1). 채취한 갈대 절편을 네 가지 옥신(Indole-3-acetic acid 98%, FW = 175.19, Sigma Aldrich Corp.) 농도(10^{-3} M, 10^{-6} M, 10^{-9} M, 10^{-12} M)로 처리하기 위해 플라스틱 상자(가로 x 세로 x 높이 = 40 cm x 25 cm x 10 cm)를 준비하여 각 상자별로 15개의 절편을 식재하였다[15(플라스틱 상자 당 절편 수) x 4(플라스틱 상자 수) x 4(옥신 농도 조건 수) = 240개]. 갈대 절편을 식재할 매질로 이물질이 제거된 강모래를 사용하였으며 플라스틱 상자 높이의 절반가량(약 5,000 cm³)을 채워 넣은 뒤 절편의 표면이 살짝 드러날 정도로만 묻어 식재하였다(Fig. 1, left).

식재한 직후 각각의 농도에 해당하는 옥신을 상자 별로 500 mL 씩 분무기를 활용하여 모든 절편의 드러난 부위에 고루 살포되도록 1회 처리하였다. 삽목 이후 모래가 마르지 않도록 수돗물 500 mL를 동일하게 상자 별로 매일 오전 중(1일 1회) 분무기를 활용하여 살포하였다. 삽목 효율 비교를 위해 삽목 시 삽목체 절편의 길이와 직경을 측정하였으며 이후 새롭게 출현한 경엽부도 마찬가지로 초고 생장이 더 이상 이뤄지지 않는 시점까지 관찰한 뒤 최종 초고와 기저부의 직경을 측정하였다(Fig. 1, right).

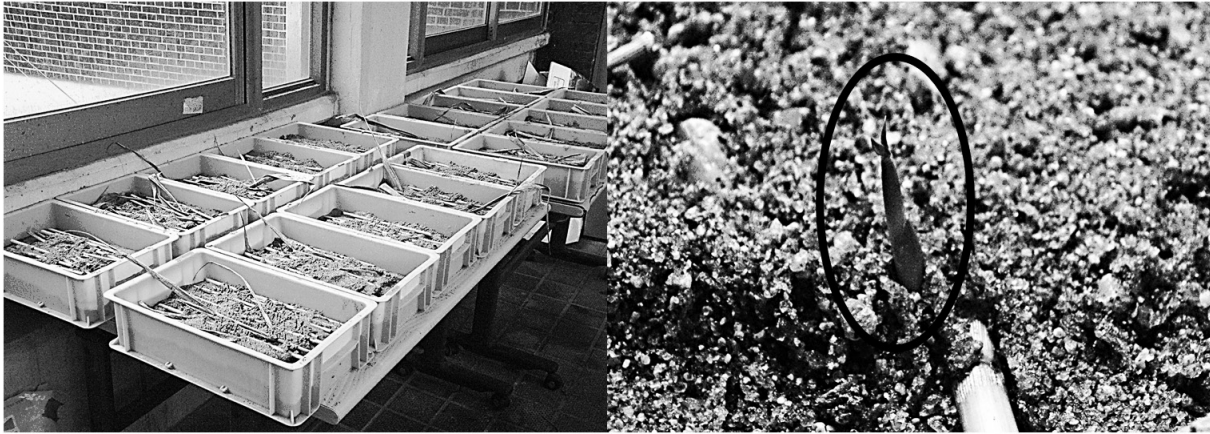


Fig. 1. Experimental set for culm cutting with IAA treatment (left) and newly emerged bud from the planted culm segment of common reed (right).

2.2 늦가을 삼목에서의 경엽부 출현에 대한 호르몬 처리 효과(실험 2와 3)

동일한 유전체임에도 불구하고 서로 다른 기온 환경에서 상이한 생활사를 보이는 갈대 개체군들의 옥신 처리에 대한 반응 차이를 확인하기 위해 지난 해(2011년 11월) 강원도 오대산에서 채취하여 서울대학교에서 미리 생육시켜온 동일한 유전체의 오대산 갈대 지상경을 추가적으로 준비하였다.

2012년 9월 5일(실험 1)에 옥신이 처리된 갈대 지상경 삼목체의 경엽부 출현 여부를 지속적으로 관찰한 뒤 상대적으로 많은 수의 경엽부 출현이 이뤄진 농도의 옥신을 2주가 경과한 9월 19일 서울대학교에서 생육시켜온 오대산 갈대 지상경에 동일하게 처리하여 삼목 시켰다 [15(절편 수) × 4(플라스틱 상자 수) = 60(개체)](실험 2). 더불어, 기온 하강이 지상경 삼목에 있어 옥신의 효과에 어떻게 작용하는지 확인하기 위해 그로부터 약 40일이 경과된 2012년 10월 29일 추가적으로 실험 2와 동일한 오대산 갈대에 동일한 방법으로 삼목 실험을 수행하였다(실험 3). 9월 5일과 19일 서울의 기온이 각각 약 22, 21°C였던 반면 9월 19일로부터 약 40일이 경과된 10월 29일의 경우 약 11°C까지 내려갔다.

3. 결과

오대산 현지에서 채취(2012년 9월 4일)한 갈대 지상경의 옥신 농도별 삼목 실험(실험 1) 후 약 2주간의 성장 동안 10^{-6} M에서 상대적으로 많은(8개체, 13.3%) 경엽부

출현이 확인되었다(Table 1). 경엽부 초고 생장의 경우 10^{-3} M에서 22 cm로 가장 좋았으나 60개체 중 단 한 개체(1.7%)만 출현하였다. 10^{-9} M과 10^{-12} M의 경우 5 개체씩 출현하였으나 그 시기가 10^{-6} M에 비해 다소 늦었으며 초고 생장도 더뎠다(각각 6.6 ± 7.4 cm, 11.8 ± 6.4 cm). 총 240개의 갈대 절편을 식재하고 옥신을 처리하였음에도 불구하고 더 이상 초고 생장이 이뤄지지 않았던 2주 뒤, 모든 실험구를 통틀어 오직 19개(7.9%)의 경엽부만이 관찰되었다(Table 1). 새롭게 출현한 경엽부 기저 직경(basal diameter)의 경우 2.3 ~ 2.6 mm로 실험구간 큰 차이는 없었다(Table 1).

실험 1과 달리 실험 2에서는 60개의 식재 절편으로부터 총 50개(83.3%)의 경엽부가 출현하였으며 삼목으로부터 약 2주 정도 경과 뒤 최종 평균 초고는 18.3 ± 6.1 cm였다(Table 1). 조개동 현지에서 채취한 갈대 절편(11.0 ± 2.0 mm)의 약 절반(5.0 ± 1.0 mm) 가량에 해당하는 직경이었던 실험 2 삼목체의 경우, 약 2주 가량 경과 뒤 새롭게 출현한 경엽부의 평균 직경 또한 그와 비례하여 1.1 ± 0.2 mm 정도 수준으로 실험 1 경엽부의 평균 직경(2.4 ± 0.3 mm)에 비해 상대적으로 가늘었다(Table 1).

실험 3(2012년 10월 29일 식재)의 경우 60개의 식재 절편 중 오직 두 개(3.3%)의 경엽부만 출현하였으며 초기 식재 절편의 평균 직경이 실험 2의 경엽부보다 약 1.0 mm 가량 더 두꺼웠음에도(6.0 ± 1.0 mm) 불구하고 초고 및 직경 성장 모두 불량하였으며(평균 초고 및 직경; 7.0 ± 8.2 cm, 0.5 ± 0.3 mm), 그 중 한 개체는 blade와 뿌리 발달 모두 이뤄지질 못했다.

Table 1. Cutting efficiency according to content and timing of IAA treatment (mean \pm SD)

		Planting and treatment time						
		Exp. 1					Exp. 2	Exp. 3
		9/5					9/19	10/29
Before treat- ment	Length of planted culm segment (cm)	23.1 \pm 1.7					20.9 \pm 2.0	20.6 \pm 2.4
	Diameter of planted culm segment (mm)	11.0 \pm 2.0					5.0 \pm 1.0	6.0 \pm 1.0
	IAA treatment content (M)	Total	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
After treat- ment	No. of planted culm segments	240	60	60	60	60	60	60
	No. of shoot emergence (%)	19 (7.9)	1 (1.7)	8 (13.3)	5 (8.3)	5 (8.3)	50 (83.3)	2 (3.3)
	Height of emerged shoot (cm)	11.2 \pm 8.2	22.0 \pm 0.0	12.4 \pm 9.3	6.6 \pm 7.4	11.8 \pm 6.4	18.3 \pm 6.1	7.0 \pm 8.2
	Diameter of emerged shoot (mm)	2.4 \pm 0.3	2.6 \pm 0.0	2.5 \pm 0.2	2.3 \pm 0.3	2.4 \pm 0.3	1.1 \pm 0.2	0.5 \pm 0.3

4. 논 의

일반적으로 갈대 조직 배양 등에 2,4-D(2,4-dichlorophenoxyacetic acid)와 같은 합성옥신과 함께 활용되는 옥신은 갈대 지상경 삼목을 통한 부정아 생성과 경엽부 성장에 영향을 미치는 것으로 확인되었다(Lee et al., 2012; Straub et al., 1988; Yang et al., 2003). 특히 10⁻⁶ M에 해당하는 농도의 옥신은 다른 실험구에 비해 상대적으로 많은 수의 경엽부 출현을 가능하게 했다. 산지 습지인 오대산 갈대 습지의 경우 9월이면 이미 갈대 지상부가 시들기 시작하며 지하부로의 양분 이행이 본격적으로 이뤄지기에 높은 지상경 삼목 효율을 기대하기 어렵다. 갈대 이외의 다른 다양한 식물들을 대상으로 부정아 출현에 온도가 미치는 영향을 규명한 연구들 대부분이 저온에서 부정아의 형성 및 경엽부 출현이 저하된다고 보고된 바 있다(Amoo et al., 2009; Kato and Ozawa, 1978). 한편 동일한 유전체임에도 불구하고 상대적으로 더 낮은 위도와 고도에 위치한 서울대학교에서 생육시킨 경우(실험 2), 2주가 지난 9월 19일에도 식물체 전체가 온전한 녹색빛을 띠고 있었다. 즉 동일한 오대산 갈대임에도 불구하고 다른 기후 환경인 서울대학교에서 키울 경우 동일한 농도의 옥신에 완전히 다른 경엽부 출현 빈도가 나타날 수 있다는 것이다. 하지만, 그로부터 약 40일이 경과된 10월 29일 실험 3의 결과 지상경 삼목체로부터 경엽부 출현이 거의 이뤄지지 않는 것으로 보아 기온이 일정 수준 이하로 떨어지게 되면 삼목 절편의 경화가 이뤄지지 않더라도 부정아 형성이 되지 않는 것으로 보인다. 즉 동일한 식물체일지라도 삼목 시기에 따라 완전히 다른 양상이 관찰될 수 있다는 것이다(Kang et al., 2005).

세 번에 걸쳐 수행한 지상경 삼목 실험 결과, 모든 경엽부 출현은 절간부위(internode)가 아닌 마디(node)에서

이뤄졌다. 무엇보다도 경엽부가 출현할 경우 출현한 경엽부에 해당하는 마디가 포함돼 있는 절간부위는 시들지 않는 반면 경엽부 출현이 이뤄지지 못한 절간부위의 경우 완전히 말라 시들어 버렸다(Fig. 2, left). 이는 경엽부가 부정아 형태로 발생되고 그 이후에 싹(bud)이 자라 잎(blade)을 포함한 경엽부(shoot) 형태로 발달하는 과정에서 기인하는데, 먼저 부정아가 자라나며 광합성을 할 수 있는 잎의 형태가 발달될 때 비로소 뿌리 발달도 함께 이뤄지는 것으로 확인되었다. 즉 잎의 발달이 제대로 이뤄지지 않은 채로 부정아의 생육이 중지될 경우 뿌리도 충분히 발달되지 못하며 결국 삼목체가 수분 부족으로 말라 죽게 된다(Fig. 2, left). 그렇기 때문에 뿌리가 충분히 발달하기 전까진 삼목체가 마르지 않도록 분무기 등을 활용하여 지속적으로 매질에 수분 공급을 해주어야 하며, 늦은 시기의 채취는 기온 하강으로 뿌리가 발달하기도 전에 부정아의 생장을 멈추게 해 삼목체를 고사에 이르게 할 수 있다. 실험 1과 2의 경우 잎의 발달과 뿌리의 발달이 동시에 이뤄졌던 반면 기온이 앞선 두 실험의 절반 수준이었던 실험 3의 경우 출현한 두 개체 중 하나는 싹만 형성된 채로 생장이 멈추었다(Fig. 2, left).

식재한 삼목체 갈대의 직경이 두꺼울 때 새롭게 출현하는 경엽부의 직경 또한 상대적으로 더 두껍게 발달하였다(Fig. 2, right). 일반적으로 갈대의 경우 지하경의 직경이 두꺼울 때 그로부터 발생하는 지상부의 직경도 두꺼워지며 이는 곧 지상부의 초고 및 성장과도 직결된다(Asaeda and Karunaratne, 2000; Hogg and Wein, 1987; League et al., 2006). 그와 마찬가지로 삼목한 지상경의 직경 또한 그로부터 발생하는 부정아에 의해 형성되는 경엽부의 직경에 영향을 미치는 것으로 보여 진다(Fig. 2, right). 갈대 생육에 있어 초고 생장은 매우 중요한데 이는 식물 간 경쟁에 있어 빛이 굉장히 중요한 결정 인

자로 작용하며(Chambers, 1987; Spence, 1982) 초고 생장은 다른 아닌 빛을 보다 효율적으로 확보하기 위해서 중요한 요소이기 때문이다. 그렇기 때문에 갈대 지상경을 활용한 삽목 시 상대적으로 더 두꺼운 직경의 지상경을 활용하는 편이 보다 나은 경엽부 생장을 보장할 것이다. 더불어 10-6 M에 해당하는 옥신을 처리해 주고 삽목 시기가 늦을 경우 기온이 낮은 실외 보다는 LED 등과 같이 식물 생장에 효과적인 인공광이 갖춰진 실내나 온실 등과 같은 곳에서 삽목하는 것을 추천한다.

습지식물인 조름나물(*Menyanthes trifoliata* L.)의 지하경을 활용한 삽목 연구를 수행한 Lee and Kim(2012)에

따르면 조름나물 지하경 삽목체의 마디수는 조름나물의 생장량 증가에 크게 기여하지 않았다고 한다. 갈대 지상경을 활용한 본 삽목 연구에선 모든 실험 조건에서 동일한 마디수(절편 당 2마디)를 포함한 절편을 활용하였다. 길이나 직경 그리고 부피 등은 같되 서로 다른 수의 마디를 포함한 갈대 지상경 절편을 활용하여 마디(node) 수가 경엽부 출현 및 생장, 나아가 식물 생산(biomass production) 등에 미치는 영향에 관한 추후 연구가 이뤄진다면 갈대 지상경을 활용한 무성 생식 효율성 제고에 도움이 될 수 있을 것이라 기대한다.

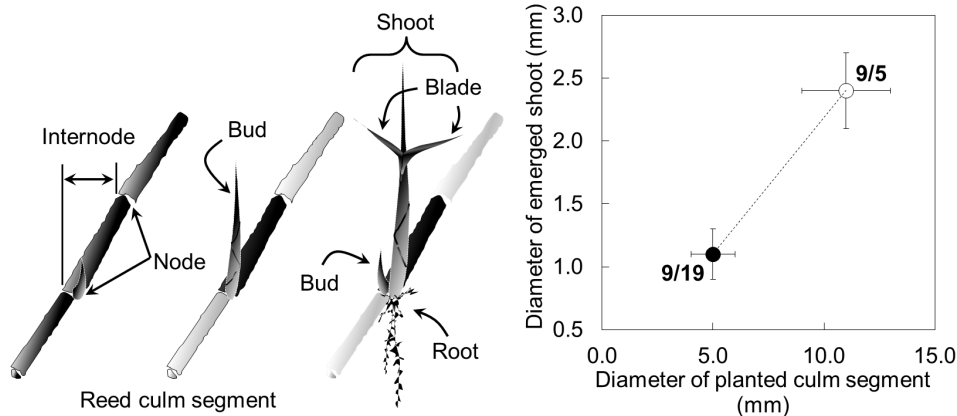


Fig. 2. Developmental stages of bud sprouting from reed culm by cutting and the relationship between diameter of planted reed culm segment and that of newly emerged shoot. White circle (n = 19) and black circle (n = 50) indicate plants planted at 5th (segments from a population in Mt. Odae) and 19th (segments of a transplanted reed population originating from Mt. Odae) Sep. in 2012, respectively and emerged shoots from them. Vertical and horizontal bars on the graph mean standard deviation.

마지막으로, 본 연구는 늦은 시기의 삽목 효율을 높이기 위한 방도로 네 가지 농도의 옥신을 처리하였으나 추후엔 호르몬 처리를 하지 않은 대조구를 둠으로써 호르몬 농도뿐만 아니라 호르몬 처리 유무에 따른 결과 도출을 통해 보다 명료한 해석이 이뤄질 수 있도록 할 필요가 있다. 더불어 10⁻⁶ M의 옥신이 지상경 삽목에 효율적인 농도라는 사실을 오직, 다소 늦은 시기에 현지(산지성 습지)로부터 확보한 갈대를 활용한 결과로부터 도출하였다. 그로 인해 출현한 경엽부의 수가 전반적으로 너무 적어 예상과 달리 통계적 유의미성을 확보할 수 없었다. 최적의 옥신 농도 선별을 위한, 보다 신뢰성 있는 결과물 도출을 위해 여름철 등 본 실험보다 이른 시기에 실험을 상세히 수행함으로써 통계적 유의미성을 확보한 결과물 도출이 이뤄질 수 있도록 할 필요가 있다.

5. 감사의 글

갈대 지상경 삽목 및 호르몬 처리 작업에 많은 도움

을 주신 (주)엘조경개발의 황영도 대표님, 강유정 과장님, 황영희 과장님께 진심으로 감사말씀 드립니다. 본 연구는 환경부 산하 수생태 복원 사업단의 Eco-STAR project (EW33-08-12)와 환경부의 Eco-Innovation project (416-111-010)의 연구비 지원을 통해 이뤄졌음을 밝힙니다.

References

- Adcock, P. W. and Ganf, G. G. (1994). Growth Characteristics of Three Macrophyte Species Growing in a Natural and Constructed Wetland System. *Water Science and Technology*, 29(4), pp. 95-102.
- Amoo, S. O., Finnie, J. F., and Van Staden, J. (2009). Effects of Temperature, Photoperiod and Culture Vessel Size on Adventitious Shoot Production of in vitro Propagated *Huernia hystrix*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 99(2), pp. 233-238.

- Asaeda, T. and Karunaratne, S. (2000). Dynamics Modeling of the Growth of *Phragmites australis*: Model Description. *Aquatic Botany*, 67(4), pp. 301-318.
- Chambers, P. A. (1987). Light and Nutrients in the Control of Aquatic Plant Community Structure. II. In situ Observation. *Journal of Ecology*, 75(3), pp. 621-628.
- Choung, Y. S., Oh, H. K., Roh, C. H., and Hwang, K. S. (1999). Shoot Cutting Effects on the Productivity and Nutrient Removal of Some Wetland Plants. *Korean Journal of Environmental Biology*, 17(4), pp. 459-465. [Korean Literature]
- Haslam, S. M. (1970). The Performance of *Phragmites communis* Trin. in Relation to Water-supply. *Annals of Botany*, 34(4), pp. 867-877.
- Hogg, E. H. and Wein, R. W. (1987). Growth Dynamics of Floating *Typha* Mats: Seasonal Translocation and Internal Deposition of Organic Material. *Oikos*, 50(2), pp. 197-205.
- Hong, M. G. and Kim, J. G. (2012). Growth Characteristics of Cutting Culms Sectioned at Different Positions from Three Reed Population. *Journal of Korean Environmental Restoration and Technology*, 15(1), pp. 53-62. [Korean Literature]
- Hong, M-G, and Kim, J. G. (2011). Comparative Analysis of Cutting Efficiency Using Culms of Reed with Genetic, Environmental and Methodological Differences. *Journal of Korean Wetlands Society*, 13(3), pp. 603-611. [Korean Literature]
- Hwang, I. T., Choi, J. S., Lee, H. J., Hong, K. S., and Cho, K. Y. (1996). Establishment of Herbicide Screening Methods for Reed (*Phragmites communis* Trin.) Control - 1. Propagation of Reed -. *Korean Journal of Weed Science*, 16(1), pp. 21-27. [Korean Literature]
- Jeong, D. Y. and Shim, S. R. (1999). A Study on the Development of Planting Methods for *Phragmites* spp.. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 27(2), pp. 51-57. [Korean Literature]
- Jeong, G. J., Kim, M. G., and An, W. Y. (2003). A Fundamental Study on the Effect to Build up a Vegetation Strip at Stream Confluence by Using Reed Mat. *Journal of Korean Environmental Restoration and Technology*, 6(4), pp. 62-73. [Korean Literature]
- Ju, Y. G. (1998). A Study on the Planting Methods of Reeds in the Tideland. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture*, 16(3), pp. 35-40. [Korean Literature]
- Kang, Y. Ki., Ko, M. R., Kang, S. Y., and Riu, K. Z. (2005). Several Factors Affecting to Rooting of Stem Cuttings in *Rubus buergeri* Miquel. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 13(3), pp. 77-80. [Korean Literature]
- Kato, Y. and Ozawa, N. (1978). Adventitious Bud Formation on Leaf and Stem Segments of *Heloniopsis orientalis* Grown at Various Temperatures. *Plant and Cell Physiology*, 20(3), pp. 491-497.
- Kim, C-S. and Kim, Z-S. (2007). Effects of Auxin and Fog Treatments on the Green-Wood Cutting of the Mature Trees in *Prunus yedoensis*. *Journal of Korean Forest Society*, 96(6), pp. 676-683. [Korean Literature]
- Kim, I. J., Kim, M. J., Nam, S. Y., Lee, C. H., and Kim, H. S. (2004). Effects of Bedsoil and Growth Regulator on Cutting Propagation of *Cudrania tricuspidata* Bureau. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 12(4), pp. 285-288. [Korean Literature]
- Klimeš, L. (2000). *Phragmites australis* at an Extreme Altitude: Rhizome Architecture and its Modelling. *Folia Geobotanica*, 35(4), pp. 403-417.
- League, M. T., Colbert, E. P., Seliskar, D. M., and Gallagher, J. L. (2006). Rhizome Growth Dynamics of Native and Exotic Haplotypes of *Phragmites australis* (common reed). *Estuaries and Coasts*, 29(2), pp. 269-276.
- Lee, G. M. and Kim, J. G. (2012). Effects of Rhizome Length and Node Numbers on the Proliferation of *Menyanthes trifoliata* Cuttings. *Journal of Wetlands Research*, 14(2), pp. 193-198. [Korean Literature]
- Lee, H. H. M., Kwon, O. B. (2002). Development of Floating-Islands with a Sod Mat by Shooting and Rooting from Shoot Nodes of Common Reed. *Journal of Korean Environmental Restoration and Technology*, 5(1), pp. 59-65. [Korean Literature]
- Lee, H. H. M., Kwon, O. B., Seog, J. H., and Jo, G. H. (2001). Selection of Suitable Plants for Artificial Floating Islands -Comparisons of Vegetation Structure and Growth of Four Emergent Macrophytes-. *Journal of Korean Environmental Restoration and Technology*, 4(1), pp. 87-96. [Korean Literature]
- Lee, J. E., Seo, S. G., Kim, B. K., Woo, S. M., Koo, B. C., Park, T. H., Lim, Y. P., and Kim, S. H. (2012). Induction of somatic embryogenesis and plant regeneration in the reed grass (*Phragmites communis* Trin.). *African Journal of Biotechnology*, 11(8), pp. 1904-1911.
- Oh, K. H. and Ihm, B. S. (1983). Seasonal Changes in the Productivity and Soil Nutrients of *Phragmites communis*

- Community in the Salt Marsh of the Sumjin - River Estuary. *Journal of Ecology and Field Biology*, 6(2), pp. 90-97. [Korean Literature]
- Rejmánková, E. (2011). The Role of Macrophytes in Wetland Ecosystems. *Journal of Ecology and Field Biology*, 34(4), pp. 333-345.
- Ro, H. M., Choi, W. J., Lee, E. J., Yun, S. I., and Choi, Y. D. (2002). Uptake Patterns of N and P by Reeds (*Phragmites australis*) of Newly Constructed Shihwa Tidal Freshwater Marshes. *Journal of Ecology and Field Biology*, 25(5), pp. 359-364. [Korean Literature]
- Spence, D.H.N. (1982). The Zonation of Plants in Freshwater Lakes. *Advances in Ecological Research*, 12, pp. 37-125.
- Straub, P. F., Decker, D. M., and Gallagher, J. L. (1988). Tissue Culture and Long-term Regeneration of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 15(1), pp. 73-78.
- Yang, Y-G., Guo, Y-M., Guo, Y., Guo, Z-C., and Lin, J-X. (2003). Regeneration and Large-scale Propagation of *Phragmites communis* through Somatic Embryogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 75(3), pp. 287-290.

○ 논문접수일 : 2012년 11월 21일

○ 심사의뢰일 : 2012년 11월 22일

○ 심사완료일 : 2013년 02월 23일