지상부 제거 및 육지와의 격리거리에 따른 갈대의 생육 특성

Growth Properties of *Phragmites communis* along Distance from Land and Cutting Aboveground Part

민 병 미*

Byeong Mee Min

:: Abstract ::

To clarify the growth of *Phragmites communis* along the distance from the land, and investigate the effects by cutting the aboveground part, the height and dry weight of this species were surveyed from 2000 to 2001 on natural stands at tidal-flat of Hogog-ri, Jugog-myeon, Whaseong-city, Gyeonggi Province. At the stand near the rice paddy, mean density, mean height, dry weight per plant and dry weight per unit area of *P. communis* were 122.67 plants/㎡, 100.36 ㎝, 4.241 g, and 537.574/㎡, respectively. The sizes of *P. communis* conspicuously increased from seaside to land side. At the stand isolated from the land, these properties were 102.30 plants/㎡ (in density), 43.894 ㎝ (in height), 0.779 g/plant and 73.495 g/㎡, respectively, and the sizes of *P. communis* at the land side were relatively similar to those at sea side. The cutting of aboveground part resulted to the decrease of density and dry weight per unit area in next year, but did not influence on the height and weight per plant of *P. communis.*

Keywords: Density, Dry weight, Height, Phragmites communis, Tidal-flat

:: 요 지 ::

육지로 격리된 거리에 따른 갈대의 생육과 지상부의 예취가 익년 갈대생장에 미치는 효과를 규명하기 위해 2000년부터 2001년까지 경기도 화성시 주곡면 호곡리에서 갈대 자연군락을 대상으로 초장과 건중량을 조사하였다. 육지와 접한 지역은, 갈대의 평균밀도는 122.67개체/㎡, 평균초장은 100.36 ㎝, 개체당 평균 건중량은 4.241 g, 단위면적당 건중량은 537.574 g/㎡이었다. 그리고 해양방향에서 육지방향으로 이행함에 따라 개체의 초장 및 건중량, 단위 면적 당 건중량이 현저히 증가하는 경향을 보였다. 한편, 육지와 격리된 지역은 평균밀도는 102.30개/㎡, 평균초장은 43.894 ㎝, 개

* 단국대학교·과학교육과 교수·이학박사·e-mail: bmeemin@hanmail.net

체당 평균 건중량은 0.779 g, 단위면적당 건중량은 73.495 g/㎡이었다. 또한 해양방향에서 육지방향으로 이행함에 따른 갈대의 초장과 건중량의 변화는 없었다. 예취한 지역에서 익년의 갈대 생장은 예취하지 않은 지역에 비해 초장과 개체당 건중량은 차이가 없었으나 밀도와 단위 면적당 건중량이 현저히 감소하는 것으로 나타났다.

핵심용어: 갈대, 건중량, 밀도, 생장, 예취, 초장

1. 서 론

하구나 해안생태계는 육상생태계와 해양생태계가 접하는 추이대로서 독특한 생태계를 이루고 있다. 또한 생산성이 대단히 높다(Odum, 1972). 우리나라의 경우 이 지역에서 우점하고 있는 식물종은 갈대이다(김준호 등, 1982; 김철수과 송태곤, 1986; 윤해순, 1991).

갈대(*Phragmites communis*)는 벼과의 다년생 초본으로서 토양 내 염분농도에 대한 내성의 범위가 대단히 넓어 해수에 의한 침수지역으로부터 내륙까지 분포하고 있다(홍원식, 1956; 이창복 1981; 이호준와 양효식, 1993; Waisel, 1972; Redfield, 1972; Reimold and Queen, 1974; Nixon and Oviatt, 1974). 그러나 단위면적 당 갈대의 생산성을 고려하면 최적 환경은 해수역보다는 기수역이다(김철수 ,1975; Min and Kim, 1983; Kim et al., 1986; Reimold and Queen, 1974; Poljakoff-Mayber and Gale, 1975). 이러한 사실은 갈대가 Na의 비축적형 식물로 지상부보다 지하부에 더 많은 양의 Na를 축적하는 사실에서 잘 나타나고 있으며 갈대의 뿌리가 축적하는 양은 대략 8.0 ㎎ Na/g이다(민병미, 1990). 일반적으로 많은 양의 염분은 식물의 생육에 좋지 않은 영향을 준다. 그럼에도 불구하고 염분이 있는 지역에서 갈대가 지하부에 염분을 축적하는 것은 식물체로부터 토양으로 수분이 빠져나가는 역삼투를 방지하기 위한 수단이기 때문이다. 특히, 광합성을 하는 잎이나 종자에 많은 양이 존재하게 되면 제 기능을 할 수 없다. 역삼투를 방지하기 위해서 갈대는 염분을 흡수는 하였지만 가능한 한 지하부에만 국한시키고 염분을 상부로 이동시키지 않는다. 이때 많은 양의 에너지가 필요하며 뿌리 내에서도 가능한 한 일정한 구역에 가능한 한 적은 양을 저장하여 세포의 다른 생리적인 기능에 큰 영향을 주지 않도록 한다. 이 과정에서 상당한 에너지가 소모되기 때문에 갈대의 생장이 억제될 수밖에 없다.

본 연구에서는 갈대 자연군락에서 육지와 격리된 거리에 따른 갈대의 생산성과 지상부의 제거가 익년 지상부의 생육에 미치는 영향을 파악하였다.

2. 재료 및 방법

조사 장소는 경기도 화성시 호곡리(37° 06′ N, 126° 45′ E)에 위치하고 있으며 해양 방향 약 2 ㎞ 지점에는 남북으로 제방을 건설하고 있다. 현재는 일 2회 해수가 유입되고 있으나 제방이 완성될 경우 해수는 완전히 차단될 것으로 예상되는 지역이다. 조사 지소는 두 지역으로 정하였다. 하나는 Fig. 1과 같이 육지와 접한 지역으로서 상부는 현재 농경지(논)로 이용하고 있으며 저질은 모래로 구성되어 있다. 지면은 조간대보다 50 ㎝ 정도 높으며 갈대군락의 최상부는 월 2-3회 정도 해수에 침수된다. 갈대군락의 주변에는 갯개미취(*Aster tripolium*),

천일사초(*Carex scabrifolia*), 갯질경(*Limonium tetragonum*), 해홍나물(*Suaeda maritima*) 등이 생육하고 있으나 군락의 내부에는 다른 식물종이 거의 없다. 다른 하나는 Fig. 2와 같다. 육지와 약 50 m 격리되어 있으며 대단히 평탄한 지역이다. 매일 2회 해수에 의해 침수되며 저질은 미사로 구성되어 있다. 이 지역에는 갈대 외에 해홍나물, 천일사초, 세모고랭이(*Scirpus triqueter*) 등이 생육하고 있다.

야외조사는 2000년 6월 4일과 2001년 6월 26일 2차례에 걸쳐 실시하였다. 두 지소 모두 해양에서 육지방향으로 수직으로 조사지선을 설치한 후 군락이 시작되는 지점부터 끝나는 곳까지 1 × 1 m 방형구를 연속적으로 설치하고 각 방형구별로 지면에서 갈대를 예취하였다. 조사지선은 2000년에는 각각 하나씩이었으나 2001년에는 육지와 격리된 지역에서는 2개, 접한 지역에서는 하나를 설치하였다. 육지와 격리된 지역에서 하나의 조사지선은 전년도에 예취하였던 곳이었고 다른 하나는 바로 접한 곳에 설치하였다. 그 결과 2000년 갈대군락의 폭은 육지와 접한 지역에서는 12 m, 격리된 지역에서는 23 m이었고, 2001년 격리된 지역의 것은 19 m이었다. 따라서 2001년은 2000년보다 3 m의 폭이 감소하였다.

예취된 갈대 시료는 실험실로 운반하여 각 방형구별, 개체별로 구분하여 초장을 측정하고 80℃ 건조기에서 48시간 건조시킨 후 건량을

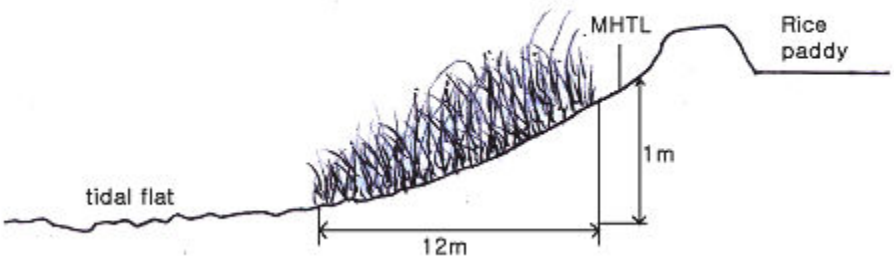

Fig. 1. Schematic diagram of *Phragmites communis* patch near the rice paddy. MHTL means mean high tidal level.

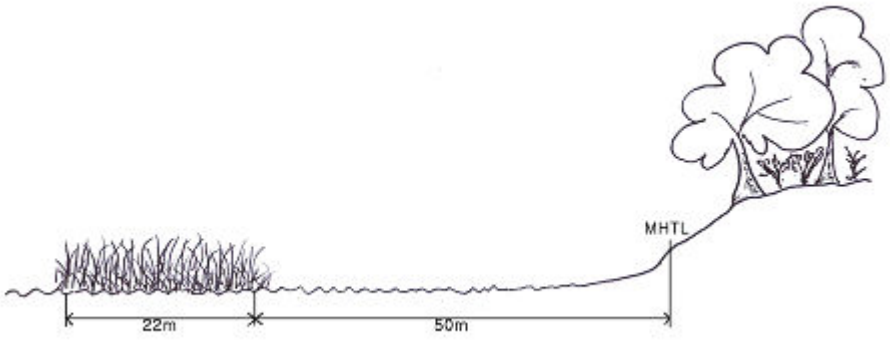

Fig. 2. Schematic diagram of *Phragmites communis* patch isolated from the land. MHTL means mean high tidal level.

측정하였다. 새로운 줄기의 출현을 파악하기 위해 어린 개체(잎이 개엽하지 않은 것)와 성숙한 개체로 구분하였다. 방형구 당 출현 개체의 초장과 건중량의 크기별 빈도를 파악하기 위해 동일하게 14개(0~13) 계급으로 구분하여 각 계급 당 백분율을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 육지와의 격리에 따른 갈대의 생산성

1) 육지와 접한 갈대군락

육지와 접한 갈대군락의 거리에 따른 초장, 밀도 및 개체 당 건중량은 Table 1과 같다. 각 방형구당 평균밀도는 어린 것이 6.92개체/㎡, 성숙한 것이 115.75개체/㎡로 총 122.67개체/㎡이었다. 따라서 대체적으로 볼 때 밀도가 다소 높은 것으로 나타났다(Min and Kim, 1983). 평균 초장은 100.36 ㎝, 평균 건중량은 537.574 g/㎡이었다. 따라서 갈대의 초장이나 건중량은 보고된 것보다 적은 것으로 나타났다. 즉, 갈대의 생산성은 2,700 g/㎡까지 보고된 바 있다(김철수, 1975).

이 갈대군락에서 해양방향으로부터 육지방향으로 이행함에 따른 변화를 보면, 육지에서 가장 멀리 격리된 지점(0-1 m)은 밀도가 32개체/㎡이었고 육지방향으로 진행하면서 대체로 증가하였으나 일정한 경향성은 없었다. 즉, 8-9 m 구간에서는 106개체/㎡으로 군락의 주변부인 1-3 m구간을 제외하면 다른 구간보다 적었다. 그런데 어린 개체는 군락의 주변부이고 밀도가 다소 낮은 지역인 1-4 m구간에서 10개체 이상으로 많은 것으로 나타났다. 이것은 새로운 개체가 발생하는 데는 광선을 받는 정도가 대단히 중요함을 나타내는 것이다. 즉, 다른 개체에 의해 피음이 되는 환경에서는 새로운 개체발생은 억제되거나 갈대군락이 주변부로 분포 범위를 넓혀가는 과정으로 해석할 수도 있다.

초장은 만조선으로부터 가장 먼 지역은 51 ㎝이었으나 육지방향으로 이행하면서 점차 증가하여 중앙부분인 7-8 m 구간에서 139 ㎝에 도달하였다. 따라서 동일한 지역이지만 육지로부터 해양으로 격리될수록 갈대의 생육이 상당히 저해되는 것으로 해석할 수 있다.

단위 면적 당 건중량은 해양방향에서 육지방향으로 이행하면서 계속 증가하여 9-10 m 구간에서 가장 큰 값인 889.980 g/㎡을 나타냈다. 초장과 대체로 유사한 경향을 나타냈다. 한편, 군락의 중앙부에서는 개체당 건중량은 밀도와 큰 관계가 없었다.

각 방형구에서의 초장의 크기 계급별 빈도를 분석하면 군락의 끝 부분(육지에서 가장 먼 지역)인 1, 2 및 3 방향구에서는 2.0 g보다 적은 크기의 빈도가 가장 높았다(Table 2). 따라서 육지로부터 가장 먼 지역에 생육하는 갈대의 초장은 평균치를 유지하지만 건중량은 적은 개체들로 구성되어 있었다. 그런데 이 들 내의 밀도는 다른 방형구의 것보다 훨씬 낮았다. 그리고 빈도계급이 비교적 넓은 6, 7, 8 및 9번 위치에서 최빈치는 상위 계급으로 상승하였다. 따라서 이러한 결과에 의하면 갈대는 밀도와 관계없이 주어진 범위 내에서 경쟁은 일어나고 있는 것으로 볼 수 있다. 이것은 동일한 지하부를 가고 있어 수분의 공급이나 영양분의 이동을 공유하고 있기 때문으로 볼 수 있다. 갈대는 전술한 바와 같이 개체군의 증가가 지하경에 의해서 이루어지고 전파는 게릴라형으로 진행시키기 때문이다.

Table 1. Changes of density, height and aboveground biomass of Phragmites communis population near the rice paddy along the line transect at Hogogri. The field survey was done on June 40, 2000.

Distance(m)	Density(individuals/㎡)			Height(㎝)	Dry weight	
	new shoot	mature shoot	total	mean±SD	mean±SD (g)	total (g)
1(0-1)	10	22	32	51.66±24.70	1.80±1.64	57.39
2(1-2)	18	67	85	60.05±25.30	2.17±1.49	182.50
3(2-3)	18	115	133	68.01±27.88	2.32±1.49	309.50
4(3-4)	14	153	167	82.61±28.88	2.99±1.97	528.78
5(4-5)	7	118	125	100.96±29.45	4.29±2.34	477.56
6(5-6)	4	123	127	117.79±31.10	5.42±2.71	688.83
7(6-7)	8	106	114	119.29±39.35	5.19±2.84	591.73
8(7-8)	0	117	117	139.08±30.94	5.91±3.11	670.96
9(8-9)	1	105	106	131.83±35.88	6.32±3.65	669.59
10(9-10)	0	176	176	119.82±29.43	5.06±2.57	889.98
11(10-11)	0	155	155	111.45±26.59	4.57±2.67	727.17
12(11-12)	3	132	135	101.77±37.06	4.86±3.03	656.91
Total	83	1,389	1,472	1,204.32	50.9	6,450.9
Mean	6.92	115.75	122.67	100.36	4.24	537.57

Table 2. Height frequency of size class within the cell of Phragmites communis population near the rice paddy at Hogogri. The field survey was done on June 40, 2000.

Distance (m)	Size class (㎝)									
	≤20	21≤40	41≤60	61≤80	81≤100	101≤120	121≤140	141≤160	161≤180	181≤
1(0-1)	18.8	15.6	31.3	25.0	13.1	6.2				
2(1-2)	13.1	7.1	23.8	31.0	21.4	3.6				
3(2-3)	9.8	3.8	17.3	27.8	32.3	9.0				
4(3-4)	5.4	4.8	11.4	16.2	31.1	25.7	5.4			
5(4-5)	2.4	3.9	3.1	10.2	21.3	32.3	24.4	2.4		
6(5-6)		3.9	3.1	7.1	4.7	19.7	40.2	19.2	1.6	
7(6-7)	4.5	2.7	2.7	3.6	11.6	12.5	25.9	29.5	7.1	
8(7-8)			0.8	5.9	5.1	11.9	19.5	28.8	22.9	5.1
9(8-9)		1.9	0.9	9.4	6.6	14.2	16.0	27.4	19.8	3.8
10(9-10)			4.5	4.5	13.1	22.2	30.1	20.1	5.1	
11(10-11)		0.6	3.2	10.3	18.1	29.0	25.8	11.6	1.3	
12(11-12)	1.5	5.2	11.9	9.6	17.0	13.3	24.4	16.3	0.7	
Total	55.5	49.5	114	160.6	195.4	199.6	211.7	155.3	58.5	8.9
Mean	4.6	4.1	9.5	13.4	16.3	16.6	17.6	12.9	4.9	0.7

Table 3. Dry weight frequency of size class within the cell of Phragmites communis population near the rice paddy at Hogogri. The field survey was done on June 40, 2000.

Distance (m)	Size class (g)													
	〈1	1<2	2<3	3<4	4<5	5<6	6<7	7<8	8<9	9<10	10<11	11<12	12<13	13<
1(0-1)	30.0	36.7	23.3		3.3		3.3	3.3						
2(1-2)	32.1	15.5	22.6	17.9	17.9	6.0								
3(2-3)	18.0	29.3	24.8	16.5	6.0	3.0	0.8	0.8	0.8					
4(3-4)	17.6	17.6	19.3	17.6	13.1	8.5	3.4	1.1	1.1			0.6		
5(4-5)	3.6	15.5	18.2	12.7	9.1	16.4	10.0	8.1	2.7	1.8	1.8			
6(5-6)	5.5	6.3	7.1	11.8	11.0	18.9	14.2	10.2	3.9	4.7	3.1	2.4	0.8	
7(6-7)	7.0	5.2	10.4	13.9	13.9	13.0	12.1	7.0	6.1	4.3	6.1		0.9	
8(7-8)	1.8	4.4	10.5	12.3	14.0	18.4	11.4	6.1	6.1	5.3	1.8	0.9	4.4	2.6
9(8-9)	0.9	9.3	12.1	9.3	7.5	7.5	18.7	8.4	4.7	2.8	5.6	4.7	6.5	1.8
10(9-10)	4.0	6.8	10.2	18.8	14.2	15.3	8.0	9.1	5.7	2.3	4.0	1.1	0.6	
11(10-11)	4.4	13.2	15.1	18.2	8.8	12.6	9.4	7.4	3.8	2.5	3.1	0.6	0.6	
12(11-12)	8.0	8.0	12.8	11.2	11.2	7.2	13.6	8.8	11.2	2.4	4.8	0.8		
Total	132.9	167.8	186.4	160.2	130	126.8	104.9	70.3	46.1	26.1	30.3	11.1	13.8	4.4
Mean	11.1	14.0	15.5	13.4	10.8	10.6	8.7	5.9	3.8	2.2	2.5	0.9	1.2	0.4

한편, 건중량의 크기를 14(0~13)개 계급으로 구분하였을 때 최빈치는 2.0~3.0 g/개체에서 나타났으며 빈도는 15.5%이었다(Table 3). 그런데 이 계급은 아래로부터 3번째의 것이다. 따라서 빈도의 분포는 평균치보다 적은 계급의 빈도가 높은 양성 왜도를 보였다. 전술한 초장의 결과와 비교하면 매우 대조적인 것이었다. 이러한 결과에 의하면 본 지역에서 갈대는 광선에 대한 경쟁이 매우 심한 것으로 볼 수 있었다.

2) 육지와 격리된 지역의 갈대군락

육지와 격리된 지역의 갈대군락에서 조사한 자료는 Table 4와 같다. 각 방형구 내 갈대의 평균밀도는 102.3개체/㎡이었다. 갈대의 밀도는 군락의 중앙부인 7~18 m에서 높았고 이로부터 해양 방향이나 육지 방향으로 이행하면서 감소하였다. 밀도가 가장 높은 곳은 13-14 m의 방형구로 224개체/㎡이었다. 그런데 새로 출현하는 개체는 방형구 당 4.52개체/㎡이었으며 거의 전 구간에서 유사한 값을 보였다. 그러나 방형구 내의 밀도를 감안하면 군락의 중앙부보다는 가장자리에서 새로 출현하는 갈대의 비율이 높았다.

한편, 갈대 전체의 평균 초장은 43.9 ㎝이었으며 초장의 범위는 34~53 ㎝로 다양하였지만 각 방형구 내 평균초장에서는 유사하였다. 그런데 초장은 밀도와는 달리 군락 주변의 것이 컸고 내부의 것이 다소 작았다.

한 개체 당 평균 무게는 0.5~1.5 g이었다. 그런데 개체 당 건중량 역시 중앙부의 것보다는 주변부의 것이 많았다. 그리고 단위 면적 당 지상부 현존량은 2~151 g/㎡이었으며 각 cell 당 평균치는 73.5 g㎡이었다. 갈대의 지상부 현

존량은 최대 3,000 gm²임을 감안하면 이것은 대단히 적은 양이다. 따라서 이 지역의 갈대는 생육이 대단히 저조한 것으로 볼 수 있다. 이러한 이유는 전술한 바와 같이 본 군락이 육지와 격리되어 있어 육지로부터 해양으로 유입되는 담수의 영향이 대단히 적고 해수에 침수되는 시간이 길기 때문이다. 따라서 이 지역은 갈대가 생육하기에는 적절하지 못한 지역이나 갈대의 환경에 대한 적응능력을 가늠할 수 있는 곳으로 판단된다.

해양에서 육지 방향으로 이행하면서 거리에 따른 각 방형구 당 갈대 초장의 빈도 변화는 Table 5에 나타낸 바와 같다.

Table 4. Changes of density, height and aboveground biomass of Phragmites communis population isolated from the land along the line transect at Hogogri. The field survey was done on June 40, 2000.

Distance (m)	Density (individual/㎡)			Height (㎝)	Dry weight	
	new shoot	mature shoot	total	mean±SD	mean±SD (㎎)	total (g)
1(0-1)	0	2	2	53.25±25.25	1467.50±1109.50	2.94
2(1-2)	2	23	25	46.36±14.29	813.16± 489.05	20.33
3(2-3)	3	55	58	52.03±16.86	1121.96± 729.65	64.10
4(3-4)	4	74	78	46.28±15.18	857.83± 655.90	67.14
5(4-5)	2	106	108	47.53±16.77	948.56± 728.62	102.77
6(5-6)	5	70	75	43.11±17.05	739.14± 624.01	56.38
7(6-7)	5	129	134	41.79±14.91	660.92± 508.49	87.95
8(7-8)	2	157	159	43.07±13.08	603.48± 415.57	98.15
9(8-9)	8	108	116	42.63±13.68	650.20± 494.52	74.33
10(9-10)	2	121	123	38.15±12.72	511.05± 402.90	62.43
11(10-11)	3	153	156	42.25±14.69	628.12± 477.55	98.16
12(11-12)	5	132	137	46.56±15.32	797.91± 623.28	108.87
13(12-13)	5	129	134	46.37±16.70	815.84± 684.44	109.45
14(13-14)	8	216	224	44.08±15.48	679.07± 598.63	151.08
15(14-15)	5	167	172	44.08±13.66	655.84± 515.54	113.62
16(15-16)	12	97	109	41.45±18.10	685.35± 642.35	75.55
17(16-17)	9	149	158	45.41±17.28	835.54± 730.79	131.55
18(17-18)	9	127	136	43.00±16.57	734.87± 530.47	98.72
19(18-19)	2	66	68	42.90±13.40	744.76± 480.83	50.01
20(19-20)	4	92	96	39.32±14.36	676.85± 536.59	56.913
21(20-21)	5	44	49	34.88±14.61	625.82± 540.64	30.77
22(21-22)	3	20	23	38.43±12.74	730.78± 481.75	16.85
23(22-23)	1	12	13	46.62±11.75	945.54± 483.84	12.36
Total	104	2,249	2,353	1,009.55	17,930.09	1,690.42
Mean	4.52	97.78	102.30	43.894	779.569	73.40

Table 5. Height frequency of size class within the cell of Phragmites communis population isolated from the land at Hogogri. The field survey was done on June 40, 2000.

Distance (m)	Size class (㎝)									
	≤10	11≤20	21≤30	31≤40	41≤50	51≤60	61≤70	71≤80	81≤90	91≤
1(0-1)			50.0					50.0		
2(1-2)		4.0	12.0	20.0	20.0	24.0	16.0		4.0	
3(2-3)		3.4	6.9	19.0	21.1	25.9	20.7	5.2	5.2	1.7
4(3-4)		3.8	11.5	24.3	19.2	19.2	12.8	6.4	2.6	
5(4-5)		3.7	10.2	20.4	25.9	22.2	3.7	10.2	3.7	
6(5-6)		12.0	12.0	18.7	25.3	17.3	6.7	4.0	4.0	
7(6-7)		7.4	15.6	21.9	28.9	17.0	5.9	2.2	1.5	
8(7-8)	0.6	3.8	12.6	25.2	39.0	17.0	5.0	1.3	1.9	
9(8-9)		6.9	6.9	31.9	27.6	19.8	2.6	2.6	1.7	
10(9-10)	1.6	6.5	20.3	27.6	27.6	13.0	0.8	1.6	0.8	
11(10-11)		5.1	19.2	22.4	25.0	16.7	7.7	3.2		0.6
12(11-12)	0.7	2.2	13.1	16.8	28.5	23.4	9.5	2.2	2.9	0.7
13(12-13)		6.7	6.7	20.1	29.9	20.9	6.7	4.5	3.7	0.7
14(13-14)	0.9	4.9	13.7	21.2	25.7	24.3	4.9	1.3	2.2	0.9
15(14-15)	0.6	2.9	9.3	29.1	26.7	22.7	5.8	1.7	0.6	0.6
16(15-16)	3.7	10.1	15.6	15.6	22.0	19.3	9.2	1.8	1.8	0.9
17(16-17)	0.6	7.0	10.1	20.9	24.7	21.5	7.0	4.4	3.8	
18(17-18)	1.5	8.1	16.2	14.0	23.5	20.6	12.5	2.2	1.5	
19(18-19)		7.3	7.3	26.5	33.8	17.6	4.4	1.5	1.5	
20(19-20)	1.0	7.3	16.7	30.2	21.9	16.7	5.2		1.0	
21(20-21)	2.0	16.0	18.0	36.0	12.0	10.0	4.0	2.0		
22(21-22)		4.3	21.7	30.4	21.7	17.4	4.3			
23(22-23)		15.4	7.7	23.1	46.2	7.7				
Total	13.2	148.8	333.3	515.3	576.2	414.2	155.4	108.3	44.4	6.1
Mean	0.57	6.47	14.49	22.40	25.05	18.01	6.76	4.71	1.93	0.27

Table 6. Dry weight frequency of size class within the cell of Phragmites communis population isolated from the land at Hogogri. The field survey was done on June 40, 2000.

Distance (m)	Size class (g)								
	<0.5	0.5≤1.0	1.0≤1.5	1.5≤2.0	2.0≤2.5	2.5≤3.0	3.0≤3.5	3.5≤4.0	4.0≤
1(0-1)	50.0					50.0			
2(1-2)	36.0	32.0	20.0	8.0	4.0				
3(2-3)	17.5	33.3	28.1	12.3	1.8	3.5	1.8	1.8	
4(3-4)	33.3	39.7	11.5	7.7	3.8	2.6	1.3		
5(4-5)	31.8	38.3	12.1	7.5	2.8	4.7	2.8		
6(5-6)	44.7	34.2	10.5	2.6	3.9	3.9			
7(6-7)	42.7	41.2	9.2	3.1	3.1		0.8		
8(7-8)	43.8	42.6	11.1	1.2	0.6		0.6		
9(8-9)	50.4	37.4	6.1	2.6	1.7	1.7			
10(9-10)	58.2	33.6	5.7	0.9	0.9	0.9			
11(10-11)	44.9	41.0	7.7	3.8	1.9		0.6		
12(11-12)	33.8	41.9	16.9	2.9	1.5	0.7	0.7	1.5	
13(12-13)	38.5	38.5	8.9	5.2	3.7	3.7	1.5		
14(13-14)	44.9	40.0	8.9	3.1	0.9	0.9	1.3		
15(14-15)	45.1	39.3	10.4	2.3	13.3	0.6			0.6
16(15-16)	47.3	30.9	16.4	1.8	0.9	0.9		1.8	
17(16-17)	38.2	35.7	15.9	3.2	2.5	1.3	1.3	1.9	
18(17-18)	41.0	35.1	15.7	6.0	0.7	1.4			
19(18-19)	35.8	44.8	11.9	4.5	3.0				
20(19-20)	44.0	36.9	14.3	2.4	1.2		1.2		
21(20-21)	57.1	24.5	10.2	4.1	4.1				
22(21-22)	34.8	43.5	17.4		4.3				
23(22-23)	7.7	46.2	38.5		7.7				
Total	921.5	830.6	307.4	85.2	68.3	76.8	13.9	7	0.6
Mean	40.07	36.11	13.37	3.70	2.97	3.34	0.60	0.30	0.03

초장은 최고 100 ㎝까지 이었으며 이것에 따라 10개의 계급으로 나눈 결과 최빈치는 41~50 ㎝ 구간에 있었고 그 값은 25.05%이었다. 따라서 다소 양성 왜도를 보였지만 대체로는 정규분포의 형태를 보여 주었다. 군락 내에서 각 방형구에 따른 빈도 분포를 보면 대체로 군락이 시작되는 내륙 방향의 말단부에서는 최빈치가 하위 계급에서 나타났지만 이외의 방형구에서는 거의 유사하게 나타났다.

해양에서 육지 방향으로 이행하면서 거리에 따른 갈대 개체 당 무게의 빈도 변화는 Table 6에 나타낸 바와 같다. 개체 당 건중량의 계급은 8개로 구분하였을 때 최빈치가 최하위 계급에 위치하였으며 그 값은 40.07%이었다. 따라

서 빈도분포의 곡선은 심한 양성 왜도를 나타냈다. 그리고 해양으로부터 육지방향으로 이행하면서 각 방형구의 빈도 분포도 대체로 유사하였다.

3.2 지상부제거에 의한 생장 효과

2001년 동일한 지역에서 동일한 방법으로 다시 갈대를 예취한 결과는 Table 7과 같다.

갈대 patch의 폭은 19 m이었고 이는 2000년보다 4 m 감소된 것이었다. 육지와 가까운 곳에서 약 3 m, 해양 쪽은 1 m이 각각 감소하였다. 따라서 해양 쪽 보다는 육지 쪽이 변화가 컸다. 각 cell당 평균 밀도는 44.32개체/㎡이었는데 이는 2000년의 결과인 102.30개체/㎡과 비교하면 약 43%에 해당되며 이것은 57%가 감소하였다는 것을 의미한다. 44.32개체/㎡ 중 새로 발생하는 것은 2.47개체/㎡이었는데 이것 또한 5.5%에 해당하는 양이다. 한편, 평균초장은 45.78 ㎝이었는데 2000년에도 평균초장은 43.89 ㎝로 2년 동안 유사하였다. 개체 당의 평균무게는 2001년에는 995.19 ㎎이었고 2000년에는 779.57 ㎎이었다. 따라서 평균무게는 증가한 것으로 나타났으나 개체간의 변이가 매우 심하기 때문에 유의성은 없었다. 단위 면적 당 지상부 현존량은 2001년에 45.38 g/㎡로 2000년의 73.44 g/㎡의 62%에 해당하는 양이었다. 따라서 2000년과 2001년의 결과를 비교하면 초장에서는 거의 유사하였고 개체 당 지상부 건중량은 후자가, 밀도와 단위 면적 당 건중량은 전자가 크거나 많았다. 따라서 갈대군락에서 지상부의 제거는 다음 해에 단위 면적 당 식물량을 현저히 감소시키는 결과를 초래할 수 있는 것으로 나타났다.

동일한 군락 내에서 2000년에 제거하지 않은 곳에서 동일한 방법으로 갈대를 조사하여 분석한 결과는 Table 7과 같다. 소방형구당 평균밀도는 83.74개체/㎡이었고 이 중 새로 출현하는 개체는 3.95개체/㎡이었다. 제거구의 2001년도의 결과와 비교하면 전체밀도는 189%, 발생중인 개체의 것은 160%로 지상부를 교란시킨 지역에 비하면 전체 밀도는 89%, 발생 중인 것은 60%나 많았다. 따라서 갈대군락에서 지상의 제거는 다음 해 군락의 상태에 큰 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과에 의하면 2000년보다 2001년에는 갈대의 생육이 불량한 것으로 볼 수 있었다. 한편, 초장은 45.77 ㎝이었는데 초장이 44.32 ㎝인 제거구와 비교하면 매우 유사한 값이었다. 따라서 초장의 측면에서는 2000년 제거구 및 대조구가 동일한 것으로 볼 수 있었다. 대조구의 개체 당 건중량은 910.2 ㎎이었고 이는 제거구보다 적은 것이었다. 그러나 단위 면적 당 지상부 현존량은 72.12 g/㎡으로서 제거구의 45.38 g/㎡보다 많았다. 이러한 결과를 종합하면 갈대 지상부의 제거는 다음 해 초장에는 큰 변화를 주지 않으나 밀도를 현저히 감소시키는 것으로 볼 수 있다. 한편, 초장의 크기 계급별 빈도 분포는 Table 8과 같다. 분포의 특성이 정규분포를 나타내고 군락의 중앙부와 주변부가 유사한 것은 제거구와 동일한 결과이었다. 또한 개체 당 건중량의 크기 계급별 빈도도 제거구의 것과 유사한 경향을 보였다. 따라서 지상부의 제거는 군락의 특성에 큰 영향을 주지 않는 것으로 볼 수 있었다. 그런데 이러한 경향이 전술한 바와 같이 갈대의 생육에 환경이 좋지 않기 때문에 생긴 것인지는 더 조사할 필요가 있다.

갈대의 생육환경의 측면에서 2001년이 2000년보다 좋지 않음을 감안하더라도 갈대군락에서 지상부를 제거하면 다음 해에 갈대군락이 크게

영향을 받을 수 있는 것으로 볼 수 있었다. 비록 갈대군락이 하구나 조간대의 상부에서 훌륭한 군락을 형성하고 있더라도 대단히 취약하여 교란을 가하게 되면 사라질 수도 있는 것으로 생각된다. 이것은 해안식생의 전반적인 취약성을 잘 나타내고 있는 내용이다.

Table 7. Density, height and aboveground biomass of Phragmites communis population isolated from the land at Hogogri on June 26, 2001 (cutting area in 2000)

Distance (m)	Density (individual/㎡)			Height (㎝)	Dry weight	
	new shoot	mature shoot	total	mean±SD	mean±SD (㎎)	total (g)
1(0-1)		2	1	49.5± 4.9	828.0± 489.3	1.656
2(1-2)	4	30	34	50.7±22.9	1393.8±1122.1	45.995
3(2-3)	6	32	38	40.7±17.4	838.7± 641.1	32.710
4(3-4)	1	24	25	45.8±16.6	1005.5± 790.8	26.144
5(4-5)	3	47	50	49.5±16.2	1043.6± 705.7	54.269
6(5-6)	1	44	45	46.4±14.3	989.8± 687.8	45.529
7(6-7)	4	64	68	47.8±17.5	1165.7±1015.8	80.433
8(7-8)	1	27	28	50.6±18.1	1303.4± 982.9	37.800
9(8-9)	1	42	43	45.5±11.9	905.4± 536.7	39.836
10(9-10)	3	68	71	48.1±16.7	1128.9± 717.0	81.280
11(10-11)	2	77	79	49.6±16.0	1067.2± 771.9	84.314
12(11-12)	2	64	66	49.4±15.6	1039.0± 742.7	69.611
13(12-13)	4	58	62	44.0±15.0	837.3± 528.0	52.747
14(13-14)	3	21	24	44.0±17.7	931.8± 708.6	23.294
15(14-15)	3	43	46	48.3±16.5	1163.6± 830.4	54.687
16(15-16)	5	84	89	40.2±13.6	766.7± 544.6	69.005
17(16-17)	1	19	20	38.9±11.0	696.8± 330.1	13.936
18(17-18)	1	29	30	43.1±15.4	930.5± 611.1	28.844
19(18-19)	2	21	23	37.8±16.9	873.0± 748.0	20.079
Total	47	796	842	869.8	18908.7	862.169
Mean	2.47	41.89	44.32	45.78	995.19	45.377

Table 8. Density, height and aboveground biomass of Phragmites communis population isolated from the land at Hogogri on June 26, 2001 (non-control area in 2000)

Distance (m)	Density (individual/㎡)			Height (㎝)	Dry weight	
	new shoot	mature shoot	total	mean±SD	mean±SD (㎎)	total (g)
1(0-1)		2	2	51.5± 6.4	1206.0±441.2	2.412
2(1-2)	2	23	25	51.3±14.6	1157.5±645.4	28.937
3(2-3)	4	44	48	48.9±18.6	1109.9±787.5	55.499
4(3-4)	6	53	59	47.7±17.7	1016.4±1004.1	64.035
5(4-5)	5	60	65	40.7±15.2	750.5±531.3	49.534
6(5-6)		61	61	42.1±16.8	785.6±629.5	48.705
7(6-7)	6	57	63	46.0±17.8	845.9±642.8	45.676
8(7-8)	5	68	73	46.6±15.7	874.5±564.8	64.712
9(8-9)	1	49	50	50.2±16.6	1147.7±839.3	57.384
10(9-10)	1	117	118	47.1±14.7	852.7±627.7	92.943
11(10-11)	8	132	140	47.3±15.8	881.5±592.0	124.287
12(11-12)	7	113	120	45.6±16.3	903.9±677.6	109.372
13(12-13)	5	145	150	46.3±15.8	830.5±619.2	125.410
14(13-14)	3	133	136	44.6±12.9	766.7±472.6	105.039
15(14-15)	2	127	129	44.3±13.8	827.5±587.0	109.232
16(15-16)	6	111	117	44.8±13.9	832.6±475.9	89.919
17(16-17)	9	106	115	42.8±15.4	869.1±585.6	100.821
18(17-18)	5	78	83	39.8±13.7	743.5±477.7	62.458
19(18-19)		37	37	42.1±11.6	891.8±557.9	33.889
Total	75	1,516	1,591	869.7	17,293.8	1,370.264
Mean	3.95	79.79	83.74	45.77	910.2	72.119

참고문헌

김우복, 박종만, 윤창, 조인선, 김광현, 노순형. 1985. 갈대의 사료자원 개발에 관환 연구. Ⅲ. 갈대의 계절별 사료성분과 in vitro 건물 소화율. 한축지 27:504-506.

김우복, 윤창, 손문호. 1986. 갈대의 생산력에 관한 연구. Ⅲ. 예취시기가 갈대의 재생 및 사료성분에 미치는 영향. 한초지 6:78-83.

김우복, 윤창, 이준연, 박종만. 1983. 갈대의 생산력에 관한 연구. Ⅰ. 생육시기에 따른 생산력의 변화. 한초지 4:89-97.

김준호, 김훈수, 이인규, 김종원, 문형태, 서계홍, 김원, 권도헌, 유순애, 서영배, 김영상. 1982.

洛東江 河口 生態系의 構造와 機能에 關한 硏究. 서울대 自然科學大論文集 7:121-163.

김철수. 1975. 갈대群落의 現存量과 環境要因에 關한 硏究. 식회지 18:129-134.

김철수, 송태곤. 1986. 榮山江流域 植物群落에 對한 生態學的 硏究. 韓國自然保存硏究報告書 8:99-127.

노희명, 최우정, 이은주, 윤석인, 최영대. 2002. 시화지구 인공습지에서 갈대에 의한 질소 및 인 흡수. 한생태회지 25:219-224.

민병미. 1990. 干拓地 植物의 無機營養素 蓄積에 對하여. 한생태지 13:9-18.

박종만, 김우복, 한인규, 연정웅, 권관, 유문일, 명규호. 1983. 갈대의 사료자원 개발에 관한 연구. Ⅰ. 육성돈에 대한 갈대의 사료적 가치. 한축지 23:210-218.

오경환, 임병선. 1983. 蟾津江 河口 鹽濕地 갈대群落의 生産性과 土壤養分의 季節的 變化. 한생태지 6:90-97.

윤창, 박종만, 김우복. 1984. 갈대의 사료자원 개발에 관한 연구. Ⅱ. 갈대의 생육시기에 따른 사료성분과 in vitro 소화율. 한축지 26:706-710.

윤해순. 1991. 洛東江 河口 干潟地의 水生管束植物에 關한 硏究-河口堰 建設 前後의 干潟地 植生의 生産性 比較. 한생태지 14:63-73.

이영노. 1996a. 원색한국식물도감. 교학사. 서울. 1237 p.

이우철. 1996b. 원색한국기준식물도감. 아카데미 서적. 서울 623 p.

이창복. 1981. 大韓植物圖鑑. 鄕文社. 990 p.

이충일, 곽영세. 2000. 정수식물의 내염성 및 NH4+-N 흡수제거능 평가. 한국생태학회지 23:45-49.

이호준, 양효식. 1993. 생육지의 토양염분농도에 대한 갈대 (*Phragmites communis Trin.*) 개체군의 적응. 한생태지 16:63-74.

임병선, 오경환. 1983. 蟾津江 河口 鹽濕地에 있어서 갈대와 모새달群落의 生産性에 關하여. 경상대 논문집 22:77-83.

정태현. 1957. 韓國植物圖鑑 (草本部). 新志社. 서울. 1100 pp.

최동환, 김태섭. 1999. 인공습지의 수질정화: 갈대인공습지의 수질정화를 중심으로. 농공기술 9:78-85.

홍원식. 1956. 韓國 西海岸 海邊植物群落의 硏究 Ⅰ. 생물학회지 1:17-24.

Arias, C.A., M.D. Bubba and H. Brix. 2001. Phosphorus removal by sands for use as media in surface flow constructed reed beds. Wat. Res. 35:1159-1168.

Chapman, V.J. 1964. Coastal vegetation. McMillan Co., New York. 245 pp.

Chapman, V.J. 1977. Wet coastal ecosystems. Elservier Scientific Publishing Co., New York. 428 pp.

Cooper, P.F. and A.G. Boon. 1987. The use of *Phragmites* for wastewater treatment by the root zone method: the UK approach. In K.R. Reddy and W.H. Smith (eds.), Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery. Magnolia Pub. Inc., Orlando, Florida. pp. 153-174.

Dykyjova, D. and J. Kvet. 1978. Pond littoral ecosystems. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. 464 pp.

Kem, J. and C. Idler. 1999. Treatment of domestic and agricultural wastewater by reed bed systems Ecol. Eng. 12:13-25.

Kim, J.-H., K.-J. Cho, H.-T. Mun and B.M. Min. 1986. Production dynamics of *Phragmites longivalvis, Carex scabrifolia* and *Zoysia sinica* stands of a sand bar at

the Nagdong river estuary. Korean J. Ecol. 9:59-71.

Min, B.M. and J.-H. Kim. 1983. Distribution and cyclings of nutrients in Phragmites communis communities of a coastal salt marsh. Korean J. Bot. 26:17-32.

Nixon, S.W. and C.A. Oviatt. 1974. Ecology of a new England salt marsh. Ecol. Monogr. 43:463-498.

Odum, E.P. 1972. Fundamentals of ecology. 3rd ed. Saunders Co., Philadelphia. 574 p.

Poljakoff-Mayber, A. and J. Gale. 1975. Plants in saline environments. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlon. 213 pp.

Redfield, A.C. 1972. Development of a England salt marsh. Ecol. Monogr. 42:201-238.

Reimold, R.J. and W.H. Queen. 1974. Ecology of halophytes. Academic Press. New York. 605 pp.

Roggo, M., M. Glauser and M. Aragno. 1987. Methane digestion of a mixture of reeds and sludge from a purification plant. Bull. Sco. Neuchatel Sci. Nat. 110:101-108.

Tabata, S., Y. Shirako, N. Shimada and Y. Watanabe. 1988. Fundamental study on the construction of the waterfront open space at Tega Marsh (Japan). Tech. Bull. Fac. Horti. Chiba Univ. 10:61-66.

Waisel, Y., Biology of halophyte. Academic Press. New York 395 pp. 1972.