

우포늪 물억새 (*Miscanthus sacchariflorus*) 군락에서 성장초기에 잘라주기와 태워주기에 따른 성장변화

김 구 연 · 이 찬 우 · 주 기 재*

(부산대학교 생물학과)

The Evaluation of Early Growth Pattern of *Miscanthus sacchariflorus* after Cutting and Burning in the Woopo Wetland. Kim, Gu-Yeon, Chan-Woo Lee and Gea-Jae Joo*
(Department of Biology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea)

Growth patterns after the cutting and burning of *Miscanthus sacchariflorus* community were analyzed in the Woopo Wetland. Three replicates of 5 × 5 m plot of control, burning, and cutting treatments were established in April 2003 and changes of growth pattern were monitored by August 2003. In the control, burning, and cutting plots, a total of 7 families and 8 species, 14 families and 18 species, 6 families and 8 species were observed respectively. Burning plot showed high diversity of flora. However, high diversity declined after July and all plots showed a similar species diversity. Vine plant, *Humulus japonicus*, dominated in the burning plots. Change of shoot density was highest in the early period in the burning plots (176/m²) and shoot density in early May was almost double of the control and cutting plots. Toward to the end of active growth period (August), shoot density in cutting plot (170 ± 7/m²) was higher than that of burning plots (141 ± 9/m²). Shoot length of the cutting, burning, and control plot was 205 ± 15 cm, 196 ± 17 cm, and 187 ± 6 cm (n > 100) respectively. Above-ground biomass of cutting plots was higher than that of burning and control plots. Above-ground biomass of cutting plot was 1.6 times higher than the control while burning plot showed 1.4 times. This study indicted that cutting of *Miscanthus sacchariflorus* community increase shoot density development, length growth, and above-ground biomass.

Key words : *Miscanthus sacchariflorus*, shoot cutting, shoot burning, Woopo Wetland

서 론

습지생태계는 육상생태계와 수생생태계의 전이대 (transitional zone)로서 두 생태계의 상호작용에 의해 형성된 완충지대로 종다양성 유지에서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 물새, 수서곤충 그리고 어패류 등 다양한 야생생물에 게 우수한 서식처를 제공할 뿐 아니라, 수분을 토양 속에

저장하였다가 건기에 공급하고 홍수기에 토양침식을 방지하는 등 수문학적으로도 매우 중요한 기능을 가진다. 또한 기후조절기능, 정화작용, 높은 경제적 가치와 심미적 기능을 가지고 있다. 이러한 습지의 주요 생태적 기능을 담당하는 생산자는 수생관속식물 (vascular hydrophytes)과 습생식물 (hygrophytes)이다. 그러나 환경변화에 민감한 습지식물들은 환경오염과 변화에 영향을 받아 쉽게 소실 되는데 전 세계적으로 19세기와 20세기에 인간의 활동

* Corresponding author: Tel: 051) 510-2258, Fax: 051) 583-0172, E-mail: gjjoo@pusan.ac.kr

에 의해 가장 심각하게 소실된 생물분류군 중 하나이다.

우포와 주변 일대에 형성된 자연늪은 주남저수지, 낙동강 하구와 더불어 낙동강 하류역에서 가장 잘 발달한 갈배후습지 및 하구습지로서 갈대를 비롯하여 줄, 물억새 등이 군락을 형성하고 있어 서식생물들에게 우수한 서식처를 제공한다. 우포늪은 대규모 제방공사가 이루어지기 이전인 1933년 천연기념물 제 15호로 지정되었으나, 1973년에 지정이 해제되면서 우포와 그 일대는 큰 변화를 겪었다. 이 일대에 대한 농경지 확장사업이 본격화되면서 범람을 방지하기 위한 제방이 만들어져 전이대가 급격히 감소하였고, 우포늪의 약 50%가 농경지로 변하였다. 1997년 7월, 환경부는 우포늪 일대를 '생태계보전지역'으로 지정하였고, 1998년 3월에는 우리나라 습지로는 두 번째로 국제협약인 람사협약에 등록하였다. 뿐만 아니라 1998년에 습지보호지역으로 지정하여 보호하고 있다. 관련 정부부처와 단체 등의 습지생태계에 대한 인식증진에 따라 소실된 습지의 복원에 관한 관심이 증대되고 있다.

서식처의 생물다양성 유지, 관리 및 복원을 위한 수생식물 연구는 다양하게 이루어지고 있다. 오염된 하천이나 호수에 인공식물섬을 설치하기도 하고, 생산성과 분포면적을 확장하기 위하여 이식하거나, 꽃이 개화하기 전에 잘라주기 방법, 태워주기 등 다양한 방법이 국내외의 연구를 통해 보고되고 있다 (Qiu *et al.*, 2001). 또한 수생 및 습생식물의 번성을 돕기 위하여 적절한 토양 환경, 영양분, pH, 온도 등 물리화학적 서식처 특성파악에 관한 연구도 진행되고 있다.

개방된 수계가 천이과정을 거치면서 육상생태계로 변하는 단계의 초기에는 갈대, 물억새 등의 군락이 크게 형성되면서 시작된다. 적절한 관리가 이루어지지 않으면 점차 건천화 과정을 거쳐 수생 및 습생식물이 아닌 다른 식물들이 군락을 형성하게 된다. 예를 들어 버드나무, 췌기풀, 노박덩굴 등이 침범하여 결국 관목 및 교목림지대로 변하기도 한다 (Hawke, 1996). 배수공사, 제방축조 등으로 인해 수원이 차단될 경우 건조화가 빠르게 진행되고 결국 육상으로의 천이가 빠르게 일어난다. 이러한 상황에서 독특한 습지생태계를 이루고 있는 갈대를 비롯한 정수식물에 의존하는 야생동식물들의 서식처가 사라질 수 있으며 갈대, 줄, 물억새 등도 성장에 큰 영향을 받을 수 있다.

갈대를 보존 및 관리하는 방안으로 잘라주기와 태워주기의 지상부 제거 처리방법을 유럽에서 많이 실시하고 있다. 영국에서는 잘라주기보다 태워주는 것이 밀도를 높이는 데 더 효율적인 것으로 보고하였고 (Cowie *et al.*, 1992), 캐나다에서 봄 또는 가을에 태워주기를 한 결과 식물체의 밀도가 증가하며, 여름에 태워주는 경우는 오히려 식

물체의 수가 감소하는 것으로 보고하였다 (Shay *et al.*, 1987). 담수와 기수 모두에서 지상부 제거는 오히려 갈대 성장에 스트레스 요인으로 작용하는 것으로 일본에서의 연구 보고가 있다 (Aseda *et al.*, 2003). 지상부 제거는 대부분의 경우 식물의 번성과 종 다양성에 효과가 있는 것으로 알려져 있으나, 기후와 환경에 따라 다른 결과를 보여주고 있다. 그러므로 우리나라 환경에 적합한 보존과 복원 방안을 모색하는 것이 필요하다.

물억새는 습지와 하천 그리고 제방에 우점하며, 우리나라 최대의 내륙늪지인 우포늪에서 가장 우점하는 습생식물의 하나이다. 물억새에 대한 생리, 생태적 연구는 국내는 물론 전 세계적으로 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 우포늪의 경우, 수중생태계에는 수생식물이 다양하게 번성하고 있으나, 습지 주변부는 인위적인 교란이 심하며, 현재 물억새와 버드나무군락으로 천이가 진행되고 있는 지역이 많아 물억새의 서식특성 및 적절한 관리방안에 따른 군락의 성장 반응 등 기초적인 정보의 축적이 요구된다.

본 연구는 우리나라 최대의 자연늪인 우포늪 일대에 우점하는 습생식물인 물억새 군락을 대상으로 1) 물억새 군락 서식지의 토양환경 분석, 2) 잘라주기와 태워주기를 한 후의 식물상 변화 파악, 3) 성장초기에 잘라주기와 태워주기의 지상부 제거 후 밀도 변화, 초고 그리고 지상부의 생체량 변화 평가를 통하여 물억새가 우점하는 서식처의 복원과 관리방안을 모색하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지역

국내 최대 규모의 자연늪인 우포늪 (우포, 목포, 사지포, 쪽지벌)은 북위 35° 33', 동경 128° 25'에 위치하고 있으며 낙동강 본류에서 동쪽으로 7 km 가량 떨어져있다. 이 일대의 수원은 화왕산에서 발원하여 토평천을 통해 유입된 후 적포 부근에서 낙동강본류와 합류한다. 여름 장마나 태풍 등으로 낙동강본류의 수위가 상승하면 강물이 우포늪으로 역류한다 (Choi *et al.*, 1998; Joo *et al.*, 2002).

우포늪은 평균 수심이 약 1 m 정도이며 (Baek, 1988) 생물종 조성이 다양하고 생산성이 높다. 무기염류가 높은 구릉지대로 (이, 1992; 이 와 허, 1998; 함과 손, 1998) 주요 4개의 습지로 구성되어 있고 전체 면적은 약 2.4 km²이다 (Fig. 1). 우포늪 주변은 버드나무 군락이 펼쳐져 있으며 물과 땅의 경계면에는 갈대, 줄, 매자기, 물억새 군락이 넓

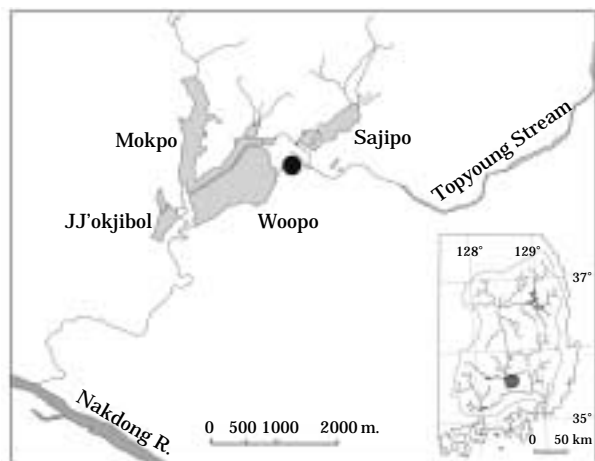


Fig. 1. Map of study sites in the Daedae Levee of the Woopo Wetland.

게 펼쳐져있다.

본 연구는 창녕군 유어면 대대리 인근의 우포 상류부 좌안에 위치한 대대제방 중 대대배수장 상류 400 m 지점의 습지를 향하는 경사면에서 2003년 4월 10일부터 2003년 8월 14일 까지 실시하였다.

본 연구의 조사지역인 창녕군 우포늪 일대의 기후 특성은 30년 연평균 기온이 13°C, 강우량은 1,233 mm이며, 여름에 강우가 집중되었다 (Fig. 2AB). 특히, 본 연구가 진행된 2003년의 강우량은 1,685 mm에 이르렀으며, 특히 7월에는 20일간 장마가 계속되었다. 7월과 9월에 집중호우와 태풍으로 낙동강 본류의 적포교 지점의 수위와 유량 모두 크게 높았으며 (Fig. 2C), 9월 13일에는 태풍 '매미'로 인하여 본 실험을 수행한 지점의 제방 일부가 유실되었다.

2. 토양환경 분석

물억새군락의 토양환경은 자갈과 낙엽층을 제거한 후 채취한 토양을 음건시켜 2 mm 체로 통과시킨 시료를 분석하였다. 전기전도도와 수소이온 농도는 토양시료를 증류수와 1:5 (W/W)로 혼합하여 30분간 진탕시켜 2시간 동안 방치한 후 상부에서 측정하였다. 수분함량은 일정량의 생토양을 105°C에서 건조시켜 토양함수량을 측정하였고 (Topp, 1993; ASTM D2216), 유기물함량은 105°C에서 건조된 토양을 500°C의 전기로에서 6시간 회화시켜 작열 감량을 백분율로 환산하였다 (Brower *et al.*, 1997; ASTM D 2974). 토성 (soil texture)은 체분석 (KS F-2309, ASTM D422-63)과 비중계분석 (KS F-2302, ASTMD

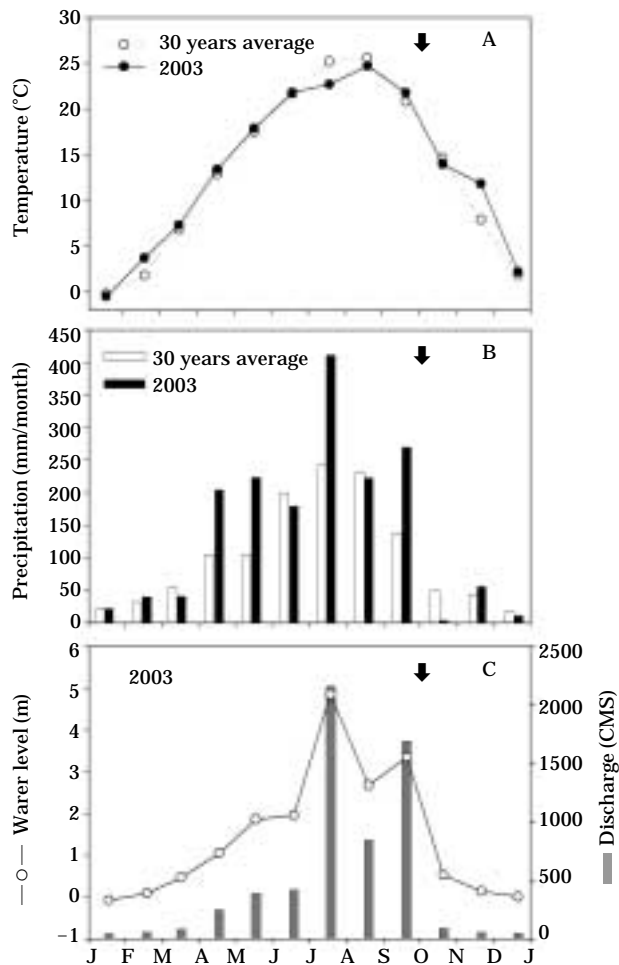


Fig. 2. Changes of meteorological factors in the study sites (arrow indicate Typhoon Maemi) (A) 2003 and 30 years (from 1971 to 2000) monthly average temperature around Woopo Wetland (A) 2003 and 30 years (from 1971 to 2000) monthly total precipitation around Woopo Wetland (C) monthly average water level and discharge at Jukpo in 2003.

422-63)을 병행하였으며, 분류체계는 미국농무성 (USDA) 체계에 의한 삼각도표법 토성분류를 이용하였다.

3. 지상부 제거 실험

우포늪 일대의 대대제방의 물억새 군락에서 군락지를 따라 대조구, 잘라주기, 태워주기를 5×5 m의 방형구로 3개를 설치하였으며, 이들을 각각 1×1 m 소방형구로 다시 세분하여 반복구로 설정하였다. 소방형구의 경계는 철판과 로프를 연결하여 구분하였으며, 소방형구 사이는 0.5 m 거리를 유지하여 총 15개 소방형구 (1×1 m)를 설치하였다. 대조구와 처리구 사이의 방형구들은 5 m 이상의 거

리를 유지하여 설치하였다.

지상부의 제거는 새 순이 돋아나기 전인 2003년 4월 10일에 실시하였다. 지상부 제거는 방형구의 내부와 외부의 2 m 범위를 포함하여 1) 예초기를 이용하여 지표면의 고사체를 포함한 모든 식물체를 베어서 제거하거나, 2) 태워주기를 이용하여 모든 식물체를 태워서 제거하였다. 각각의 처리군에서 0.5 × 0.5 m 방형구를 이용하여 무작위로 식물을 채취하였다. 채취한 물억새의 지상부는 실험실로 운반한 후 줄자와 디지털캘리퍼스를 이용하여 초고와 직경을 측정하였고, 80°C에서 건조시킨 후 건중량을 측정하였다.

생장 초기의 지상부 제거효과에 따른 물억새의 성장 비교는 one-way ANOVA와 Turkey HSD (Honestly Significant Difference)를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 토양환경

물억새군락이 우점한 우포늪 제방에서 토양의 지상부 제거 전·후 pH는 4.7~5.2 범위로 산성이었다. 대조구와 잘라주기 처리를 한 군락에서는 토양 pH의 변화가 없었으나, 태워주기 처리를 한 군락에서는 pH 5.2로 가장 높게 나타났다. 전기전도도는 140~142 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 의 범위로 나타났으며, 토양의 수분함량은 11.3~12.3%, 유기물함량은 4.2~4.6%로 나타나 유의한 차이가 없었다 (Table 1). 따라서 한 번의 잘라주기와 태워주기는 토양환경에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

본 연구에서 물억새군락의 토양은 모래가 많이 함유된 토양으로 분류되었고, 일부 물억새가 서식하는 환경에서 보고된 토성과는 다소 달랐다. 최와 김(1999)의 연구에 의하면 물억새가 성장하여 피복하는데 모래가 부적합한 것으로 보고하였다. Yamane (1971)는 억새속 식물이 상당량의 부식질을 토양에 축적시키는 것으로 보고하였으며, 생산량이 부엽토 두께에 영향을 받는 것으로 보고하였다. 본 조사를 제외하고는 서식 토양에 관한 자료가 미흡하여, 서

Table 1. Soil characteristics of sampling sites (mean ± SD, n = 3).

	pH	Conductivity ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	Water content (%)	Organic matter (%)	Soil texture
Control	4.8 ± 0.1	140 ± 1.0	11.3 ± 1.2	4.6 ± 0.3	
Cutting	4.7 ± 0.0	140 ± 1.5	11.7 ± 1.1	4.2 ± 0.1	sand
Burning	5.2 ± 0.1	142 ± 3.5	12.3 ± 1.0	4.5 ± 0.2	

식에 적합한 토양을 판단할 기준이 없어 향후 타 지역에서의 연구의 필요성이 요구된다.

2. 식물상

물억새 우점 군락에서 2003년 4월부터 8월까지 대조구와 잘라주기 및 태워주기 처리를 한 군락에서 관찰된 종은 총 14과 19종이었으며, 대조구는 7과 8종, 잘라주기 6과 8종, 태워주기 14과 18종으로 태워주기를 한 군락에서 식물 종다양성이 가장 높았다 (Table 2). 대조구에 비해서 태워주기를 한 지점에서 추가적으로 나타난 종은 쇠별꽃, 쇠무릅, 매꽃, 석잠풀, 개망초, 물쑥, 밀나물, 둥근마, 닭의장풀, 바랭이 이었다. 대조구와 비교하여 잘라주기를 한 지점에서는 개밀 한 종만이 추가적으로 나타났다. 태워주기를 하면 휴면상태이던 종자가 발아하여 초본식생이 다양해지는 결과를 보이나, 잘라주기를 한 방형구에서는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다.

태워주기 처리 후 시간에 따른 출현 종수의 변화는 5월과 6월에는 대조구에 비해서 약 2배정도의 종이 출현하였다가 7월 이후에는 종수가 급격히 낮아져서 대조구와 비슷해졌다 (Fig. 3). 태워주기에 의해 교란되어진 서식처에서의 천이과정은 여러 가지 환경요인들에 의해 영향을 받을 뿐만 아니라 구성 종의 상호작용에 의해서도 영향을 받는다. 초기에 출현한 식물이 시간이 지남에 따라 그 풍부도가 변화하는 것은 생식방법, 다른 식물과의 경쟁력

Table 2. List of plant species investigated in the *Miscanthus sacchariflorus* community of the Woopo Wetland (n = 5).

Family	Species	Control	Cutting	Burning
Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i>	○	○	○
Moraceae	<i>Humulus japonicus</i>	○	○	○
Polygonaceae	<i>Persicaria perfoliata</i>	○	○	○
Caryophyllaceae	<i>Stellaria aquatica</i>	×	×	○
Amaranthaceae	<i>Achyranthes japonica</i>	×	×	○
Rosaceae	<i>Rubus parvifolius</i>	○	×	○
Rubiaceae	<i>Galium spurium</i>	○	○	○
Convolvulaceae	<i>Calystegia japonica</i>	×	×	○
Labiatae	<i>Stachys riederi</i>	×	×	○
Compositae	<i>Erigeron annuus</i>	×	×	○
	<i>Artemisia princeps</i>	○	○	○
	<i>Artemisia selengensis</i>	×	×	○
Liliaceae	<i>Smilax riparia</i>	×	×	○
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea bulbifera</i>	×	×	○
Commelinaceae	<i>Commelina communis</i>	×	×	○
Gramineae	<i>Agropyron tsukushiense</i>	×	○	X
	<i>Phragmites communis</i>	○	○	○
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	×	×	○
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	○	○	○

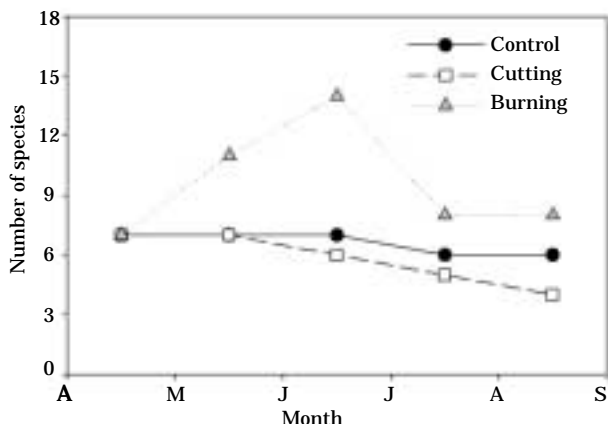


Fig. 3. Number of species at *M. sacchariflorus* community.

등에 차이가 있기 때문이다 (Whelan, 1995; Bond and van Wilgen, 1996; Carrington and Keeley, 1999). 태워주기 처리를 한 물억새군락에서 시간이 지나면서 종수가 감소하는 것은, 물억새의 밀도와 초고가 높아져 하층의 초본류는 햇빛을 잘 받을 수 없어 그 종수와 풍부도가 낮아진 것으로 판단된다. 특히, 7월과 8월은 우점식생인 물억새가 최고의 성장시기로 크게 변화를 보였다.

3. 지상부 제거 효과

물억새군락의 지상부 제거에 따른 밀도의 변화는 태워주기 처리를 한 군락에서 식물체 초기발아가 평균 176 /m² 개체로 대조구에 비해 2배 이상의 높은 밀도차이를 보였다. 잘라주기를 한 방형구에서는 식물체의 밀도가 대조구와 크게 차이나지 않았다. 그러나 43일 후인 5월에는 대조구에서 평균 220/m² 개체로 가장 높은 밀도를 보였고, 태워주기와 잘라주기를 실시한 방형구에서는 각각 203 /m² 개체, 186/m² 개체 순으로 낮게 나타났다. 식물이 가장 왕성하게 자라는 6월에는 잘라주기를 한 방형구에서 385 /m² 개체로 대조구의 1.9배, 태워주기를 한 방형구의 1.4배 높은 밀도를 보였다. 최종 성장 마무리 시기인 8월에도 6월보다는 식물체의 밀도가 줄었지만 잘라주기, 태워주기, 대조구 순으로 나타났다. 실험이 진행되는 전 과정에서 밀도 변화는 유의수준 5%에서 유의하게 나타났으며, Tukey의 HSD 방법에 의한 다중비교(multiple comparison) 결과 대조구와 지상부 제거에 따른 밀도는 서로 다른 것으로 나타났다 (Table 3, Fig. 4A).

초고는 4월에 잘라주기를 한 방형구에서 평균 27 ± 5.2 cm로 가장 먼저 성장하기 시작하였으며, 대조구와 태

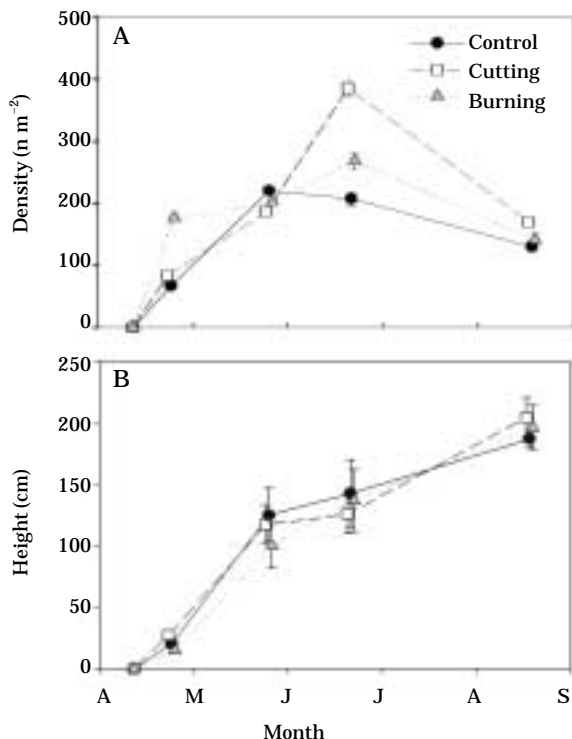


Fig. 4. Changes of shoot density and height of *M. sacchariflorus* at each plots (n = 3).

워주기는 각각 평균 20 ± 4.8 cm, 15 ± 4.2 cm 순으로 나타났다. 5월과 6월 동안은, 대조구의 물억새가 가장 높은 키를 보였으나, 최종 성장의 마무리 시기인 8월에는 잘라주기, 태워주기, 대조구 순으로 나타났다. 우포늪 물억새군락의 초고는 172 cm 부터 239 cm 사이에 분포하였다. 성장 완료 시기인 8월에 가장 많이 자란 물억새는 잘라주기를 한 군락에서 초고가 239 cm에 이르러 가장 높았으며 대조구에서는 199 cm가 가장 높은 식물체였다. 월별 초고의 변화는 대조구와 지상부제거 처리구에서 성장 차이가 유의수준 5%내에서 유의하였으며, 잘라주기에 의한 제거방법이 최종 성장에 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Table 3, Fig. 4B).

성장이 거의 완료된 8월의 대조구와 실험구에서의 직경은 태워주기(5.6 ± 1.1 mm), 잘라주기(5.3 ± 0.8 mm), 대조구(5.1 ± 1.0 mm) 순으로 나타났으며, 통계적으로 처리구별 차이는 유의하지 않았다 (Table 3).

물억새군락의 지상부 현존량은 성장이 완료된 8월에 대조구에 비하여 잘라주기를 한 군락에서 약 1.6배, 태워주기를 한 군락에서 약 1.4배로 지상부제거에 의한 각 실험구의 변화는 유의수준 5% 이내로 차이가 있는 것으로 판명되었다. 그러나 5월에는 대조구, 잘라주기, 태워주기

Table 3. Change of shoot density, height and diameter of *M. sacchariflorus* at each plots in the Woopo Wetland (mean±SD, n = 3). Treatment differences were tested with one-way ANOVA and significance levels are shown. Homogeneous groups were separated using the Turkey HSD, and different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

	Treatments			Statistics	
	Control	Cutting	Burning	n	p
Shoot density (n m ⁻²)					
April	67±1.9a	83±8.2a	176±13.1b	4	<0.001
May	220±2.7a	186±0.7b	203±3.6c	4	<0.001
June	207±10.0a	385±13.6b	268±13.5c	4	<0.001
August	130±7.7a	170±6.9b	141±8.9a	4	<0.001
Shoot height (cm)					
April	20±4.8 a	27±5.2b	15±4.2c	100	<0.001
May	124±22.4a	117±15.8b	100±18.3c	100	<0.001
June	142±26.5a	127±14.9b	137±24.8a	100	<0.001
August	187±6.4a	205±15.2b	196±16.9c	100	<0.001
Shoot diameter (mm)					
August	5.1±1.0	5.3±0.8	5.6±1.1	40	n.s.

n.s.; not significant ($p > 0.05$)

Table 4. Above-ground biomass of *M. sacchariflorus* at each plots in the Woopo Wetland (mean±SD, n = 3). Treatment differences were tested with oneway ANOVA and significance levels are shown. Homogeneous groups were separated using the Turkey HSD, and different letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

	Above-ground biomass (g · dw m ⁻²)			Statistics
	Control	Cutting	Burning	p
22 April	10±0.5a	14±2.0	13±1.7ab	0.042
23 May	590±7.8a	570±7.7a	480±10.1b	<0.001
18 June	740±1.3a	1242±1.6b	1098±4.5c	<0.001
14 August	1295±4.2a	2003±6.2b	1781±3.2c	<0.001

군락의 지상부 현존량이 각각 590, 570, 480 g · dw m⁻²으로 대조군 군락에서 가장 높았다 (Table 4, Fig. 5). 5월에는 대조군의 식물체가 밀도와 초고가 높기 때문에 현존량이 가장 높았다. 지상부 제거 초기단계에는 잘라주기나 태워주기 처리를 한 군락에서는 새로이 식물체를 형성하는 과정으로 잎의 비율이 낮은 반면, 대조군은 기존 잎과 식물체를 함께 성장함으로 현존량이 높은 것으로 사료된다.

태워주기에 의한 교란은 그 지점에 광량과 토양의 이화학적 성질을 변화시키며, 새로운 공간자원을 형성할 수 있기 때문에 식물군집의 종다양성을 높이는 역할을 한다

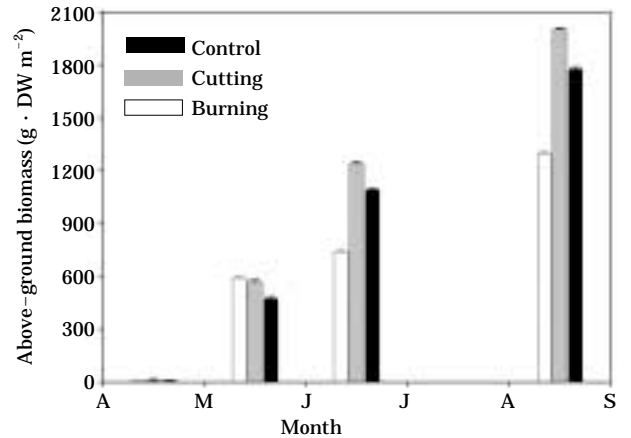


Fig. 5. Changes of above-ground biomass of *M. sacchariflorus* at each plots (n = 3).

(Whelan, 1995; Bond and van Wilgen, 1996; Carrington and Keeley, 1999). 그러나 물억새와 같이 길이가 길고 잎이 무성한 식생이 발달할 경우, 하층의 초본류는 광량의 부족으로 소멸하거나 풍부도가 낮아지는 것으로 판단된다. 잘라주기는 식물 종 다양성을 높이는 데는 기여하지 않았으나 지상부의 성장에 기여하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 물억새 군락의 지상부 잘라주기는 식물체의 밀도와 초고 그리고 지상부의 생체량을 높여주는 것으로 나타났다. Cowie (1992)와 Hawke (1996)는 물억새와 같은 화본과 식물인 갈대의 경우, 잘라주기가 효과적인 것으로 본 연구와 비슷한 결과를 보고하였다. 그러나 담수와 해수에서 잘라주기 처리를 한 군락이 대조군에 비해서 오히려 적은 수의 식물체가 관찰되는 경우도 일본에서 보고되었다 (Asaeda *et al.*, 2003). 이러한 결과는 물에 잠긴 정도에 의해 오히려 수분 스트레스의 결과로 사료된다.

본 연구에서 태워주기는 초기 식물체의 밀도 증가에 큰 영향을 주었으나 유사한 갈대의 경우, 연구자에 따라 상반된 결과를 보고하고 있다. 캐나다와 영국 등의 갈대의 연구에서 태워주기로 인해 식물체의 밀도 증가를 나타냈다 (Thompson and Shay, 1985; Hawke, 1996). Husak (1978)은 봄에 갈대를 태워주기를 하는 경우, 식물체의 밀도가 줄어드는 것으로 나타났으며, Bjorndahl (1985)는 봄에 지상부 제거가 다음 식물체 밀도를 증가시키는 것으로 보고했다. Karunaratne와 Asaeda (2000)의 연구에 의하면, 여름에 지상부제거를 처리하는 경우는 밀도와 현존량 향상에 영향을 주지 않는 것으로 보고하고 있다. 이러한 결과는 수생식물의 번성을 돕기 위하여 개화 전에 제거작업을 하는 것과 유사한 경우인 것으로 판단된다. 여름은 성장을 멈추고 개화하기 시작하는 시기이므로 오히려

려 악영향을 미치는 것으로 사료된다.

잘라주기, 태워주기 처리 모두 물억새 군락 번성에 효과적인 관리방안으로 사료된다. 물억새는 화본과 초본으로 토양 속에서 지하경으로 번식하므로 지상부를 베어주거나 태워주기로 제거하여도 지하경의 분열조직으로부터 새로운 식물체를 발달시키므로 빨리 회복하는 특징을 가지고 있기 때문이다. 본 연구에서는 태워주기 방법이 초기의 밀도 증가에 가장 좋은 방법으로 나타났다. 그러나 초고 성장과 현존량은 잘라주기가 효과적이었다. Cowie 등 (1992)은 갈대의 경우 잘라주기보다 태워주기를 한 군락이 더 효과적이라고 보고하여 본 연구와 다른 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 태워주기를 한 군락은 초기 종조성이 다양하고 차지하는 비율이 높아 성장에 저해요인으로 작용한 것으로 판단된다.

본 조사지역 인근에서는 오래 전부터 겨울과 초봄 사이에 농민들이 농사를 시작하기 전에 병충해 등을 막기 위하여 매년 1회 태워주기를 실시한다. 매년 태워주기가 실시된 본 실험구의 반대쪽 제방에서는 초기성장 (4~5월) 시기에 갈대와 물억새가 싹을 띄우는 모습을 관찰할 수 있었으나 시간이 지나면서 군락을 형성하기보다는 다른 초본류가 우점하여 갈대와 물억새의 분포가 쇠퇴하거나 드물게 군락을 형성하는 양상을 보였다. 본 실험에서 한 해의 잘라주기와 태워주기는 그 해의 물억새의 밀도와 현존량을 높이는데 도움을 주었지만 장기간 반복될 경우는 어떻게 변화하는가를 연속적인 연구가 없이는 결론을 내리는 데는 한계가 있다. 본 연구가 진행되는 중 태풍 '매미'에 의해 실험이 진행된 지점의 제방 소실로 물억새의 개화를 관측할 수 없었다. 그러므로 물억새의 지상부 제거가 물억새 우점 군락 및 이에 기반을 둔 다른 서식 동물에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 2~3년 이상의 지상부제거 실험을 반복 실시하는 것이 바람직하다고 판단한다.

적 요

물억새 (*Miscanthus sacchariflorus*) 군락의 성장에서 잘라주기, 태워주기가 미치는 영향을 알아보기 위해서 우포늪에서 실험을 하였다. 2003년 4월에 반복구 (5×5 m)를 대조구, 태운지역, 자른지역에 설치하여 2003년 8월까지 성장을 조사하였다. 각 처리군내에서 식물의 종 수는 대조구 7과 8종, 잘라주기 6과 8종, 태워주기 14과 18종으로 태워주기를 한 군락에서 식물 종 다양성이 가장 높았다. 그러나 7월 이후는 식물 종수가 급격히 줄어들어 비

슷해졌다. 태워주기를 한 군락에서는 덩굴성 식물인 환삼덩굴이 우점하였다. 5월 초 식물체의 초기발아는 태워주기를 한 지역에서 평균 176 /m² 개체로 대조구와 잘라주기를 한 지역에 비해 2배 이상의 높은 밀도를 보였다. 생장이 거의 다 이루어진 8월에는 잘라주기 (170±7 /m²)를 한 지역이 태워주기 (141±9 /m²)를 한 지역보다 생장이 양호하였다. 최종 길이성장은 잘라주기 205±15, 태워주기 196±17, 대조구 187±6 cm 순으로 나타났다. 물억새 군락 지상부의 현존량은 대조구에 비하여 잘라주기를 실시한 군락에서 약 1.6배, 태워주기 처리를 한 군락에서 약 1.4배로 지상부제거가 유의수준 5% 이내로 나타났다. 본 연구는 초기 생장기에 물억새를 태워주기보다는 잘라주었을 때 식물체의 발아와 초고, 지상부의 현존량이 증가함을 보여주었다.

사 사

본 연구를 위하여 현장답사와 식물상 변화를 파악해주신 이정환 박사님 (경남에코비전 21)께 깊이 감사드립니다. 본 논문은 부산대학교 생물학과 담수생태연구실의 낙동강 생태계 연구 논문 No. 38호이며 장기생태연구의 일부입니다.

인 용 문 헌

이양주. 1992. 우포자연학습원 환경설계. 서울대학교 석사학위논문. 103p.
 이종남, 허위행. 1998. 우포·목포늪의 조류상. 경성대학교 조류연구소보 12: 37-52.
 최규창, 김남춘. 1999. 자연형 하천 식생복원을 위한 달뿌리풀, 물억새, 솔새, 수크령의 녹화방법에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 2: 70-77.
 함규황, 손성원. 1998. 경상남도 창녕군 우포늪과 창원군 주남저수지 일대의 조류분포. 경남대 기초과학연구소 연구논문집 12: 261-274.
 Asaeda, T., J. Manatunge, F. Takeshi and D. Sovira. 2003. Effects of salinity and cutting on the development of *Phragmites australis*. *Wetlands Ecology and Management* 11: 127-140.
 Baek, S.Y. 1998. Ecological studies on the Upo Wetland. *M.S. Thesis*. Chung-Ang University.
 Bjorndahl, G. 1985. Influence of winter harvest on stand structure and biomass production of the common reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. in Lake

- Takern, Southern Sweden. *Biomass* **7**: 303–319.
- Bond, W.J. and B.W. van Wilgen. 1996. *Fire and Plants*. Chapman and Hall, New York 263p.
- Brower, J.E., J.H. Zar and von C.N. Ende. 1997. *General Ecology*. McGraw–Hill. 273p.
- Carrington, M.E. and J.E. Keeley. 1999. Comparison of post–fire seedling establishment between scrub communities in mediterranean and non–mediterranean climate ecosystems. *J. of Ecology* **87**: 1025–1036.
- Choi, S.H., K. Ha, Y.H. Joo, H.W. Kim and G.J. Joo. 1998. Physico–chemical characteristics of the Woopo Wetland, S. Korea. *Korean J. Limnol.* **31**: 273–281.
- Cowie, N.R., W.J. Sutherland, M.K.N. Dithlogo and R. James. 1992. The effects of conservation management of reed beds. II. The flora and litter disappearance. *Journal of Applied Ecology* **29**: 277–284.
- Hawke, C. and J. Paul. 1996. *Reedbed Management for Commercial and Wildlife Interests*. The Royal Society for the Protection of Birds. 212p.
- Husak, S. 1978. Control of reed and reed mace stands by cutting. In: Dykyjova D. and Kvet J. (eds), *Ecological Studies* **28**. Springer–Verlag, Berlin. pp. 404–408.
- Joo, G.J., G.Y. Kim, S.B. Park, C.W. Lee and S.H. Choi. 2002. Limnological characteristics and influences of free–floating plants on the Woopo Wetland during the summer. *Korean J. Limnol.* **35**: 273–284.
- Karunaratne, S. and T. Asaeda. 2000. Verification of a mathematical growth model of *Phragmites australis* using field data from two Scottish Lochs. *Folia Geobotanica.* **35**: 419–432.
- Kristiansen, J.N. 1998. Nest site preference by Greylag Geese *Anser anser* in reedbeds of different harvest age. *Bird Study* **45**: 337–343.
- Poulin, B. and G. Lefebvre. 2002. Effect of winter cutting on the passerine breeding assemblage in French Mediterranean reedbeds. *Biodiversity and Conservation* **11**: 1567–1581.
- Qiu, D., Z. Wu, B. Liu, J. Deng, G. Fu and F. He. 2001. The restoration of aquatic macrophytes for improving water quality in a hypertrophic shallow lake in Hubei Province, China. *Ecological Engineering* **18**: 147–156.
- Shay, J.M., D.J. Thompson and C.T. Shay. 1987. Post–fire performance of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. in the Delta Marsh, Manitoba, Canada. *Wetlands and Wetland Processes* **27**: 95–103.
- Thompson, D.J. and J.M. Shay. 1985. The effects of fire on *Phragmites australis* in the Delta Marsh, Manitoba. *Can. J. Bot.* **63**: 1864–1869.
- Topp, G.C. 1993. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. pp. 541–557. Lewis.
- Whelan, R.J. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge Univ. Press. 346p.
- Yamane, I. and K. Sato. 1971. Seasonal change of chemical composition in *Miscanthus sinensis*. Rep. Inst. Agric. Res. Tohoku Univ. **22**: 1–36.

(Manuscript received 10 May 2004,
Revision accepted 12 June 2004)