

干拓地 갈대의 營養生長과 지상부 모듈의 個體群 動態

鄭蓮淑·金俊鎬

서울대학교 植物學科

Clonal Growth and Shoot Modules Dynamics of *Phragmites longivalvis* in a Reclaimed Land

Choung, Yeon-Sook and Joon-Ho Kim

Dept. of Botany, Seoul National University

ABSTRACT

The structure, clonal growth, shoot modules dynamics and rhizome respiratory rate of the *Phragmites longivalvis* circular patch were studied in a 15-year-old reclaimed land on Mado of the western Korea for two growing seasons.

Clonal growth by *P. longivalvis* resulted in subpopulations of shoot modules which may be separated into pioneer, mature and senile growth phase. The radial growth of circular patch was 208 cm per a year. The shoot phytomass, shoot height and spike frequency were the lowest in the senile phase, and were the highest in the mature phase. The maximum shoot phytomass of pioneer, mature and senile phase in August was 347, 536 and 195 g/m² for the first year, and 609, 748 and 248 g/m² for the second year, respectively. The birth rates of shoot modules were the highest during the early spring. Of all modules, the percentage of spring cohort of pioneer, mature and senile growth phase were 52, 82 and 70% for the first year, and 83, 88 and 85% for the second year, respectively. The flowering shoots were only derived from spring cohorts. The death rates of shoot modules of the pioneer and mature phase were the highest in October. The module is an annual semelparous plant though the genet is a perennial iteroparous plant. Their survivorship curve was negatively skewed (Deevey type I). The density of shoot modules of the pioneer, mature and senile growth phase increased as much as 4.0, 1.6 and 2.3 times for one year, respectively. The respiratory rate was the highest in the the lowest in the senile growth phase.

서 론

갈대는 온대 지역의 기수역, 해안 및 간척지에서 생육하며 염분에 대한 내성이 높아 1.3%의 염분 농도에서도 생육한다(Halsam, 1971; Waisel, 1972; Ranwell *et al.*, 1964). 우리나라에서 갈대는 생산성이 가장 높은 초본 식물 중의 하나로서 생산성(오, 1970; Kim *et al.*, 1972; 김, 1975; 김 등, 1982; Kim *et al.*, 1986)과 영양염류순환(김과 민, 1983; Kim

et al., 1989)에 관하여 연구가 수행되었다. 그러나 갈대의 개체군 동태에 관한 연구는 아직 이루어진 바 없다. 그 이유는 갈대가 지하경 성장 식물로서 지상부와 지하경으로 연결되어 있어 개체의 구분이 어렵기 때문이다.

최근에 식물의 개체군 동태에 관한 연구는 모듈(module)을 기본 단위로 하고 있다. 모듈은 씨에서 생긴 제네트(genet)의 구성 단위로서, 개체처럼 출생하고 사망함으로써 고유한 수명을 가지며 개체성이 분명한 단위이다(Kays and Harper, 1974; Harper and White, 1974; Harper, 1980; Hartnett and Bazzaz, 1985). 한편, 새로운 환경에 지하경 형성 다년생 식물이 정착할 때 원형 군반(circular patch)을 형성하고 이것은 시간이 경과함에 따라 중앙부로 부터 주변부를 향하여 활력도가 다른 노화부, 성숙부 및 개척부가 중심원상으로 형성됨이 밝혀지고 있다(정, 1989).

본 연구의 목적은 해안 간척지에 형성된 갈대 원형 군반의 수평성장, 현존량의 계절 변화, 지상부 모듈의 출생률과 고사율 및 지하경의 호흡률을 측정하여 그 생육 특성과 개체군 동태를 밝히는 데 있다.

조사지 개황

조사지는 경기도 화성군 마도면 청원3리(37°10', 126°46'E)에 위치한 약 200 ha 넓이의 간척지로서 간척 후 약 15년이 경과한 곳이다(민, 1986). 지형은 바다 쪽을 향하여 나뭇가지 모양의 2 m 깊이의 수로를 제외하면 대체로 평탄하였고, 지하수위는 약 70cm 깊이였다(Fig. 1). 식생은 토양의 탈염 정도와 수분함량에 따라 분포 양상이 달랐다(민, 1986). 즉 수로에 인접한 곳에는 세모고랭이(*Scirpus triqueter*)가, 수로 주변부 및 물이 흐르지 않는 습한 저지에는 갈대(*Phragmites longivalvis*)와 매자기(*Scirpus fluviatilis*)가 대량 분포를 하였고, 배수가 불량한 고염분의 평지에는 통통마디(*Salicornia herbacea*)와



Fig. 1. Map showing the study site, Mado, a 15-year-old reclaimed land. Closed circle indicate *Phragmites longivalvis* patches.

칠면초(*Suaeda japonica*)가 분포하였으며, 이보다 탈염이 더 진행된 평지에는 갯개미취(*Aster tripolium*)와 천일사초(*Carex scabrifolia*)가 넓은 면적에 분포하였고, 탈염이 더욱 진행된 곳에는 산조풀(*Calamagrostis epigeios*), 락(*Imperata cylindrica* var. *koenigii*), 물억새(*Miscanthus sacchariflorus*), 사데풀(*Sonchus brachyotus*), 강아지풀(*Setaria viridis*) 등의 비염생식물이 분포하였다. 이들 중 갈대, 산조풀, 락, 천일사초 및 물억새는 경계가 뚜렷한 원형 군반을 형성하였다. 조사지에서 가장 넓은 면적을 차지하는 갈대는 수로변과 지하수위가 높은 저지의 Ⅲ지를 따라서 대상으로 분포하며, 지하수위가 높은 평지에는 정원형의 군반을 형성하였다.

연구방법

원형 군반 구조의 조사

1984년 10월에 전형적인 갈대 원형 군반의 중심을 교차하는 2줄의 트란섹트(transect)를 설치하고, 트란섹트에 따라 1 m 거리마다 50 cm×50 cm 방형구를 놓고 지상부를 표집하였다. 표집한 식물체의 재료는 실험실로 가져와 지상부 모듈의 높이, 줄기의 직경, 최대 엽장과 엽폭, 지상부 모듈의 밀도, 단위 면적당 이삭수 및 건중량을 측정하였다. 건중량은 80°C 항온기에서 48시간 말린 후 그 값으로 측정하였다. 지하부는 1 m 이하의 깊이까지 파서 지하경과 뿌리를 표집하였다.

군반의 성장 조사

군반의 연평균 수평생장을 밝히기 위하여 1985년 4월에 13개 군반의 직경을 기록한 뒤 그들의 원주 선단에 PVC 말뚝을 박아 놓고 그 다음 해에 말뚝으로 부터의 증가분을 기록함으로써 수평생장을 조사하였다.

현존량의 계절 변화 조사

식물체를 1985년 4월부터 1986년 11월까지 2년간 2~4주간격으로 표집하였다. 표집은 각 성장단계 별로 4개의 50cm×50 cm 방형구를 설치하여 절취하고 실험실에서 단위 면적당 건중량을 측정하였다.

지상부 모듈의 동태 조사

지상부 모듈의 동태를 밝히기 위하여 1985년 4월에 성장단계 별로 4~10개의 1 m×1 m의 영구 방형구를 설치하여 각 모듈에 번호를 매겨 놓은 뒤 그 후 비생육기를 제외하고 1986년 12월까지 2년간 2~4주 간격으로 각 모듈의 출생과 고사를 관찰하여 기록하였다.

호흡률 측정

지하경 호흡률을 측정하기 위하여 1986년 10월에 지하경을 가급적 손상하지 않도록 채집하여 실험실로 옮겼다. 호흡실에 넣은 재료는 5°C~30°C 사이에서 5°C 간격으로 수온을 조절된 항온 수조에 넣고 방출되는 CO₂를 적외선 가스 분석기(Beckman Model 865)로 연속 측정하였다.

결과 및 고찰

갈대의 생육 특성

갈대(*Phragmites longivalvis*)는 종자가 정착한 후 지하경으로 영양생장을 하여 순군락

을 형성한다. 군반의 형상은 수로변에서 띠 모양을 나타내며, 건조하고 수분함량이 균일한 생육지에서 둥근 모양을 나타낸다. 지하경은 지하 약 0.15 m~1.00 m 또는 그 이하까지 분포한다. 지상부는 집중분포(clumped distribution)를 하는 것으로 관찰되었는데 그 이유는 길게 성장한 지하경에서 생산된 지상부의 기부를 중심으로 짧은 지하경이 발달하기 때문이다. 새 지상부의 출현 시기는 수로변에서 4월 초순이고 건조한 곳에서 4월 중순에 관찰되었다. 이삭의 출현은 8월 중순 이후이었고 9월 이후 개화-결실-종자 산포가 이루어진 뒤 10월 말에 고사하였다. 갈대 군반은 순군락이지만 중앙부에 사테풀이 혼생하는 경우도 있었다.

군반의 성장

조사지에서 출현한 13개 원형 군반의 직경은 7.1~27.1 m이었고 군반의 연수평생장은

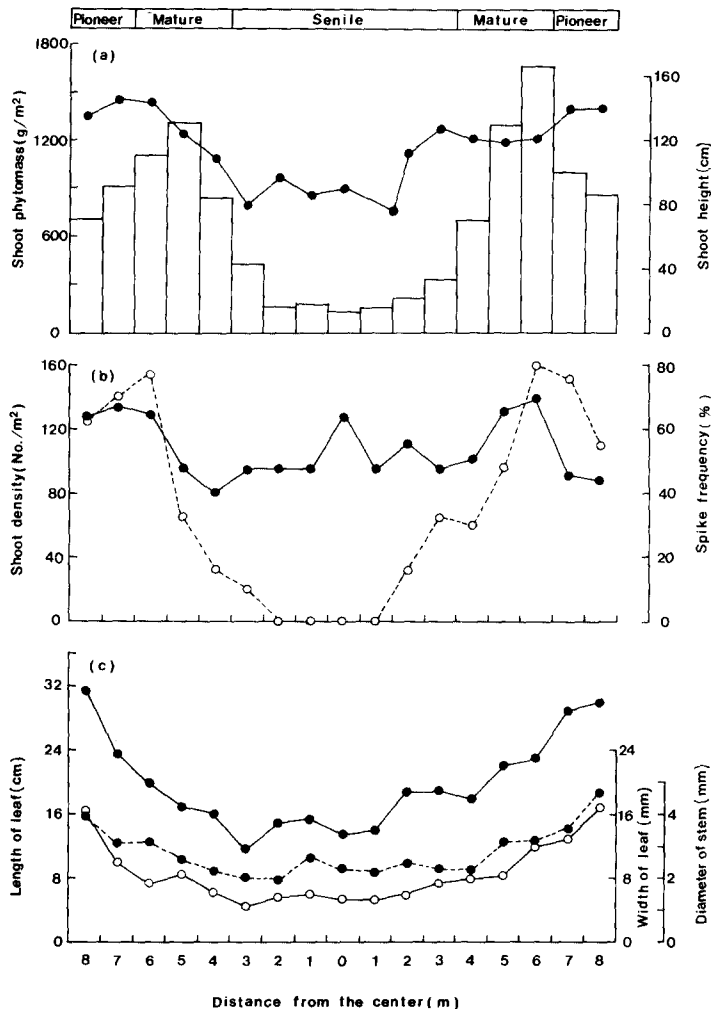


Fig. 2. Changes of performance from center to both margins in a typical *Phragmites longivalvis* patch with 16m in diameter. (a) Shoot phytomass (histogram) and shoot height (●—●), (b) Shoot density (●—●) and spike frequency (○---○) (c) Length (●—●) and width (○—○) of the largest leaf, and diameter of stem (●---●).

반경생장(radial growth)으로 측정하여 평균 2.08 m이었다. 정(1989)이 관찰한 군반형성 식물의 연반경생장에서 산조풀 0.8~1.3 m, 띪 1.0~1.3 m, 천일사초 1.8~2.5 m와 갈대의 그것을 비교하면, 산조풀과 띪 보다는 빠른 생장을, 천일사초와는 유사한 성장속도를 나타내었다. 그리고 사초과 식물인 *Carex arenaria*의 3.6 m보다는 느린 생장을(Noble *et al.*, 1979), *Aralia nudicaulis*의 0.25~0.80 m, *Aster acuminatus*의 0.01~0.25 m, *Ranunculus repens*의 0.15~0.50 m, *Trifolium repens*의 0.4 m보다는 빠른 생장이었다(Silvertown, 1987).

원형 군반의 구조와 성장단계의 구분

군반이 수평 성장하므로 갈대 원형 군반의 중앙부로부터 양 주변부까지의 지상부는 서로 다른 연령의 지하경에 의하여 형성되었음을 알 수 있었다. 그러므로 양 주변부를 개척부(pioneer growth phase), 주변부와 중앙부 사이를 성숙부(mature growth phase), 그리고 중앙부를 노화부(senile growth phase)로 구분하여 지상부에 나타난 활력도(performance)를 측정하였다(Fig. 2). 지상부의 단위 면적당 식물의 건중량은 개척부 700~1000 g/m², 성숙부 840~1600 g/m², 그리고 노화부가 130~420 g/m²이었고, 지상부의 높이는 개척부 135~145 cm, 성숙부 109~144 cm, 그리고 노화부가 76~128 cm이었다(Fig. 2a). 지상부의 밀도는 개척부 88~134 모듈/m², 성숙부 80~140 모듈/m², 그리고 노화부가 96~128 모듈/m²이었고, 이삭의 출현빈도는 개척부 55~76%, 성숙부 30~80%, 그리고 노화부가 0~35%이었다(Fig. 2b). 최장엽의 길이, 넓이 및 줄기의 직경은 중심부로부터 주변부에 이르기까지 연속하여 높아지는 경향을 나타내었다(Fig. 2c). 이상의 결과는 군반의 활력도가 노화부에서 가장 낮고 성숙부에서 가장 높음을 나타내었는데, 그 이유는 군반의 생장이 중앙부에서 시작하여 양 주변부로 진행하므로 중앙부 지하경이 노쇠하여 생리적 활성이 저하되었기 때문이다(Ovington, 1953; Kershaw, 1960, 1962).

위의 결과를 토대로 동심환대(concentric annuli)를 형성하는 군반 내의 성장단계를 구분하면 군반 주변부에 위치한 개척부는 지상부 모듈의 높이, 잎면적, 줄기의 굵기 등이 성숙부의 것들과 차이가 없으나 밀도와 식물량이 낮았다. 개척부보다 안쪽에 동심원으로 배열한 성숙부는 지상부의 활력 뿐만 아니라 단위면적당 식물량도 최대이었다. 군반의 중앙부에 위치한 노화부는 지상부의 모든 활력이 최소로 되었는데 그 원인은 후술하는 바와 같이 지하경이 노화되는 데 있었다.

Table 1. Phytomass allocation to shoot, rhizome and root in *Phragmites longivalvis* patch. Samples were made in September, 1986

Growth phase	Shoot		Rhizome		Root		Total g/m ²
	g/m ²	%	g/m ²	%	g/m ²	%	
Pioneer	458	54	371	44	20	2	849
Mature	774	40	1099	57	58	3	1931
Senile	246	22	822	75	30	3	1097

군반의 개척부, 성숙부 및 노화부에 따른 단위 면적당 식물량은 각각 849, 1931 및 1097 g/m²(100: 227: 129)이었다(Table 1). 그리고 식물량의 지상부로의 분배비는 개척부,

성숙부 및 노화부에서 각각 54, 40 및 22%(100: 80: 41)이며, 지하경으로의 분배비는 각각 44, 57 및 75%(100: 130: 170)이고, 뿌리로의 분배비는 각각 2, 3 및 3%(100: 150: 150)이었다. 이 결과는 식물량의 분배비가 지상부는 개척부에서, 지하경은 노화부에서, 뿌리는 성숙부와 노화부에서 가장 높음을 보였다. 그 이유는 노쇠한 지하경이 지상부를 생산하지 못하기 때문이라 생각된다. 낙동강 하구의 삼각주에서 조사된 갈대 개체군의 지상부와 지하부의 비는 43: 57로서 본 조사의 성숙부 분배비, 40: 60과 유사하였다(Kim *et al.*, 1986).

현존량의 계절 변화

갈대 원형 군반의 지상부 현존량을 2년에 걸쳐 측정한 결과 8월에 최대값을 나타내었다(Fig. 3). 제1년째에 개척부, 성숙부 및 노화부의 현존량은 347, 536 및 195 g/m²(100: 154: 56)이었고, 제2년째에 609, 748 및 248 g/m²(100: 123: 41)으로서 성숙부에 가장 많고 노화부에 가장 적었다. 한편 제2년째의 현존량은 제1년째의 것보다 각각 1.8, 1.4 및 1.3배 증가하였다. 현존량의 계절적 패턴은 2년간의 경향이 같았고, 성숙부, 개척부, 노화부 순으로 많았다. 이와 같이 성숙부가 최대 현존량을 갖는 이유는 지상부 밀도가 높고 지상부 모듈당 무게가 무거운 데 있다. 즉, 개척부에는 모듈 1개가 가장 무겁지만 밀도가 낮고 노화부에는 밀도가 높지만 모듈 1개의 무게가 가볍다(Fig. 2참조). 모든 생

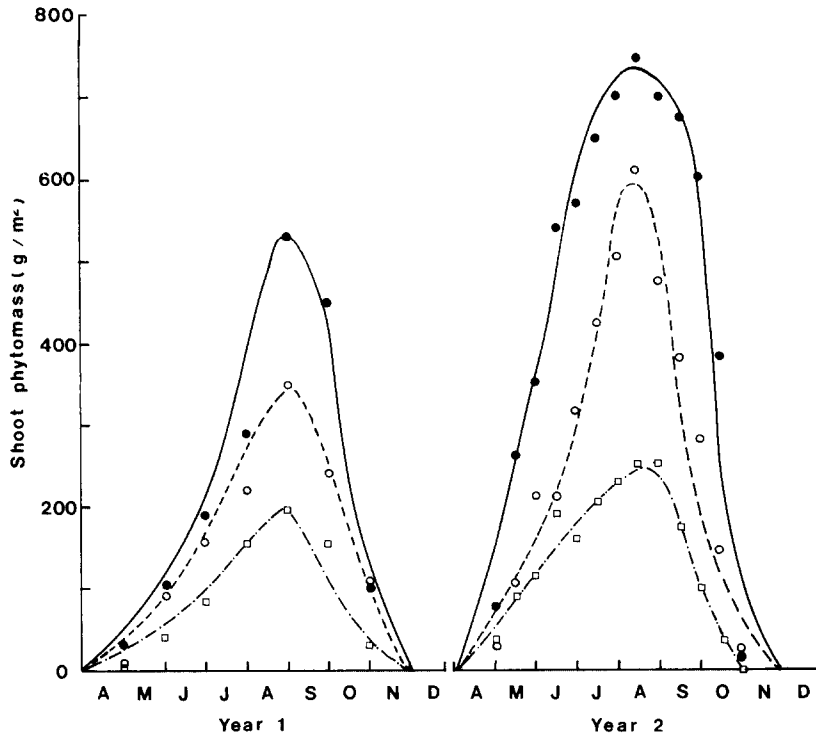


Fig. 3. Seasonal changes of shoot phytomass in three growth phases of *Phragmites longivalvis* patches.
○---○: pioneer, ●—●: mature, □—□: senile growth phase.

장단계, 특히 성숙부에 제2년째의 현존량이 제1년째 보다 많은 원인은 갈대 지상부의 생장이 조사지의 환경 수용능력에 미치지 못하는 데 있다. 낙동강 하구 옥류등의 갈대군집의 지상부 현존량은 10월에 최대치인 1,985 g/m²에 달하였는데 (Kim *et al.*, 1986), 이 값은 제2년째 최대치인 8월의 성숙부 현존량, 748 g/m²의 2배 이상이다. 이 밖의 낙동강의 갈대군집의 현존량에 대하여 김 등 (1982)의 3,500 g/m², Kang과 Chang(1985)의 3,399 g/m², 오(1970)의 2,928~6,124 g/m², Chang과 Kang(1977)의 1,069 g/m²으로 보고되었다. 그리고 경기만 군자의 갈대 지상부 현존량은 406 g/m²으로 밝혀졌다. 이와같이 현존량의 차가 큰 것은 토양의 염분함량 또는 영양염류함량에 기인한다(김과 민, 1983; Kim *et al.*, 1972).

지상부 모듈의 개체군 동태

지상부 모듈은 제1년째 개척부가 4월에 아직 출생하지 않았고 5월에 21 모듈/m²(제1년째 총 출생수의 53%)이 출생하였으며 이어서 6,7,8 및 9월에는 5,6,4 및 4 모듈/m²이

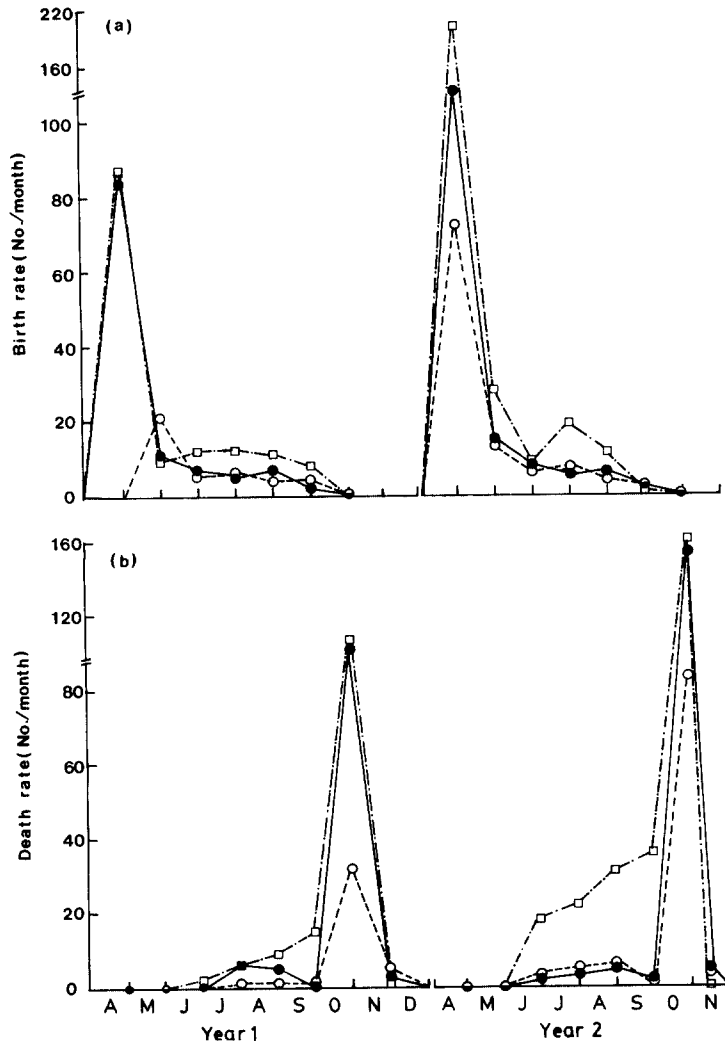


Fig. 4. Monthly birth rate (a) and death rate (b) of shoot modules in three growth phases of *Phragmites longivalvis* patches. O---O: pioneer, ●---●: mature, □---□: senile growth phase.

출생하였다. 제2년째 4월에 개척부의 출생수는 72 모듈/㎡(제2년째 총 출생수의 70%)이었고, 이어서 5, 6, 7, 8 및 9월에는 각각 13, 5, 7, 4 및 2 모듈/㎡로서 낮았다. 성숙부의 모듈 출생수는 제1년째 4월에 84 모듈/㎡(제1년째 총 출생수의 72%)이었고, 5, 6, 7, 8 및 9월에 각각 11, 7, 5, 7 및 2 모듈/㎡이었으며, 제2년째는 4월에 134 모듈/㎡(제2년째 총 출생수의 79%)이었고, 그후 5, 6, 7, 8 및 9월에 각각 10, 12, 12, 11 및 8 모듈/㎡이었으며, 제2년째 4월에 198 모듈/㎡(제2년째 총 출생수의 74%)이었고 5, 6, 7, 8 및 9월에 각각 28, 9, 19, 11 및 1 모듈/㎡이었다. 이 결과는 계절에 따른 모듈 출생수가 개척부, 성숙부 및 노화부에서 모두 같은 경향임을 나타내고 있다(Fig. 4).

위의 결과로 모든 성장단계에서 출생률은 4~5월이 가장 높아 주요한 동시출생모듈군 이었고 그 이후는 낮았다. 산조풀, 락 및 천일사초에서 동시출생식물은 봄과 여름의 2번에 걸쳐 출생하고(정, 1989) 부들은 3번에 걸쳐 출생한다(Dickerman and Wetzel, 1985). 성장단계에 따른 출생률은 노화부, 성숙부, 개척부의 순으로 높았다. 노화부는 지상부 모듈의 성장률이 낮고 식물량이 성숙부보다 적음에도 불구하고(Fig. 2) 많은 모듈이 출생하였는데 그 이유는 지상부 밀도가 모듈당 무게나 이삭의 무게보다 노화의 영향을 늦게 받는데 있을 것이다. 따라서 노화부가 더 노쇠하면 모듈의 밀도가 성숙부보다 감소될 것으로 생각된다.

한편, 지상부 모듈의 고사는 개척부에서 제1년째 9월까지 거의 일어나지 않았고 10월에 32 모듈/㎡(제1년째 총 고사수의 80%)이 일어났으며, 제2년째 10월에 85 모듈/㎡(85%)이 일어났다. 성숙부에서 제1년째와 제2년째의 10월에 각각 88%와 91% 고사하였고 노

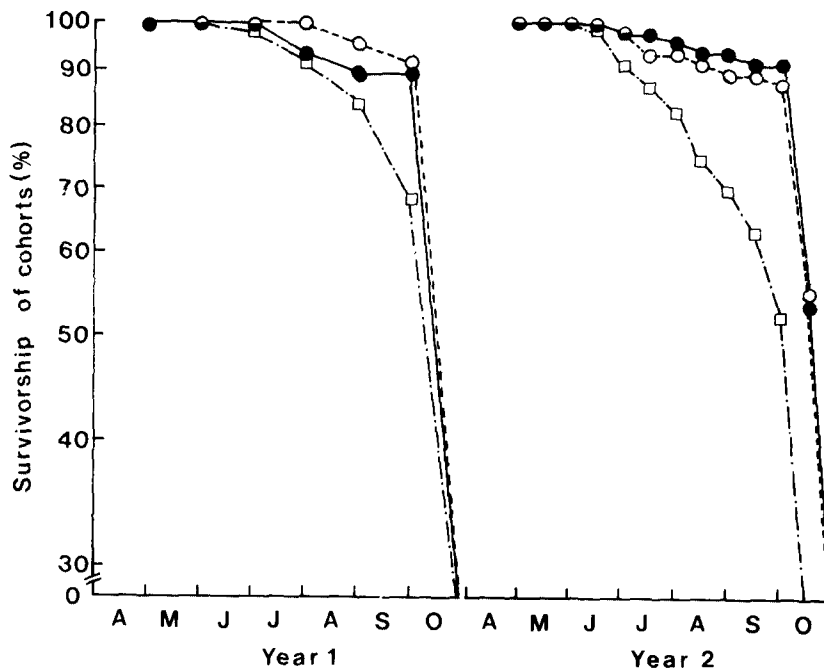


Fig. 5. Survivorship curves of spring cohorts in three growth phases of *Phragmites longivalvis* patches. ○- -○: pioneer, ●-●: mature, □- -□: senile growth phase.

화부의 것도 각각 76%와 60% 고사하였다. 고사율의 계절 변화는 노화부 제2년째를 제외하고, 개척부, 성숙부 및 노화부가 가을에 높은 형을 나타냈다. 다만 제2년째 노화부의 고사율은 여름에도 상당히 높았지만 출생 후 6주간은 고사하지 않았다. 그 결과 갈대 모듈 개체군은 하계에 고밀도에 기인한 경쟁에 의한 자연 선택은 없고 생육기 말에 자연 고사하는 것으로 생각된다(Pitelka, 1984; Dickerman and Wetzel, 1985).

갈대 모듈 개체군에서 주요 동시출생모듈(cohort)은 1 그룹으로서 4월부터 5월까지 출현한 봄 동시출생식물군이었다(Fig. 5). 개척부, 성숙부 및 노화부에서 총 출생수 중 봄 동시출생모듈은 제1년째에 57, 82 및 70%이었고, 제2년째에 83, 88 및 85%이었다.

개척부의 제1년째에 동시출생모듈은 5월에 21 모듈/m²이 출생한 후 거의 고사하지 않은 채 10월에 동시에 고사하였고, 제2년째의 것은 4월~5월의 85 모듈/m²이 출생한 후 전자와 유사한 생존곡선을 나타내었다. 성숙부의 제1년 및 제2년째의 생존율은 9월까지 88% 및 92%를 유지하였다. 그리고 노화부의 생존율은 제1년째의 7, 8 및 9월에 각각 92, 83 및 67%, 제2년째에 각각 82, 69 및 53%로 계속하여 감소하였다. 제1년째 보다 제2년째에 사망률이 더 높은 것으로 보아 지상부를 생산하는 지하경은 시간이 지남에 따라 노화하여 생리적 활성이 감소됨을 의미한다.

이러한 동시출생모듈의 생존률의 패턴은 갈대의 지상부 모듈이 1년생, 1회번식식물(annual, semelparous plant)이며 그 생존곡선은 Deevey I형에 속함을 나타내었다. 봄 이후에 출현한 모듈은 지상부 생장을 할 뿐 개화하지 않은 채 고사하였는데 이러한 특징은 2~3년간 생존하면서 생활사를 완성하는 산조풀, 락, 천일사초 및 부들과 달랐다(정, 1989; Dickerman and Wetzel, 1985). 그런데 갈대 모듈은 당년 모듈의 주변에서 짧은 지

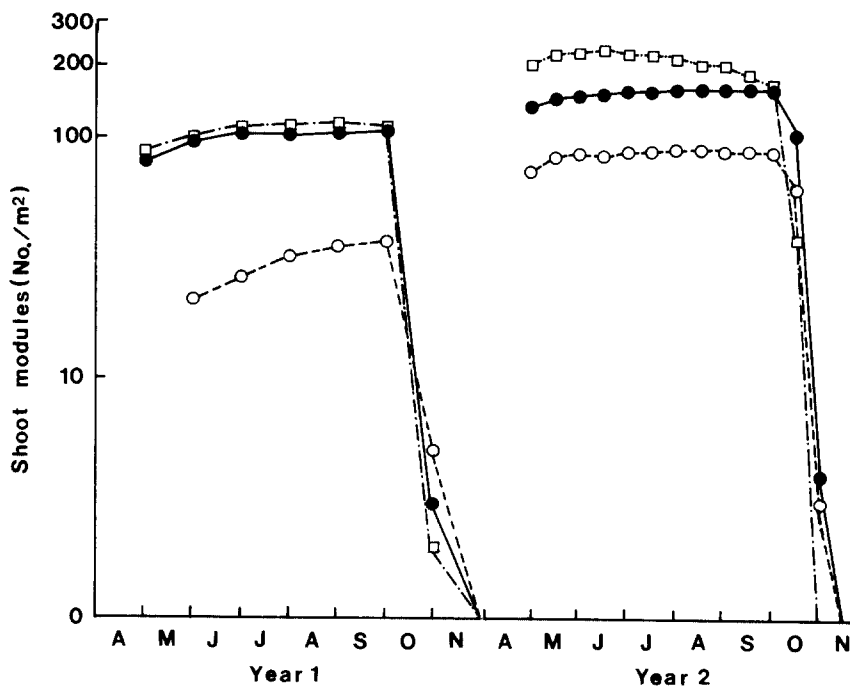


Fig. 6. Depletion curves in three growth phases of *Phragmites longivalvis* patches. ○---○: pioneer, ●---●: mature, □---□: senile growth phase.

하경이 발생하여 그 익년에 많은 지상부 모듈을 생산하는 특징이 있다.

한편, 각 성장단계에서 총 모듈의 생존곡선은 감소곡선(depletion curve)으로 나타내었다(Fig. 6). 동시출생모듈의 생존곡선(survivorship curve)과는 달리 모듈의 연령 구분 없이 총 모듈의 생존율을 시간 경과에 따라 또는 모듈의 생활사동안 추적한 그림을 감소곡선이라 한다(Silvertown, 1987). 제1년째의 개척부는 최저 밀도를 나타내지만 새 모듈의 보충으로 9월에 37 모듈/m²로 상승하였다. 성숙부와 노화부의 밀도는 5~9월 사이에 일정하게 유지되었다. 제2년째의 5~9월 사이의 밀도는 노화부, 성숙부, 개척부의 순으로 높았고 일정하게 유지함으로써 출생률과 고사율의 변동이 없음을 나타내었다. 5월의 모듈수를 비교하면 제2년째는 제1년째보다 개척부, 성숙부 및 노화부에서 각각 4.0, 1.6 및 2.3배 만큼 많았다. 이처럼 시간이 지남에 따라 개척부에서 밀도가 급상승하는 이유는 갈대 군반의 수평성장 전략에 있어서, 제1년째의 개척부가 밀도는 비록 낮지만 긴 지하경을 뻗어 넓은 면적을 확보하고 제2년째에 지상부 밀도를 높이는 것으로 생각된다. 노화부의 밀도는 성숙부 보다 높지만 연약한 모듈을 다수 생산하므로 일찍 고사하여 전혀 개화하지 않았다. 갈대 군반에서 노화가 더 진행되면 Watt(1947)가 밝힌 바와 같이 쇠퇴부(degenerate growth phase)에 이르러서 중앙부가 다른 종으로 대체될 것이 예상된다.

지하경의 호흡률

생리적 활성의 척도가 되는 호흡률을 각 성장단계 별로 측정된 결과는 온도 구배에 지

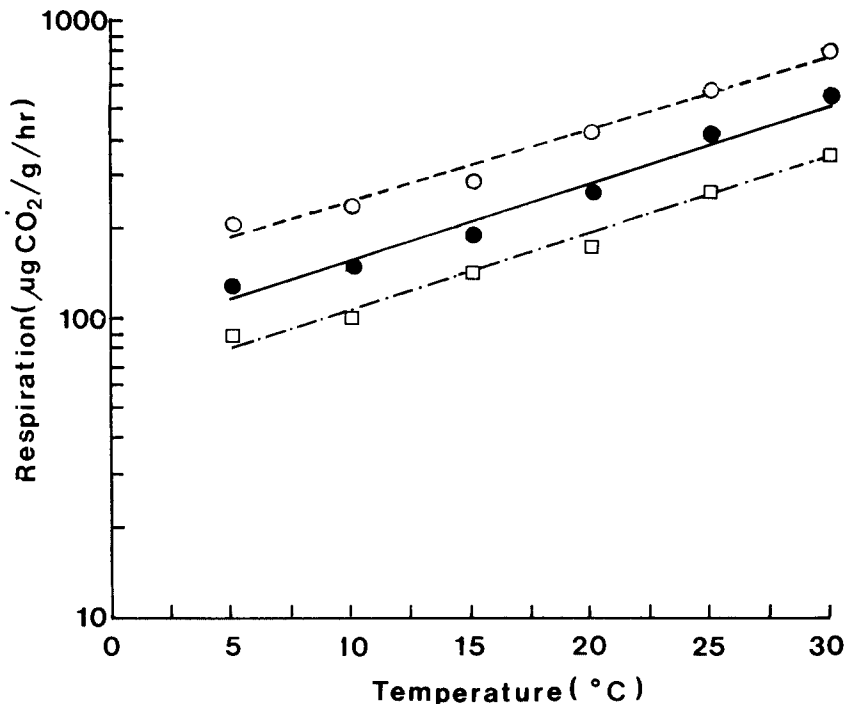


Fig. 7. Respiration rate of rhizome, exponentially responsive to temperature, in three growth phases of *Phragmites longivalvis* patch. Measurement was done in October, 1986. ○---○: pioneer, ●—●: mature, □-·-·: senile growth phase.

수적으로 정비례하였고, 20°C에서 개척부, 성숙부 및 노화부가 각각 416, 263 및 178 $\mu\text{gCO}_2/\text{g/hr}$ (100: 63: 43)이었다(Fig. 7). 이 결과는 개척부 지하경의 생리적 활성이 높음을 의미한다. 호흡의 Q_{10} 값은 개척부, 성숙부 및 노화부에서 각각 2.1, 2.2 및 1.8이었다. 이 값은 Kim 등(1986)이 측정한 갈대 지하부의 550 $\mu\text{gCO}_2/\text{g/hr}$ 와 Q_{10} 값 1.8과 유사하였다. 이 결과에서 노화부 지하경의 낮은 호흡률은 식물량, 이삭의 빈도, 엽생장 등의 낮은 활력도(Fig. 2와 Table 1)를 잘 설명하여 준다. 그런데 개척부의 호흡률이 성숙부보다 높은 데도 불구하고 식물량, 이삭수 등은 후자가 전자보다 많았는데 그 이유는 개척부의 밀도가 낮는데 원인이 있다.

요 약

경기도 화성군 마도면의 15년된 간척지에서 원형 군반을 형성하는 갈대 군반을 대상으로 2년간 2~4주 간격으로 군반의 구조, 수평생장, 지상부 모듈의 개체군 동태 및 지하부의 호흡량을 측정하였다.

갈대 군반은 지하경의 노쇠로 인하여 주변부로부터 중앙부가 개척부, 성숙부 및 노화부로 구분되었다. 군반의 연 반경생장의 거리는 208cm이었다. 지상부의 높이, 식물량 및 이삭의 빈도는 노화부에서 가장 낮았고 성숙부에서 가장 높았다. 지상부 현존량의 계절 변화는 2년간 8월에 최대로, 개척부, 성숙부 및 노화부에서 제1년째에 각각 347, 536 및 195 g/m^2 (100:154:56), 제2년째에 각각 609, 748 및 248 g/m^2 (100: 123: 41)이었다. 지상부 모듈의 출생률은 4~5월에 최대이었는데 이들이 봄 동시출생모듈로서 제1년째에 개척부, 성숙부 및 노화부에서 총 출생 모듈수의 57, 82, 70%, 제2년째에 83, 88, 85%이었다. 고사율은 10월에 최대로서 봄 동시출생모듈은 1년생, 1회번식식물이며 그 생존곡선은 Deevey I형이었다. 각 성장단계에서 모듈수는 제2년째가 제1년째보다 개척부, 성숙부 및 노화부에서 각각 4.0, 1.6 및 2.3배 증가하였다. 지하경의 호흡률은 20°C에서 개척부, 성숙부 및 노화부가 각각 413, 263 및 178 $\mu\text{gCO}_2/\text{g/hr}$ (100: 64: 43)로서 개척부가, Q_{10} 값은 2.1, 2.2 및 1.8로서 성숙부가 가장 높았다.

引 用 文 獻

- Chang, N.K. and B.C. Kang. 1977. Changes of plant communities to continuum and species diversity on the gradient of the water table in the delta of the Nakdong-river. Korean J. Animal Sci. 19:453-458.
- 정연숙. 1989. 수 종 군반형성식물의 영양생장과 모듈의 동태. 서울대학교 박사학위논문. 166 pp.
- Dickerman, J.A. and R.G. Wetzel. 1985. Clonal growth in *Typha latifolia*: Population dynamics and demography of the ramets. J. Ecol. 73:535-552.
- Halsam, S.M. 1971. Community regulation in *Phragmites communis* Trin. 1. Monodominant stands. J. Ecol. 59:65-73.
- Harper, J.L. and J. White. 1974. The demography of plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5:419-463.
- Harper, J.L. 1980. Plant demography and ecological theory. Oikos 35:244-253.
- Hartnett, D.C. and F.A. Bazzaz. 1985. The genet and ramet population dynamics of *Solidago canadensis* in an abandoned field. J. Ecol. 73:407-413.

- Kang, H.K. and N.K. Chang. 1985. Annual net production and the stability of the pure *Phragmites communis* grassland in the lower course of Nakdong river. J. Korean Grassl. Sci. 5:8-12.
- Kays, S. and J.L. Harper. 1974. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. J. Ecol. 62:97-105.
- Kershaw, K.A. 1960. Cyclic and pattern phenomena as exhibited by *Alchemilla alpina*. J. Ecol. 47:31-53.
- Kershaw, K.A. 1962. Quantitative ecological studies from Landmannhellier, Iceland. I. *Erioforum angustifolium*. J. Ecol. 50:163-169.
- Kim, C.M., Y.J. Yim and R.D. Rim. 1972. Studies on the primary production of the *Phragmites longivalvis* community in Korea. IBP Rep. No. 6. Korean National Committee for the IBP. pp.1-7.
- 김철수. 1975. 갈대군락의 현존량과 환경요인에 관한 연구. 한식지 18 : 129-134.
- Kim, J. H., K.J. Cho, H.T. Mun and B.M. Min. 1986. Production dynamics of *Phragmites longivalvis*. *Carex scabriifolia* and *Zoysia sinica* stand of a sand bar at the Nagdong river estuary. Korean J. Ecol. 9:59-71.
- Kim, J.H., H.T. Mun, B.M. Min and K.J. Cho. 1989. Nitrogen and phosphorus dynamics in a salt marsh in the Nakdong river estuary. Korean J. Ecol. 12:1-8.
- 김준호 · 김훈수 · 이인규 · 김종원 · 문형태 · 서계홍 · 김원 · 권도현 · 유순애 · 서영배 · 김영상. 1982. 낙동강 하구 생태계의 구조와 기능에 관한 연구. 서울대학교 자연과학대학 논문집 10 : 121-164.
- 민병미. 1986. 한국 서해안 간척지의 토양과 식생 변화. 서울대학교 박사학위논문. 144 pp.
- 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.
- Noble, J.C., A.D. Bell and J.L. Harper. 1979. The population biology of plants with clonal growth. II. The nutrient strategy and modular physiology of *Carex arenaria*. J. Ecol. 71:865-877.
- 오계철. 1970. 낙동강 하류 육지 생태계의 정량생태학적 분석. 한국자연보존협의회 조사보고. 2 : 59-78.
- Ovington, J.D. 1953. A study of invasion by *Holcus mollis* L. J. Ecol. 41:35-52.
- Pitelka, L.F. 1984. Application of the -3/2 power law to clonal herbs. The American Naturalist 123:442-449.
- Ranwell, D.S., E.C.F. Bird, J.C.E. Hubbard and R.E. Stebbings. 1964. *Spartina* salt marshes in Southern England. V. Tidal submergence and chlorinity in Poole Harbour. J. Ecol. 52:627-641.
- Silvertown, J. 1987. Introduction to plant population ecology. Longman Scientific & Technical, N.Y. 229 pp.
- Waisel, Y. 1972. Biology of halophytes. Academic Press, N.Y. 213 pp.
- Watt, A.S. 1947. Pattern and process in the community. J. Ecol. 35:1-22.

(1989年 9月 5日 接受)