

넓은잎천남성 (*Arisaema robustum*) 개체군의 동태

민 병 미 · 유 진 숙

단국대학교 사범대학 과학교육과

Population Dynamics of *Arisaema robustum*

Min, Byeong-Mee and Jin-Sook You

Department of Science Education, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

ABSTRACT

Arisaema robustum, which has the ability to change sex, was studied in a temperate broadleaf forest of Sanseong-ri, Joongbu-myeon, Gwangju-gun, Kyonggi Province, Korea. The study, carried out from 1993 to 1997, focused on population dynamics: energy budget among organs, size distribution, mortality, the relationships between sex and size, seed production and germination rate.

In terms of energy budget among the organs, the ratio of aboveground to belowground biomass was 36.6 : 63.4 in non-female plants, and 81.4 : 18.6 in female plants. Also, in female plants, the ratio of leaf to sexual organ biomass was 39.5 : 41.9. Therefore, the belowground ratio of female plants was lower than that of non-female plants. Plants were classified into 8 levels relative to the amount of leaf area by 100 cm². The rates of the smallest and the largest classes were 49% and 1%, respectively, and population distribution by size was relatively stable. The mortality averaged 13.1% per year and decreased in inverse proportion to leaf size (6.6% in the smallest and 0.0% in the largest size classes). Leaf areas were 64.1 ± 48.5 cm² in non-flowering plants, 232.1 ± 123.9 cm² in males and 444.8 ± 153.9 cm² in females. The increase rates of leaf area per year varied from 1.9% in plants changing from female to male, to 152.4% in plants changing from non-flowering to female. But plants which remained female for 2 years showed a decrease of 34.7%. From this result, it is thought that the female plants invest more energy to reproduction than to vegetative organs. The correlation coefficient (CC) value between plant size and the number of seeds produced (0.55) was larger than the CC value between plant size and total seed weight (0.73). That is, the larger the plant size, the heavier the seed produced. The germination rate increased along with seed weight, and it was 95% in plants which were over 60 mg fresh weight/seed.

Key words: *Arisaema robustum*, Energy budget, Size distribution, Leaf area, Mortality, Seed production, Germination rate, Sex change.

서 론

하나의 개체군은 유전적 속성과 집단 속성을 동시에 갖고 있으며 (Odum 1983), 개체군의 동태를 파악하

는 데는 우선 출생률과 사망률에 대한 자료를 필요로 한다 (Harper and White 1974). 출생률은 자손의 생산에 대한 지표이며, 식물 개체군은 동물 개체군과는 달리 유성생식뿐만 아니라 영양 번식에 의하여 자손의 증식을 가져오고, 한 개체의 개념이 다르기 때문에 개체군 동

* 본 연구는 1997년 단국대학교 교내 연구비의 지원하에 수행되었습.

계학적 접근 방법이 다르다. 그리고 각 종마다 고유한 특성을 지니고 있기 때문에 다양한 개체군에서 개체군 통계학을 시도하는 것은 매우 의미가 있다(Harper 1980, White 1985, Silvertown 1987).

한편, 식물 개체군에서 성분화는 미약하며 일부 식물은 동일 개체 내에서도 자성과 웅성의 꽃을 매해 달리 하여 생산하는 경우 즉, 성변화식물(sex change plant)이 보고되고 있다. 성변화의 기작은 확실하지 않지만, Policansky(1981)은 자성과 웅성의 상대적인 생식적 성공(reproductive success)에 일어나며 직접적인 요인은 개체의 크기라고 보고한 바 있다. 민(1997)에서도 언급한 바와 같이 천남성속 식물은 대표적인 성변화 식물이며 이외에도 단풍나무류(*Acer pennsylvanicum*), 논쟁이류(*Atriplex canscens*) 등 여러 종류에서 알려져 있다(Policansky 1982). 특히 천남성속 식물은 뚜렷한 성염색체가 존재하지 않기 때문에 성이 고정되어 있지 않으며(Ito 1942), 일시적으로 생식 기관을 가질 경우에는 단성의 꽃이 나타난다(Freeman *et al.* 1980, Bierzychudek 1982). 따라서 이러한 종에서 개체의 크기는 성의 결정이나 개체군의 동태에 주요한 인자이나 국내에서 천남성속 식물에 대한 개체생태학적 연구는 현재 거의 없는 실정이다.

민(1997)에 이어 본 연구에서는 넓은잎천남성(*Arisaema robustum*) 개체군에서 각 기관별 에너지 분배, 개체의 크기별 분포, 개체 크기와 성발현, 사망률, 종자 생산 및 발아율을 조사하므로써 개체군의 동태를 종합적으로 파악하는 데 있다.

재료 및 방법

본 연구의 조사 장소나 방법은 민(1997)에서 밝힌 바와 동일하다. 즉, 하나는 한 개체 내에서 각 기관에 대한 에너지 분배를 조사하기 위하여 1993년 8월 15일 각 크기별로 비자성 42개체, 자성 5개체를 뿌리까지 채취하여 엽신, 엽병, 지하부 및 생식기관으로 구분하여 80℃ 건조기에서 건조시켰다. 생장에 따른 성분화는 1993년 8월 21일 5m×5m 방형구 내에 있는 210 개체와 이 지역에 인접하여 있는 군락의 200개체를 대상으로 하였다. 조사 군락을 추가하여 표시한 이유는 1993년 표시한 군락의 개체가 1994년 6월 25일에는 사망 등에 의하여 확인된 개체가 감소하였고 자성체의 비율이 낮았기 때문이다. 이들에 대한 엽면적의 반복 측정은 각각 1994년 8월 10일 및 1995년 8월 17일에 실시하였다. 각 개체의

엽면적은 야외에서 측정된 엽신의 길이×폭으로부터 민(1997)의 방법에 의하여 추정하였다. 한편 생식 기관은 1994년 4월 15일 및 8월 10일, 1995년 4월 5일 및 8월 5일의 4차례에 걸쳐 육수화서의 존재 유무로 조사하였다. 종자 채취는 1994년과 1995년 8월 중순에 각각 나일론 망사로 자성의 육수화서를 보호한 다음 각각 9월 10일경 수거하여 실험실로 운반하고 육수화서에서 종자만을 분리하여 개체당 종자수를 세고 총 생중량을 측정하였다. 종자의 발아실험은 조사가 완료된 시료 종자를 채취한 인접 지역의 토양에 파종하여 1996년 및 1997년 6월 20일경 발아한 개체수를 세었다.

결과 및 고찰

개체의 에너지 분배

넓은잎천남성의 각 기관별 건중량의 비율은 Table 1과 같다. 자성의 생식 기관이 없는 개체군에서는 엽신 : 엽병 : 지하부가 21.3 : 15.3 : 63.4의 비로 나타나 지하부가 가장 많은 양을 가진 것으로 나타났다. 한편, 자성체는 엽신 : 엽병 : 생식기관 : 지하부가 21.0 : 18.5 : 41.9 : 18.6으로 생식기관의 비율이 가장 높았다. 그리고 지상부와 지하부로 구분하면 비자성체에서는 지상부 : 지하부가 36.6 : 63.4, 자성체에서는 그것이 81.4 : 18.6이었다. 따라서 비자성체는 자성체에 비하여 지하부에 분배되는 비율이 높은 것으로 나타났다. 그런데 종자생산에 투자하는 측면에서 볼 때 자성체는 생식기관 : 영양기관이 41.9 : 58.1이었다. 이러한 결과를 종합하면 비자성체나 자성체 모두 앞에 축적되는 에너지의 비율은 36.6% 및 39.5%로 거의 유사하나 비자성체는 앞에서 고정하는 에너지를 지하부에 축적하는데 반하여 자성체는 생식기관에 많은 양을 투자하므로써 결국 지하부에 투자하는 양이 감소하고 이로 인하여 개체의 크기 즉, 지하부에 저장되는 에너지량에 따라 성이 결정되는 넓은잎천남성의 경우 다음 연도의 성결정에 당해연도의 생식기관 유무가 영향을 주는 것으로 볼 수 있었다. 그

Table 1. Ratios of dry mass of each organ of *A. robustum* population

Sex	Leaf			Under-ground	Sex organ
	Blade	Petiole	Total		
Non-female	21.3	15.3	36.6	63.4	
Female	21.0	18.5	39.5	18.6	41.9

런데 앓은부채(강과 민 1994) 개체군에서는 지하부가 지상부보다 많아 본 조사와 다른 결과를 보였고 이런 경우에는 종자생산전략 등이 다를 수 있다(Silvertown 1987).

한편, 영구방형구 내 매 개체의 잎의 크기를 이용하여 지하부의 대부분을 차지하고 있는 구경의 크기를 추정하기 위하여 뿌리까지 채취한 개체에서 잎과 구경 속성간의 관계를 구한 결과는 Table 2와 같다. 각 속성은 모두 0.1% 수준에서 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 구경의 직경이 구경의 건중량보다 잎의 각 속성과의 상관계수가 컸다. 그리고 엽면적과 구경의 건중량 사이의 상관계수가 가장 낮지만 그 값도 0.92이었다. 따라서 지상부의 크기를 이용하여 구경의 무게보다는 이것의 직경을 추정하는 것이 더욱 확실하며, 민(1997)에서 밝힌 바와 같이 엽신의 길이와 폭으로부터 엽면적을 추정할 수 있고 이 엽면적으로부터 구경이나 뿌리의 양까지 추정 가능한 것으로 볼 수 있었다.

개체군의 크기 분포 및 사망률

엽면적을 100cm² 단위로 구분하여 개체의 크기별 분

Table 2. Correlation coefficients between leaf and corm in *A. robustum* population

Corm	Leaf		
	Blade area	Blade weight	Petiole weight
Diameter	0.96	0.96	0.95
Weight	0.92	0.93	0.92

포를 구한 결과와 이것의 3개년 동안의 변화는 Fig. 1과 같다. 1993년 조사에서 엽면적이 가장 작은 개체는 7.5 cm², 가장 큰 개체는 763.3 cm²이었다. 우선 방형구를 최초로 설치하여 조사한 1993년의 결과에서 보면 엽면적이 100 cm² 이하인 개체가 49%로 가장 많고 700 cm² 이상인 것이 1%로 가장 적어, 본 조사 개체군의 크기 분포는 대략 삼각형으로 나타나 개체의 크기에 따른 개체군의 구조가 비교적 안정된 형태를 보였다. 1994년 및 1995년으로 갈수록 점차 엽면적이 큰 개체의 비율이 증가하였는데, 이는 일정한 개체군 대상으로 하였기 때문으로 생각되었다. 즉, 개체의 성장과 후술하는 바와 같이 크기에 따른 사망률의 차이에 의한 것으로 해석된다.

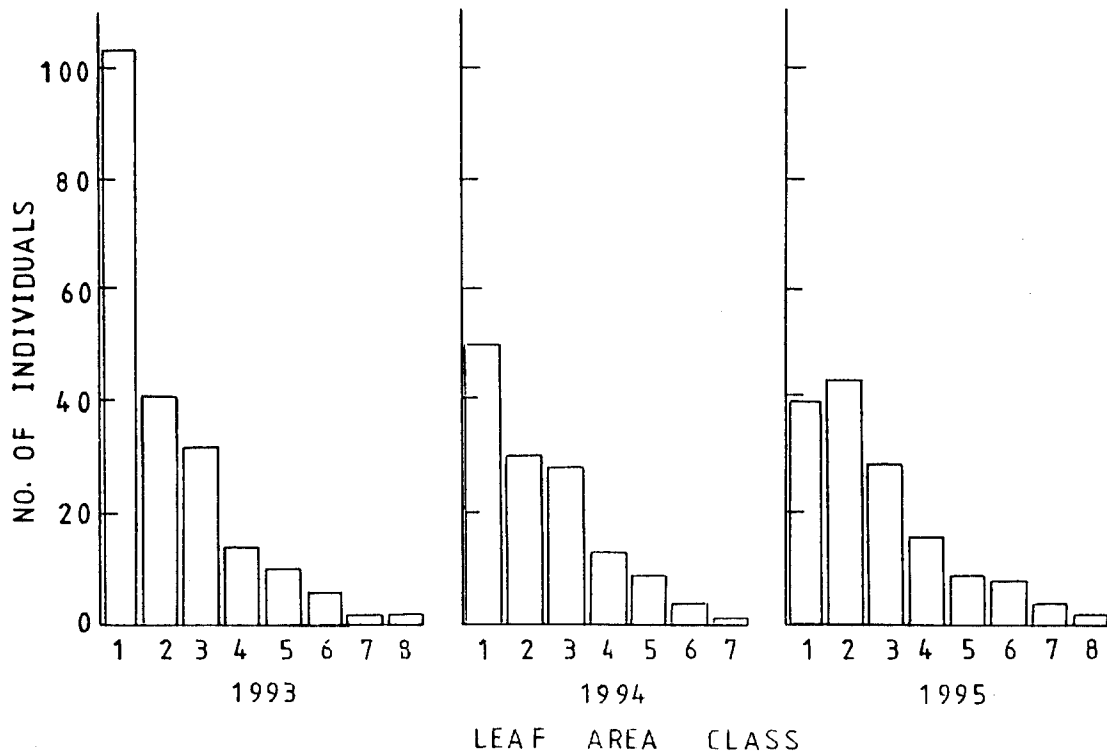


Fig. 1. Size distribution of *A. robustum* population. Classes of leaf area (cm²) are 1: 0~100, 2: 100~200, 3: 200~300, 4: 300~400, 5: 400~500, 6: 500~600, 7: 600~700, 8: 700~.

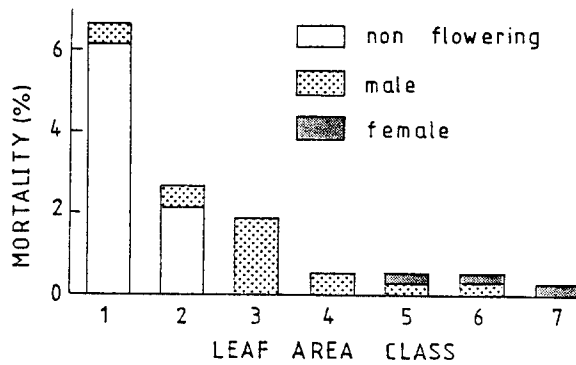


Fig. 2. Mortality of *A. robustum* population along the size classes and sexes. Classes of leaf area are the same as Fig. 1.

한편, 개체군에서 전년도의 개체 크기에 따른 당해년도의 사망률은 Fig. 2와 같다. 넓은잎천남성 개체군의 전체 사망률은 13.1%이었으며, 이 중 엽면적이 100 cm² 이하인 개체의 사망률은 6.6%로 가장 높고 개체가 성장하여감에 따라 급격히 감소하여 700 cm² 이상의 것에서는 사망한 개체가 없었다. 이것을 성별에 따른 사망률로 구분하여 보면 무화체가 8.2%로 가장 높았으며, 웅성체 3.9%, 자성체가 0.9% 순으로 감소하였다. 후술하는 바와 같이 크기에 따라 성의 비율이 다른 것 즉, 작은 개체는 무화체가 주를 이루고, 큰 것들은 자성체가 많은 것을 고려하면 동일 계급내 성별에 따른 사망률의 차이는 뚜렷하지 않았다. Bierzychudek (1982)에 의하면 *A. triphyllum*에서 크기가 작은 무화체의 사망률은 20~40%이며, 크기가 증가할수록 사망률은 감소하고, 어린 개체를 제외한 웅성체나 자성체 등에서 성에 따른 사망률의 차이는 없다. 따라서 넓은잎천남성과 *A. triphyllum*은 사망률면에서는 다소 차이가 있지만 개체가 성장할수록 사망률이 감소하는 현상이나 성에 따른 사망률 차이가 없는 측면에 있어서는 유사한 결과를 보였다.

개체 크기와 성

Table 3. Leaf size of individuals among sexes

Sex	Leaf area(cm ²)	Range(cm ²)
Non-flowering	64.1± 48.5	7.5~460.9
Male	232.1±123.9	17.1~607.2
Female	444.8±153.9	116.7~763.3

개체의 크기에 따른 성발현은 Table 3에 나타난 바와 같다. 무화체, 웅성체 및 자성체의 평균 엽면적은 각각 64.1±48.5 cm², 232.1±123.9 cm² 및 444.8±153.9 cm² 이었다. 따라서 개체의 크기(엽면적)에서 볼 때 자성체는 웅성체보다 약 1.9배, 무화체보다 9.2배로 나타나 넓은잎천남성 개체군은 성에 따라 크기가 매우 다른 것으로 나타났다. 그러나 범위가 넓기 때문에 크기와 성이 완전히 일치하는 것은 아닌 것으로 볼 수 있었다. 그런데 천남성의 일종인 *A. triphyllum*은 개체가 작은 경우에는 무화체, 중간 크기일 경우에는 웅성, 클 경우에는 자성인 것으로 나타나(Bierzychudek 1982) 천남성속 식물에서 이러한 현상은 일반적인 것으로 볼 수 있었으며, 일반적으로는 성변화식물에서 성결정은 개체의 크기에 의한 것으로 보고되고 있다(Policansky 1981).

개체의 성발현 및 성발현 후 크기 변화는 Table 4와 같다. 무화체와 웅성체는 익년에 전년도의 형태를 그대로 유지하거나 각각 다른 두 가지 형태로 변하며, 자성체는 익년에 자성체로 남거나 웅성체로 변하였다. 무화체가 익년에 그대로 남을 경우에는 잎의 크기가 7.0%만 증가를 가져오는데 비하여 웅성체나 자성체로 변할 경우에는 각각 36.3% 및 152.4% 증가되었다. 그리고 웅성체는 익년에 발현된 성에 관계없이 크기가 10.0~26.4% 증가하였다. 특히 웅성체는 웅성체보다 평균치가 작은 무화체로 변하여도 크기는 10.0%가 증가하여 성의 발현과 관계없이 매년 크기가 증가하였다. 그런데 자성체에서는 익년에 자성을 나타낼 경우에는 34.7%의 감소를 보였고 웅성체로 되어도 1.9%의 증가만을 보였다. 무화체가 자성체로 될 경우 크기가 급격한 증가하는 이유는, 자성체가 되기 위하여는 기본적으로 어느 정도의 크기를 필요로 하고 이미 전년도에 이에 상응하는 에너지를 축적하였으며 이 에너지에 의하여 익년에 큰 개체로 나타났기 때문으로 생각된다. 그리고 자성체가 익년에 자성체로 될 경우 감소하는 이유는 넓은잎천남성이 종자를 생성하는데 투자한 에너지가 많기 때문으로 해석된다. 그리고 앞에서도 언급한 바와 같이 비자성체와는 달리 자성체 지하부의 생체량은 지상부에 비하여 현저히 적은 것에서도 잘 나타나고 있다. 지하부의 생체량이 지상부보다 많은 얇은부체(강과 민 1994)는 종자를 생산하여도 익년에 잎 크기의 감소가 뚜렷하지 않은 것과는 매우 대조적인 특성으로 볼 수 있었다.

종자 생산과 발아율

Table 4. The changes of leaf size among sexes

Non-flowering	Sex		Leaf size		
	Male	Female	1st	2nd	Increase rate (%)
1st = 2nd			73.6 ± 27.8	78.7 ± 62.6	7.0
1st →	→ 2nd		119.3 ± 55.6	162.6 ± 76.0	36.3
1st →	→	→ 2nd	238.5 ± 314.4	609.9 ± 3.9	152.4
	1st = 2nd		212.1 ± 92.0	262.7 ± 127.4	23.4
	1st →	→ 2nd	402.1 ± 97.3	508.3 ± 179.7	26.4
2nd ←	← 1st		156.7 ± 146.4	172.4 ± 120.9	10.0
		1st = 2nd	372.3 ± 132.2	379.6 ± 212.4	-34.7
	2nd ←	← 1st	437.0 ± 127.0	285.2 ± 147.0	1.9

→ : increase, ← : decrease, = : same, 1st : first year, 2nd : second year.

자성체에서 개체의 크기에 따른 종자생산관계를 밝히기 위하여 조사한 결과 자성체의 개체당 종자수는 4~119개이었고 생중량으로 측정된 총 종자무게는 0.05~11.45g이었다. 그리고 개체의 크기에 따른 종자생산은 Fig. 3과 같다. 개체 크기와 종자수와의 상관관계수는 0.55이었고, 크기와 종자 총중량과의 것은 0.73이었다. 따라서 개체의 크기가 증가함에 따라 종자수와 총종자량이 증가하였지만 전자보다는 후자의 상관관계수가 큰 결과로 볼 때 개체가 클수록 많은 종자를 생산하기 보다는 무거운 종자를 생산하는 것으로 나타났다. 그런데 Bierzychudek (1982)이 보고한 바에 의하면 *A. triphyllum*은 개체의 크기와 종자수와는 무관하다. 이것은 본 조사종인 넓은잎천남성이 자성체당 생산하는 종자수가 7~200인데 비하여 *A. triphyllum*의 것은 7개로 적기 때문에 즉, 유전적으로 적은 수의 심피를 갖기 때문인 것으로 생각되었다. 그러나 일반적으로 한 개체가 생산하는 종자수는 개체의 생리적 상태, 환경 등에 의하여 변이가 심하지만 동일한 개체군에는 개체의 크기가 증가

함에 따라 종자수가 증가하는 것으로 알려져 있다(Pri-mack 1987). 물론 환경이 안정된 음습지에 생육하는 식물종은 건조하고 양지에 생육하는 것보다 적고 큰 종자를 생산하지만(Howe and Richer 1982, Foster 1986) 이 두 종은 동일속 식물이며 거의 유사한 환경에 생육하는 종들이기 때문에 환경의 차이에 의한 것으로는 볼 수 없었다. 그러나 넓은잎천남성도 어느 정도 심피수가 정해져 있기 때문에 종자수가 무한정으로 증가할 수 없는 대신에 개체가 커질수록 종자의 무게가 증가하는 것으로 생각되었다. 한편, 자성체는 비자성체와는 달리 종자생산에 에너지를 사용하고 큰 개체일수록 종자생산에 더 많은 에너지를 투자한다(Samson and Werk 1985). 따라서 전술한 바와 같이 자성체는 비자성체보다 지하부 생체량의 비율이 적고, 종자생산 후 익년에는 개체 크기의 증가폭이 적거나 혹은 감소하는 경우도 생기는 것으로 생각되었다. 특히 본 종은 *A. triphyllum*(Bierzychudek 1982)처럼 4월 중순에 개화하여 8월 말이나 9월 초에 종자를 산포하기 때문에 비교적 오랜 기간동

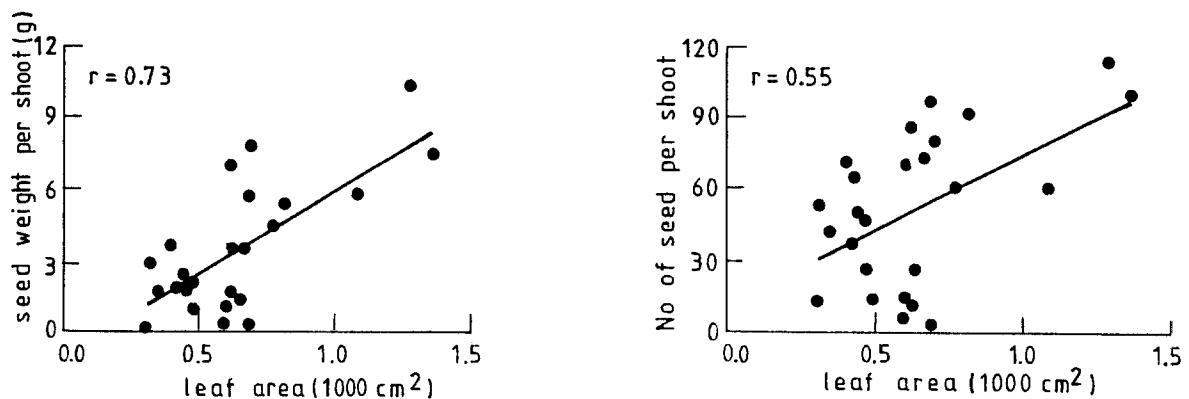


Fig. 3. Relationships between leaf size and seed weight (left), leaf size and the number of seed produced (right) in *A. robustum* population.

안 종자생산에 에너지를 투자한다.

1995년 9월 야외 조사지에 과중한 종자는 1996년에는 발아한 개체가 관찰되지 않았고 1997년 6월 20일에 조사되었다. 그런데 *A. triphyllum*의 경우에는 종자산포 후 익년에는 뿌리만 발생하고 잎이 나오지 않으며 이로부터 1년 후 지상부가 출현한다(Bierzuchudek 1982). 따라서 본 종도 이와 동일한 것으로 생각되나 교란이 발아율에 미치는 효과 때문에 직접 채취하여 뿌리의 발근 상태를 확인하지는 못하였다. 종자 생중량의 평균치에 따른 발아율은 Fig. 4와 같다. 종자의 무게가 증가할수록 발아율은 증가하는 것으로 나타났으며 대략 종자의 무게가 60mg 이상에서는 95% 이상의 발아율을 보였다.

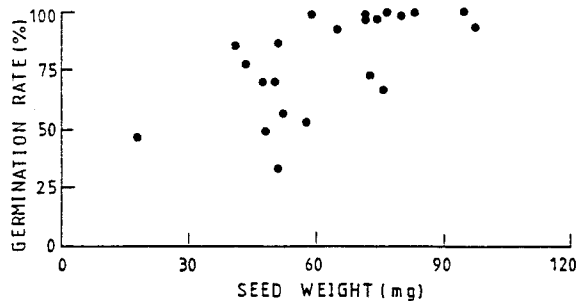


Fig. 4. Relationship between germination rate and seed weight in *A. robustum* population.

적 요

성전환 식물인 넓은잎천남성(*Arisaema robustum*) 개체군의 동태를 파악하기 위하여 경기도 광주군 중부면 산성리 성곽 북사면에 위치한 온대 낙엽활엽수림 내 자연군락에 대하여 각 기관별 에너지 분배, 개체군의 크기별 분포, 사망률, 개체크기에 따른 성발현, 종자생산 및 자연상태하의 발아율을 1993년부터 1997년까지 조사하였다.

기관별 에너지 분배를 조사한 결과, 비자성체에서 지상부와 지하부의 비는 36.6 : 63.4, 자성체에서의 것은 81.4 : 18.6이었다. 그리고 자성체에서 잎과 생식기관의 비는 39.5 : 41.9이었다. 따라서 자성체는 비자성체에 비하여 지하부의 비율이 낮았다. 조사대상 개체군에서 매 개체를 엽면적의 크기에 따라 8개 계급으로 구분한 결과 가장 작은 계급의 개체는 49%, 가장 큰 것은 1%를 차

지하여 개체군의 크기분포 구조는 대체로 안정된 형태를 보였다. 개체군의 전체 사망률은 13.1%이었으며, 크기가 가장 작은 계급에서 6.6%, 가장 큰 계급에서 0.0%으로 개체의 크기가 증가할수록 사망률이 감소하였다. 무화체의 잎의 크기는 $64.1 \pm 48.5 \text{ cm}^2$, 웅성체의 것은 $232.1 \pm 123.9 \text{ cm}^2$, 자성체의 것은 $444.8 \pm 153.9 \text{ cm}^2$ 으로 크기에 따라 다른 성을 발현하였다. 2년 연속 자성인 개체들만 제외하면 대체로 매년 크기가 증가하였는데, 크기 증가는 무화체에서 자성체로 될 경우의 152.4%로부터 자성체에서 웅성체로 될 경우의 1.9%까지 다양하였다. 2년 연속 자성체일 경우에는 34.7%의 감소를 나타냈으며 이는 생식에 대한 에너지의 투자량이 많기 때문으로 생각되었다. 자성체에서 개체의 크기와 종자수와의 상관계수는 0.55, 이것과 총 종자무게와의 것은 0.73으로 후자가 다소 컸다. 따라서 개체가 클수록 무거운 종자를 생산하는 것으로 볼 수 있었다. 종자의 발아율은 종자의 무게와 함께 증가하였고, 대략 생중량이 60mg 이상에서는 95%의 발아율을 나타냈다.

인 용 문 헌

- 강현정, 민병미. 1994. 앓은부채 (*Symplocarpus renifolius*) 개체군의 동태 I. 개체군의 구조와 영양 성장. 한생태지 17:453-461.
- 민병미. 1997. 넓은잎천남성 (*Arisaema robustum*) 개체군의 잎과 잎생장 특성. 한생태지 20: 339-345.
- 민병미 · 강현정. 1994. 앓은부채 (*Symplocarpus renifolius*) 개체군의 동태 II. 종자생산. 한생태지 17: 463-469.
- Bierzuchudek, P. 1982. The demography of Jack-in-the-pulpit, a forest perennial that changes sex. Ecol. Monogr. 52:335-351.
- Foster, S.A. 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest tree: A review and synthesis. Bot. Rev. 52:260-299.
- Freeman, D.C., K.T. Harper and E.L. Charnov. 1980. Sex change in plants: Old and new observations and new hypothesis. Oecologia 47:222-232.
- Harper, J.L. 1980. Plant demography and ecological theory. Oikos 35:244-253.
- Harper, J.L. and J. White. 1974. The demography of plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5:419-463.
- Howe, H.F. and W.M. Richer. 1982. Effects of seed

- size on seedling size in *Virola surinamensis*: A within and between tree analysis. *Oecologia* (Berlin) 53:347-351.
- Ito, J. 1942. Chromosomen und Sexualitat von der Araceae. *Cytologia* 12:313-325.
- Odum, E.P. 1983. Basic ecology. Saunders College Publishing. Philadelphia, New York. p. 295.
- Policansky, D. 1981. Sex choice and the size advantage model in Jack-in-the-pulpit (*Arisaema triphyllum*). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 78:1306-1308.
- Policansky, D. 1982. Sex change in plants and animals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5:419-463.
- Primack, R.B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 409-430.
- Samson, D.A. and K.S. Werk. 1986. Size-dependent effects in the analysis of reproductive effort in plants. *Amer. Natur.* 127:667-680.
- Silvertown, J. 1987. Introduction to plant population ecology. Longman Scientific & Technical, N.Y. pp. 40-46.
- White, J. 1985. Studies on the plant demography. Academic Press, London. pp. 17-30.

(1997년 9월 29일 접수)