

한국산 보리수나무 개체군의 종자에 의한 정착과 라메트에 의한 유지

유영한 · 김경범 · 안정선 · 송승달* · 김준호

서울대학교 생물학과, 경북대학교 생물학과*

Establishment by Seeds and Maintenance by Ramets in *Elaeagnus umbellata* Population

You, Young-Han, Kyung-Bunm Kim,
Chung-Sun an, Seung-Dal Song* and Joon-Ho Kim

Department of Biology, Seoul National University,

Department of Biology, Kyungpook National University*

ABSTRACT

The establishment by seeds and the maintenance by ramets of the autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) population were investigated in the Namhansansung Provincial Park, Jungbu-myun, Kwangju-gun, Kyunggi-do.

Seed production and germination rate were $3,300 \text{ seeds} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ and 52%, respectively. The ramet formation in the population was classified into 4 types: stump type, creeping root type, lateral root type and secondary creeping root type. The subterranean creeping roots were 0.1~1.0 m in length, 4.5~14.0 mm in diameter and 0.06~0.2 m in soil depth. The number of ramets formed from a node was 1~21. The subterranean roots spread $5\sim509 \text{ cm}^2 \cdot \text{plant}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$, which began to be produced from 7~9 year-old individuals. The number of stems was 1~67 per stump, which was reduced by self-thinning from 2 to 14 year-old trees. The frequency distribution of stem diameter (D_{30}) showed a reverse J-shaped curve, suggesting that this population be maintained perpetually by their own ramets.

Key words: *Elaeagnus umbellata*, Establishment, Seed production, Ramet, Maintenance

서 론

보리수나무 (*Elaeagnus umbellata*)는 *Frankia*균 (Actinomycetes)과 공생하여 근류를 형성하고 질소고정을 하기 때문에 척박한 토양, 바람이 센 풍충지 및 전석지에서 개척자식물로 정착하여 다른 식물의 성장을 촉진하는 간호식물로서 역할을 한다 (송 1983, Paschke *et al.* 1989).

본 논문은 1993년도 한국과학재단의 '91특정기초연구비 지원에 의하여 연구되었음.

국내에서는 보리수나무에 대하여 질소고정에 미치는 환경요인의 영향 (송 등 1993), 근류로부터 *Frankia* 균의 분리 (김 등 1993) 및 보리수나무속 식물의 분포와 생육지 토양 특성 (유 등 1994)이 연구되었다.

본 연구의 목적은 폐광산지 및 교란지의 복원을 위하여 질소고정 식물의 군락형성을 위한 기초연구로서 보리수나무 개체군의 종자발아와 지하포복근 (subterranean creeping root)의 영양생장으로 라메트 (ramet)에 의한 개체군 유지를 밝히는데 있다.

조사지 개황

본 조사지는 경기도 광주군 중부면 산성리 (37°28' N, 127°11' E)의 남한산성 내의 2개 지소이다 (Fig. 1). 조사지에서 보리수나무는 개활지에 군락을 형성하고 있었다. 조사지의 토양은 모래의 비율이 높고 유기물함량이 많으며 약산성이고 (유 등 1994), 연평균 기온은 12.1°C, 연평균 강수량은 961 mm이다 (기상청 1991).

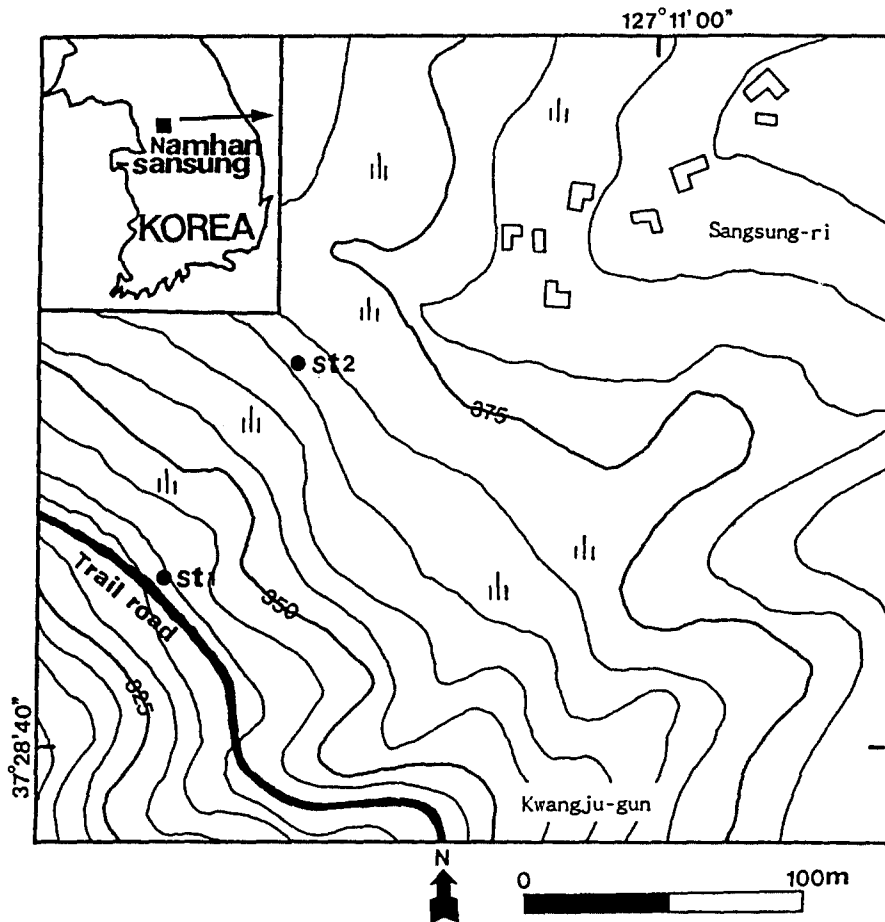


Fig. 1. Geographical and topological map of the study area.

보리수나무 군락의 주변 식생은 교목층에서 조립된 잣나무 (*Pinus koraiensis*), 고로쇠나무 (*Acer mono*) 및 자생의 버드나무 (*Salix Roreensis*) 등이, 관목층에서 보리수나무 및 짚레꽃 (*Rosa multiflora*) 등이, 초본층에서 개별꽃 (*Pseudostellaria davidii*), 애기똥풀 (*Chelidonium majus* var. *asiaticum*) 및 강아지풀 (*Setaria viridis*) 등이 각각 낮은 빈도로 출현하였으나 층 구조는 발달되지 않았다.

연구방법

유성생식

종자생산량은 보리수나무 개체군의 임상에 종자덫 (seed trap) ($0.27 \times 0.27 \times 1.10$ m) 4개를 1992년 9월에 설치하여 1주일 마다 총 8회 계수하였다. 종자산포 매체는 열매의 성숙기인 1992년 10월에 그것을 먹는 새와 설치류를 관찰하였다. 종자발아는 1992년 10월에 채종하여 모래속에 층적한 다음 냉장고에서 2주 동안 춘화처리 (vernalization)한 종자를 버미큘라이트와 모래를 1:1 (w/w)로 혼합한 발아상 ($0.6 \times 0.4 \times 0.15$ m)에 파종하여 평균 3일 간격으로 발아율을 조사하였다. 발아는 종피로부터 떡잎이 나오는 것으로 하였다.

무성생식

무성생식은 개체군 내에서 13년생 표준목을 선정하고, 그 임상 표토를 모종삽으로 정교하게 제거하면서 지하포복근 (subterranean creeping root)을 절단하거나 교란하지 않도록 유의하면서 노출시켰다. 다음에 포복근의 방향, 라메트 사이의 거리를 작도하고, 포복근에서 발생하는 라메트의 위치, 깊이와 줄기수 및 나이테의 연령을 기록하였다.

개체군의 연령구조

개체군의 연령구조는 지상 30 cm의 직경 (D_{30} cm, Diameter at 30 cm height) 급과 한 그루당 산 줄기수의 빈도분포로부터 추정하였다. 보리수나무의 연령은 20년생 표준목의 지상 30 cm 높이에서 절단한 환 (disc)의 연륜폭을 vernier calipers로 0.1 mm 정확도로 측정하고, 연륜폭과 직경 간의 회귀식으로부터 추정하였다.

결과 및 고찰

종자의 생산, 전파 및 발아율

보리수나무의 살아있는 종자의 생산은 9월 중순부터 시작되어 10월 중순에 최대값에 이른 후 감소하였고, 죽은 종자 (물에 뜨는)의 생산은 10월 중순에 완료되었다. 연 종자생산량은 $3,301 \text{ 개} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}^{-1}$ 이었고, 이 중에서 산 종자가 $3,027 \text{ 개} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}^{-1}$ (92%), 죽은 종자가 $274 \text{ 개} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}^{-1}$ (8%)이었다 (Fig. 2). 이처럼 종자생산이 많은 보리수나무는 천이초기 식물로 특성지워진다 (Harper 1977).

종자생산 과정에 관찰된 열매의 섭식자는 딱새 (*Phoenicurus auroreus auroreus*)와 청설모 (*Sciurus vulgaris coreae*)이었다. 보리수나무 종자는 담적색이고 과육이 풍부하며 단맛이 나기 때문에 동물에게 많이 먹히는데, 종피가 두꺼워 과육만 소화되고 종자가 변에 섞여 나와 멀리 전파될 수 있다 (Dawson 1990). 동물에 의한 종자산포는 질소고정 식물의 일반적인 특성이다

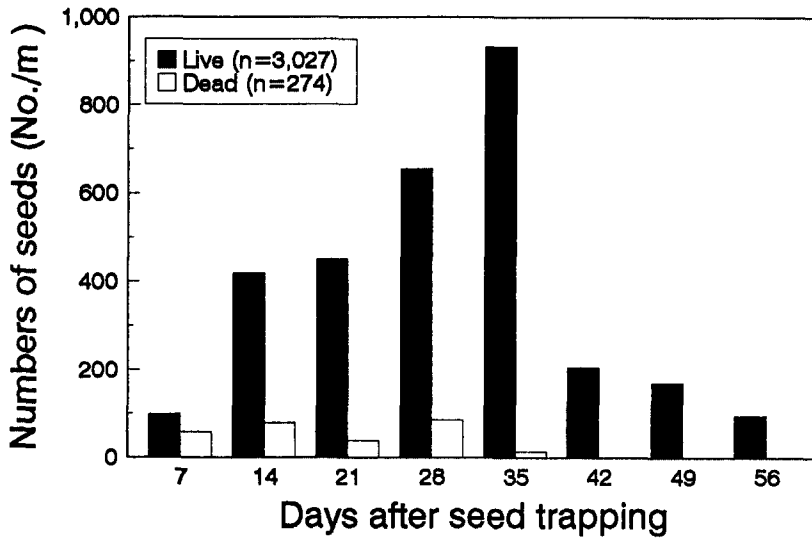


Fig. 2. Changes of seed production of *Elaeagnus umbellata* population from September to November 1992.

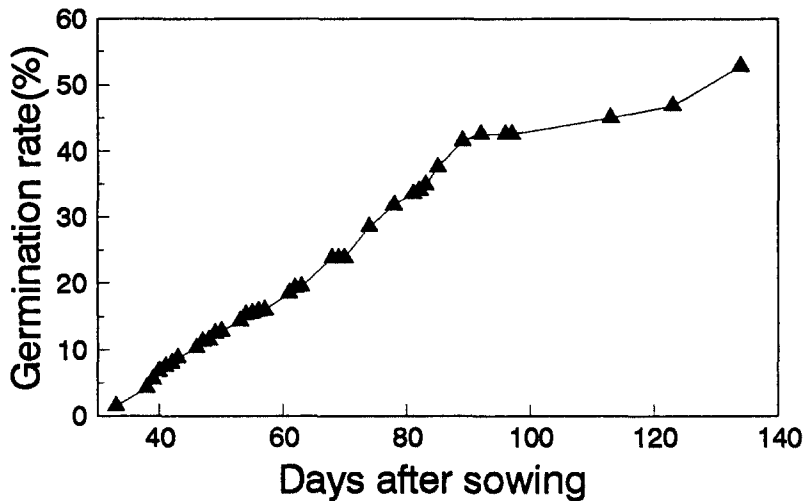


Fig. 3. Seed germination of *Elaeagnus umbellata* in glasshouse from December 1992 to May 1993.

(Glyphis *et al.* 1981, Vitousek and Walker 1989).

종자의 발아는 유리온실 (20~25℃)에서 파종 후 34일부터 시작하였고, 장시간에 걸쳐 분산되어 일어났으며, 135일 후의 최종발아율은 52%에 이르렀다 (Fig. 3). 이상의 결과로 보아 보리수 나무는 종자를 많이 생산하지만, 발아률이 높지 않고, 조류와 설치류에 의하여 멀리 전파되는 것으로 해석된다.

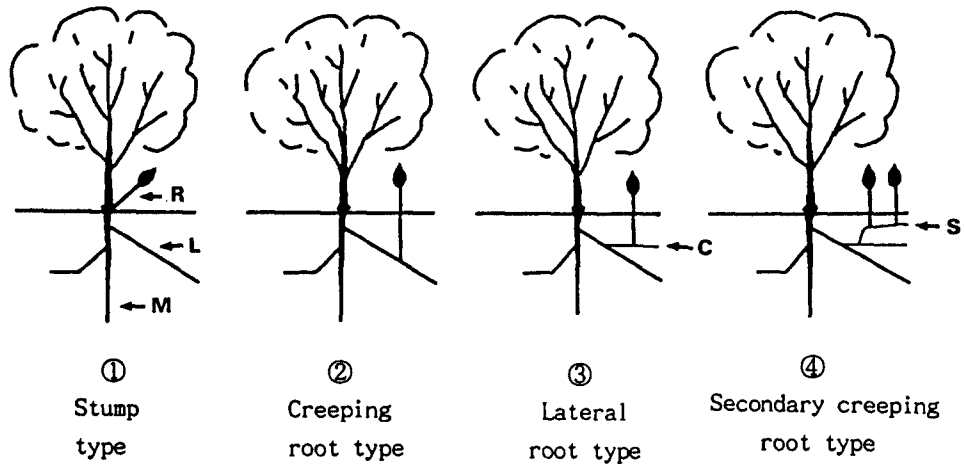


Fig. 4. Types of ramet formation in *Elaeagnus umbellata* population. R, ramet; L, lateral root; M, main root; C, creeping root; S, secondary creeping root.

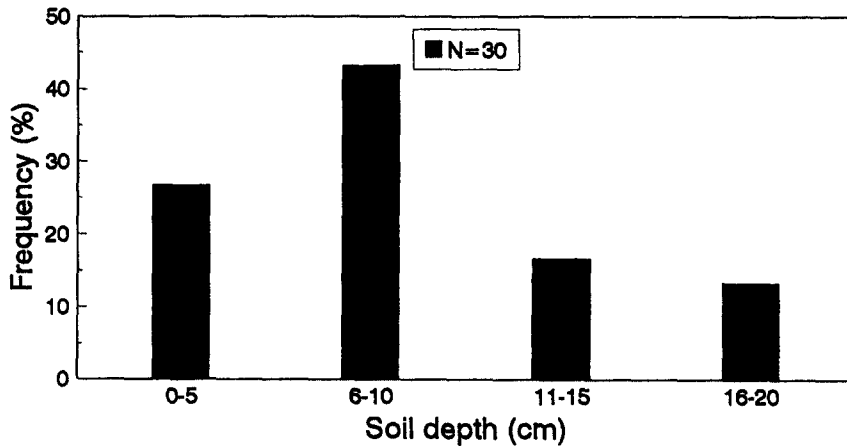


Fig. 5. Frequency distribution of ramet (n=30) along soil depth in *Elaeagnus umbellata* population.

라메트에 의한 개체군 유지

보리수나무는 특이하게 지하포복근을 뺀 후 무성적으로 새 라메트를 형성하여 개체를 증식하였는데 그 라메트는 4유형으로 구분되었다: (1) 지표면의 그루 밑에서 형성되는 형, (2) 측근 (lateral root)의 중간에서 형성되는 형, (3) 1차 지하포복근에서 형성되는 형, (4) 2차 내지 3차 지하포복근에서 형성되는 형 (Fig. 4). 한 마디에서 형성되는 라메트 수는 1-21개이었다.

라메트가 발생하는 토심은 0~20 cm, 그 중의 43%가 6~10 cm 깊이에서 발생하였다 (Fig. 5). 지하포복근의 연령은 2년 이상이고, 그 길이는 0.1~1.0 m, 직경은 4.5~14.0 mm 범위이었다. 지하포복근의 분지각은 예각이 많았고 (81%), 둔각이 적었으며 (19%) (정 1989, 정과 김

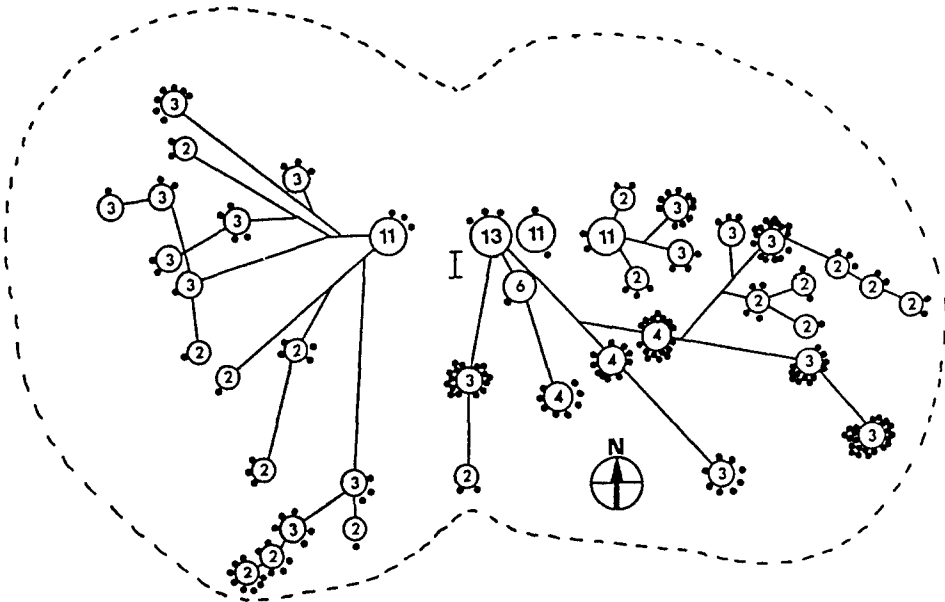


Fig. 6. Spatial divergence of subterranean creeping roots (solid line), edge of canopy area (dotted line) and ramet location in *Elaeagnus umbellata* population. Numerals in open circle stand for the root age and dots around it for the number of ramets.

1989), 전체적으로 부채꼴형 (반지름 $r=1.0\sim 6.6$ cm, 각도 $\theta=90\sim 124^\circ$)의 방사상으로 뻗었다. 개체가 정착후 7-9년부터 지하포복근이 형성되었고, 한 개체 내의 연 확대면적은 $5.2\sim 209.2$ $\text{cm}^2 \cdot \text{plant}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ ($r=0.1\sim 0.6$ cm/yr) 이었다 (Fig. 6). 보리수나무 군락 내에서는 종자발아에 의한 지네트 (genet)가 발견되지 않고 라메트만 있었는데 이러한 현상은 영양번식을 하는 식

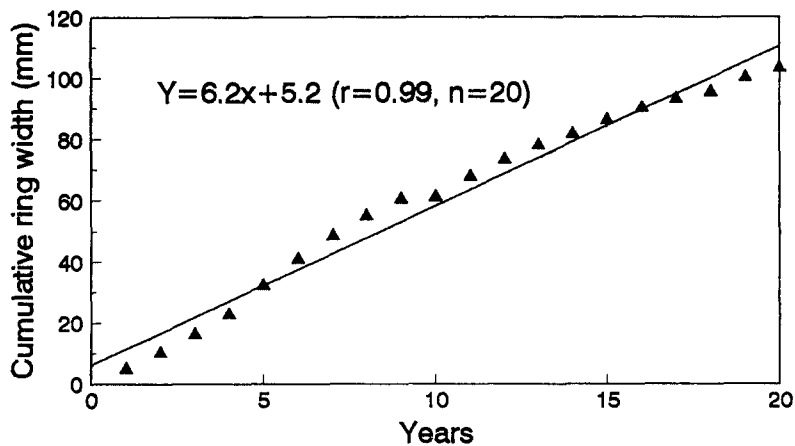


Fig. 7. Cumulative growth curve of annual ring width of *Elaeagnus umbellata*.

물의 일반적인 특성이다 (Silvertown 1987).

보리수나무의 연륜생장은 5년까지 느리게 자랐고, 20년 간 평균 2.60 mm/yr로 고르게 자랐으며 (Fig. 7), 한 그루 당 산 줄기 수는 1~67개/그루 범위이고, 최고빈도 11~20 개/그루 (41%)이며, 46~67개/그루 (7%)의 많은 ramet로 된 큰 그루도 있었다 (Fig. 8).

줄기 직경 (D_{30})의 빈도분포에서 <3 mm (1년생)가 가장 많았고 (70%), 이들은 100% 생존하였다. 보리수나무 개체군의 직경급 분포가 역 J자형을 나타냄으로써 라메트에 의해서 보충되

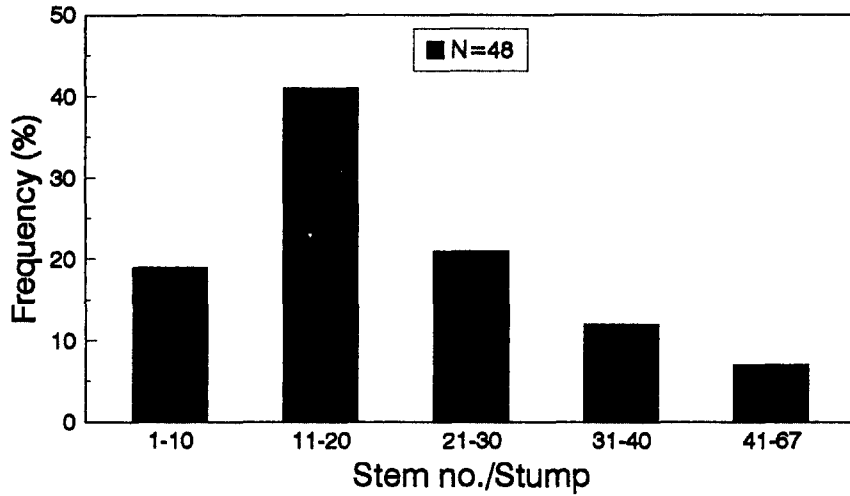


Fig. 8. Frequency distribution of ramet stems per stump in *Elaeagnus umbellata* population.

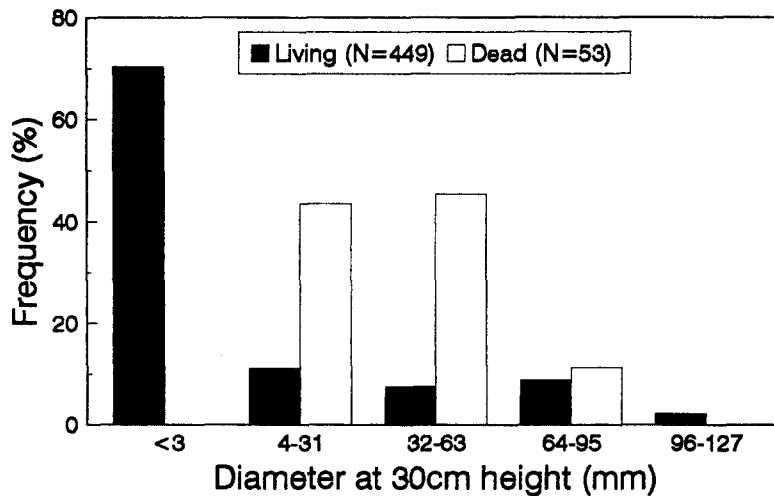


Fig. 9. Frequency distribution of diameter at 30cm height ($D_{30,cm}$) of living and dead tree in *Elaeagnus umbellata* population.

어 개체군이 유지될 것으로 판단된다 (Fig. 9). 연륜수에 의하여 고사한 라메트의 추정 연령은 2~15년 (직경 4~95 mm)이었다. 이것은 라메트의 높은 밀도에 의한 심한 자기숙음으로 해석된다 (Harnett and Bazzaz 1985). 보리수나무가 라메트에 의하여 번식하는 것은 수관 밑의 공간을 차지하여 다른 내음성식물의 침입을 막고, 수관에서 합성한 유기물을 *Frankia*에 공급하여 질소고정을 많이 하도록 하는 양성 feedback이 일어나는 특유한 전략을 갖는 것으로 해석된다.

요 약

경기도 광주군 남한산성에 있는 보리수나무 (*Elaeagnus umbellata*) 개체군에서 종자 생산량, 발아율 및 라메트에 의한 개체군 유지를 밝혔다.

종자생산량은 $3,301 \text{ 개} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$, 발아율은 52%이었다. 지하포복근의 길이는 0.1~1.0 mm, 직경은 4.5~14.00 mm이고, 6-20 cm 깊이에서 뻗으며, $5 \sim 509 \text{ cm}^2 \cdot \text{plant}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ 의 속도로 확대하였다. 개체군 내의 라메트는 4유형으로 구분되었고, 한 마디에서 1~21개의 라메트가 생기며, 7~9년생 개체부터 발생하였다. 한 그루 당 줄기수는 1~61개/그루이며 최고빈도가 11~20개/그루이고, 줄기직경 (D_{30})의 빈도분포는 역 J자형으로서 라메트에 의하여 개체군이 연속될 수 있음을 보였다.

인용문헌

- 기상청. 1991. 한국기후도. 기상청 응용자료실, 서울. 160p.
- 김성천 · 구창덕 · 박민철 · 김준호 · 송승달 · 안정선. 1993. 보리수나무 뿌리혹으로부터 *Frankia* EU1K1 공생균주의 분리. 식물학회지 36:177-182.
- 송승달. 1983. 질소고정. 민음사, 서울. pp. 14-22.
- 송승달 · 이경진 · 박태규 · 안정선 · 김준호. 1993. 보리수나무 질소고정활성에 대한 환경요인의 영향. 한생태지 16:159-168.
- 유영한 · 김경범 · 안정선 · 송승달 · 김준호. 1994. 한국산 보리수나무속 식물의 분포 및 생육지 토양 특성. 한생태지 17: 159-170.
- 정연숙. 1989. 수 중 근반형성식물의 영양생장과 모듈의 동태. 서울대학교 박사학위논문. 166p.
- 정연숙 · 김준호. 1989. 간척지 갈대의 영양생장과 지상부 개체군의 동태. 한생태지 12:171-182.
- Dawson, J. O. 1990. Interactions among actinorhizal and associated plant species. In, C. R. Schwinter and J. D. Tjepkema (eds.), *The Biology of Frankia and Actinorhizal Plants*. Academic Press, San Diego. pp. 299-316.
- Glyphis, J. P. , S. J. Milton and W. R. Siegfried. 1981. Dispersal of *Acacia cyclops* by birds. *Oecologia* (Berlin) 48:138-141.
- Harper, J. L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, New York. 892p.
- Hartnett, D. C. and F. A. Bazzaz. 1985. The regulation of leaf, ramet and genet densities in experimental populations of the rhizomatous perennial *Solidago canadensis*. *J. Ecol.* 73:429-443.
- Paschke, M. W. , J. O. Dawson and M. B. David. 1989. Soil nitrogen mineralization in plantations of *Juglans nigra* interplanted with actinorhizal *Elaeagnus umbellata* or *Alnus*

- glutinosa*. Plant and Soil 118:33-42.
- Silvertown, J. W. 1987. Introduction to plant population ecology. John Wiley & Sons, New York. 229p.
- Vitousek, P. M. and L. R. Walker. 1989. Biological invasion by *Myrica faya* in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. Ecol. Monogra. 59:247-265.
- Winship, L. J. and J. D. Tjepkema. 1985. Nitrogen fixation and respiration by root nodules of *Alnus rubra* Bong. : Effects of temperature and oxygen concentration. Plant and Soil 87:91-107.

(1994년 4월 11일 접수)