

보리밥나무(*Elaeagnus macrophylla*)의 종자 산포와 발아율에 미치는 조류의 영향

최창용^{1, 2*} · 채희영¹

¹국립공원연구원 철새연구센터, ²서울대학교 산림과학부

Effects of Bird Ingestion on Seed Dispersal and Germination of the *Elaeagnus macrophylla*

Chang-Yong Choi^{1, 2*} and Hee-Young Chae¹

¹Migratory Birds Center, National Park Research Institute, Hongdo-ri, Sinan-gun, Jeonnam Province 535-916, Korea

²Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

요약: 보리밥나무(*Elaeagnus macrophylla*)는 해안 인접지의 척박한 토양에서 생육하는 상록성 질소고정 식물로서, 열매의 결실기는 조류의 봄철 이동시기와 일치한다. 보리밥나무의 열매를 이용하는 조류를 파악하고 이들이 보리밥나무의 종자 산포와 발아에 미치는 영향을 밝히기 위하여 2007년 3월부터 4월까지 이동성 조류의 중간 기착지인 전남 신안군 홍도에서 조류 조사 및 종자 발아실험을 실시하였다. 그 결과 찌르레기(*Sturnus cineraceus*), 직박구리(*Hypsipetes amaurotis*), 개똥지빠귀(*Turdus naumanni*) 등 8종의 조류가 보리밥나무 열매를 섭식하였으며, 조류에 의해 소화된 종자는 자연 상태로 파종된 열매에 비해 발아시기가 단축되고 발아율도 높아진 것으로 나타났다. 또 열매를 주로 이용한 찌르레기류의 행동권 분석을 통해 보리밥나무 종자의 잠재적인 산포 범위는 6.9 ha에 이를 수 있는 것으로 예측되었다. 따라서 보리밥나무는 이동시기의 조류에게 중요한 먹이자원을 제공하고, 조류는 보리밥나무 종자의 산포자로서 새로운 지역으로 정착할 수 있는 기회를 주는 것으로 판단된다. 이와 같은 개척자 식물과 종자 산포자간의 상호작용은 척박한 해안 및 도서지역의 훼손된 상록활엽수림과 난대림 생태계의 자연 복원에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: The *Elaeagnus macrophylla* is a stenocious evergreen plant with nitrogen-fixing symbionts and its timing of fruit-ripening coincides with spring migration of many birds in southwestern Korea. To recognize bird species which eat fleshy fruits of the *Elaeagnus macrophylla* and to evaluate the effects of bird ingestion on seed germination and dispersal, we monitored birds and carried out germination experiments using its fruits and seeds from March to April 2007 at Hongdo Island, Jeonnam Province, Korea. As a result, eight species of birds including the Gray Starling (*Sturnus cineraceus*), the Brown-eared Bulbul (*Hypsipetes amaurotis*) and the Dusky Thrush (*Turdus naumanni*) ingested the fruits. Germination rate was enhanced but length of seed dormancy was instead shortened in ingested (collected from the feces of birds) and manually extracted seeds (obtained directly from the fruits) than in intact fruits collected directly from the plant. Moreover, the possible scale of seed dispersal by the frugivorous birds ranged up to 6.9 ha based on home ranges of starlings. Consequently, the *Elaeagnus macrophylla* supplies food resources for migratory birds, and the birds give the plant opportunities of new colonization. We suggest that this kind of interaction between the nitrogen-fixing plant and avian seed dispersers is applicable as a process of natural restoration in degraded coastal evergreen forests.

Key words : *Elaeagnus macrophylla*, evergreen forests, frugivorous birds, germination rate, natural restoration, nitrogen-fixing plant, seed dispersal, seed dormancy, seed ingestion

서론

제주도, 남해안의 도서 해안지역에 분포하는 상록활엽

수림은 우리나라의 난·온대기후대에서 독특한 경관을 조성하는 중요한 생태관광자원으로서, 국가 유전자원으로서의 학술적, 경제적 가치와 함께 문화 및 환경적 가치를 지니는 생물자원이다(국립공원관리공단, 2005). 그러나 현재 우리나라 남해안과 도서지역에 분포하는 상록활엽수

*Corresponding author
E-mail: subbuteo@hanmail.net

림대의 많은 부분이 훼손되어 있으며(오구균과 김용식, 1996), 특히 다도해해상국립공원은 국내 최대의 상록활엽수림 분포지역으로서 훼손된 상록활엽수림의 복원이 필요한 실정이다(국립공원관리공단, 2005).

보리밥나무(*Elaeagnus macrophylla*)는 보리수나무과(*Elaeagnaceae*) 보리수나무속(*Genus Elaeagnus*)에 속하는 상록 식물로서, 우리나라 남부 해안을 중심으로 하여 서해 및 동해의 도서지방에 주로 분포한다(유영한 등, 1994a). 일반적으로 보리수나무속의 열매는 과육이 발달하고 종피가 두꺼우므로 동물에 의해 멀리 전파되는 경향이 있다(유영한 등, 1994b). 또한 이 속에 해당하는 식물은 *Frankia* 균(*Actinomycetes*)과 공생하여 질소고정을 하므로(Normand *et al.*, 1996; 김성천 등, 1993) 척박한 토양의 개척자 식물로 정착하여 다른 식물의 성장을 촉진하는 역할을 하며(송승달, 1983; 김성천 등, 1993; 유영한 등, 1994a), 이처럼 종자가 비교적 큰 질소고정 식물에서는 동물에 의한 종자 산포가 특히 중요하다(Vitousek and Walker, 1989). 따라서 국내 도서지방에 분포하는 보리밥나무의 종자 산포에도 동물이 중요한 역할을 할 것으로 보이며, 특히 4월을 전후한 이 종의 결실기는 조류의 봄철 이동시기와 겹치므로 보리밥나무의 열매는 이 시기에 이동하는 조류에게도 중요한 먹이 자원이 될 것으로 예상된다.

본 연구는 봄철 이동시기에 보리밥나무의 열매를 이용하는 조류를 확인하고 이들이 보리밥나무 종자의 발아 및 산포에 미치는 영향을 조사함으로써, 철새 이동시기의 중요한 먹이자원 및 훼손된 식생 복원의 자원으로서 보리밥나무의 가치와 활용 가능성을 파악하기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

1. 연구지역

연구 대상 지역은 전라남도 신안군 흑산면에 위치한 홍도(N 34° 41' 07", E 125° 11' 33")로서, 섬의 전체 면적은 약 6.5 km²이다. 이 지역은 현재 천연기념물 및 다도해해상국립공원으로 지정되어 보호되고 있다. 상록활엽수림이 전체 식생의 48.2%로 우점하며, 특히 구실잣밤나무(*Castanopsis cuspidata*) 군락이 2.4 km²에 달하여 전체 식생면적의 38.2%를 차지하고 있다(국립공원관리공단, 2005). 본 연구는 섬의 남부에 위치한 홍도 1구를 중심으로 실시되었으며, 이 지역에는 다수의 보리밥나무 군락이 산재하여 분포한다(Figure 1).

2. 이용 조류 조사

보리밥나무의 열매를 섭식하는 조류를 파악하기 위하여 다른 군락에서 독립적으로 생육하는 보리밥나무 1개

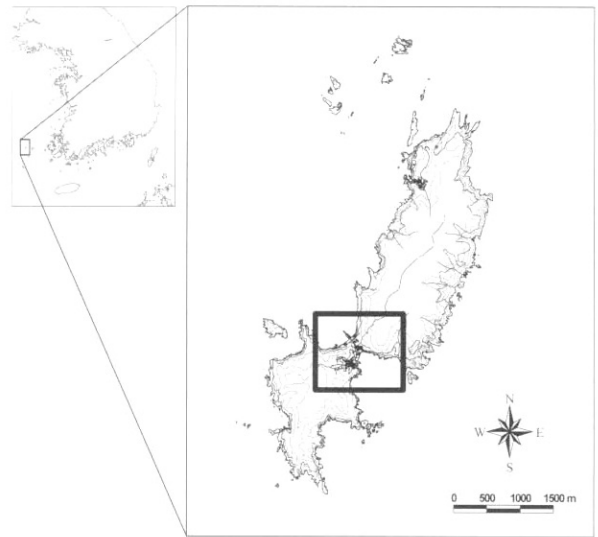


Figure 1. Study area in Hongdo Island, Jeonnam Province, Korea.

군락을 선정하였다. 조사는 보리밥나무의 결실기이자 조류의 봄철 이동시기인 2007년 3월 하순부터 4월 초순까지 이루어졌으며, 2-3일 간격으로 오전 10시 이전에 조사를 시작하여 30분간 보리밥나무 군락에 도래하여 열매를 이용하는 조류를 직접 관찰하였다.

3. 종자 발아실험

2007년 3월 28일 보리밥나무 군락 하부에서 조류가 배설한 종자(ingested seeds)를 수집하여 불량종자를 제외한 16립을 선별하였으며, 이와 동시에 보리밥나무 열매를 채취하여 일부는 인위적으로 과육을 제거(extracted seeds)하여 12립을 선별하였다. 선별된 종자는 채취한 상태의 열매(intact fruits) 12립과 함께 원예용 상토가 충전된 동일한 발아상(0.6×0.4×0.15 m)에 2 cm 깊이로 파종하였다. 발아상은 실온(20~25°C)에서 보관하였으며, 파종 후 100일까지 평균 2.3일 간격으로 발아 여부 및 시기를 파악하였다. 이때 각 결과는 평균값과 표준오차(Mean±SE)로 표시하였으며, 비모수통계를 이용하여 차이를 비교하였다.

4. 종자의 분산 범위

조사 지역 내에서 조류에 의한 보리밥나무 종자의 산포 범위를 추정하기 위해 보리밥나무 군락을 방문하여 열매를 삼킨 후 이동하는 조류를 대상으로 행동권을 조사하였다. 이를 위해 2007년 4월 중에 보리밥나무 열매를 섭식한 후 이동하는 조류의 위치를 각 종별로 구분하여 최소 30지점 이상 기록하였으며, 위치 정보의 자가상관(autocorrelation of location)을 배제하기 위하여 모든 위치는 1시간 이상의 간격을 두고 기록하였다(Otis and White, 1999). 최소다각형법(MCP: minimum convex polygon)에

Table 1. List of bird species which ingested fruits of the *Elaeagnus macrophylla* at Hongdo Island, Joennam Province, Korea. The proportion of total visits was calculated from field observations, and the body mass (Mean \pm SD, unit: g) was measured from mist-netted birds at the National Park Migratory Birds Center.

Species	Proportion of total visits	Body mass (No. of sample)
Japanese White-eye <i>Zosterops japonicus</i>	0.004	11.8 \pm 0.8 (4)
Chinese Bulbul <i>Pycnonotus sinensis</i>	0.004	31.0 (1)
Brown Thrush <i>Turdus chrysolaus</i>	0.008	56.4 \pm 7.5 (7)
Dusky Thrush <i>Turdus naumanni</i>	0.140	61.7 \pm 5.0 (9)
Brown-eared Bulbul <i>Hypsipetes amaurotis</i>	0.208	67.8 \pm 4.1 (5)
Red-billed Starling <i>Sturnus sericeus</i>	0.094	73.2 \pm 4.0 (2)
Pale Thrush <i>Turdus pallidus</i>	0.060	73.4 \pm 9.7 (9)
Gray Starling <i>Sturnus cineraceus</i>	0.482	81.0 \pm 8.0 (3)

근거한 행동권을 산출하기 위해 최종 조사가 종료된 후 기록된 모든 위치 중 최외곽선을 연결하여 각 종별 행동권(100% MCP)을 산출하였으며, 분석에는 ArcView GIS 3.2 프로그램을 이용하였다.

동박새(*Zosterops japonicus*) 등 총 8종이었으며, 누적 개체수는 265개체로 확인되었다(Table 1). 따라서 멧새류 등의 소형 조류에 비해 찌르레기류와 지빠귀류, 직박구리류 등 비교적 중대형의 조류가 보리밥나무의 열매를 선호하는 것으로 나타났다.

결 과

1. 이용 조류 조사

조사 지역에서 관찰된 전체 조류는 17종이었으며, 가장 우점하는 무리는 소형의 멧새과(Emberizidae) 조류였다. 그러나 보리밥나무의 열매를 먹이로 이용한 조류는 검은 이마직박구리(*Pycnonotus sinensis*), 직박구리(*Hypsipetes amaurotis*), 흰배지빠귀(*Turdus pallidus*), 개똥지빠귀(*Turdus naumanni*), 붉은배지빠귀(*Turdus chrysolaus*), 찌르레기(*Sturnus cineraceus*), 붉은부리찌르레기(*Sturnus sericeus*),

2. 종자 발아실험

인위적으로 과육을 제거한 종자는 파종 후 34일, 조류가 소화시킨 후 배설한 종자는 36일 후에 각각 발아된 것이 최초로 확인되었으나, 채집된 직후 그대로 파종된 열매의 최초 발아시기는 파종 후 52일이었다(Figure 2). 결과적으로 발아된 종자의 발아 소요 기간은 인위적인 처리를 거친 종자와 조류가 배설한 종자는 각각 46.0 \pm 2.4일 (n=12), 47.4 \pm 2.1일(n=16)이었으나, 채집한 열매를 직접 파종한 경우 발아 기간은 60.0 \pm 2.1일(n=4)로 차이를 보였

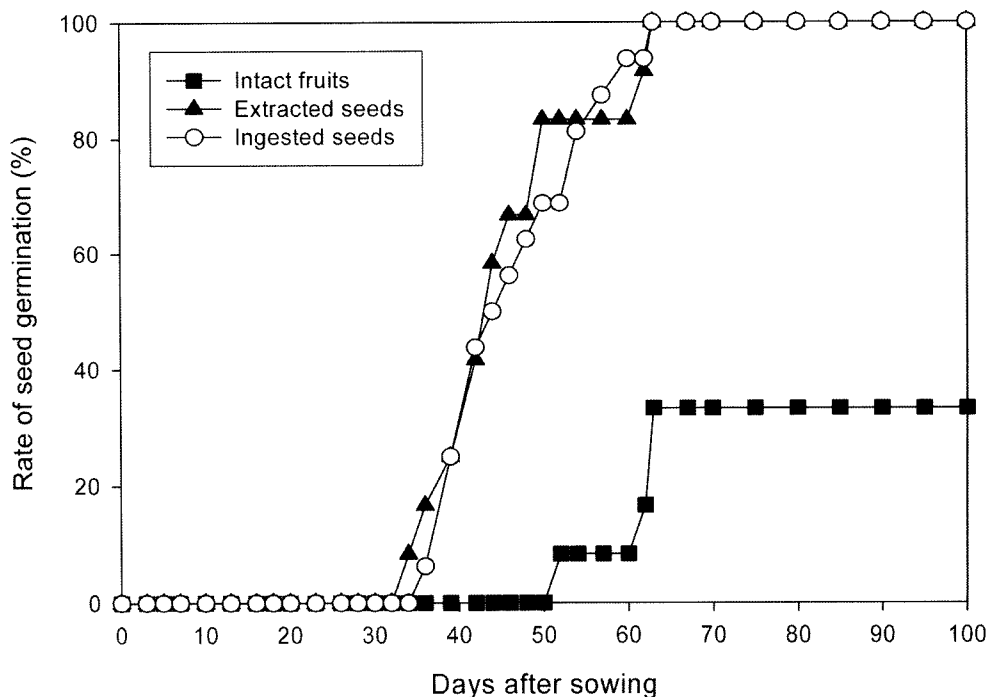


Figure 2. Changes in rate of seed germination after sowing by three different seed treatments: ingested seeds by frugivorous birds, manually extracted seeds and intact fruits of the nitrogen-fixing plant (*Elaeagnus macrophylla*).

다(Kruskal-Wallis test; $\chi^2=6.31$, $df=2$, $p=0.043$). 최종 발아율 역시 인위적으로 과육을 제거하거나 조류에게서 배설된 종자에서는 100%의 발아율을 보였으나, 채집된 채로 과중된 열매의 발아율은 33.3%로 낮게 나타났다. 결과

적으로, 조류가 소화시킨 후 배설된 종자와 인위적으로 과육을 제거한 종자는 자연적으로 과육이 존재하는 종자에 비해 발아 시간이 크게 단축되었으며, 발아율 역시 높게 나타났다.

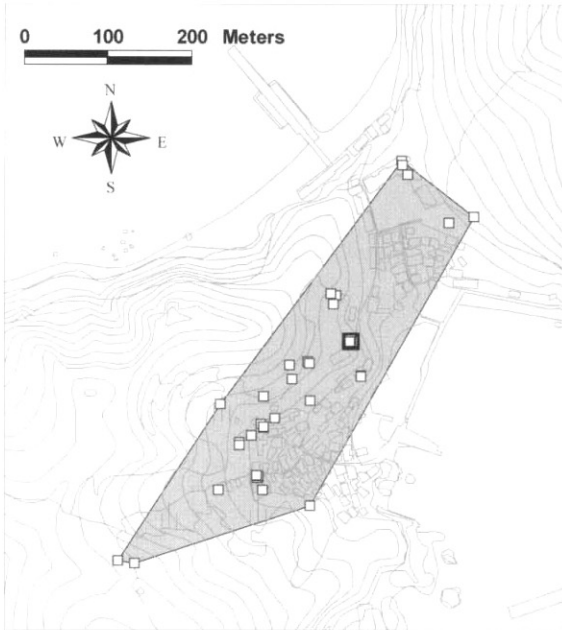


Figure 3. Home range (shaded area, 100% MCP) and perching sites (open square) of the migratory Gray Starlings (*Sturnus cineraceus*) during stopover in April 2007 at Hongdo Island, Jeonnam Province, Korea. A filled square indicates the *Elaeagnus macrophylla* population monitored for this study.

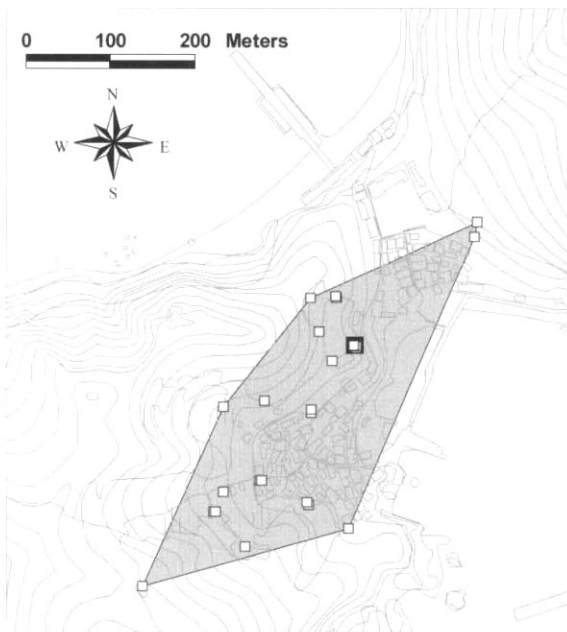


Figure 4. Home range (shaded area, 100% MCP) and perching sites (open square) of the migratory Red-billed Starlings (*Sturnus sericeus*) during stopover in April 2007 at Hongdo Island, Jeonnam Province, Korea. A filled square indicates the *Elaeagnus macrophylla* population monitored for this study.

3. 종자의 산포 범위

보리밥나무의 열매를 이용한 조류 중에서 활동성이 강하여 분산 범위가 넓을 것으로 예상되며 열매의 이용 비율이 높고 야외 식별이 용이한 찌르레기류 2종(찌르레기 *Sturnus cineraceus*, 붉은부리찌르레기 *Sturnus sericeus*)을 대상으로 행동권을 산출하였다. 그 결과 보리밥나무의 열매를 먹이로 이용한 후 이동이 확인된 최대 거리는 약 380 m였으며, 최소다각형법(MCP)에 의해 100% 행동권을 산출한 결과 찌르레기는 이동 중 중간 기착지에서 6.72 ha, 붉은부리찌르레기는 6.90 ha 내부에서 각각 활동하는 것으로 나타났다(Figure 3, 4).

고찰

1. 이용 조류 조사

보리밥나무의 열매를 가장 선호한 조류는 찌르레기였으며, 기타 직박구리류와 지빠귀류의 이용률도 높은 것으로 나타났다. 반면, 노출된 수관층에서 활발히 먹이를 찾는 찌르레기나 직박구리와 달리 주로 지상이나 하층식생 속에서 먹이를 찾는 지빠귀류는 관찰의 어려움으로 인해 실제 이용률이 과소평가되었을 가능성도 있다. 그러나 본 연구 결과 최소 8종 이상의 조류가 보리밥나무의 열매를 먹이로 이용한다는 것이 확인되었으므로, 보리밥나무는 결실기에 이동하거나 체류하는 조류에게 먹이자원을 제공할 수 있는 것으로 나타났다. 같은 속에 해당하는 보리수나무(*Elaeagnus umbellata*)의 종자 역시 딱새(*Phoenicurus auroresus*)와 청설모(*Sciurus vulgaris*) 등 동물에 의해 전파되는 것이 보고되어 있으나(유영한 등, 1994b), 제한된 관찰 사례를 감안할 때 실제로는 더 다양한 조류가 보리수나무속(Genus *Elaeagnus*)의 열매를 이용할 것으로 예상된다. 비록 동박새(*Z. japonicus*)와 같은 소형 조류도 보리밥나무의 열매를 이용하는 것으로 나타났으나, 열매 및 종자의 크기로 인하여 주로 중형 이상의 조류가 특히 선호하는 것으로 보인다. 특히 중대형 조류들은 열매와 종자를 통째로 삼킨 채 다른 지역으로 멀리 이동하여 배설함으로써, 보리밥나무의 주요 종자 산포자(seed disperser) 역할을 하는 것으로 판단된다.

2. 종자 발아실험

보리밥나무와 같이 종자가 비교적 크고 종피가 두꺼운 식물, 특히 척박한 환경에 개척자 식물로서 정착이 가능

한 질소고정 식물에서는 동물에 의한 종자 산포가 중요한 역할을 한다(Vitousek and Walker, 1989). 이때 종자의 발아에 미치는 척추동물의 포식과 배설 효과는 여러 가지 요소에 의해 다양하게 나타나지만, 동물 특히 조류의 소화기관을 통과한 종자의 발아율이 증가했다는 많은 사례가 보고되어 왔다(Rogers and Applegate, 1983; Traveset, 1998; Traveset *et al.*, 2001). 본 연구 결과 자연 상태로 파종된 보리밥나무 열매는 발아시기도 늦고 발아율도 낮았으며, 이는 동일한 속에 해당하는 보리수나무가 열매를 많이 생산하지만 자연 상태에서의 종자 발아율이 높지 않다는 기존 보고와 유사하다(유영한 등, 1994b). 그러나 조류가 이용하여 배설한 보리밥나무의 종자는 발아시기도 촉진되었으며 발아율도 크게 높아진 것으로 나타났다. 따라서 종자 자체의 크기와 무게로 인하여 동물에 의존하는 방법 외에는 산포 범위가 크게 제한된다는 점을 함께 고려할 때, 조류는 보리밥나무의 주요 종자 산포자일 뿐만 아니라 종자의 발아력을 증진시키는 역할도 하는 것으로 판단된다.

일반적으로 조류를 포함한 척추동물의 소화 기관을 통과한 이후 발아율이 증진되는 현상은 소화 과정에서 종피 또는 과육에 포함된 발아 억제물질이 제거되거나(Mayer and Poljakoff-Mayber, 1975; Cipollini and Levey, 1997), 소화 작용에 따른 물리 화학적인 자극에 의해 종피의 구조가 변하거나 상처(scarification)를 받아 휴면타파 또는 발아 증진 효과가 나타나는 것으로 설명되어 왔다(Rogers and Applegate 1983; Agami and Waisel, 1986). 본 연구 결과에서는 과육을 단순 제거한 종자와 조류에 의해 배설된 종자의 발아율이 뚜렷한 차이를 보이지 않았으므로, 발아율 증진 현상의 원인에 대해서는 확인할 수 없었다. 그러나, 열매로 직접 파종했지만 실험 종료 후에도 발아하지 않은 채 남아있던 종자를 회수한 결과 모두 부패한 상태로 발견되었으며, 이는 과육의 부패 과정이 종자의 생존에 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 보리밥나무 종자가 조류의 소화 기관을 통과하는 것이 발아율 증진에 어떤 기작으로 작용하는지 확인할 수 없으나, 종자 외부의 과육을 제거함으로써 종자의 부패 가능성을 낮추는 효과를 기대할 수 있는 것으로 보인다.

보리밥나무는 해안 인접지 토양에 적응된 식물로서, 얇은 낙엽층, 높은 염분 농도와 압축강도를 보이는 열악한 토양에서 생육한다(유영한 등, 2004a). 그러므로 비교적 크고 과육이 많은 열매를 다수 생산하는 보리밥나무는 천이 초기의 척박한 환경에 생육하는 개척자 식물에 해당하며, 다른 식물의 성장을 촉진하는 간호식물 역할을 할 수 있다(송승달, 1983; 유영한 등, 2004b). 결과적으로 조류는 보리밥나무의 열매를 먹이 자원으로 이용하며, 보리밥나무는 조류를 통해 종자의 발아율을 높이고

발아 기간도 단축시킬 뿐만 아니라 새로운 지역으로 종자를 분산시킬 수 있는 기회를 얻는 것으로 생각된다. 특히 보리밥나무의 결실기가 조류의 봄철 이동시기와 겹치는 것은 종자 산포자의 밀도가 높을수록 종자 산포에 더 효율적이기 때문으로 판단되며(Thompson and Willson, 1979; Fuentes, 1992), 이러한 결과들은 식물-산포자간의 공진화 이론(plant-disperser coevolutionary theory)에 부합하는 결과로 간주된다(Snow, 1971; Herrera and Jordano, 1981).

3. 종자 산포 범위

종자 산포는 동종(*conspecific*)의 모집단으로부터 멀리 떨어진 곳으로써 종내 경쟁을 줄이고 종자의 생존율을 높이거나 새로운 지역 또는 특정 서식지로 정착하는데 도움을 준다(Westcott and Graham, 2000). 따라서 종자 산포를 하는 동물의 이동 양상은 모집단으로부터의 종자 분포를 결정함으로써 식물 개체군의 구조에 장기적인 영향을 미친다(Loiselle *et al.*, 1995). 대부분의 종자는 원래 군락에 가까운 곳에 가장 많이 산포되는 양상이 나타나며(Harper, 1977), 크기가 비교적 큰 종자는 소화 기관을 빠르게 통과하는 경향이 있으므로(Levey, 1986) 종자 산포의 범위가 동물의 이동 범위와 일치하지는 않는다. 그러나 동물의 이동은 종자 산포의 공간적 규모(scale)와 종자의 최종 위치(destination)를 결정하는데 중요한 역할을 한다(Westcott and Graham, 2000). 따라서 종자 산포 동물의 이동을 파악하는 것은, 비록 직접적인 측정법이 아닌 추정법에 해당되지만, 전반적인 종자 산포의 공간적 규모(dispersal scale)를 예측하도록 도와준다(Westcott and Graham, 2000). 본 연구에서는 보리밥나무 종자의 분산 범위를 추정하기 위하여 이동 중 흉도에 기착한 찌르레기류 2종의 행동권을 조사한 결과 이들이 6.72-6.90 ha 면적 내에서 지속적으로 활동하는 것으로 나타났으며, 이 면적 내부에서 보리밥나무의 종자 산포가 이루어 질 것으로 예상되었다. 그러나 찌르레기류의 행동반경이 보리밥나무의 군락으로부터 최대 380 m에 이르렀을 뿐만 아니라 각 조류의 종별 이동양상과 소화율 등이 차이를 보이므로, 보리밥나무 종자가 산포될 수 있는 잠재적인 범위는 해당 면적 외부까지도 이를 수 있을 것으로 기대된다.

결론

보리밥나무는 해안 인접지의 척박한 토양에서 생육하는 질소고정 식물로써, 열매의 결실기는 조류의 봄철 이동시기와 중복된다. 보리밥나무의 열매는 최소 8종 이상의 조류가 먹이로 활용하는 것으로 나타났으며, 조류가 배

설한 종자는 발아시기가 단축되고 발아율도 높아진 것으로 나타났다. 또 보리밥나무의 열매를 가장 빈번하게 이용한 찌르레기류는 이동시기 동안 최대 6.9 ha 정도의 행동권을 유지하였으므로, 이 면적은 보리밥나무의 잠재적인 종자산포 범위로 예상되었다. 따라서 보리밥나무는 이동시기의 조류에게 중요한 먹이자원을 제공하고, 조류는 보리밥나무 종자의 산포자로서 새로운 지역으로 정착할 수 있는 기회를 제공해 준다. 이와 같이 보리밥나무를 비롯한 상록성 보리수나무속 식물과 종자 산포자간의 상호작용은 척박한 해안 및 도서지역의 훼손된 상록활엽수림과 난대림 생태계의 자연 복원에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 조류의 열매 섭식에 의한 발아 효과는 이용하는 조류에 따라 중별 특이성을 보일 수 있으며 조류의 소화 효율 및 이동 양상은 종자 산포의 유형과 공간적 규모를 각각 결정하므로, 이후로 각 조건에 대한 구체적인 지속적인 정보 축적이 요구된다.

감사의 글

이 논문은 국립공원연구원 철새연구센터의 철새 서식 환경 개선 연구의 일부로 수행되었음.

인용문헌

- 국립공원관리공단. 2005. 다도해해상국립공원 상록활엽수림 복원 연구. 국립공원관리공단 다도해해상사무소. 목포.
- 김성천, 구창덕, 박민철, 김준호, 송승달, 안정선. 1993. 보리수나무 뿌리혹으로부터 *Frankia* EulKI 공생균주의 분리. 식물학회지 36: 177-182.
- 송승달. 1983. 질소고정. 민음사. 서울.
- 오구균, 김용식. 1996. 난대 기후대의 상록활엽수림 복원 모형(II)-회귀 및 멸종위기식물과 귀화식물. 한국환경생태학회지 10: 128-139.
- 유영한, 김경범, 안정선, 송승달, 김준호. 1994a. 한국산 보리수나무속 식물의 분포 및 생육지 토양 특성. Korean Journal of Ecology 17: 159-170.
- 유영한, 김경범, 안정선, 송승달, 김준호. 1994b. 한국산 보리수나무 개체군의 종자에 의한 정착과 라메트에 의한 유지. Korean Journal of Ecology 17: 203-211.
- Agami, M. and Waisel, Y. 1986. The role of mallard ducks (*Anas platyrhynchos*) in the distribution and germination of seeds of the submerged hydrophyte *Najas marina* L. Oecologia 68: 473-475.
- Cipollini, M.L. and Levey, D.J. 1997. Secondary metabolites of fleshy vertebrate-dispersed fruits: adaptative hypotheses and implications for seed dispersal. American Naturalist 150: 346-372.
- Fuentes, M. 1992. Latitudinal and elevational variation in fruiting phenology among western European bird-dispersed plants. Ecography 15: 177-183.
- Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press. London, UK.
- Herrera, C.M. and Jordano, P. 1981. *Prunus mahaleb* and birds: the high-efficiency seed dispersal system of a temperate fruiting tree. Ecological Monographs 51: 203-218.
- Levey, D.J. 1986. Methods of seed processing by birds and seed deposition patterns. pp. 147-158. In: A. Estrada and T.H. Fleming, eds., Frugivores and seed dispersal. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- Loiselle, B.A., Sork, V.L. and Graham, C. 1995. Comparison of genetic variation in bird-dispersed shrubs of a tropical wet forest. Biotropica 27: 487-494.
- Mayer, A. and Poljakoff-Mayber, A. 1975. The germination of seeds. Pergamon Press. Oxford, UK.
- Normand, P., Orso, S., Courmoyer, B., Jeannin, P., Chapelon, C., Dawson, J., Evtushenko, L. and Misra, A.K. 1996. Molecular phylogeny of the genus *Frankia* and related genera and emendation of the family *Frankiaceae*. International Journal of Systematic Bacteriology 46: 1-9.
- Otis, D. and White, C. 1999. Autocorrelation of location estimates and the analysis of radiotracking data. Journal of Wildlife Management 63: 1039-1044.
- Rogers, L.L. and Applegate, R.D. 1983. Dispersal of fruit seeds by black bears. Journal of Mammalogy 64: 310-311.
- Snow, D.W. 1971. Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. Ibis 113: 194-202.
- Thompson, J.N. and Willson, M.F. 1979. Evolution of temperate fruit/bird interactions: phenological strategies. Evolution 33: 973-982.
- Traveset, A., Riera, N. and Mas, E. 2001. Passage through bird guts causes interspecific differences in seed germination characteristics. Functional Ecology 15: 669-675.
- Traveset, A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 1: 151-190.
- Vitousek, P.M. and Walker, L.R. 1989. Biological invasion by *Myrica faya* in Hawai'i: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. Ecological Monographs 59: 247-265.
- Westcott, D.A. and Graham, D.L. 2000. Patterns of movement and seed dispersal of a tropical frugivore. Oecologia 122: 249-257.

(2007년 7월 5일 접수; 2007년 11월 19일 채택)