

Article

남극 세종기지 주변에 새로이 정착한 현화식물 남극좁새풀
(*Deschampsia antarctica*)의 개체군 공간분포

김지희*, 정호성

한국해양연구원 극지연구소
425-600 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29호

Distribution Pattern of *Deschampsia antarctica*, a Flowering Plant
Newly Colonized around King Sejong Station in Antarctica

Ji Hee Kim* and Hosung Chung

Korea Polar Research Institute, KORDI
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Abstract : As a baseline survey for long-term monitoring on environmental change around the Antarctic King Sejong Station, distribution pattern of *Deschampsia antarctica* Desv., a flowering plant newly colonized were investigated qualitatively and quantitatively in both austral summer 2002 and 2003. Dispersal of the seeds and vegetative leaves by skuas might lead to the colonization into this area from neighbors in Maxwell Bay. The pioneer populations were observed around ponds and a stream of the Sejong Point in January 2002, and the maximum dispersal area was four times expanded after a year. Most of the populations were formed on the stable and well-drained substrate, which consisted of moss carpet of *Sanionia georgico-uncinata* (65%) and pebbles (25%), while only a few young individuals were observed on the unstable and watertight silt-sandy area. Especially, *S. georgico-uncinata* was being effectively utilized as their primary substrate with the soft, coarse and water-contained leaves. Also the perennial mature plants of *D. antarctica* were mainly formed on the moss carpet rather than pebbles. A few individuals were grown on other mosses of *Polytrichastrum alpinum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Pohlia cruda*, and *Conostomum magellanicum* and on a liverwort of *Cephaloziella varians*. We expect that dispersal of *D. antarctica* and the following succession to grass field will be continuously and dynamically proceeded in this area, with the characteristics of ecological niche against the initial moss populations, on the similar continuity of environmental conditions. The continuous observations are needed with establishment of database on environmental change of micro-habitats, e.g. the water content and nutrients of soil and the underground temperature and permafrost.

Key words : 개체군 동태 (population dynamics), 남극 (Antarctica), 남극좁새풀 (*Deschampsia antarctica*), 킹조지섬 (King George Island), 현화식물 (flowering plant)

1. 서론

최근 서남극 지역에서 관측되고 있는 기온 상승은 남극 반도 일대의 빙붕과 빙상을 후퇴시키고 있다(Vaughan

and Doake 1996; Mitrovica *et al.* 2001; 정 등 2004). 이와 같이 극지방에서 관찰되는 물리학적 환경변화는 육상 식물의 생육지 환경에 가장 직접적인 영향을 미칠 것이다.

우리나라의 세종기지가 위치한 킹조지섬은 생물지리학적으로 비교적 기후가 온난한 해양성남극역(maritime Antarctic region, Lewis Smith 1984; Longton 1988)에 속

*Corresponding author. E-mail : jhalgae@kordi.re.kr

하는 까닭에 남극권에서는 기온 상승 등 자연환경 변화에 가장 민감한 지역이라 할 수 있다. 세종기지 주변의 해안 빙벽과 빙상 또한 후퇴가 가속화되고 있으며, 이로 인해 과거에 비해 지표의 노출 면적이 증대되고 있다(정 등 2004).

이렇듯 기온 변화에 민감한 반응을 보이는 이 지역의 육상식물 생태계의 변화를 장기간에 걸쳐 모니터링하기 위하여, 그 기선조사로서 2년간에 걸쳐 세종기지 주변의 육상식물 정밀 식생도를 작성하였다(김과 정 2002, 2003). 이 과정에서, 세종기지가 설립된 1988년 이래 주변에서 전혀 관찰된 바 없던 현화식물 남극좁새풀(*Deschampsia Antarctica*)이 기지 서쪽의 세종곶 일대에 새로이 정착하여 개체군들의 크기가 급작스레 증대되고 있는 사실이 확인되었다.

남극좁새풀은 남극개미자리(*Colobanthus quitensis*)와 함께 남극권에 자생하는 단 2종의 고등식물로서(Øvstedal and Lewis Smith 2001), 최근 들어 남극반도 인근의 해양성남극역에서 그 분포역이 확장되는 사례가 자주 보고되고 있으나(Greene and Holtom 1971; Komárková *et al.* 1985; Fowbert and Lewis Smith 1994), 미소 서식처에서의 보다 변밀한 개체군생태학적 연구결과는 전무한 실정이다.

이 연구는 기온 상승과 관련하여 향후 지속적으로 추진될 예정인 남극좁새풀 개체군들의 분산과 천이 연구에 대한 기초를 마련하기 위해 이루어졌으며, 이들의 확산 양상과 더불어 초기 정착 기질을 분석하여 그 생태학적 지위의 특성을 밝히고자 수행되었다. 이와 같은 연구의 결과들은 장기간 저온 환경에 노출되어 왔던 극한지 고등식물의 온난화에 따른 적응 양상 파악과 함께 식물지리학적 역사를 이해하고 앞으로의 변화 추이를 예측하는데 있어 중요한 정보들을 제공해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

이 연구의 조사지는 서남극 남셰틀랜드 군도 킹조지섬의 바톤반도에 자리한 세종기지의 서쪽에 형성된 세종곶 일대이다(Fig. 1).

세종기지 건물 남쪽의 해발표고 5 m 지점에는 산으로부터 용설수가 유입되는 최대깊이 2 m의 타원형 호수가 있다(Fig. 2A의 중앙). 이로부터 자갈층을 통해 담수가 흘러드는 해발고도 3 m 이하의 완만한 해안 습지가 이 연구의 조사지이며, 최대깊이 50 cm로 얇은 장방형의 상단 호수와 사리 만조시 해수가 유입되어 조수에 따라 수위가 변하는 보다 크고 깊은 하단 호수가 있다(Fig. 2A의 하부). 이 상하단의 호수를 연결짓는 개천을 중심으로 주변 지역의 기질은 주로 자갈과 모래로 이루어져 있으며 습지를

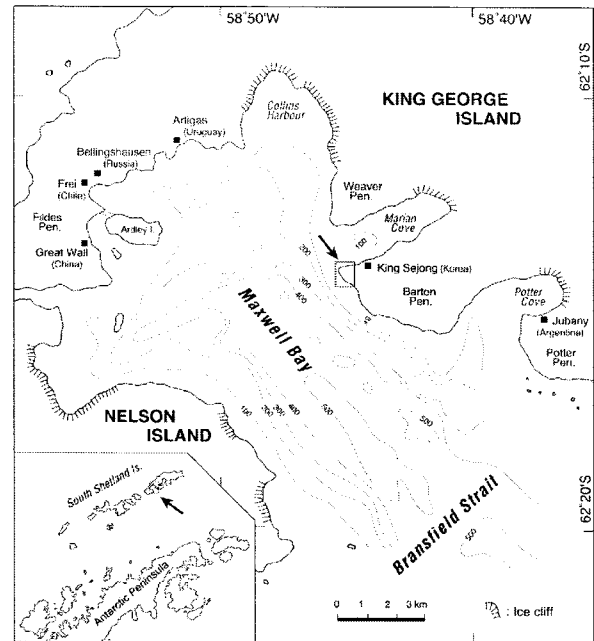


Fig. 1. A location map of this study area.

선호하는 선대식물들이 우점하는데, 이 연구의 조사대상인 남극좁새풀 개체군들 또한 이 지역에 번성하고 있다(Fig. 2B). 이들 선대식물 군락은 여름 철새인 남극도둑갈매기(skuas)의 주요 서식지이기도 하다(Fig. 2C와 D).

남극좁새풀 개체군 분포를 파악하기 위한 현장조사는 두 해에 걸쳐 이루어졌다. 2002년 1-2월 수행된 육상식물 식생도 작성시에는 선대식물, 지의류 등 다른 출현종들과 함께 야외용 DGPS로 그 분포역을 정밀하게 파악하고 개체군별 정성 관찰이 이루어졌다. 이를 바탕으로, 2003년 1-2월에는 호수의 경계면을 따라 남극좁새풀 개체군들이 형성된 길이 210 m, 폭 40 m의 면적에 10 m 간격의 연구 고정말뚝을 설치하고 방형구를 이용한 정량 조사를 실시하였다(Fig. 2B).

방형구 조사는 우선 고정말뚝간을 줄자로 연결한 대방형구(10×10 m²)를 설치하고 방형구 내의 식생과 지형을 기재함으로써 이루어졌다. 이 가운데, 남극좁새풀 개체가 출현하는 방형구만을 대상으로 이를 다시 각각 400개의 소방형구(0.5×0.5 m²)로 세분하고, 방형구별로 그 수도(abundance)를 아래와 같이 피도등급으로 나누어 평가하였다(Mueller-Dombois and Ellenberg 1974).

Braun-Blanquet's Cover-abundance scale

- 5: 피도 75% 이상
- 4: 피도 50-75%
- 3: 피도 25-50%
- 2: 피도 5-25%

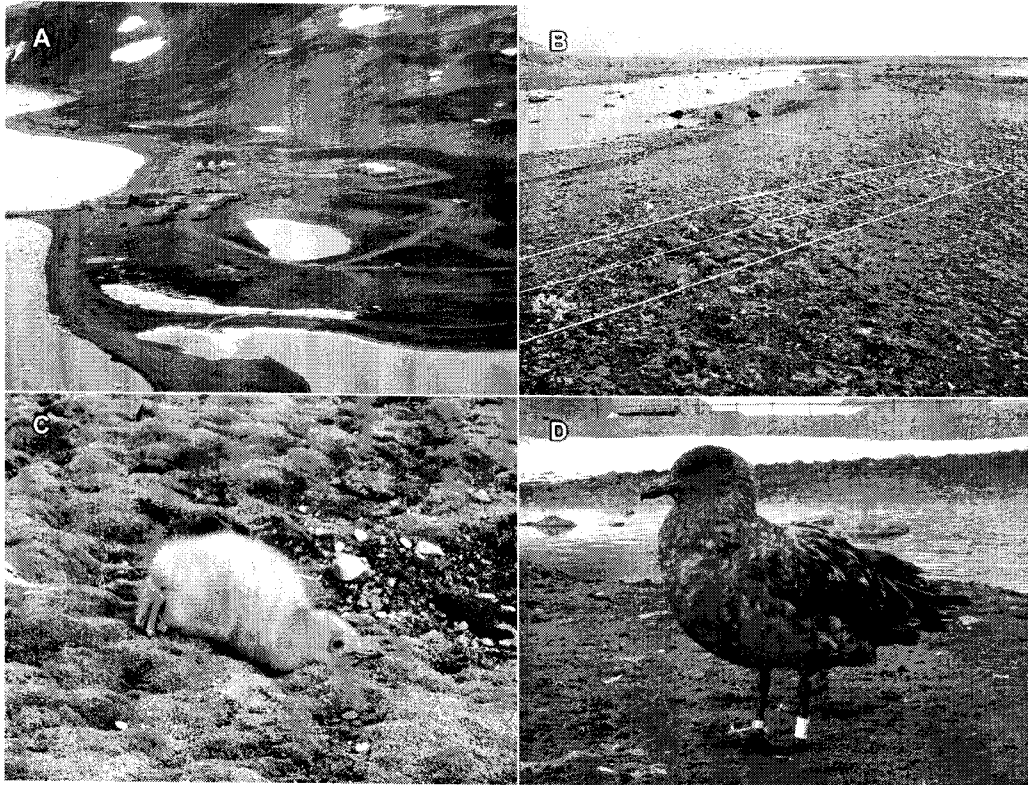


Fig. 2. Habitat characteristics of *Deschampsia antarctica*. A: The major populations observed on moss carpet around a stream between the two lakes (lower part). B: A quadrat survey of the dense population on *Sanionia georgico-uncinata* mat. C: A chick of skua on the cushioned carpet of *S. georgico-uncinata*. D: An adult of skua breeding around the present study area.

l: 피도 5% 미만, 다수(또는 피도 5% 정도, 분산)
 +: 피도 소량, 수 개체
 r: 피도 소량, 한 개체
 (단, 개체 크기를 고려하여 중요값 계산시 “+”는 0.5, “r”은 0.2로 계산)

이와 아울러, 남극곰새풀의 기질 선호도 분석을 위해 소방형구 내의 기질을 자갈, 모래, 진흙 등으로 구분하였으며, 선태식물이 방형구를 완전히 뒤덮은 경우에는 그 식물명을 기질로 기록하였다. 방형구 내의 기질이 복수로 나타난 경우에는 구성 기질을 함께 기재하고 계산시 분배하여 오차를 최소화하였다.

이와 같이 얻어진 수도와 기질 자료를 바탕으로 개체군의 분포형태와 기질 특이성을 고찰하였다.

3. 결 과

식생과 주변환경

2002년 여름에 조사된 이 지역의 식생을 방형구가 설치

된 조사지의 거리별로 구분해 살펴보면 다음과 같다(Fig. 3의 지형도 참조).

0-60 m 지점: 상단 호수 동쪽의 매우 완만한 경사면으로서, 도로 남쪽의 물이 고여 있는 지역에는 표면이 검은 태류(liverwort) *Cephaloziella varians*가 군집을 형성하고 있으며, 그 주변에 *Andreaea gainii*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Sanionia georgico-uncinata* 등의 선태식물들이 혼생하였다. 도로 북쪽의 자갈과 모래가 섞인 지역에는 *S. georgico-uncinata*가 생육하였으며, 해안에 인접한 지역의 크고 둥근 자갈 위에서는 각상지의류 *Buellia* spp.를 제외하고는 아무런 식생이 관찰되지 않았다.

60-110 m 지점: 상하단 호수 사이의 작은 자갈층에서 *S. georgico-uncinata*가 우점하였으며, 그 위를 담수녹조의 일종인 *Prasiola crispa*가 표면을 덮고 있었다. 도로 바로 밑으로 배가 다소 불룩한 곳과 해안쪽의 자갈층과 이어지는 곳 등 비교적 배수가 잘되는 이 군집의 가장자리에서 남극곰새풀이 열을 지어 생육하였다. 두 호수를 연결해주는 작은 개천에서도 *P. crispa*가 관찰되었다. 상단 호수와 개천 주변의 수분이 풍부한 지역에서는 *B. pseudotriquetrum*이

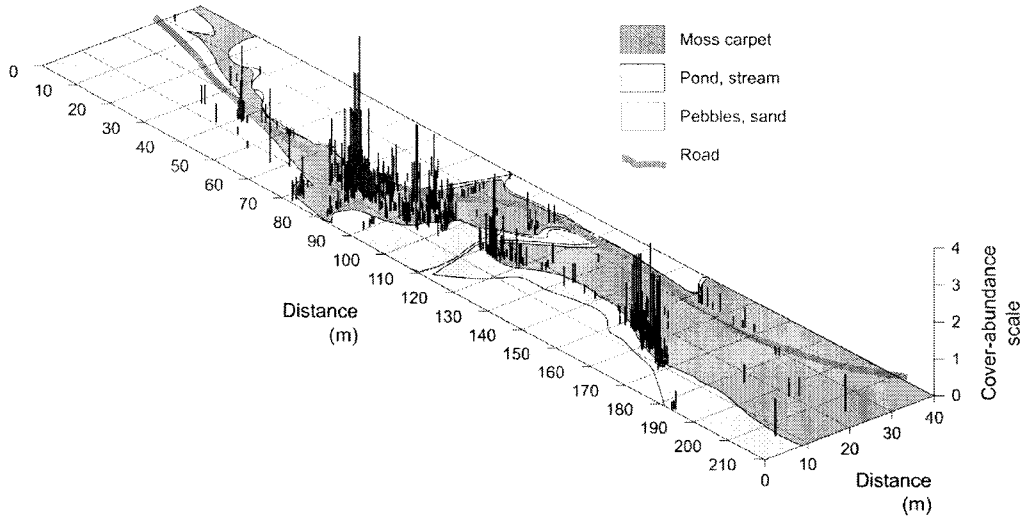


Fig. 3. Distribution pattern of *Deschampsia antarctica* populations in cover-abundance scale around King Sejong Station, King George Island in February 2003.

생육하였으며, 해안에 가까워지면서 기질이 모래와 자갈로 바뀌는 지점에서 간혹 *Polytrichastrum alpinum*이 관찰되었다.

110-150 m 지점: 상하단 호수 사이의 완만한 사면에서 *S. georgico-uncinata*가 우점하는 가운데 다소 둔덕이 진 곳에서는 *P. alpinum*이 골이 파인 곳에서는 *Conostomum magellanicum*이 patch를 형성하였다. 이들 선대식물 군집 하부의 모래층과 만나는 지점에 남극좀새풀이 띠를 이루며 생육하였다.

150-210 m 지점: 상단 호수의 남쪽 끝으로부터 하단 호수로 이어진 마른 개천을 중심으로 북쪽에는 앞서 언급한 *S. georgico-uncinata* 군집이 이어져 있으며, 그 군집의 하부에 남극좀새풀이 띠를 이루며 출현하였다. 개천 남쪽으로는 *C. magellanicum* 군집이 형성되어 하단 호수와의 경계면을 따라 단일군집으로 길게 발달되어 있었다. 그 군집 위로 도로 주변까지는 여전히 *S. georgico-uncinata*가 우점하는 가운데, 군데군데 형성된 둔덕 위에서는 *P. alpinum*이 출현하였다. 도로 위의 다소 낮은 지역에는 *C. varians*가 군집을 형성하였다.

남극좀새풀의 확산

상기한 2002년의 식생 조사결과 가운데 남극좀새풀의 분포역을 종합해 보면, 70-100 m, 110-120 m, 150-170 m 지점의 *Sanionia georgico-uncinata* 군집 가장자리에서 띠를 이루며 생육하는 특징을 보였으며, 그 분포면적은 $100 \times 20 \text{ m}^2$ 로 평가되었다. Fig. 3에서 수도등급 2 이상의 다년생 기체군들이 이에 해당된다.

한편, 2003년 여름 조사결과 선대식물의 식생은 전년도

와 대동소이하었던 반면, 남극좀새풀은 전년도의 우점 기체군들을 중심으로 주변 지역에 널리 확산이 이루어졌음을 알 수 있었다(Fig. 3). 이 가운데, 가장 활발하게 군집 확장을 보인 지역은 70-100 m 지점의 도로 하부 경계면으로서, 군집의 중심을 이루는 기체들은 성숙하여 씨앗을 생성하기 시작하였으며(Fig. 4A), 피도 60% 이상의 단일군집을 형성해가고 있었다(Fig. 4B). 또한 이들 군집의 주변부에서는 갓 뿌리를 내린 엽수 10개 이내, 피도 2% 미만의 어린 기체들이 다량 관찰되었다(Fig. 4C). 최대 확산면적은 $200 \times 40 \text{ m}^2$ 에 이르러, 전년도에 비해 약 4배 확장된 것으로 나타났다.

남극좀새풀의 기질 선호도

남극좀새풀이 출현한 방형구를 구성 기질별로 구분해 살펴보면(Table 1), 선대식물 *Sanionia georgico-uncinata* (65%)와 자갈(25%)의 중요값이 전체의 90%를 차지하여 절대적 우위를 점하였다. 이를 세분하여 기체군들의 크기 계층별로 비교해 보았을 때(Fig. 5), 수도 2 이상(피도 5% 이상)의 성숙된 다년생 기체군들 또한 거의 대부분 이들 두 기질 위에서 관찰되었으며, 수도 등급이 높아질수록 자갈보다는 *S. georgico-uncinata*의 비중이 커짐을 알 수 있었다.

공간을 선점하고 있었던 선대식물들은 남극좀새풀의 초기 착생에 좋은 기질로 제공되고 있는 것으로 나타났다. *Sanionia georgico-uncinata*를 비롯하여 비교적 선호도가 높았던 종들은 *Polytrichastrum alpinum*과 *Bryum pseudotriquetrum*이었으며, *Cephaloziella varians*, *Pohlia cruda*, *Conostomum magellanicum* 등의 식물체 위에서는

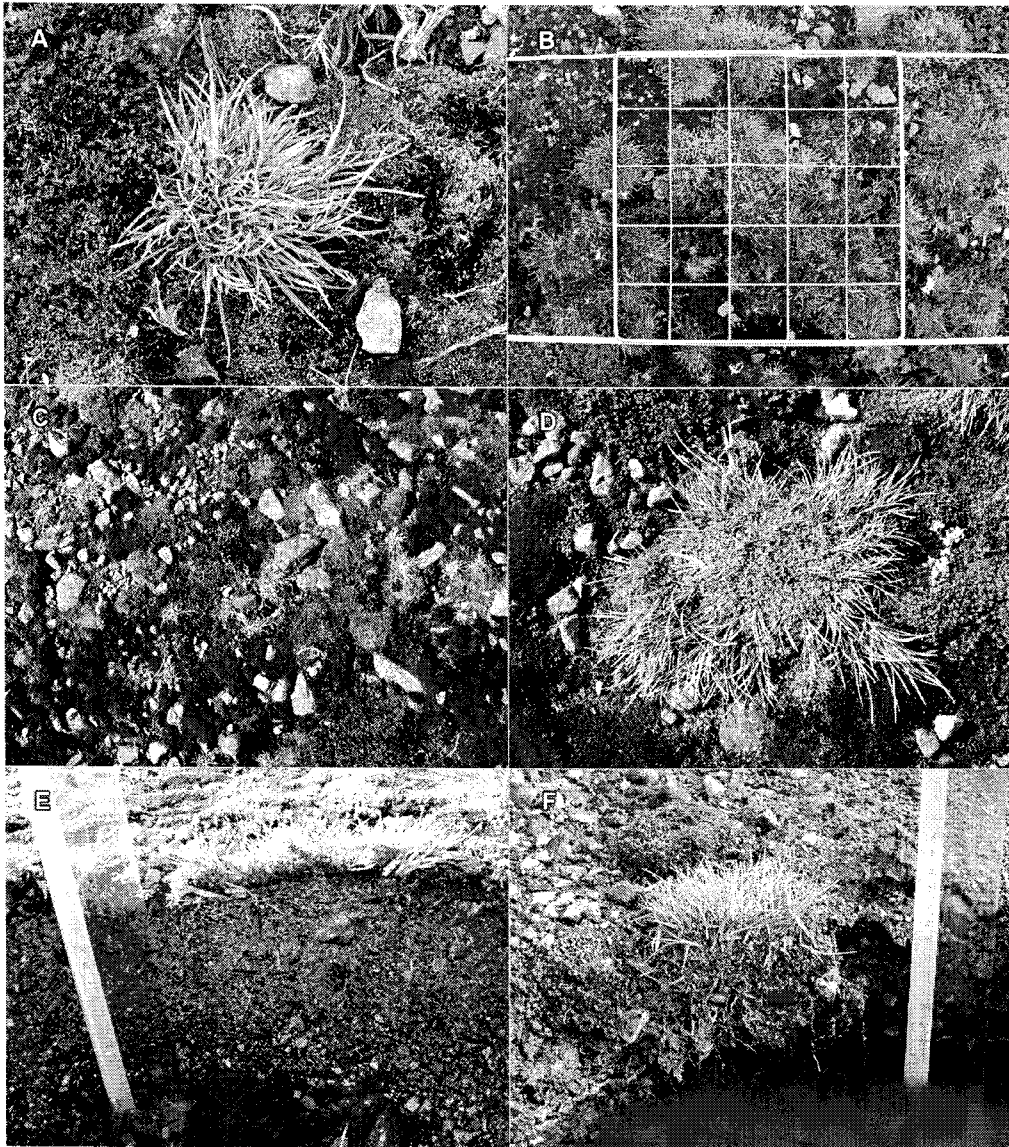


Fig. 4. Habitat characteristics of *Deschampsia antarctica*. A: Mature population on *S. georgico-uncinata*. B: A well-developed population on pebbles (quadrat size = 50 × 50 cm²). C: Young individuals observed on and beside *Sanionia georgico-uncinata* and *Polytrichastrum alpinum* rather than *Cephaloziella varians* and *Conostomum magellanicum*. D: A population wrapped up around *S. georgico-uncinata*. E: Vertical section of Figure 5D. The roots of *D. antarctica* reached down to 15 cm through *S. georgico-uncinata* mat covered up at surface. F: Vertical section of *D. antarctica* population colonized on somewhat unstable pebbles-sandy zone.

피도 2% 미만(수도 r 또는 +)의 초년생 개체들만이 소수 생육하고 있었다(Table 1, Fig. 5). 이들 선대식물의 표본 사진들을 살펴 보면(Fig. 6), 전술한 3종(A-C)은 엽체가 크고 성긴데 반하여 후술한 3종(D-F)은 엽체가 가늘고 조밀함으로 대별되었다.

조사기간중 호수 주변의 대부분 선대식물들은 발로 밟으면 물이 흥건히 배어나올 정도로 다량의 수분을 함유하

고 있었다. 특히 상기한 선대식물들 가운데에서도 후술한 3종은 물이 고인 웅덩이와 같이 수분이 많은 진흙과 모래가 섞인 기질을 선호하는 특성을 보여주었다. 따라서, 남극종새풀은 수분을 선호하되 통기성이 좋고 안정된 기질을 선호함을 알 수 있었다.

한편, 선대식물들의 뿌리는 지표면에 단단하게 뭉치는 특성을 보이는 반면 남극종새풀의 뿌리는 지표면에서 최

Table 1. A comparison of *Deschampsia antarctica* biomass related to substrate in number of the presented quadrats (WA: weighted average by the cover-abundance scale, IV: importance value).

Substrate	Cover-abundance scale							Total	WA	IV (%)
	r	+	1	2	3	4	5			
<i>Sanionia georgico-uncinata</i>	124.0	129.0	38.0	27.0	3.5	0.5	-	322.0	193.8	64.8
pebbles	70.0	61.5	15.5	6.0	0.5	0.5	-	154.0	75.8	25.3
<i>Polytrichastrum alpinum</i>	7.0	7.0	1.0	1.0	-	-	-	16.0	7.9	2.6
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	11.5	9.5	0.5	-	-	-	-	21.5	7.6	2.5
silt	8.5	5.5	1.0	-	-	-	-	15.0	5.5	1.8
sand	5.0	2.0	1.0	-	-	-	-	8.0	3.0	1.0
<i>Cephaloziella varians</i>	2.0	5.0	1.0	-	-	-	-	8.0	3.9	1.3
<i>Pohlia cruda</i>	4.0	1.5	-	-	-	-	-	5.5	1.6	0.5
<i>Conostomum magellanicum</i>	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.2	0.1
Total	233.0	221.0	58.0	34.0	4.0	1.0	1.0	551.0	299.1	100.0

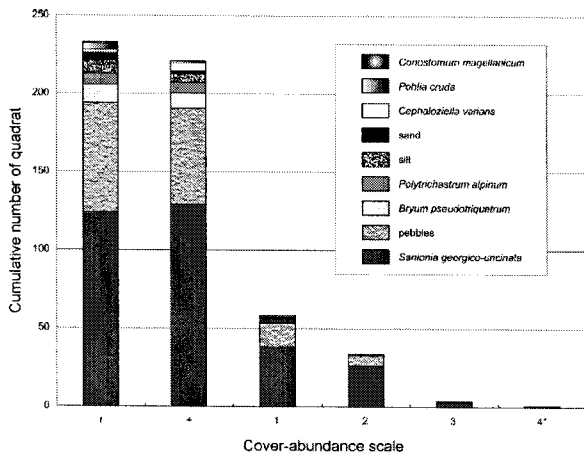


Fig. 5. A comparison of frequency and size hierarchy of *Deschampsia antarctica* populations related to substrate in cover-abundance scale.

소한 15-20 cm 아래까지 도달하는 것으로 관찰되었다 (Fig. 4E와 F). 남극좀새풀은 이와같이 여름철 융설수 유입과 강우에 의해 충분한 수분을 함유하고 있는 선대식물들을 안정된 기질로 삼아 씨앗의 발아 또는 영양생식을 통해 뿌리를 단단히 내린 후 이들과의 공간경쟁에서도 우위를 점하고 있는 모습이 관찰되었다. 이는 *Sanionia georgico-uncinata*를 기질로 확대 성장하고 있는 남극좀새풀 개체의 예를 보면 쉽게 이해할 수 있다(Fig. 4D와 E).

4. 토 의

남극좀새풀의 이주와 분산

최근 서남극의 해양성남극역에서 발생되고 있는 기온 상승은 주변 지역의 빙붕과 빙상의 후퇴를 가져오고 있다 (Vaughan and Doake 1996; Mitrovica *et al.* 2001). 킵조

지점의 기온 또한 최근 30년에 약 1°C씩 상승하고 있으며, 이로 인해 세종기지 주변의 빙벽과 빙상이 후퇴되어 지표가 노출되는 지역이 증대되고 있다(정 등 2004).

얼음이 녹아 발생하는 새로운 지표면의 노출은 육상생물의 서식처 확대에 이어진다. 세종기지에서 지난 14년간 관측된 기온이 해양성 기후특성상 연평균 -1.6°C인 점을 고려한다면(정 등 2004), 비록 작은 폭의 상승이라 할지라도 이 지역에서의 기온 상승은 그것이 빙점 주변에서의 변화이기에 육상생물, 특히 식물의 생식과 성장에 미치는 영향은 지대하다고 할 수 있다.

일반적으로 나지가 생기면 일어나는 천이는 지의류, 선대류, 초본식물 등의 순서로 진행된다(임 등 1983). 해양성남극역에서는 지의류와 선대류가 우점하는 독특한 은화 식물상을 보이며, 남극좀새풀과 남극개미자리 등 단 두 종의 현화식물만이 자생하고 있다(Walton 1990). 이러한 관점에서 최근 관찰되고 있는 현화식물 개체군들의 번성 양상은 그 귀추가 매우 주목된다(Greene and Holtom 1971; Komárková *et al.* 1985; Fowbert and Lewis Smith 1994).

이들 두 종의 현화식물은 겨우내 눈에 덮여 보호되다가 눈이 녹는 여름에 성장하고 생식한다. 번식은 씨앗에 의하거나 조류 등에 의해 식물체가 잘려나가 영양생식을 하기도 한다(Edwards 1972; Fowbert and Lewis Smith 1994; Convey 1996). 우리의 조사지에서도 남극도독갈매기에 의해 잘려나간 남극좀새풀 개체들이 흔히 관찰되었다.

해양성남극역에 생육하는 육상식물의 분산과 이주는 주로 바람이나 해양조류에 의해 이루어지는 것으로 알려져 있다(Broady 1979; Broady *et al.* 1987; Kappen and Straka 1988; Walton 1990). 특히 Lewis Smith(1982)는 남극도독갈매기와 갈매기 등이 남극좀새풀의 분산에 중요한 역할을 한다고 보고하였다. 이 연구의 조사지인 세종곶 일대는 여름철 남극도독갈매기의 주요 서식지이며, 남극좀

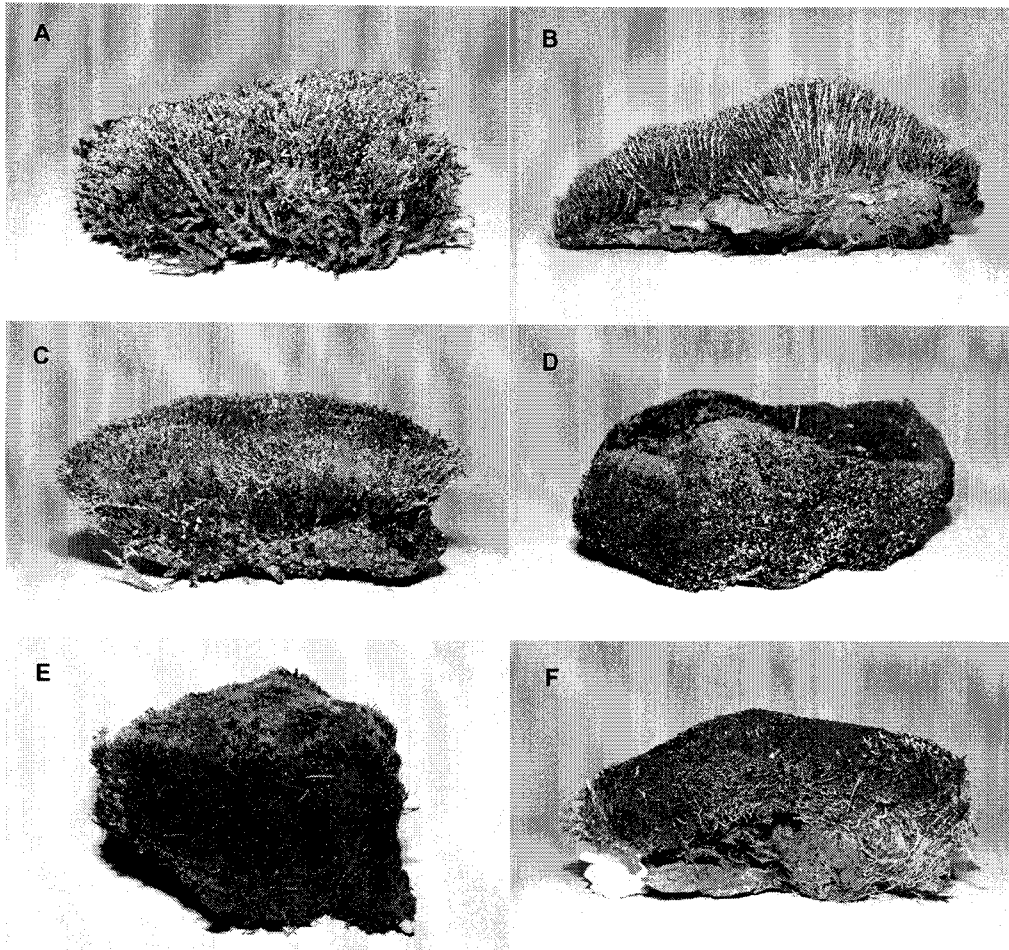


Fig. 6. Morphological characteristics of mosses and a liverwort utilized as their primary substrate by *Deschampsia antarctica* populations in the present study. A: *Sanionia georgico-uncinata*. B: *Polytrichastrum alpinum*. C: *Bryum pseudotriquetrum*. D: *Cephaloziella varians* of a liverwort. E: *Pohlia cruda*. F: *Conostomum magellanicum*. The former three species (A-C) were large and coarse, while the latter three species (D-F) were small and dense in their stems and leaves.

새풀 개체군들 또한 상하부 호수를 연결짓는 개천 주변에 집중 분포하는 특성을 보인다. 바톤반도의 한 능선 위에서 새롭게 관찰된 남극솜새풀 독립 개체 또한 남극도독갈매기의 둥지 곁에 자리하고 있다(김과 정 2003).

킹조지섬의 남극솜새풀 생육지는 Komárková *et al.* (1985)의 자료 모음에서 19곳으로 밝혀진 바 있으며, 현재에는 더욱 확장되었을 것으로 판단된다. 세종기지 주변에서는 기지가 설립된 1988년 이래 2001년말까지 남극솜새풀이 전혀 관찰되지 않았으며, 2002년 1월 세종곳의 호숫가에 띠를 이루어 생육하는 소수의 개체군들이 관찰된 이후 2003년 1월에는 그 분포역이 전년도에 비해 4배나 확장되었다(김과 정, 2002). 어드미럴티만의 아르토우스키(Artowski) 기지 주변에서도 우리 조사지와 유사한 시기에 남극솜새풀 개체군의 번성이 관찰되고 있다(Oleg Sakharov,

pers. comm.). 이 가운데, 우리의 조사지와 인접한 맥스웰만 주변의 지역들을 꼽자면, 1820년 포터반도에서 그 생육이 처음으로 보고된 바 있으며, 이 외에도 바톤반도의 남서안, 알드리섬 등을 들 수 있다(Table 2). 최근 세종기지 주변에 정착한 남극솜새풀 개체군들은 주변에 서식하는 도독갈매기들의 발목에서 독일 조류학자들이 인근 지역에서 부착한 링이 관찰되는 점을 미루어 보아 이들 가운데 한 지역으로부터 비롯된 근거리 이주의 결과로 생각된다.

한편, 최근 발표된 남극 현화식물의 seed bank에 관한 연구결과들에 의하면 해양성남극역에서 이들의 씨앗은 상상 외로 널리 분산된다는 사실이 알려지고 있다(McGraw and Day 1997; Ruhland and Day 2001). 그렇다면, 세종곳의 남극솜새풀 이주는 왜 최근에 와서야 이루어졌을까?

Table 2. Localities of *Deschampsia antarctica* observed around Maxwell Bay, King George Island, Antarctica

Locality	Observer and year	Reference
Potter Peninsula (62°14'S, 58°42'W)	Sherratt, 1820 Hunziker <i>et al.</i> , 1953 Lindsay, 1966	Sherratt (1821), Lewis Smith (1981) Greene and Holtom (1971) Lindsay (1971)
Barton Peninsula		
- southwestern coast (62°14'S, 58°46'W)	Lindsay, 1966	Lindsay (1971), Greene & Holtom (1971)
- northwestern coast (62°13'25"S, 58°47'33"W)	Chung and Kim, 2002, 2003	This study
Ardley Island (62°13'S, 58°56'W)	Komárková, 1984	Komárková (1985)

이는 기온 상승에 의한 지중온도의 변화, 노출 지면과 여름 성장기간의 확대 등에서 그 원인을 찾을 수 있을 것으로 기대된다.

남극곰새풀 개체군들의 기질 선호도

이 연구의 조사지역인 세종곶 일대는 해풍, 해수의 영향, 호수, 웅덩이와 둔덕, 도로 등 다양한 미소 서식처 환경이 조성되어 있어 매우 복잡하고 조밀한 육상식물 군집들이 산포되어 있다. 특히 주변 호수들로부터의 충분한 수분 공급과 용설수에 의해 운반된 토사의 침적, 야생조류에 의한 시비 등으로 인해 습지를 선호하는 선대식물 군집이 폭넓게 발달되어 있으며, 호수를 벗어난 지역의 둔덕과 암반, 자갈 위에는 다양한 지의류 군집이 형성되어 있다. 이 가운데, 최근 남극곰새풀 개체군들의 이입이 이루어진 지역은 선대식물 군집이 우점하는 호숫가 습지이다.

식물은 광합성 반응을 통해 태양 에너지를 흡수하며 성장이나 유지활동을 위한 호흡 과정에서 많은 에너지가 유실되는데, 초본식물의 경우 1차 생산량의 50% 정도가 호흡에 의해 손실되는 것으로 알려져 있다(Krebs 1978). 이러한 1차 생산의 과정에서 식물은 열을 발생하게 되는데, 선대류나 지의류 군집이 형성된 곳의 눈이 먼저 녹아 사라지는 모습이 극지방에서 쉽게 관찰된다(Fig. 7). 해빙기가 시작될 무렵 선대식물이 지니는 상대적으로 고온다습한 환경은 남극곰새풀 씨앗의 발아와 생장에 호조건으로 작용하리라 판단된다.

선대식물은 근계와 목랍표피층이 결핍되어 있는 대신 햇뿌리가 지표면에 영겨붙어 대기, 눈, 용설수로부터 수분과 영양물질을 흡수하며 성장한다(Bargagli *et al.* 1998). 반면, 우리의 조사결과 고등식물인 남극곰새풀의 뿌리는

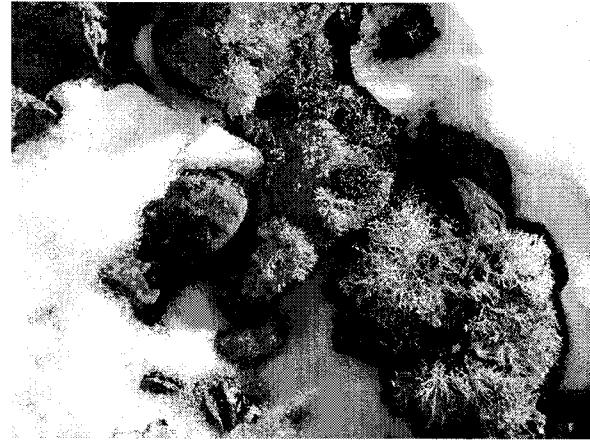


Fig. 7. Snow around moss and lichen communities was melted in advance and disappeared in the early thawing season.

지표면에서 최소 20 cm 아래까지 도달하여 지중의 수분과 영양을 흡수하여 성장하며, 수분이 풍부하되 배수가 잘 되고 안정된 기질을 선호하는 특성을 보인다. 특히 나지보다는 여름철 용설수 유입과 강우에 의해 다량의 수분을 함유하고 있는 선대식물들을 초기 정착기질로 활용하여 뿌리를 내린 후 성장하면서 이들과의 공간경쟁에서도 충분히 우위를 점하고 있음이 확인되었다.

한편, 남극곰새풀의 초기 정착 기질로 활용되는 선대식물들의 형태적 특성 또한 기질 선호도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 세종곶 일대에 확산되고 있는 남극곰새풀은 엽체가 크고 성기며 부드러운 *Sanionia georgico-uncinata*를 가장 선호하였으며, *Polytrichastrum alpinum*과 *Bryum pseudotriquetrum* 군집에서도 간혹 출현하였다. 이들 종과 남극곰새풀의 유관성은 Ochyra(1998)도 간략히 언급한 바 있다. 반면 진흙이 많이 섞인 기질이나 엽체가 작고 조밀한 선대식물 위에 착생한 개체들은 통기성이 떨어져 지속적인 생존이 어려울 것으로 전망된다. 조사기간 동안 이들 기질 위에서는 초년생의 어린 개체들만이 소수 생육하고 있어, 추후 지속적인 관찰을 통해 그 연관성을 보다 명확하게 파악할 수 있을 것이다.

5. 결 론

지난 수 년 이내에 남극 세종기지 주변에 새롭게 정착된 현화식물 남극곰새풀 개체군들의 급작스런 번성은 서남극 일대의 기온상승에 기인한 기후학적 천이의 한 단면으로 이해된다. 조사결과 남극곰새풀 개체군들은 2002년 1월 세종곶의 호숫가에 떠를 이룬 소수의 개체군들이 관찰된 이후 2003년 1월에는 그 분포역이 전년도에 비해 4배나 확장되었다. 이들 개체군들은 해양조류인 남극도독

갈매기에 의해 인근의 생육지로부터 이주된 것으로 판단되며, 응설수의 유입에 의한 풍부한 수분 공급과 토사의 침적, 주변에 서식하는 남극도독갈매기의 배설물에 의한 풍부한 영양염 공급 등 초본식물의 생육에 적합한 환경이 조성된 세종곶의 호숫가 주변 습지에서 번성하게 된 것으로 생각된다.

남극좁새풀 개체군들은 수분이 풍부하되 배수가 잘되고 안정된 기질에서 번성하며, 특히 염체가 부드럽고 성긴 선대식물 *Sanionia georgico-uncinata*를 초기 정착기질로써 선호하는 특성을 보인다. 또한 땅속 깊이 뿌리를 내린 후 성장하면서 지표면을 선점하고 있던 선대식물들과의 공간경쟁에서도 우위를 보이고 있어, 기온 상승을 비롯하여 미소 서식처 주변 환경요인들이 그대로 지속되는 한 세종곶 일대는 초본식물로의 천이가 계속 진행될 것으로 전망된다.

이와 같이, 최근 극지방에서 관찰되고 있는 현화식물 개체군들의 번성과 그 천이과정에 대한 추이는 해양성남극역에서의 지역적 환경변화, 더 나아가서는 전지구적 환경변화에 따른 고등식물의 적응 양상과 식물지리 분포의 역사를 이해하는데 있어 매우 가치있는 정보들을 제공할 것이다. 이를 위해서는 향후 동일한 조사방법에 의한 지속적인 확산과 천이 양상 관찰 등 남극좁새풀의 생태학적 지위에 대한 이해와 더불어 환경변화를 비교 감지할 수 있는 토양의 습도와 영양염 농도, 지중온도 측정 등과 같은 생육지 환경특성에 대한 보다 면밀한 기초 자료들을 구축해 나가야 할 것이다.

사 사

본 연구는 한국해양연구원 극지연구소의 “남극 세종기지 주변 인간활동으로 인한 환경변화 모니터링” 연구사업(PP03-102)의 지원으로 이루어졌다. 현장조사에 많은 도움을 주신 남극세종과학기지 제15, 16차 월동대원 여러분들께 고마움을 전하며, 논문의 미흡한 부분을 꼼꼼하게 지적해 주신 심사자 이주삼 교수님과 정연욱 교수님께 감사 드린다.

참고문헌

- 김지희, 정호성. 2002. 세종기지 주변의 육상식물 식생도 작성: 지의류, 선대류, 담수조류 및 현화식물. p. 155-194. In: *남극 세종기지 주변 인간활동으로 인한 환경변화 모니터링*. pp.01-001. 한국해양연구원, 안산.
- 김지희, 정호성. 2003. 세종기지 주변의 육상식물 식생도 작성: 지의류, 선대류, 담수조류 및 현화식물. p. 93-133. In: *남극 세종기지 주변 인간활동으로 인한 환경변화 모니터링*.

- 영. pp.02-102. 한국해양연구원, 안산.
- 임경빈, 백수봉, 임용규. 1983. 일반식물학. 향문사, 서울. 319 p.
- 정호성, 이방용, 장순근, 김지희. 2003. 세종기지 주변에서 관찰된 빙벽 후퇴와 바다 결빙. *Ocean Pol. Res.*, 26(1): [submitted].
- Bargagli, R., J.C. Sanchez-Hernandez, L. Martella, and F. Monaci. 1998. Mercury, cadmium and lead accumulation in Antarctic mosses growing along nutrient and moisture gradients. *Polar Biol.*, 19, 316-322.
- Broady, P.A. 1979. Wind dispersal of terrestrial algae at Signy Island, South Orkney Islands. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, 48, 99-102.
- Broady, P.A., D. Given, L. Greenfield, and K. Thompson. 1987. The biota and environment of fumaroles on Mt. Melbourne, northern Victoria Land. *Pol. Biol.*, 7, 97-113.
- Convey, P. 1996. Reproduction of Antarctic flowering plants. *Antarct. Sci.*, 8(2), 127-134.
- Edwards, J.A. 1972. Studies in *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. and *Deschampsia antarctica* Desv.: V. Distribution, ecology and vegetative performance on Signy Island. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, 28, 11-28.
- Fowbert, J.A. and R.I. Lewis Smith. 1994. Rapid population increases in native vascular plants in the Argentine Islands, Antarctic Peninsula. *Arct. Alpine Res.*, 26(3), 290-296.
- Greene, D.M. and A. Holtom. 1971. Studies in *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. and *Deschampsia antarctica* Desv.: III. Distribution, habits and performance in the Antarctic botanical zone. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, 26, 1-29.
- Kappen, L. and H. Straka. 1988. Pollen and spores transport into the Antarctic. *Pol. Biol.*, 8, 173-180.
- Komárková, V., S., Poncet, and J. Poncet. 1985. Two native Antarctic vascular plants, *Deschampsia antarctica* and *Colobanthus quitensis*: A new southernmost locality and other localities in the Antarctic Peninsula area. *Arct. Alpine Res.*, 17(4), 401-416.
- Krebs, C.J. 1978. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Harper & Row, New York. 678 p.
- Lewis Smith, R.I. 1981. The earliest report of flowering plant in the Antarctic? *Pol. Rec.*, 20, 571-572.
- Lewis Smith, R.I. 1982. Farthest south and highest occurrences of vascular plants in the Antarctic. *Pol. Rec.*, 21, 170-173.
- Lewis Smith, R.I. 1984. Terrestrial plant biology of the sub-Antarctic and Antarctic. p. 61-162. In: *Antarctic Ecology: Vol. 1*. ed by R.M. Laws. Academic Press, London.

- Lindsay, D.C. 1971. Vegetation of the South Shetland Islands. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, 25, 59-83.
- Longton, R.E. 1988. The *biology of polar bryophytes and lichens*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 391 p.
- McGraw, J.B. and T.A. Day. 1997. Size and characteristics of a natural seed bank in Antarctica. *Arct. Alpine Res.*, 29(2), 213-216.
- Mitrovica, J.X., M.E. Tamisiea, J.L. Davis, and G.A. Milne. 2001. Recent mass balance of polar ice sheets inferred from patterns of global sea-level change. *Nature*, 409 (6823), 1026-1029.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley, New York. 547 p.
- Ochyra, R. 1998. The moss flora of King George Island Antarctica. Polish Academy of Science, Cracow. 278 p.
- Øvstedal, D.O. and R.I. Lewis Smith. 2001. *Lichens of Antarctica and South Georgia*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 411 p.
- Ruhland, C.T. and T.A. Day. 2001. Size and longevity of seed banks in Antarctica and the influence of ultraviolet-B radiation on survivorship, growth and pigment concentrations of *Colobanthus quitensis* seedlings. *Environ. Exp. Bot.*, 45, 143-154.
- Sherratt, R. 1821. Observations on South Shetland. *Imperial Magazine* (London), Columns 1214-1218.
- Vaughan, D.G. and C.S.M. Doake. 1996. Recent atmospheric warming and retreat of ice shelves on the Antarctic Peninsula. *Nature*, 379(6563), 328-331.
- Walton, D.W.H. 1990. Colonization of terrestrial habitats - organisms, opportunities and occurrence. p. 51-60. In: *Antarctic Ecosystems: Ecological Change and Conservation*. eds. by K.R. Kerry and G. Hempel. Springer-Verlag, Berlin.

Received , 2003

Accepted , 2003