

분포지역에 따른 애기수영(*Rumex acetocella*) 종자의 발아반응

이호준 · 조길임 · 김용옥 · 류병혁

건국대학교 이과대학 생물학과

The Seed Germination Response of *Rumex acetocella* by Distribution Area

Lee, Ho-Joon, Kil-Im Cho, Yong-Ok Kim and Byung-Hyuk Ryu

Department of Biology, College of Science, Kun-Kuk University

ABSTRACT

To study the relationship between the germination response and geographical distribution, the seeds of *Rumex acetocella* were collected from nine sites (Taegwallyong, Alps lodge, Kans'ong, Sokch'ŏ, Chumunjin, Suwon, Taechon, Suktok, Mokpo) of different latitudes and altitudes.

The populations of *Rumex acetocella* were subdivided into four groups based on the characteristics of the seed germination. The first group of *Rumex acetocella* (Taegwallyong, Alps lodge) germinated rapidly in early spring, the second group (Suwon, Taechon) in late summer through early autumn, and the third group (Suktok, Mokpo) slowly in late autumn with various conditions. The thermal time values needed for the germination rate of 10% to 60% for these three groups indicated that the germination rate was low at the lower latitude, while it was increased as the latitude elevated. The population of the fourth group (Kansong, Sokcho, Chumunjin) showed the narrow optimum temperature range of germination response and the highest thermal time value to germinate 10% to 30% of seeds. The seeds in the high latitude region with relatively mild winter germinated synchronously in early autumn.

These different germination responses of *Rumex acetocella* to geographic variations were thought to be an ecological strategy to survive in different environmental conditions.

Key words: Geographical variation, Germination response, *Rumex acetocella*, Temperature regime, Thermal time

서 론

식물은 서식지의 다양한 환경요인, 특히 온도 변화에 적응하면서 대처해 나갈 수 있는 전략을 세우며, 이 온도요인은 종자의 발아에서부터 성장과 결실에 이르기까지 생존에 큰 영향을 준다. 즉 여러 식물의 종들은 그들이 처한 서식지와 온도 변화에 적응하며 순화한다.

식물의 유묘는 생육에 유리한 계절적 시기를 선택하는데 이는 종의 생존 및 번식에 중요한 요인이 되며 (Augspurger 1981, Rathcke and Lacey 1985), 대부분 식물의 종자는 토양온도에 따라 발아시기를 선택하는 생리적인 기작을 가진다 (Baskin and Baskin 1985, 1988, Bewley and Black 1982, Washitani and Takenaka 1984). 종자 발아의 계절적 선택은 종에 따라 다양하며 (Baskin and Baskin 1988, Bewley and Black 1982), 같은 속의 식물에서도 발아의 적온에 큰 차이를 나타내는 것도 있다. *Allium* 속 식물의 발아 적온은 *A. angulosum*, *A. senescens* 등과 같이 20~25℃를 적온으로 하는 온난형과 *A. hirstum*과 같이 5~13℃를 발아적온으로 하는 한냉형이 있다. 그리고 *A. albopilosum*, *A. giganteum*, *A. rosenbachianum* 등과 같이 발아적온이 2~7℃이고 10℃ 이상에서는 발아하지 않는 것과, *A. flavum*과 같이 넓은 온도 범위에서 발아하는 4개의 그룹으로 구분할 수 있다. 이와 같이 온도에 대한 발아 반응이 일정하지 않는 것은 종자내 물질대사의 질적, 양적인 특성이 각 식물의 종에 의해 결정되고 있기 때문이다 (靑葉 1967).

Sterns와 Olson(1958)은 위도가 다른 두 지역에서 분포하는 *Tsuga canadensis* 집단의 종자발아가 두 지역의 온도요인에 의해 서로 다르게 나타나고 있음을 보고하였고 Peacock와 McMillan (1965)은 위도와 고도가 다른 지역에서 *Prosopis* 속을 채집하여 이식실험한 결과 발아와 신장생장에 생태적 변이가 있다고 하였다. 또한 이(1979)는 위도와 고도가 다른 8개 지역에서 채집한 *Plantago asiatica* 개체군 종자들이 고위도 및 고지대에서 발아율이 높게 나타났음을 보고하였다. Grime 등(1981)은 특정 식물군에서 종자의 휴면과 발아특성을 조사한 결과 종 간에 서식지의 온도환경에 따라 다양한 발아반응이 존재한다고 하였다. 또한 Inoue와 Washitani(1989)는 서식지가 다른 8개 지역에서 채집한 *Campanula punctata* 종자의 휴면타파 시기에 있어서 종내변이가 나타난다고 하였고 Washitani와 Ogawa(1989)는 온도에 대한 *Taraxacum platycarpum* 종자의 발아반응을 조사하였으며 출현시기 선택의 메카니즘에 관한 것도 보고하였다. 이(1991)는 *Taraxacum officinale* 개체군 종자에서 나타나는 발아습성의 지리적 변이가 다양한 환경에서 생존하기 위한 생태적 전략임을 밝혔으며 이 등(1993)은 위도가 각기 다른 5개 지역에서 채종한 *Hemistepta lyrata* 종자의 발아습성 및 유식물 생장에 지리적 변이가 있다고 하였다.

애기수영(*Rumex acetocella* L.)은 마디풀과 식물로 유럽이 원산지인 다년초이며 한국에서는 전국적으로 분포한다. 특히 중부 이남의 양지바른 길가에서 흔히 볼 수 있는 식물로 최근 목축지역의 초지에 침입하여 많은 군락을 형성하여 목초 재배에 많은 피해를 주고 있다. 본 연구는 애기수영의 서식지 환경에 관한 기초자료를 얻기 위하여 실시한 것이다.

재료 및 방법

채종지의 개황

각 개체군의 채종지 개황은 Table 1과 같으며 애기수영 종자의 채종지별 기후조건은 한국기후편람(기상청 1985)과 기상연보 및 기상월보(기상청 1985~1991)를 참조하였다. 측후소가 없는 간성, 알프스산장, 주문진 및 석곡지역은 각각 인근지역인 속초, 인제, 강릉 및 광주지역의 기상자료를 인용하였으며 각 채종지별 온도조건은 다음과 같다.

· 대관령: 고도가 가장 높은 880 m의 지역으로 채종지 중 가장 낮은 6.4℃의 연평균 기온과, 최저 2.1℃에서 최고 11℃ 사이의 기온 분포를 보였으며, 12월과 1월, 2월의 기온도 각각 -3.68, -7.06, -5.28℃로 가장 낮았다.

· 알프스 산장(진부령): 해발 630 m의 알프스 산장은 인근 지역인 인제의 기상자료를 인용하

Table 1. Location and habitat of the populations of *Rumex acetocella* L.*

Population	Altitude (m)	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Precipitation (mm)	Air Temperature (°C)			Location & Habitat	Collected date
					mean	min.	max.		
Taegwallyong	880	37.41	128.45	2,113.3	6.4	2.1	11.0	The roadside of Taegwallyong rest area.	Jul. 8, 1992
Alps lodge	630	38.03	128.10	1,082.5	10.2	4.8	16.5	The entrance to Alps lodge.	Jul. 5, 1992
Suwon	36	37.16	126.59	1,374.1	11.9	7.2	17.2	The inclined roadside leading from Suwon to Osan.	Aug. 3, 1992
Taechon	33	36.20	126.36	1,297.8	12.3	7.6	17.5	The roadside leading from Taechon to Seochon	Jul. 15, 1992
Sukgok	71	35.08	127.20	1,479.2	13.8	9.5	19.1	The roadside of 218Km on Honam express way	Jul. 1, 1992
Mokpo	54	34.47	126.23	1,145.1	14.0	10.3	19.1	The roadside leading from Mokpo to Muan	Jun. 30, 1992
Kansong	18	38.23	128.29	1,363.9	12.2	8.7	16.0	The roadside of Donghae express way	Jun. 24, 1992
Sokcho	18	38.15	128.34	1,363.9	12.2	8.7	16.0	The roadside of Donghae express way	Jun. 24, 1992
Chumunjin	26	37.45	128.54	1,598.2	13.2	9.3	17.6	The inclined roadside of Donghae express way	Jun. 25, 1992

* Soil condition was arid and relative light intensity was 100% in all the habitats

였다. 인제는 해발 199 m로 알프스 산장의 고도와 431 m의 차이가 나기 때문에 연평균 기온은 약 7.6℃ 정도이며, 12월에서 다음 2월까지의 기온은 각각 -3.70, -6.04, -4.48℃로 추측된다.

· 간성과 속초: 간성은 위도가 채종지 중 가장 높으며, 속초의 기상자료에 의하면 연평균 기온은 12.2℃이고, 최저 8.7℃에서 최고 16℃의 기온분포를 보이며, 12월에서 다음 2월까지의 기온은 각각 3.60, 0.14, 1.30℃이다.

· 주문진: 이 지역에서 가장 가까운 강릉의 기상자료를 이용하였다. 연평균 기온이 13.2℃이며, 9.3℃에서 17.6℃의 최저, 최고의 기온분포를 보였고, 12월에서 다음 2월까지의 기온은 각각 4.26, 0.96, 2.02℃였다.

· 수원: 연평균 기온은 11.9℃이고, 7.2℃에서 17.2℃사이의 최저, 최고 기온 분포를 나타내며 12월에서 2월까지의 기온은 각각 0.64, -2.16, 0.08℃였다.

· 대천: 연평균 기온은 12.3℃이고, 최저 7.6℃와 최고 17.5℃의 기온분포를 나타내었다. 또한 12월에서 2월까지의 기온은 각각 2.36, -0.46, -0.94℃였다.

· 석곡: 인근에 위치한 광주의 기상자료를 인용하였다. 13.8℃의 연평균 기온과 최저 9.5℃에서 최고 19.1℃ 사이의 기온분포를 보였으며, 12월에 3.58℃, 1월에 1.20℃, 2월에 2.74℃였다.

· 목포: 채종지 중 위도가 가장 낮은 목포지역은 연평균 기온이 14℃이며 최저, 최고의 기온은 10.3℃에서 19.1℃ 사이로 가장 높은 기온 분포를 나타내었다. 뿐만 아니라 12월, 1월, 2월의 기온도 각각 5.22, 2.40, 3.38℃였다.

실험재료

본 실험에 사용된 애기수영(*Rumex acetocella* L.)종자는 한반도 남부지역의 9개 지역(간성, 속초, 대관령, 알프스 산장, 주문진, 수원, 대천, 목포, 석곡)에서 1992년 6월부터 8월에 완숙한 종자를 채종하여 1992년 10월까지 종이봉지에 넣어 실온에 보관한 후 사용하였다.

실험방법

발아실험은 1992년 11월부터 1993년 7월까지 실시하였다. 직경 90mm의 페트리 접시에 2겹의 여과지를 깔고 증류수를 10mL씩 첨가한 다음 2% sodium hypochlorite 용액으로 소독된 균일한 크기의 종자 50립씩을 3반복 파종하였다.

변온발아실험은 IT(increasing temperature) regime과 DT(decreasing temperature) regime으로 조절된 2개의 Growth chamber(Hotpack Philadelphia, PA, U.S.A.)에 넣어 암상태하에서 처리하였다. 온도조건은 DT regime에서는 36℃에서 4℃까지의 온도범위로 4℃ 간격으로 점차 감소시켜 주었으며, IT regime에서는 반대로 4℃에서 36℃까지의 온도범위에서 4℃ 간격으로 점차 증가시켜 주었다. 두 온도 처리구에서 온도를 다음 단계로 높이거나 낮추기 전에 종자를 20℃에서 36℃까지의 온도범위에서는 각각 2일 동안, 16℃에서는 3일 동안, 12℃에서는 4일 동안, 8℃에서는 5일 동안 그리고 4℃에서는 8일 동안 종자를 각각의 온도에 노출시켜 주었다. DT regime의 경우, 마지막 단계에서 종자를 4℃에 노출시킨 후 7일 동안 25℃에 처리하여 주었으며, IT regime의 경우는 마지막 단계에서 종자를 36℃에 노출시킨 후 5일 동안 12℃(17h)~24℃(7h)로 변온처리를 하였다. 발아된 종자의 수는 온도변화를 시키기 전에 측정하였고 유근이 1 mm 이상 성장한 것을 발아한 것으로 간주하였다.

항온에서의 실험은 9개 지역 개체군 종자를 growth chamber에서 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36℃로 처리하여 발아 속도에 따라 시간 별로 발아를 측정하였다. 각 지역별 애기수영 종자에 요

구되는 적산온도는 Garcia-Huidobro 등(1982)과 Washitani(1984)가 사용한 온도와 발아속도와의 관계 분석법에 따라 계산하였다.

결 과

변온 발아 실험

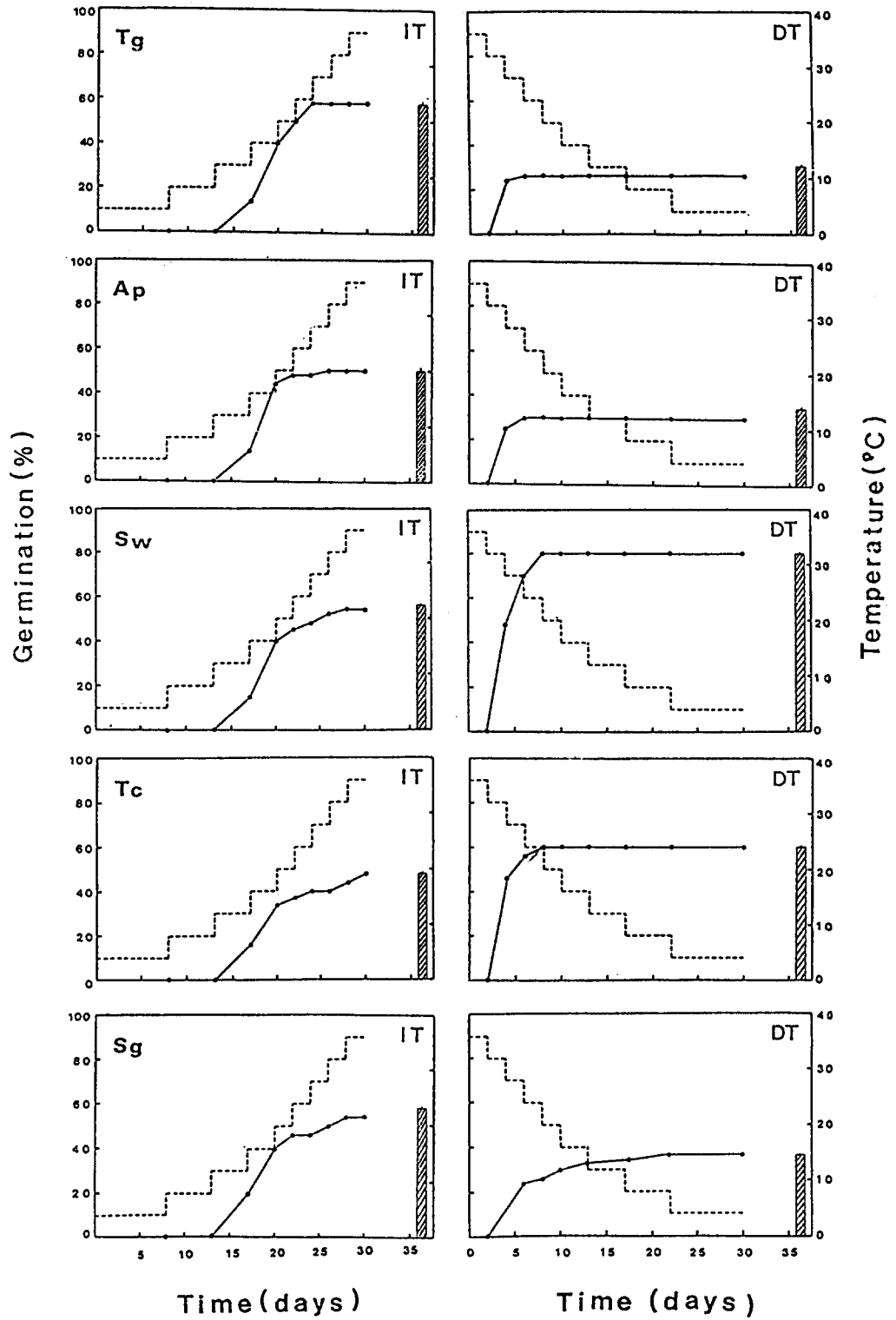
9개 지역 개체군으로부터 채종한 애기수영 종자의 온도 변화에 따른 발아반응을 조사한 결과는 Fig. 1과 같으며 개체군 종자의 DT와 IT regime에서의 발아반응에 따라 4 그룹으로 구분되었다.

첫번째 그룹은 대관령(Tg)과 알프스 산장(Ap)의 개체군으로 DT regime에서의 최종발아율은 각각 24%와 30%이고, IT regime에서의 최종발아율은 각각 60%와 56%였다. IT regime에서 대관령 개체군은 24℃에서 발아가 정지되었으며 최저한계온도와 최고한계온도는 각각 12℃와 24℃고, 알프스 산장 개체군에서는 12℃와 22℃였다. Washitani와 Takenaka(1984)의 방법에 의해 base temperature를 5℃로 가정하였을 때의 적산온도를 구하면 IT regime의 경우, 대관령 개체군은 43~140 Kd(K: Kelvin, d: day), 알프스 산장 개체군에서는 43~110 Kd의 범위를 나타내었다. 그리고 두 개체군 모두 DT regime의 최저온도인 4℃에 노출시킨 후 25℃로 7일간 처리하였을 때 발아율이 약간씩 증가하였다. 한편, 파종 후 최초의 발아는 두 지역의 개체군에서 모두 IT regime의 경우는 13일, DT regime의 경우는 2일이 소요되었다. 대관령 개체군의 IT regime은 발아개시 후 60% 이상의 발아율을 보이는데 13일, 알프스산장 개체군에서는 IT regime의 경우 56% 이상의 발아율을 보이는데 13일이 소요되었다.

두번째 그룹은 DT regime에서 최종발아율이 60% 이상인 수원(Sw), 대천(Tc) 지역의 개체군이었다. 수원 개체군의 경우, IT와 DT regime의 최종발아율이 각각 54%, 80%로 IT와 DT regime간의 발아율의 차이가 26%였다. 대천 개체군의 경우, IT, DT regime간의 최종발아율이 각각 48%와 60%로, IT regime과 DT regime간에 발아율의 차이는 12%였다. 수원과 대천 개체군 모두 최저 한계온도는 12℃, 최고 한계온도는 32℃였다. DT regime의 발아 곡선형으로부터 요구되어진 적산온도의 범위가 수원은 120~240 Kd, 대천은 110~240 Kd로 나타났다. DT regime의 경우 발아 4일 후 32℃로 처리하였을 때, 수원 개체군은 40%의 발아율을, 대천 개체군은 46%의 발아율을 나타내었다. 각 개체군의 DT regime에서 발아개시 후 각각 80%와 60%의 발아율을 보이는데 6일이 소요되었으며, 발아 8일 후인 24℃이하의 온도부터는 발아가 일어나지 않았다.

세번째 그룹은 DT regime의 경우 발아율의 증가가 서서히 이루어지는 석곡(Sg), 목포(Mp) 지역의 개체군이었다. 석곡 개체군은 IT regime과 DT regime의 최종발아율이 각각 54%와 38%이며, 목포 개체군은 각각 56%와 40%였다. 또한 두 지역의 개체군 모두 최저 한계온도와 최고 한계온도는 12℃와 30℃였고, 발아를 위한 개체군의 적산온도가 석곡은 110~310 Kd이고, 목포는 120~310 Kd의 범위를 나타내었다. 석곡과 목포 개체군에서 파종 후 최초의 발아는 IT regime의 경우 13일, DT regime의 경우 모두 4일이 소요되었으며, DT regime에서 발아개시 후 38%와 40%의 발아율을 보이는데 모두 20일이 소요되었다.

네번째 그룹은 간성(Ks)과 속초(Sc), 주문진(Cm)의 개체군으로 IT regime에서의 최종발아율이 각각 24%, 26%, 32%, DT regime에서는 26%, 14%, 24% 이하의 발아율을 나타내었다. 간성, 속초, 주문진 개체군에서는 파종한 후 최초의 발아가 IT regime의 경우 각각 17, 13, 17일



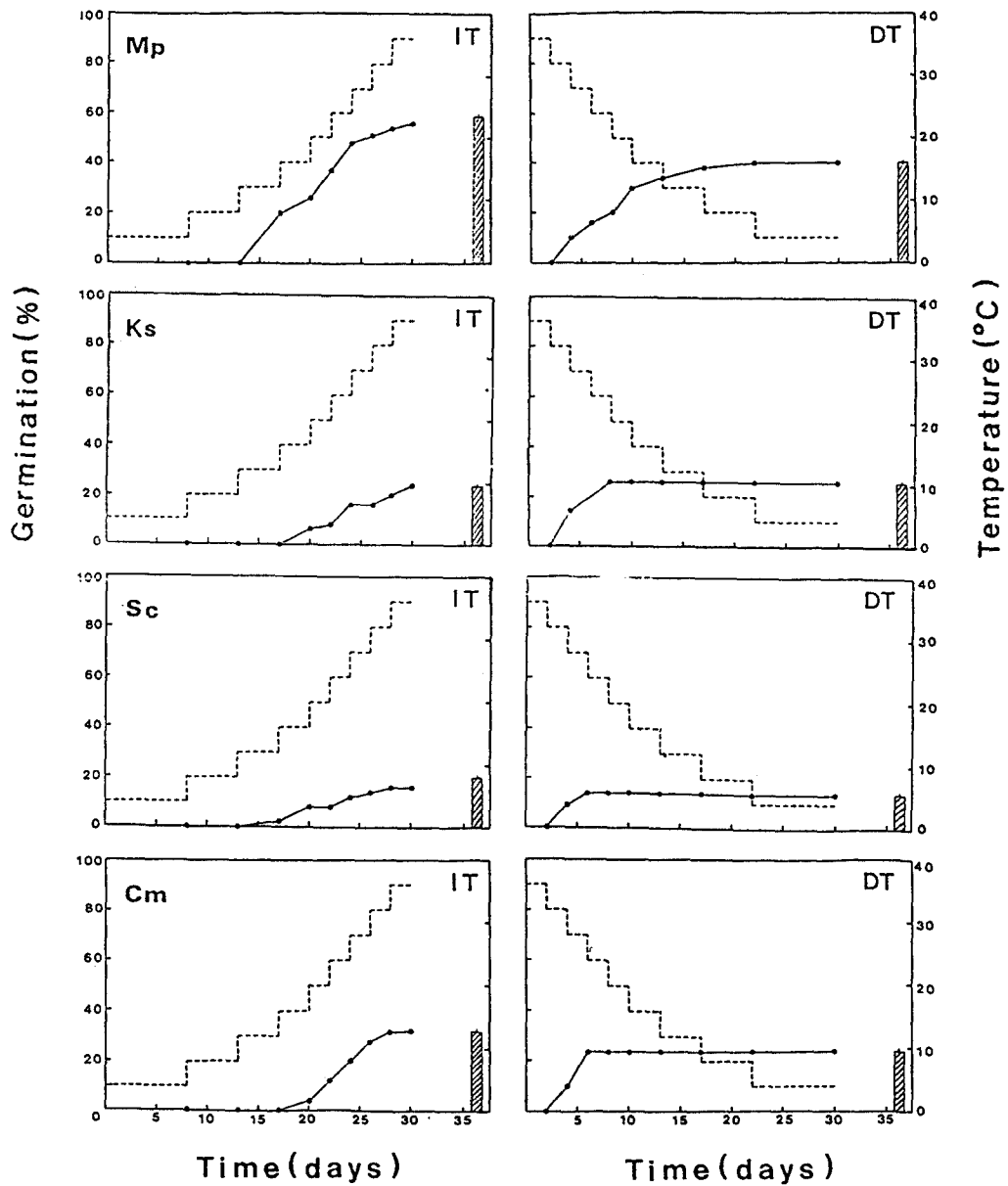


Fig. 1. Germination behaviors of the nine seed populations of *Rumex acetocella* L. in a test system. The dotted lines show the courses of temperature change, and hatched bars, the maximum germination percentage under IT or DT regime, obtained after the seeds were additionally subjected to alternation temperature of 12°C (17h) and 24°C (7h) after IT regime, or 25°C after DT regime, for 7 days.
 Tg: Taegwallyong, Ap: Alps lodge, Sw: Suwon, Tc: Taechon, Sg: Sukgok, Mp: Mokpo, Ks: Kansong, Sc: Sokcho, Cm: Chumunjin, IT: Increasing temperature, DT: Decreasing temperature.

이 소요되었으며, 최저, 최고 한계온도는 16~32℃이며, 간성과 주문진 개체군에서 요구되는 적산온도의 범위는 80~240Kd로 나타났다. 간성, 속초, 주문진 개체군의 경우 DT regime의 최종 발아율이 각각 14%, 26%, 24%로 발아개시 후 4, 6, 4일 소요되었다.

향온 발아 실험

향온에서 개체군의 최종발아율은 Table 2와 같으며, 온도와 발아속도와의 관계에 따른 각 개체군 간의 thermal time(Kd), base temperature(℃), r^2 는 Table 3과 같다. 첫번째 그룹인 대관령 개체군은 12~24℃에서 53%이상의 발아율을, 알프스 산장 개체군은 8~20℃의 온도범위에서 60%이상의 최종발아율을 나타내었고, 발아 속도에 있어서도 온도의 증가에 따라 직선적으로 증가하였다. 대관령 개체군은 10~50%의 발아율을 나타내는 개체군의 base temperature가 4.78~2.06℃, 알프스산장의 경우는 2.07~-3.31℃로 발아율이 높아질수록 낮아졌다. 대관령 개체군은 10%에서 50%까지 발아에 필요한 적산온도가 54~119 Kd이고, 알프스 산장 개체군의 10%에서 60%까지의 적산온도는 53~135 Kd였다. 두번째 그룹에서는 12~24℃의 온도범위에서 60%이상의 발아율을 나타내는 수원(Sw)과 대천(Tc) 개체군으로 온도가 증가함에 따라 발아속도가 직선적으로 증가하였다. 수원과 대천 개체군의 경우 10%에서 60%까지의 적산온도는 각각 42~90 Kd, 43~62 Kd였다. 세번째 그룹은 석곡(Sg)과 목포(Mp)개체군으로 12~24℃의 온도범위에서 60%이상의 발아율을 보였으며, 이 그룹의 개체군 역시 온도의 증가에 따라 발아속도가 직선적으로 증가하였다. 10%에서 60%까지의 적산온도는 석곡 개체군이 34~52Kd였고, 목포 개체군은 36~76 Kd였다. 네번째 그룹인 간성(Ks), 속초(Sc), 주문진(Cm)에서 간성과 속초의 개체군은 각각 12~20℃와 16~24℃의 범위에서 30%이상 발아하는 지역으로 가장 낮은 발아율을 보였으며, 주문진 개체군(Cm)은 12~24℃의 온도범위에서 50%이상의 발아율을 나타내었다. 이 그룹 역시 발아율과 발아속도가 직선적으로 증가하였으며, 간성과 속초 개체군은 10%에서 30%까지의 적산온도가 간성 개체군의 경우 68~151 Kd였고, 속초 개체군은 89~145 Kd, 주문진 개체군은 10%에서 50%까지의 적산온도가 74~135 Kd였다. 또한 지역별 발아율에 따른 적산온도는 Fig. 2와 같다.

Table 2. Effects of temperature on the germination rate (%) of the *Rumex acetocella* L. seeds in nine local populations

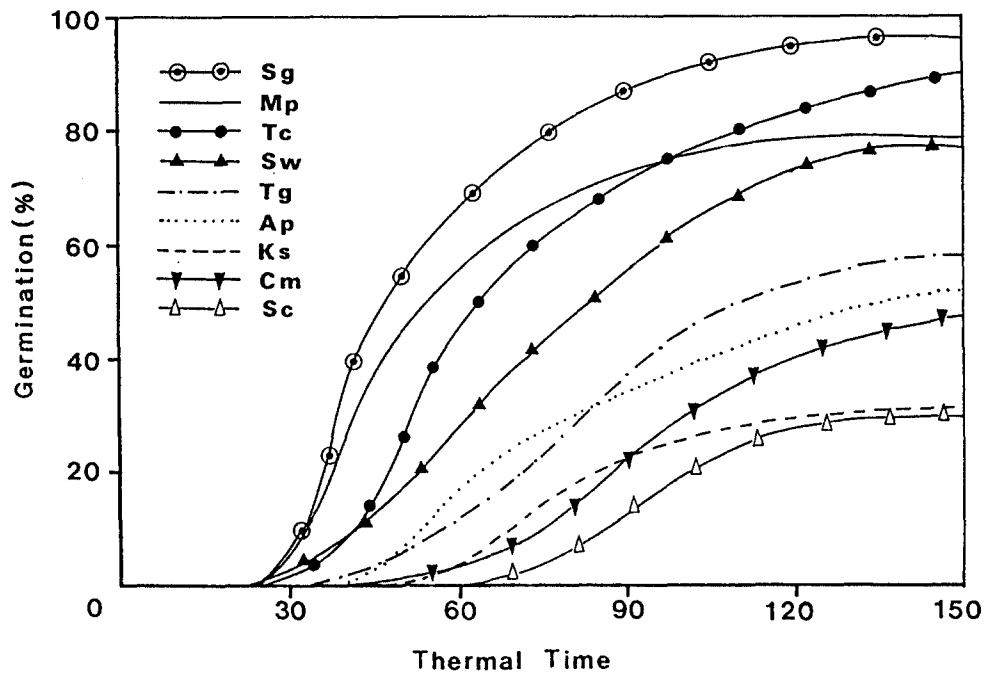
Population	Temperature (℃)							
	6	8	12	16	20	24	28	32
Taegwallyong	9	28	53	60	54	58	34	28
Alps lodge	29	70	68	82	79	51	34	27
Suwon	15	30	60	64	78	68	59	57
Taecheon	21	45	88	83	85	85	60	52
Sukgok	10	34	70	68	71	74	53	46
Mokpo	23	52	62	61	71	68	43	24
Kansong	8	21	40	35	38	23	17	12
Sokcho	9	15	16	31	33	35	14	12
Chumunjin	10	24	56	80	59	58	41	29

Table 3. Parameters of linear regressions of the germination rates for the subpopulations characterized by 10~60 % germination

Population	Subpopulation (% germination)	Thermal time (Kd)	Base temperature (°C)	r ²
Tagwallyong	10	54	4.78	0.9967
	20	71	2.67	0.9907
	30	82	2.31	0.9946
	40	87	2.85	0.9996
	50	119	2.06	0.9678
	60	—	—	—
Alps lodge	10	53	2.07	0.9765
	20	75	-0.13	0.9966
	30	85	-0.52	0.9913
	40	109	-2.19	0.9838
	50	131	-3.31	0.9787
	60	135	-2.11	0.9746
Suwon	10	42	5.81	0.9820
	20	51	5.12	0.9670
	30	57	5.10	0.9558
	40	70	4.71	0.9566
	50	85	3.67	0.9642
	60	90	3.65	0.9890
Taechon	10	43	5.80	0.9719
	20	46	5.59	0.9844
	30	49	5.25	0.9880
	40	51	5.41	0.9716
	50	57	4.82	0.9816
	60	62	4.03	0.9724
Sukgok	10	34	7.39	0.9636
	20	35	7.84	0.9583
	30	39	7.35	0.9717
	40	43	7.30	0.9762
	50	46	7.30	0.9743
	60	52	7.05	0.9743
Mokpo	10	36	5.44	0.9752
	20	38	6.11	0.9878
	30	40	6.82	0.9864
	40	44	6.58	0.9886
	50	61	4.74	0.9823
	60	76	5.03	0.9956
Kansong	10	68	2.24	0.9995
	20	83	1.44	0.9965
	30	151	-1.59	0.9816
	40	—	—	—
	50	—	—	—
	60	—	—	—

Table 3. Continued

Population	Subpopulation (% germination)	Thermal time (Kd)	Base temperature (°C)	r ²
Sokcho	10	89	0.22	0.9982
	20	97	0.48	0.9999
	30	145	-2.31	0.9915
	40	-	-	-
	50	-	-	-
	60	-	-	-
Chumunjin	10	74	3.82	0.9796
	20	85	3.36	0.9943
	30	96	2.80	0.9829
	40	118	1.11	0.9873
	50	135	1.33	0.9696
	60	-	-	-

**Fig. 2.** Relationship between the cumulative proportion of germination and the required thermal time of the subpopulations in nine collected sites.

Sg: Sukgok, Mp: Mokpo, Tc: Taechon, Sw: Suwon, Tg: Taegwallyong, Ap: Alps lodge, Ks: Kansong, Cm: Chumunjin, Sc: Sokcho.

고 찰

본 실험에 있어서 IT와 DT regime의 test system을 통해 발아곡선을 비교함으로써 (Fig. 1)

애기수영 개체군 종자의 온도에 대한 발아반응 특성을 알 수 있었다. Inoue와 Washitani(1989)는 이러한 test system을 통해 특정 온도 범위에서 야기되는 휴면의 유도, non-dormant seed에서 발아를 위해 허용되는 적정 온도범위, 발아를 위한 thermal time의 요구도 등을 알 수 있다고 하였다. 또한 이들은 *Campanula punctata*에 있어서 발아반응의 지리적 변이를 조사하였는데, 그 결과 높은 온도에 의한 종자의 2차 휴면유도의 존재여부와 범위로써 발아시기의 선택전략을 알 수 있으며, 발아에 요구되는 thermal time과 seed population의 지역적인 분포는 발아시기의 변이를 조절하는 메카니즘과 관련되어 있다고 하였다.

첫번째 그룹은 IT regime의 최종발아율이 DT regime보다 높은 대관령과 알프스 산장 개체군으로, IT regime에서 12℃ 이상으로 온도가 상승함에 따라 급격한 발아율의 증가를 보이다가 24℃ 이후 부터는 발아가 정지된 개체군으로, 이 두 개체군은 대개 봄에 발아가 일어난다고 예측할 수 있다. 두번째 그룹은 DT가 IT regime보다 더 높은 발아율을 나타내는 수원, 대천 개체군으로, DT regime에서 36℃부터 온도가 하강함에 따라 발아율이 급격히 증가하다가 24℃ 이하로 온도가 하강하면서 발아가 정지된 개체군으로, 이 두 개체군은 늦여름에서 초가을까지 비교적 동시적인 발아가 일어나는 것으로 생각된다. 세번째 그룹에 속하는 석곡과 목포 개체군의 경우는 DT regime에서 36℃부터 온도가 하강함에 따라 발아율은 서서히 증가하다가 8℃ 이하로 온도가 하강하면서 발아가 정지된 개체군으로, 이 두 개체군은 늦가을에서 시기를 달리하여 서서히 발아가 되는 것이다. 네번째 그룹의 간성, 속초, 주문진 개체군은 IT regime에서 최종발아율이 각각 26% 정도로 낮았으며, DT regime에서 36℃부터 온도가 하강함에 따라 발아율이 증가하다가 28℃와 24℃ 이하로 온도가 하강하면서 발아는 정지되었다. 이 세 개체군은 비록 발아율은 낮지만 가을에 동시적인 발아가 일어난다고 예측할 수 있다.

발아단계는 식물의 생활사 중 치사율이 가장 높은 시기이며 (Cook 1979, Harper 1977, Mark and Prince 1981, Silvertown and Dickie 1981) 개체군의 시간적, 공간적 분포를 결정하는 단계로 (Grime 1979, Solbrig 1980) 개체군 간의 변이에 의한 변이를 나타내므로 생태학적 중요성을 지닌다고 한다 (Augspurger 1981, Rathcke and Lacey 1985). Inoue와 Washitani(1989)는 서식지가 다른 *Campanula punctata* 발아실험에서 봄발아 개체군의 경우 가을에 분산된 종자들은 가을철 발아를 억제시켜 발아를 지연시키며, 요구된 적산온도의 범위가 좁게 나타났다고 하였다.

첫번째 그룹의 대관령과 알프스 산장 개체군에서 요구되는 적산온도 범위는 각각 43~110Kd와 42~140Kd로 그 범위가 좁게 나타나며, 기온이 낮은 겨울은 종자가 휴면상태로 지내고 봄에 발아하는 개체군이므로 Inoue와 Washitani(1989)의 결과와 일치되는 것으로 생각한다. 또한 Courtney(1968)는 봄발아 종자의 경우 여름의 높은 온도에 의해 여름-가을 휴면이 유도되며, 겨울의 낮은 온도에 의해 휴면이 타파된다고 하였고 이(1991)는 *Taraxacum officinale*에서 고온에 의해 유도된 2차 휴면이 저온에 의해 다시 타파될 수 있음을 제시하였다. 이것은 DT regime에서 최저온도인 4℃에 노출된 후 25℃에서 약간의 발아율이 증가한 본 실험과 유사한 경향을 보이는 것이다. 두번째 그룹인 수원과 대천 개체군은 겨울을 넘기기 위한 전략으로 기온이 낮은 시기에 유묘생체량을 충분히 확보하고 늦여름부터 초가을에 걸쳐 동시적인 발아를 하는 것으로 생각된다. 한편 Inoue와 Washitani(1989), 그리고 이 등(1993)은 위도가 다른 지역 개체군은 고위도의 개체군에 있어서 발아가 비교적 동시에 빨리 이루어지며, 저위도의 개체군은 시기를 달리하여 느린 발아를 보인다고 하였다. 세번째 그룹의 석곡과 목포 개체군에 있어서 지연된 발아는, 남쪽에서의 따뜻한 겨울의 기후조건에 의해 유묘단계에서 충분히 겨울을 이겨나갈 수 있으므로 늦가을 동안 서로 시기를 달리하여 발아가 이루어지는 것으로 보아 위의 보고와 일치하고 있다. 네번

제 그룹인 간성, 속초, 주문진 지역의 지리적인 특징은 근해에 동한해류와 북한해류가 교류하는 지역이며, 태백산맥이 한냉한 북서계절풍을 막아주는 역할을 한다. 그러므로 겨울은 비교적 따뜻하고 여름은 서늘하여 같은 위도상에 있는 서해안과 내륙지역보다 겨울은 2~3℃ 높은 반면에 여름은 25℃내외로 낮은 남부동안형 기후구에 속하는 지역이다 (권 1987). 이 지역에서 DT regime의 발아율은 아주 낮지만, 그 발아양상은 가을에 동시적인 발아 유형을 나타낸다. 즉 연평균 온도분포가 대천지역과 비슷하므로 가을의 동시적인 발아는 겨울동안 유묘의 치사율을 낮추기 위한 전략이라고 예측할 수 있다.

Hegarty(1973), Thompson과 Fox(1976), 그리고 Washitani와 Takenaka(1984) 등은 야생종의 경우 sub-optimal 범위내에서 요구되는 기본적인 온도와 적산온도는 온도와 발아율 사이에서 정비례 관계를 나타낸다고 하였다. 본 실험에서도 각 지역에 따른 10%에서부터 60%의 발아에 요구되는 적산온도는 Fig. 2와 같다. 즉 같은 발아율에 필요한 적산온도는 저위도의 따뜻한 지역인 세번째 그룹에서 가장 적고, 위도와 고도가 높으며 온도가 낮을수록 적산온도는 크게 요구되어 비례관계를 나타낸다고 볼 수 있다.

애기수영 종자의 경우 IT와 DT regime에서 나타난 지역별 발아시기 선택에 대한 전략과 발아시 요구되는 적산온도에 따른 발아습성의 다양성은 그들의 종자번식에 있어서 환경에 적응하기 위한 생태적인 전략임을 알 수 있다. 이러한 애기수영 종자의 지리적 변이에 관한 보고는 최근 목축지역의 초지에 침입하여 많은 군락을 형성하여 목초재배에 피해를 주고 있는 애기수영의 제거에 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

위도와 고도가 다른 9개 지역(대관령, 알프스 산장, 간성, 속초, 주문진, 수원, 대천, 석곡, 목포)에서 애기수영(*Rumex acetocella* L.) 개체군의 종자를 채집하여 발아습성에 따른 지리적 변이를 조사한 결과, 발아 양상에 따라 4개의 그룹으로 구분되었다. 첫번째 그룹은 대관령, 알프스 산장의 개체군으로 봄발아형이었으며, 두번째 그룹은 수원, 대천 개체군으로 늦여름에서 초가을동안 동시적으로 발아하며, 세번째 그룹인 석곡과 목포 개체군은 늦가을에 시기를 달리하여 서서히 발아하는 패턴을 보였다. 첫번째, 두번째, 세번째 그룹에 있어서 10~60% 까지의 발아율을 나타내는데 필요한 적산온도는 저위도일수록 적고, 고위도일수록 적산온도의 값은 크게 나타났다. 그러나 위도가 높은 네번째 그룹의 간성, 속초, 주문진 지역은 항온에서의 발아반응도 적정 온도의 범위가 좁으며, 10~30% 까지의 발아율을 나타내는데 필요한 적산온도가 가장 높게 나타났다. 이와 같이 애기수영은 같은 종내에서도 서식지에 따라 개체군의 발아습성이 현저히 다르게 나타나며, 이러한 지리적 변이는 그 식물의 성장과 번식 등 생존을 위하여 다양한 환경에 적응하는 생태적 전략으로 사료된다.

인용문헌

- 권혁재. 1987. 한국지리. 범문사. pp.132-137.
 기상월보. 1985-1991. 기상청. 서울.
 이호준. 1979. 질경이(*Plantago asiatica* L.)의 생태형에 관한 연구. 효성여자대학교 연구 논문집. 21:3-45

- 이호준. 1991. 분포지역에 따른 서양민들레(*Taraxacum officinale* Weber) 종자의 발아습성의 지리적변이. 건국대학교 기초과학연구소 이학논집. 16:75-83.
- 이호준·박소현·조은부. 1993. 분포지역에 따른 지칭개(*Hemistepta lyrata*) 개체군의 발아습성 및 유식물 생장의 지리적 변이. 한국생태학회지 16: 39-50.
- 한국기후편람. 1985. 기상청, 서울.
- 青葉高. 1967. *Allium* 屬花きの種子發芽に及ぼす溫度條件の影響. 國藝學會雜誌 36:333-338.
- Augsburger, C.K. 1981. Reproductive synchrony of a tropical shrub : experimental studies on effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). J. Ecol. 62:775-788.
- Baskin, J.M. and C.C. Baskin. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds : A Continuum. Bioscience 35:492-498.
- Baskin, C.C. and J.M. Baskin. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperature region. Amer. J. Bot. 72:286-305.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Springer-Verlag, Berlin, 375p.
- Cook, R.E. 1979. Patterns of juvenile mortality and recruitment in plants. In Topics in Plant Population Biology. O.T. Solberg, S. Lain, G.B. Johnson and P.H. Raven (eds.). Columbia University Press, New York. pp.207-231.
- Courtney, A.D. 1968. Seed dormancy and field emergence in *Polygonum aviculare*. J. Appl. Ecol. 5:675-683.
- Garcia-Huidobro, J., J.L. Monteith, and G.K. Squire. 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum tyohoides* S. & H.). Experimental Bot. 33:288-296.
- Grime, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley and Sons, Chichester, p.222.
- Grime, J.P., G. Mason, A.V. Curtis, J. Rodman, S.R. Band, M.A.G. Mawforth, A.M. Neal and S. Shaw. 1981. Comparative study of germination characteristics in a local flora. Ecology 69:1017-1059.
- Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London New York, p.892.
- Hegarty, T.W. 1973. Temperature coefficient (Q^{10}), seed germination and other biological processes. Nature 243:305-306.
- Inoue, K. and I. Washitani. 1989. Geographical variation in thermal germination responses in *Campanula punctata* Lam. Plant Species Biol. 4:69-74.
- Mark, M.K. and S.D. Prince. 1981. Influence of germination data on survival and fecundity in wild lettuce *Lactuca seriola*. Oikos 36:326-330.
- Peacock, J.T. and C. McMillan. 1965. Ecotypic differentiation in *Prosopis* (mesquite). J. Ecol. 46:35-51.
- Rathcke, B. and E.P. Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 16:179-214.
- Silvertown, J.W. and J.B. Dickie. 1981. Seedling survivorship in natural population of nine perennial chalk grassland plants. New Phytol. 88:555-558.

- Solbrig, O.T. 1980. Demography and natural selection. In O.T. Solbrig (ed.) Demography and evolution in plant strategy. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp.1-20.
- Sterns, F. and J. Olson. 1958. Interactions of photoperiod and temperature affecting seed germination in *Tsuga canadensis*. Amer. J. Bot. 45:53-58.
- Thompson, P.A. and D.J. Fox. 1976. The germination responses of vegetable seeds in relation to their history of cultivation by man. Scientia Horticulturae 4:1-14.
- Washitani, I. 1984. Germination responses of a seed population of *Taraxacum officinale* Weber to constant temperatures including the supra-optimal range. Plant, Cell and Environment, 7:655-659.
- Washitani, I. and A. Takenaka. 1984. Mathematical description of the seed germination dependency on time and temperature. Plant, Cell and Environment 7:359-362.
- Washitani, I. and K. Ogawa. 1989. Germination responses of *Taraxacum platycarpum* seeds to temperature. Plant Species Biol. 4:123-130.

(1995년 5월 3일 접수)