

## 두 외래종 민들레 번식 특성의 계절적 변이

강혜순·최유미

성신여자대학교 자연과학대학 생물학과

### Seasonal Variation of Reproductive Characters in Two Introduced Species of *Taraxacum*

Kang, Hyesoon and Yumi Choi

Department of Biology, Sungshin Women's University

#### ABSTRACT

Ecological success of introduced species is frequently attributed to the reproductive characters of those species. We examined the relationship between both flowering season and plant size and reproductive characters in two introduced species of *Taraxacum*, e.g., *T. officinale* and *T. laevigatum*. Seventy six plants of *T. officinale* and 23 plants of *T. laevigatum* were randomly tagged from a population at the Sungshin Women's University in April of 1997. The size and number of vegetative characters such as rosette diameter, leaf number, and the largest leaf length and width were measured for each plant at the onset of flowering. The infructescence was collected continually from each plant before seed dispersal from April to August of 1997. The number of infructescence per plant, and seed number and total seed weight per infructescence were measured. Mean individual seed weight per infructescence was also obtained. *T. officinale* possessed larger sized, but smaller number of, leaves than *T. laevigatum*, thereby resulting in no significant difference in total leaf area. There was a trend that vegetatively larger plants in both of these species produced reproductive characters larger in size or greater in number, except for seed number and total seed weight per infructescence in *T. laevigatum*. All reproductive characters examined in *T. officinale* decreased toward the end of flowering season. In *T. laevigatum*, infructescence number per plant also declined during a flowering season; however, mean seed number per infructescence increased toward the end of flowering season with no significant seasonal change in the total seed weight per infructescence. *T. officinale* produced on average about twice as many seeds per plant as *T. laevigatum* during a growing season. These two *Taraxacum* species produced quite small seeds in size compared to the endemic species, exhibiting a far better dispersal ability of introduced species. These data demonstrate that most reproductive characters decline in size and number in both species during a long flowering period, but the two species appear to employ different strategies to achieve reproductive success in disturbed habitats.

*Key words*: Introduced species, Effect of flowering season, Plant size, Reproductive characters, *Taraxacum officinale*, *T. laevigatum*.

## 서론

현재 우리 나라의 자연 생태계에는 많은 외래종이 침입하여 재래종과 특산종의 서식지를 차지하고 있다. 이러한 외래종의 침입은 고유 생물의 종다양성을 감소시키는 한 요인이기 때문에 외래종에 대한 처리가 현재 보존생태학의 과제가 되고 있다. 외래종이 재래종에 비해 성공적인 이유로는 새로운 서식지와 환경에의 빠른 적응, 질병, 기생 생물, 포식자, 경쟁자로부터의 성공적인 도피, 높은 번식력 등을 들 수 있다 (Cox 1993). 특히 Baker (1974)는 외래종 성공의 요인 중 높은 번식력의 중요성을 강조하였다. 성공적인 외래종의 경우를 민들레속 (*Taraxacum*)에서도 찾아 볼 수 있다. 우리나라에는 민들레 (*T. mongolicum* H. Mazz), 산민들레 (*T. ohwianum* Kitamura), 흰민들레 (*T. coreanum* Nakai), 좁민들레 (*T. hallaisanense* Nakai) 등의 특산종 민들레가 있는데 (이, 개인적 대화) 그 서식지가 갈수록 협소해지고 있는 추세이다. 반면 외래종인 서양민들레 (*T. officinale* Weber)와 근래 박 (1995)에 의해 알려진 붉은씨 서양민들레 (*T. laevigatum* Dc)는 급속히 퍼지고 있다. 이런 외래종 민들레의 침입을 증가는 우리나라와 기후가 비슷한 일본에서도 발생한 바 있다 (Sawada *et al.* 1982, Ogawa *et al.* 1991).

민들레는 유성번식과 단위번식을 겸비하는 식물이다 (Janzen 1977). 이들은 무성번식함으로써 화분 분산자가 없는 불리한 환경하에서도 번식적 적응도를 높이며 (Willson 1983) 결과적으로 전 세계적으로 널리 분포되어 있다 (Mogie and Ford 1988). 재래종과 외래종 민들레는 형태적, 유전적 차이를 보인다. 재래종 민들레는 외포편이 곧추 서있는 반면 외래종 민들레는 뒤로 젖혀져 있다 (이 1979). 재래종인 좁민들레 (*T. hallaisanensis* Nakai)는  $2n=16$ , 흰민들레 (*T. coreanum* Nakai)는  $2n=32$ 이나 서양민들레 (*T. officinale* Weber)는  $2n=24$ 이다 (이와 오 1969). 최근에 박과 박 (1997)은 재래종 민들레 (*T. mongolicum*, *T. coreanum*)와 외래종 민들레 (*T. officinale*)의 개화 횟수에 큰 차이가 있음을 보인 바 있다. 그러나 이들의 연구는 계절의 진행과 환경의 영향을 크게 받는 식물체의 크기가 민들레의 번식력에 미치는 영향을 고려하지 않았다.

식물의 번식자원이 계절에 따라 감소한다는 것이 여러 식물에서 보여진 바 있다. 애기똥풀의 꽃과 열매 크기가 계절에 따라 감소하였고 (Kang and Primack 19-

91) 꽃고비과 (Polemoniaceae)와 근린과인 Hydrophyllaceae도 계절에 따라 번식 특성이 점차 감소하였다 (Wolfe 1992). 번식 자원이 제한되어 있다는 것이 민들레에도 적용이 된다면 한 생육기간내 다회번식하는 민들레의 경우 계절의 경과에 따라 번식특성의 수와 크기의 감소가 현저하리라 예상된다. 또한 영양기관의 크기가 사용 가능한 자원의 양과 비례한다면 로제트의 지름, 개체당 잎의 수, 가장 큰 잎의 길이와 폭, 개체당 총 엽면적 등 민들레의 여러 영양기관의 크기가 클수록 광합성 산물의 생산에 유리하여 상대적으로 많은 자원을 번식에 분배하리라 믿어진다. 특히 서양민들레와 붉은씨 서양민들레의 잎 가장자리의 갈라짐은 교란된 지역일수록 개체간 변이가 크며 스트레스가 심한 환경에서 갈라지는 정도가 심해지며 (Taylor 1987) CO<sub>2</sub> 농도가 높아도 잎 가장자리가 깊게 갈라진다 (Thomas and Bazzaz 1996). 이들 연구들은 민들레의 영양기관이 환경적 영향을 크게 받는다는 것을 보여주고 있다. 광합성 자원의 생산과 밀접히 관련된 영양기관의 변화는 번식력에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 민들레의 종자 생산과 관련된 번식적 특성이 계절의 진행과 식물체의 크기와 같은 요인과 독립적인지를 분석하였다. 또한 한 서식지에 공존하는 두 외래종 민들레가 - 서양민들레와 붉은씨 서양민들레 - 동일한 번식적 전략을 갖는지를 조사하였다.

본 연구에서는 서양민들레와 붉은씨 서양민들레의 두 외래종 민들레에 대한 다음 세가지 의문점을 조사하였다. 첫째, 외래종 민들레의 번식 특성이 계절에 따른 변이를 보이는가? 둘째, 번식 특성의 변이가 식물의 크기와 상관되어 있는가? 셋째, 두 외래종 민들레가 영양기관과 번식 특성에 있어서 차이를 보이는가? 외래종 민들레의 번식 양상에 대한 이와 같은 연구를 통하여 재래종과 특산종 서식지의 빠른 잠식의 기작을 이해함으로써 재래종 식물을 보존하는 근본적인 방향을 제시할 수 있다.

## 재료 및 방법

1997년 4월 이른 봄에 서울시 성북구 동선동 소재 성신여대 교정 내 한 서식지에서 자생하고 있는 서양민들레 (*Taraxacum officinale*) 76개체와 붉은씨 서양민들레 (*T. laevigatum*) 23개체, 총 99개체의 민들레를 무작위적으로 표지하였다. 동시에 각 종의 개체에 대하여 영양기관 특성 (로제트의 지름, 잎의 수, 가장 큰 잎의 길이와

폭)을 측정하였다. 개화 기간중 (4월부터 8월까지) 각 개체에서 종자가 분산하기 직전에 열매차례를 채집하였다. 실험실 상온에서 종자가 충분히 건조되면 열매차례당 총 종자 수와 총 종자 무게를 측정하였다. 종자 무게는 전자 저울 (Mettler Toledo AG204)을 이용하여 0.0001 g까지 측정하였다. 열매차례당 총 종자 무게를 열매차례당 총 종자 수로 나누어 열매차례당 개별 종자 무게를 구하였고 이를 번식 특성에 추가하였다. 개화시기는 개화 초기 (4월 14일~5월 31일), 개화 중기 (6월 1일~6월 30일), 개화 후기 (7월 1일~8월 1일)의 세 무리로 설정하였다. 총 엽면적 (개체당 총 잎의 수×가장 큰 잎의 길이×폭)을 계산하여 식물 크기의 지표로 삼았다. 총 엽면적에 따라 큰 개체 (>100,000 mm<sup>2</sup>), 중간 크기 개체 (10,000 mm<sup>2</sup>~100,000 mm<sup>2</sup>), 작은 개체 (<10,000mm<sup>2</sup>)의 세 무리로 나누었다.

두 종간 영양기관 특성의 차이는 종의 정체를 종속변인으로 하여 일원 분산 분석으로 비교하였다. 외래종 민들레의 여러 번식 특성의 변이에 미치는 계절적 요인과 각 크기 무리의 효과를 알아보기 위하여 독립 변인과 종속 변인을 설정하였다. 계절, 식물의 크기, 종의 정체는 독립 변인으로, 위에서 언급한 여러 번식 특성을 종속 변인으로 취급하였다. 각 번식 특성에 대한 계절과 식물의 크기, 종에 따른 동시적인 효과를 알아보기 위해 삼원 분산 분석을 수행하였다. 이차, 삼차의 상호 작용이 있는 경우 상호 작용이 있는 한 변인에 관하여 데이터를 분리하여 후속적으로 이원, 일원 분산 분석하였다. 각각의 종에 대한 영양기관과 번식 특성간 상관 관계를 조사하기 위해서 0.05% 유의 수준에서 상관 분석하였다. 분산 분석 수행 전에 모든 변인의 정규 분포도를 조사하였으며 SAS (1982)를 이용하여 통계처리하였다.

## 결과 및 고찰

### 영양기관과 번식 특성의 종간 차이

서양민들레가 로제트의 지름 ( $F_{1,97} = 7.91, P = 0.0060$ ), 가장 큰 잎의 길이 ( $F_{1,97} = 12.86, P = 0.0005$ )와 폭 ( $F_{1,97} = 8.89, P = 0.0036$ )에 있어서 붉은씨 서양민들레보다 유의하게 컸다 (Fig. 1). 두 종은 개체당 잎의 수 ( $F_{1,97} = 0.79, P = 0.3771$ )와 총 엽면적 ( $F_{1,97} = 2.86, P = 0.0942$ )에 있어서 유의한 차이가 없었다. 이는 붉은씨 서양민들레는 잎의 크기가 작은 대신 잎의 수가 상대적으로 많음을 의미한다. 이와 같은 결과로 보아 두 종의 광합성

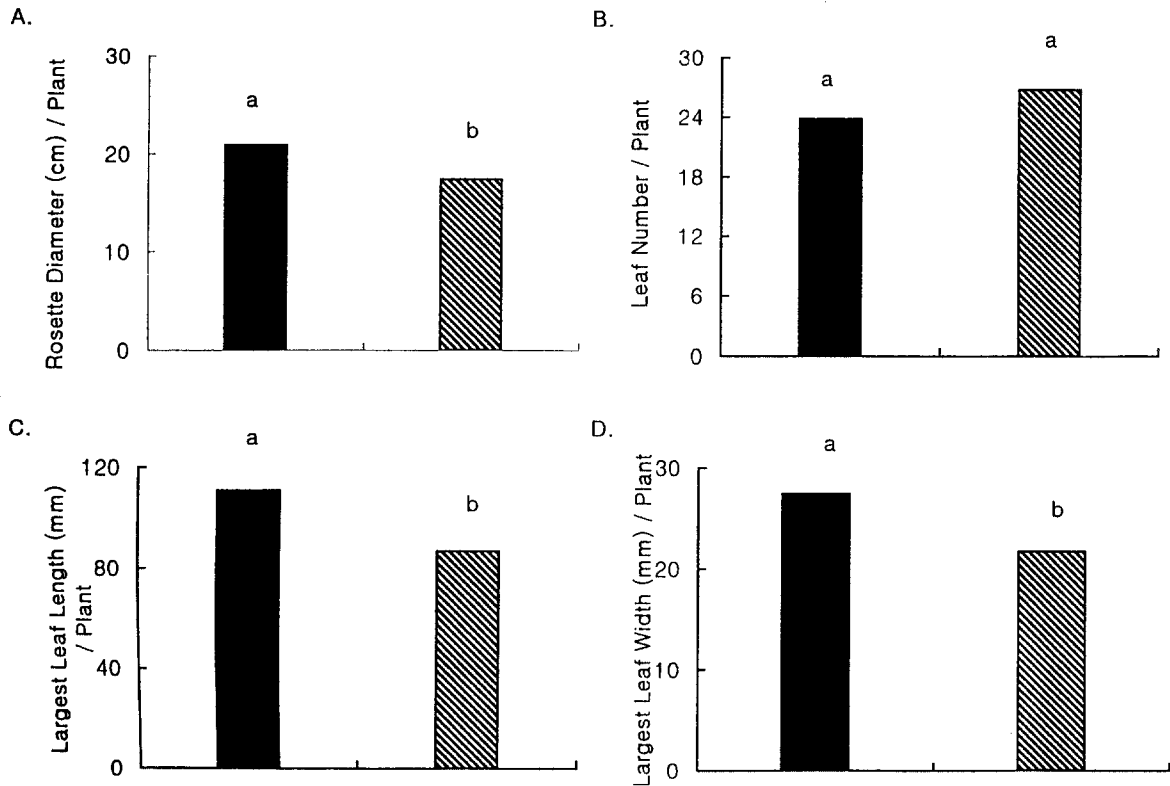
자원 생산력은 크게 다르지 않을 것으로 보인다.

실험 기간동안 서양민들레와 붉은씨 서양민들레가 생산한 열매차례의 수를 주별로 측정한 결과 두 종 모두 개화를 삼회 반복하는 경향을 보였다 (Fig. 2). 모든 화서가 열매차례를 형성하였으므로 이는 외래종 민들레가 한 생육기간에 다회 번식함을 증명해주는 결과이다. 개체군 전체로 보아 서양민들레가 붉은씨 서양민들레보다 계절내내 많은 열매차례를 생산하여 월등한 번식력을 가지고 있음을 알 수 있다 (Fig. 2). 계절과 식물체의 크기에 상관없이 두 종간 번식 특성의 차이를 일원 분산 분석한 결과 개체당 열매차례 수에 유의한 종간 차이가 없었다 ( $F_{1,97} = 1.68, P = 0.1986$ ). 그러나 서양민들레가 붉은씨 서양민들레보다 개체당 총 종자 수가 많았고 ( $F_{1,97} = 44.09, P = 0.0001$ ), 개체당 총 종자 무게도 무거웠다 ( $F_{1,97} = 20.55, P = 0.0001$ ) (Fig. 3). 즉 개화기간중 붉은씨 서양민들레보다 열매차례의 생산이 계속적으로 많았던 서양민들레가 개체군 전체로 보아 많은 종자를 생산한 것이다. 그러나 서양민들레에 비해, 붉은씨 서양민들레의 개체당 개별 종자 무게는 유의하게 무거웠다 ( $F_{1,97} = 5.02, P = 0.0273$ ) (Fig. 3). 이는 개체당 총 종자 수에 있어서는 서양민들레의 64%에 불과한 붉은씨 서양민들레가 무거운 종자를 생산함을 보여준다. 즉 번식시 서양민들레는 많고 작은 종자를, 붉은씨 서양민들레는 적은 수의 큰 종자를 생산하였다. 이와 같은 결과는 한 서식지에서 공존하는 두 종이 종자생산에 관하여 상반되는 번식 전략을 소유하고 있음을 시사한다.

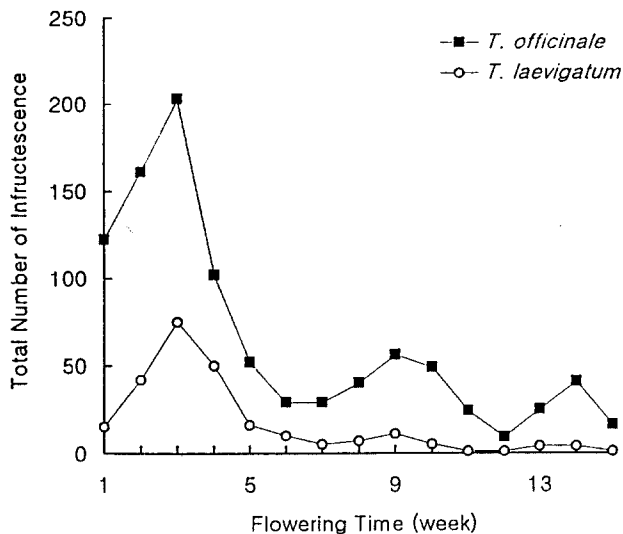
### 영양기관과 번식 특성간 상관 관계

영양기관간 상관 관계를 분석한 결과 두 종 모두 대부분 통계적으로 유의하였다 (Table 1). 즉 두 종에서 모두 로제트가 큰 식물이 크고, 많은 수의 잎을 생산하였다. 이는 어떤 한 영양기관의 환경에 대한 반응이 다른 영양기관의 공변이를 가져올 수 있음을 의미한다.

영양기관과는 달리 번식 특성간의 상관 관계에는 두 종간 차이가 있었다 (Table 1). 서양민들레는 모든 번식 특성들간에 정적으로 유의한 상관 관계를 나타내는 반면 붉은씨 서양민들레는 대부분 상관 관계가 존재하지 않았다. 따라서 두 종의 번식 특성간에는 일반적인 양상이 없다고 결론지을 수 있다. Primack (1987)은 물레나물 (*Calophyllum*), 용설란 (*Agave*), 황기 (*Astragalus*), 십자화 (*Lesquerella*), *Rhacelia*, 박주가리 (*Asclepias*)와 같은 속에서 꽃, 열매, 종자가 종간에 정적으로 상관되



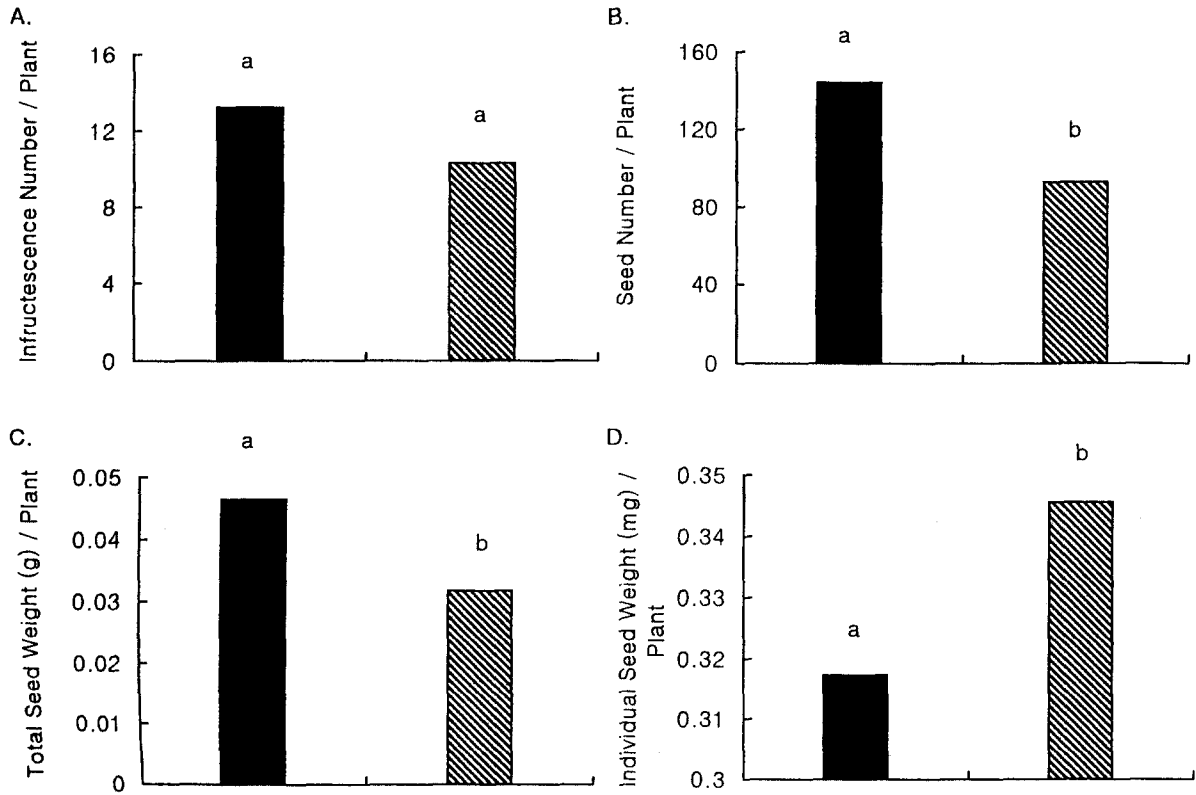
**Fig. 1.** Variation in size and number of vegetative characters of *Taraxacum officinale* (■) and *T. laevigatum* (▨). Means ( $\pm$  SE) of rosette diameter (cm) (A), leaf number (B), largest leaf length (mm) (C), and largest leaf width per plant (mm) (D). Different letters on bars represent a significant difference of means between species at  $\alpha = 0.05$  level.  $N = 76$  and  $23$  for *T. officinale* and *T. laevigatum*, respectively.



**Fig. 2.** Total number of infructescences by flowering time (week) in *Taraxacum officinale* and *T. laevigatum*. All infructescences were counted by weekly intervals for each species.

어 있음을 보여주었다. 즉 종자 수와 종자 크기에는 진화학적 상반 관계가 존재한다는 것이다. 유일한 예외는 몇 속에서의 종자 수와 종자 크기 간 보여진 부적 상관 관계이다. 본 연구에서도 두 종에서 모두 개체당 총 종자 수와 개체당 총 종자 무게 간에 정적인 상관 관계가 있었다. 단기간 모든 자원을 종자 생산에 투자하는 식물의 경우 제한된 자원으로 인하여 종자 수와 크기는 부적으로 상관될 수밖에 없을 것이다. 그러나 외래종 민들레와 같이 장기간에 걸쳐 번식을 한다면 급속한 단기적 자원 부족 현상은 완화될 것이며 따라서 생육 기간 중 생산하는 총 종자 수와 평균 무게가 정적으로 상관된 것으로 추론된다.

영양기관과 번식 특성의 관계를 분석한 결과 서양민들레는 대부분 정적으로 유의한 상관 관계를 나타내었으나 붉은씨 서양민들레는 유의한 상관 관계가 적었다 (Table 1). 집단 내 개체간 생산량 요소의 변이의 대부분이 식물의 크기와 관련되어 있다고 발표된 바 있으며 (Primack 1987, Winn과 Werner 1987), 애기똥풀, 등갈



**Fig. 3.** Variation in size and number of reproductive characters of *Taraxacum officinale* (■) and *T. laevigatum* (▨). Means ( $\pm$  SE) of infructescence number per plant (A), seed number per plant (B), total seed weight (g) per plant (C), and individual seed weight (mg) per plant (D). Different letters on bars represent a significant difference of means between species at  $\alpha=0.05$  level.  $N=76$  and  $23$  for *T. officinale* and *T. laevigatum*, respectively.

퀴나물, 비자나무도 큰 식물일수록 큰 꽃과/또는 많은 열매를 생산하였다 (Kang and Primack 1991, 강 1993, Kang 1996). 서양민들레도 영양기관의 수나 크기가 클수록 광합성 자원 획득에 있어서 유리하며 따라서 번식에 많은 자원을 분배하였다고 사료된다. 붉은씨 서양민들레의 경우에는 두가지 해석이 가능하다. 우선, 표본의 수가 너무 적어서 영양기관과 번식 특성이 일정한 유의한 상관 관계를 나타내지 않았다고 본다. 그러나 붉은씨 서양민들레가 실제로 서양민들레와 다른 자원 분배 양상을 가졌을 수도 있으며 이에 대해서는 표본의 수를 증가시켜 재분석해 볼 필요가 있다.

**번식 특성에 대한 계절, 식물체 크기와 종의 정체의 효과**

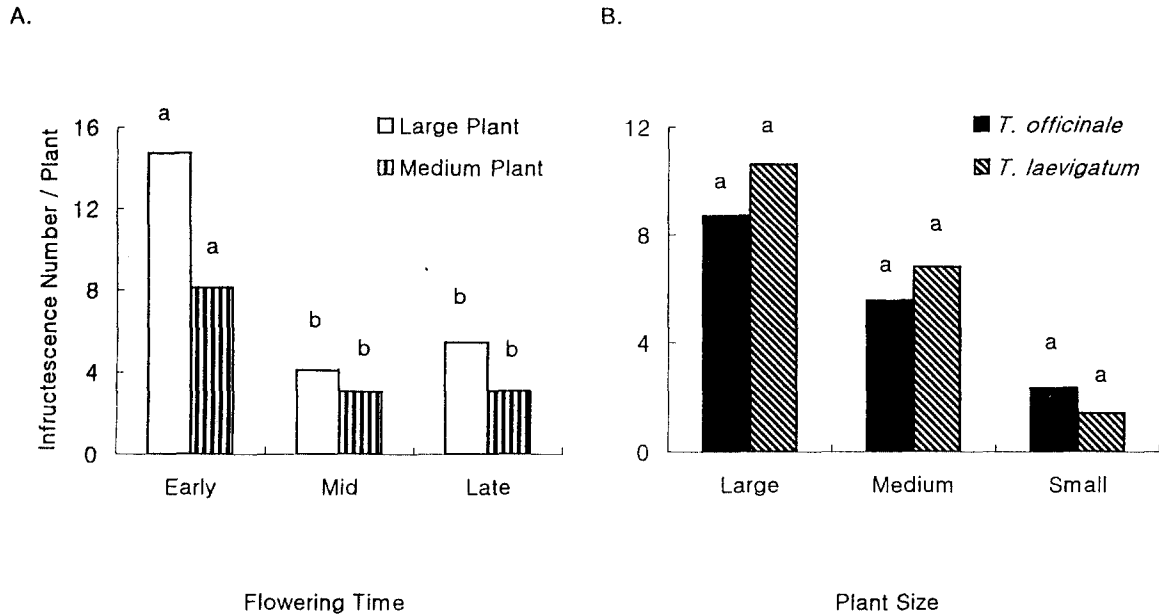
**열매차례의 수** - 열매차례의 수는 삼원 분산 분석 결과 계절과 크기간 이차 상호작용이 매우 유의하였다 ( $F_{3,173}=4.19$ ,  $P=0.0068$ ). 따라서 각 크기 무리에 대하

여 나머지 변인인 계절과 종의 정체의 효과에 대한 이원 분산 분석을 수행하였다. 큰 개체에서는 계절  $\times$  종 상호작용과 종의 정체의 효과가 유의하지 않았다. 그러나 열매차례 수에 대한 계절의 효과는 고도로 유의하였다 (model  $F_{4,57}=17.38$ ,  $P=0.0001$ ; 계절  $F_{2,57}=33.82$ ,  $P=0.0001$ ; 종  $F_{1,57}=0.00$ ,  $P=0.9440$ ; 계절  $\times$  종  $F_{1,57}=1.18$ ,  $P=0.2821$ ). 즉 계절이 경과하면서 열매차례의 수는 유의하게 감소하였다 (Fig. 4A). 개화 초기에 가장 많은 열매차례를 생산하였고 개화 중기, 후기와와의 차이는 3.6배에 이르러서 현저한 생산량의 감소를 알 수 있다. 중간 크기 개체들의 열매차례 수에 대한 계절과 종의 정체에 대한 이원 분산 분석도 매우 유의하였다 (model  $F_{5,109}=8.38$ ,  $P=0.0001$ ; 계절  $F_{2,109}=19.08$ ,  $P=0.0001$ ; 종  $F_{1,109}=0.73$ ,  $P=0.3949$ ; 계절  $\times$  종  $F_{2,109}=1.00$ ,  $P=0.3707$ ). 그러나 큰 개체들과 마찬가지로 열매차례 수는 계절에 따라 매우 유의하게 감소하였다. Tukey test 결과 개화 초기의 열매차례가 가장 많았고

**Table 5.** Correlation coefficients between sizes and numbers of vegetative and reproductive characters in *Taraxacum officinale* (upper half) and *T. laevigatum* (lower half). Sample size is 76 and 23, respectively

| Characters                             | Rosette diameter | Leaf number | Largest leaf length | Largest leaf width | Total leaf area | Inflorescence no./plant | Seed no./plant | Total seed weight/plant | Mean individual seed weight/plant |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Rosette diameter (cm)                  | —                | 0.44 ***    | 0.87 ***            | 0.62 ***           | 0.67 ***        | 0.49 ***                | 0.73 ***       | 0.69 ***                | 0.35 **                           |
| Leaf number                            | 0.65 ***         | —           | 0.48 ***            | 0.17 ns            | 0.78 ***        | 0.82 ***                | 0.19 ns        | 0.26 *                  | 0.26 *                            |
| Largest leaf length (mm)               | 0.47 *           | 0.21 ns     | —                   | 0.68 ***           | 0.78 ***        | 0.51 ***                | 0.68 ***       | 0.64 ***                | 0.33 **                           |
| Largest leaf width (mm)                | 0.80 ***         | 0.52 *      | 0.14 ns             | —                  | 0.60 ***        | 0.27 *                  | 0.65 ***       | 0.66 ***                | 0.43 ***                          |
| Total leaf area (mm <sup>2</sup> )     | 0.67 ***         | 0.73 ***    | 0.72 ***            | 0.51 *             | —               | 0.71 ***                | 0.50 ***       | 0.55 ***                | 0.37 **                           |
| Inflorescence no./plant                | 0.73 ***         | 0.76 ***    | 0.07 ns             | 0.70 ***           | 0.49 *          | —                       | 0.37 ***       | 0.46 ***                | 0.36 ***                          |
| Seed no./plant                         | 0.36 ns          | -0.17 ns    | 0.01 ns             | 0.48 *             | 0.01 ns         | 0.15 ns                 | —              | 0.91 ***                | 0.40 ***                          |
| Total seed weight/plant (g)            | 0.51 *           | 0.02 ns     | -0.05 ns            | 0.73 ***           | 0.15 ns         | 0.30 ns                 | 0.78 ***       | —                       | 0.73 ***                          |
| Mean individual seed weight/plant (mg) | 0.17 ns          | 0.17 ns     | -0.12 ns            | 0.39 ns            | 0.16 ns         | 0.11 ns                 | -0.15 ns       | 0.46 *                  | —                                 |

\* = P < 0.05; \*\* = P < 0.01; \*\*\* = P < 0.001; ns = not significant.

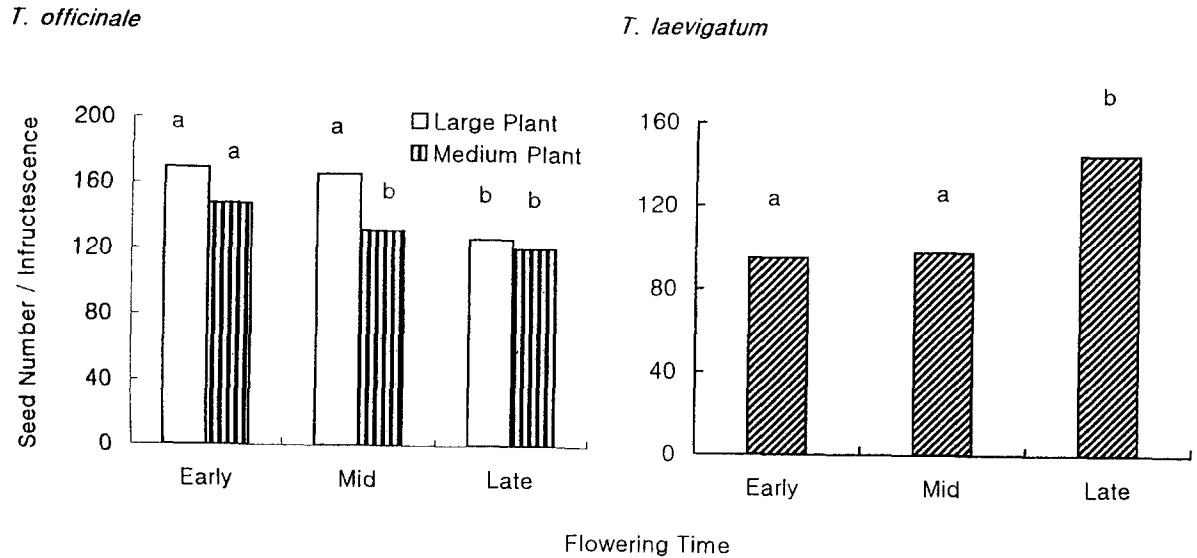


**Fig. 4.** Infructescence number per plant by flowering time (A) and by plant size (B) in *Taraxacum officinale* and *T. laevigatum*. Different letters on bars represent a significant difference of means among plants flowering at different times within size classes (A) and between species within size classes (B). N=26, 21, and 15 for early, mid, and late season, respectively, for large plants in A; N=63, 36, and 16 for early, mid, and late season, respectively, for medium-sized plants in A; N=23, 48, and 5 for large, medium-sized, and small plants, respectively, of *T. officinale* in B; N=3, 16, and 4 for large, medium-sized, and small plants, respectively, of *T. laevigatum* in B.

개화 중기, 후기와 2.7배의 차이가 있었다. 이는 중간 크기의 개체들도 계절 변인에 대해서 영향을 받은 것을 나타낸다. 식물의 크기에 상관없이 종의 정체는 열매차례 수에 영향을 미치지 않았다 (Fig. 4B). 작은 개체들의 경우 어떤 요인도 열매차례 수의 변이에 유의한 영향을 미치지 못하였다 (model  $F_{3,7}=2.56$ ,  $P=0.1378$ ; 계절  $F_{1,7}=0.01$ ,  $P=0.9167$ ; 종  $F_{1,7}=2.88$ ,  $P=0.1333$ ; 계절  $\times$  종  $F_{1,7}=4.48$ ,  $P=0.0722$ ). 큰 개체들과 중간 크기 개체들에서 보여진 열매차례 수의 계절적 감소는 결국 효과적인 자원 분배를 위한 식물의 전략이라고 보여진다. Lloyd (1980)는 식물이 개화기간내 계절적인 자원 분배 조절을 통해 가용 자원을 번식에 투자한다고 주장하였다. 예를 들어 계절의 진행에 따라 가용 자원이 감소하면, 번식 특성인 꽃을 적게 생산하거나 꽃의 크기를 줄인다는 것이다. 이는 종자 생산을 계속하기 위한 모식물의 전략이라고 해석된 바 있다 (Lloyd 1980). 애기똥풀에서도 삼주간 매주 10%씩 꽃의 직경이 감소하였고 (Kang and Primack 1991) 많은 다른 종에서도 화서 크기, 꽃당 배주와 화분 생산량, 종자 무게, 종자의 수와 같은 번식 특성이 개화 기간동안 점점 작아지거나

감소한다 (Wolfe 1992, Obeso 1993). 더우기 *Vicia cracca*, *Aquilegia caerulea*, *Asphodelus albus*의 개체군에서는 개화 초기와 개화 후기간 열매의 생산도 유의하게 감소하였다 (Obeso 1993, Brunet 1996, Kang 1996). 결국 장기간에 걸쳐 다회번식하는 외래종 민들레도 계절이 경과함에 따라 가용 자원이 점차 감소하여 열매차례 수가 감소한 것으로 보인다.

**열매차례당 총 종자 수** - 삼원 분산 분석 결과 열매차례당 총 종자 수에 대하여 계절  $\times$  종의 이차 상호작용이 고도로 유의하였다 ( $F_{2,1174}=7.07$ ,  $P=0.0009$ ). 따라서 각 종에 대하여 계절과 식물체 크기를 독립변인으로 이원 분산 분석을 수행하였다. 서양민들레의 경우 열매차례당 총 종자 수에 관한 계절  $\times$  크기 이차 상호작용이 통계적으로 거의 유의 수준에 가까웠다 ( $F_{3,949}=2.18$ ,  $P=0.0893$ ). 이는 계절의 경과에 따른 열매차례당 총 종자 수의 변이가 식물의 크기에 따라 다르다는 것을 의미한다. 후속적으로 각각의 변인에 따른 일원 분산 분석을 하였을 때 서양민들레에서 각 크기 무리마다 열매차례당 총 종자 수의 계절적 변화가 달랐다 (Fig. 5). 큰



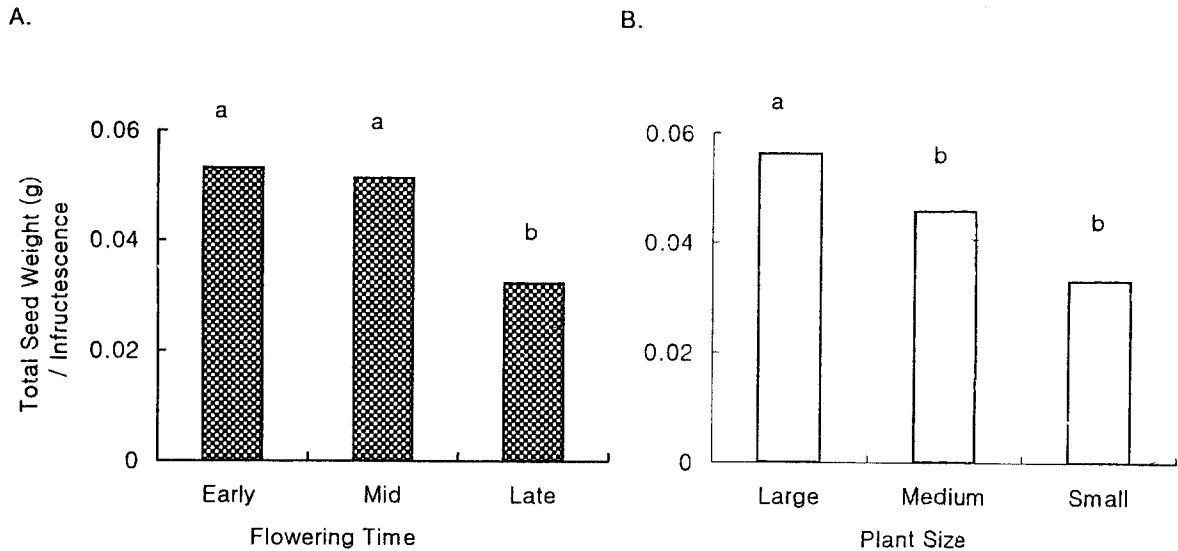
**Fig. 5.** Mean seed number per infructescence by flowering time in large and medium-sized plants of *Taraxacum officinale* and *T. laevigatum*. Different letters on bars represent a significant difference of means among plants flowering at different times. N=330, 81, and 58 for early, mid, and late season, respectively, in large plants of *T. officinale*; N=355, 85, and 34 for early, mid, and late season, respectively, in medium-sized plants of *T. officinale*; N=201, 23, and 8 for early, mid, and late season, respectively, in *T. laevigatum*.

개체들과 중간 크기 개체들에서 모두 계절의 경과에 따라 종자 생산이 감소하였다 (큰 개체  $F_{2,466} = 20.34$ ,  $P = 0.0001$ ; 중간 크기 개체  $F_{2,471} = 8.14$ ,  $P = 0.0003$ ). 큰 개체들은 개화 중기까지 열매차례당 종자의 수가 유지되었으나 개화 후기에 갑자기 종자 생산량을 감소시켰다. 중간 크기 개체들은 개화 초기에 열매차례당 종자의 수가 많았고 개화 중기와 후기에는 적은 수의 비슷한 양의 종자를 생산하였다 (Fig. 5). 중간 크기 개체들보다 상대적으로 자원이 더 많은 큰 개체들은 후기에 이르러서야 자원의 고갈로 인한 영향을 받는다고 사료된다. 이에 반해 중간 크기 개체들은 개화 초기에 번식에 자원을 많이 분배하면 중기, 후기에는 종자 생산이 감소된다고 본다. 이와 같은 결과는 큰 개체에서 자성 기능에 대한 투자가 증가하여 결과적으로 자손의 수가 상대적으로 증가하는 경향이 있다는 보고와 일치하며 (Wolfe 1992) 서양민들레에서는 식물의 크기도 종자 생산의 변이에 기여하는 중요한 요소임을 시사한다. 이와 달리 붉은씨 서양민들레는 열매차례당 종자의 수에 대한 식물체 크기의 효과는 없었으나 계절의 경과에 따라 종자 수가 유의하게 증가하여 자원 제한으로 인해 모든 번식 특성의 수나 크기가 반드시 감소하는 것이 아님을 보여 주고 있다 (model  $F_{6,225} = 2.60$ ,  $P = 0.0186$ ; 계절  $F_{2,225}$

$= 6.52$ ,  $P = 0.0018$ ; 크기  $F_{2,225} = 0.28$ ,  $P = 0.7551$ ; 계절  $\times$  크기  $F_{2,225} = 0.39$ ,  $P = 0.6769$ ) (Fig. 5). 결국 서양민들레는 계절 초기에 많은 종자를 생산하고 붉은씨 서양민들레는 후기에 종자 생산을 증가시킨다. 한 서식지에서 공존하는 두 외래종 민들레의 종자생산에 관한 상이한 양상은, 두 민들레종의 공존의 역사가 길다면, 중간 경쟁을 피하기 위해 선택된 전략으로 볼 수 있다.

**열매차례당 총 종자 무게** - 삼원 분산 분석 결과 열매차례당 총 종자 무게에 대한 계절  $\times$  종의 이차 상호작용이 거의 유의하였다 ( $F_{2,1174} = 2.53$ ,  $P = 0.0797$ ). 따라서 각 종에 대하여 계절과 크기를 독립변인으로 하는 이원 분산 분석을 수행하였다. 서양민들레에서는 계절  $\times$  크기의 이차 상호작용이 유의하지 않았으나 (model  $F_{7,949} = 19.70$ ,  $P = 0.0001$ ; 계절  $\times$  크기  $F_{3,949} = 1.36$ ,  $P = 0.2528$ ), 계절과 크기 변인은 열매차례당 총 종자 무게에 유의한 영향을 미쳤다 (계절  $F_{2,949} = 38.69$ ,  $P = 0.0001$ ; 크기  $F_{2,949} = 34.03$ ,  $P = 0.0001$ ). 즉 계절의 경과에 따라 열매차례당 총 종자 무게가 점차 감소하여 자원 제한에 따른 번식 자원 분배의 진형을 보여주었다 (Fig. 6A). 또한 큰 개체일수록 총 종자 무게가 무거웠다 (Fig. 6B). Petersen과 Fischer (1996)도 암수 한꽃민

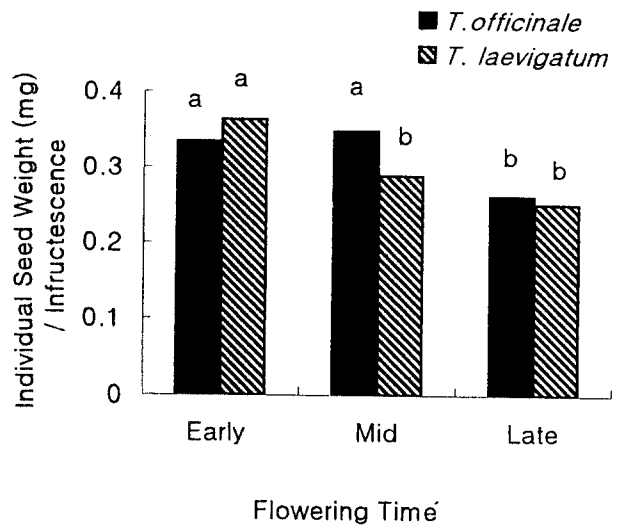




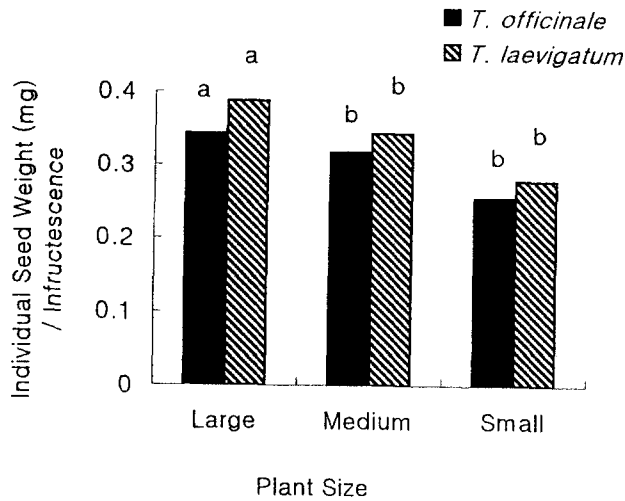
**Fig. 6.** Mean of total seed weight (g) per infructescence by flowering time (A: ■) and plant size (B: □) in *Taraxacum officinale*. Different letters on bars represent a significant difference of means at alpha=0.05 level. N=698, 166, 93 for early, mid, and late season, respectively, in A; N=469, 474, and 14 for large, medium-sized, and small plants, respectively, in B.

*Serranus tortugarum*에서 개체 크기가 증가하면 자성기 능에 대한 투자가 증가함을 보여주었다. 붉은씨 서양민들레에서는 조사된 어느 변인도 열매차레당 총 종자 무게에 유의한 효과를 미치지 못하였다 (model  $F_{6,225}=0.89$ ,  $P=0.5007$ ; 계절  $F_{2,225}=1.93$ ,  $P=0.1472$ ; 크기  $F_{2,225}=0.74$ ,  $P=0.4773$ ; 계절  $\times$  크기  $F_{2,225}=0.14$ ,  $P=0.8679$ ). 결과적으로 계통적으로 밀접하게 관련된 두 민들레 종이 한 서식지에도 공존함에도 불구하고 종자생산에 관한 한 비교적 지속적인 차이를 보이고 있었다.

**열매차레당 개별 종자 무게** - 삼원 분산 분석 결과 열매차레당 개별 종자 무게에 대하여 계절  $\times$  종의 이차 상호작용이 거의 유의한 수준이었다 ( $F_{2,1174}=2.82$ ,  $P=0.0600$ ). 따라서 계절과 식물체 크기의 효과에 대한 이원 분산 분석을 각 종에 대하여 수행하였다. 이원 분산 분석 결과 서양민들레와 붉은씨 서양민들레 모두 열매차레당 개별 종자 무게에 대한 계절과 식물체 크기간 이차 상호작용이 유의하지 않았다 (서양민들레 model  $F_{7,949}=10.71$ ,  $P=0.0001$ ; 계절  $\times$  크기  $F_{3,949}=0.24$ ,  $P=0.8718$ ; 붉은씨 서양민들레 model  $F_{6,225}=3.67$ ,  $P=0.0017$ ; 계절  $\times$  크기  $F_{2,225}=0.13$ ,  $P=0.8751$ ). 그러나 서양민들레의 경우 계절과 크기, 두 변인 모두 개별 종자 무게에 고도로 유의한 효과를 보였다 (계절  $F_{2,949}=26$ .



**Fig. 7.** Mean individual seed weight (mg) per infructescence by flowering time in *Taraxacum officinale* and *T. laevigatum*. Different letters on bars represent a significant difference of means among plants flowering at different times within each species. N=698, 166, and 93 for early, mid, and late season, respectively, in *T. officinale*; N=201, 23, and 8 for early, mid, and late season, respectively, in *T. laevigatum*.



**Fig. 8.** Mean individual seed weight (mg) per infructescence by plant size in *Taraxacum officinale* and *T. laevigatum*. Different letters on bars represent a significant difference of means among plants in different size classes within each species. N=469, 474, and 14 for large, medium-sized, and small plants, respectively, in *T. officinale*; N=53, 172, and 7 for large, medium-sized, and small plants, respectively, in *T. laevigatum*.

33,  $P=0.0001$ ; 크기  $F_{2,949}=13.18$ ,  $P=0.0001$ ). 서양민들레의 개별 종자 무게는 계절 중기 이후 급격히 감소하였다 (Fig. 7). 붉은씨 서양민들레의 경우 개별 종자 무게에 대한 계절의 효과는 매우 유의하였고 ( $F_{2,225}=5.96$ ,  $P=0.0030$ ) 크기의 효과는 거의 유의 수준에 가까웠다 ( $F_{2,225}=2.56$ ,  $P=0.0793$ ). 붉은씨 서양민들레의 종자 무게는 계절에 따라 서서히 직선적으로 감소하였다 (Fig. 7). 뿐만 아니라 붉은씨 서양민들레는 개화 초기에 서양민들레보다 무거운 종자를 생산하였다. 따라서 붉은씨 서양민들레는 개화 초기에 상대적으로 큰 종자를, 서양민들레는 많은 종자를 생산한다. 서양민들레와 붉은씨 서양민들레 모두 예상한대로 큰 개체일수록 무거운 종자를 생산하였다 (Fig. 8).

## 결론

한 서식지에서 공존하는 두 외래종 민들레는 다회번식한다는 점에서는 일치하였으나 한 생육기간 중의 종자 생산량과 종자의 무게에 있어서는 계절적 요인에 따라, 종에 따라 차이를 보였다. 즉 대부분의 번식 특

성이 계절의 진행에 따라 감소하였으나 그 양상이 종간 동일하지는 않아서 두 외래종 민들레간 번식 자원 분배 전략의 차이를 반영한다고 믿어진다. 한 생육기간내 세 번의 개화를 거치면서 서양민들레와 붉은씨 서양민들레는 각기 개체당 평균 1,872개와 930개의 종자를 생산하였다. 반면 붉은씨 서양민들레의 개별 종자 무게는 서양민들레보다 유의하게 무거웠다 (각기 평균 0.35와 0.32 mg). 두 외래종 민들레간 종자의 수와 무게에 대한 상이한 전략은 두 종간의 경쟁을 약화시키는 역할을 할 수 있다. 서양민들레와 붉은씨 서양민들레를 실험 재료로 하였을 때 고밀도의 종이 저밀도의 종보다 생체량이 크다 (Suehiro 1986). 본 연구가 수행된 서식지에서 서양민들레의 밀도가 붉은씨 서양민들레에 비하여 세배 이상으로 월등히 높았다. 그렇다면 한 서식지에서 공존하는 두 종이 종자 생산에 있어서 상이한 전략을 행사함에도 불구하고 붉은씨 서양민들레가 서양민들레와의 경쟁에서 취약함을 의미하는 것으로 보인다.

종자의 수와 분산력은 침입 식물의 서식지 확장에 크게 기여한다 (Baker 1974). 본 연구의 결과는 이 두 번식적 특성에 있어서 서양민들레가 붉은씨 서양민들레나 재래종 민들레보다 월등함을 보여준다. 개화 기간이 짧은 재래종 민들레와 흰민들레는 각기 개체당 평균 964, 535개의 종자를 생산하는 것으로 알려져 있다 (박과 박 1997). 개별 종자의 무게에 있어서도 외래종과 재래종 민들레간에 커다란 차이가 있었다. 재래종 민들레와 흰민들레의 평균 개별 종자 무게는 각기 1.12, 1.06 mg으로 외래종 민들레에 비하여 세배이상 무겁다 (박과 박 1997). 가벼운 종자는 분산력이 뛰어나지만 무거운 종자는 대신 생존력과 경쟁력이 우세하기 때문에 무거운 종자의 성공적 착상은 주로 안정된 서식지에서 볼 수 있다 (Salisbury 1942, Stanton 1984, Foster and Janson 1985). 그렇다면, 서식지 교란이 심한 경우, 분산력이 뛰어난 작은 종자를 생산하는 외래종 민들레의 성공율이 높을 것이다. 무거운 종자를 생산하면 일반적으로 종자의 수가 감소하고 그로 인해 개체군 크기가 감소할 수 있다 (Schaal 1980, Stanton 1984). 결국 서양민들레는 종자 수나 분산력에 있어서 재래종 민들레보다 훨씬 우위에 있었으며, 붉은씨 서양민들레의 경우 종자 생산량은 재래종 민들레와 비슷하나 월등한 분산력으로 재래종의 서식지를 침입할 수 있을 것으로 사료된다. 서양민들레의 지리적 확대는 세계적으로 보고되고 있으며 (Sawada *et al.* 1983, Hughes and Richards 1988, Ogawa and Mototani 1991), 이와 같은 서양민들레의 성공에

는 단위생식이 가능하다는 사실이 관련되어 있다 (Mogie and Ford 1988). 민들레나 흰민들레와 같은 우리나라 특산종 민들레의 보존에 대한 정책을 완벽히 설정하기 위해서는 이들 특산종 민들레의 번식체제에 대한 연구가 절실하다.

만약 외래종 민들레와 재래종 민들레가 한 서식지에 공존한다면 종자 무게가 월등한 재래종 민들레가 적어도 초기 경쟁에 있어서는 경쟁력이 강한 후손을 만들 것이다. 그러나 종자 생산량과 분산력에 있어서 상대적으로 열등한 재래종 민들레는 새로운 서식지에 진입할 기회가 적을 수 밖에 없다. 결과적으로, 외래종 민들레, 특히 서양민들레는 교란된 서식지가 많은 우리나라에서 높은 종자 생산력과 분산력으로 재래종 민들레의 서식지를 잠식한 것으로 보인다. 현재의 정보로는 재래종 또는 특산종 민들레가 착상, 생존할 수 있는 안정된 환경을 보존하여야만 외래종 민들레의 급속한 침입을 막을 수 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

외래종의 생태적 성공은 주로 번식적 특성에서 기인한다. 민들레속의 두 외래종인 서양민들레 (*Taraxacum officinale*)와 붉은씨 서양민들레 (*T. laevigatum*)에서 개화 시기, 식물체의 크기와 번식 특성간의 관계를 조사하였다. 1997년 4월 성신여대내 한 서식지에서 서양민들레 76개체와 붉은씨 서양민들레 23개체를 무작위적으로 표지하고 개화 초기에 로제트잎의 직경, 잎의 수, 가장 큰 잎의 길이와 폭 등의 영양기관 특성을 측정하였다. 1997년 4월에서 8월까지 종자 분산 직전 각 식물에서 계속적으로 열매차례를 채집하여 개체당 열매차례의 수, 열매차례당 종자의 수와 총 종자 무게를 측정하였다. 열매차례당 개별 종자 무게도 기록하였다. 붉은씨 서양민들레에 비해 서양민들레의 잎이 컸으나, 수가 적었기 때문에 개체당 총 엽면적에는 종간 유의한 차이가 없었다. 두 종에서 모두, 붉은씨 서양민들레의 열매차례당 종자의 수와 총 종자 무게를 제외하고, 영양기관이 큰 개체가 크거나 많은 수의 번식적 특성을 갖는 경향이 있었다. 서양민들레에서는 모든 번식특성이 계절에 따라 감소하였다. 붉은씨 서양 민들레에서도 개체당 열매차례의 수는 계절에 따라 감소하였다. 그러나 이 종에서 열매차례당 총 종자 무게는 계절적 변이가 없었음에도 종자의 수는 계절 후기에 증가하였다. 개화 기간중 서양민들레는 붉은씨 서양민들레에 비하여 개체당 평균 두배의 종

자를 생산하였다. 이 두 외래종 민들레는 또한 재래종 민들레에 비하여 작은 종자를 생산하였고 이는 외래종들의 분산력이 월등함을 보여준다. 결국, 긴 개화기간동안 대부분의 번식 특성의 크기와 수가 감소했으나 두 외래종 민들레는 교란된 서식지에서 각기 다른 방법으로 번식적 성공을 이루고 있다.

## 인 용 문 헌

- 강혜순. 1993. 제주도 비자나무 (*Torreya nucifera* S.)의 종자와 묘목 특성에 대한 유전적 영향. I. 종자 무게의 변이. 한국자연보존협회 연구보고서 12: 51-60.
- 박수현. 1995. 한국귀화식물원색도감. 일조각. 서울. pp. 346-349.
- 박헌우, 박인근. 1997. 경기도 서부 일원의 민들레속 식물의 분포. 한국생태학회지 20: 1-8.
- 이영노, 오용자. 1969. 한국산 민들레속의 분류학적 연구. 한국생활과학연구원 4: 63-68.
- 이창복. 1979. 대한식물도감. 향문사. p. 990.
- Baker, H.G. 1974. The evolution of weeds. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5: 1-24.
- Brunet, J. 1996. Male reproductive success and variation in fruit and seed set in *Aquilegia caerulea* (Ranunculaceae). Ecology 77: 2458-2471.
- Cox, G.W. 1993. Conservation Ecology. Wm. C. Brown Publishers. pp. 268-277.
- Foster, S.A. and C.H. Janson. 1985. The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants. Ecology 66: 773-780.
- Hughes, J. and A.J. Richards. 1988. The genetic structure of populations of sexual and asexual *Taraxacum*. Heredity 60: 161-171.
- Janzen, D.H. 1977. What are dandelions and aphids? Am. Nat. 111: 586-589.
- Kang, H. 1996. Position effects on abortion of reproductive characters in *Vicia cracca* (Leguminosae). Korean J. Ecol. 19: 107-123.
- Kang, H. and R.B. Primack. 1991. Temporal variation of flower and fruit size in relation to seed yield in celandine poppy. Am. J. Bot. 78: 711-722.
- Lloyd, D.G. 1980. Sexual strategies in plants. I. A hypothesis of serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. New Phytol.

- 86: 69-79.
- Mogie, M. and H. Ford. 1988. Sexual and asexual *Taraxacum* species. Biol. J. Linn. Soci. 35: 155-168.
- Obeso, J.R. 1993. Selective fruit and seed maturation in *Asphodelus ablus* Miller (Liliaceae). Oecologia 93: 564-570.
- Ogawa, K. and I. Mototani. 1991. Land-use selection by dandelions in Tokyo metropolitan area, Japan. Ecol. Res. 6: 233-246.
- Petersen, C.W. and E. Fischer. 1996. Intraspecific variation in sex allocation in a simultaneous hermaphrodite: the effects of individual size. Evolution 50: 636-645.
- Primack, R.B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18: 409-430.
- Salisbury, E.J. 1942. The Reproductive Capacity of Plants. Bell, London.
- SAS. 1982. SAS User's guide: Basics. SAS Ins., Cary. NC.
- Sawada, S., Y. Kasaishi and Y. Nakamura. 1982. Difference in adaptive strategy of production process between indigenous and naturalized dandelions under artificial disturbance. Jap. J. Ecol. 32: 347-355.
- Schaal, B.A. 1980. Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis*. Am. J. Bot. 67: 703-709.
- Stanton, M.L. 1984. Seed variation in wild radish: effect of seed size on components of seeding and adult fitness. Ecology 65: 1105-1112.
- Suehiro, K., H. Ogawa and K. Hozumi. 1986. Competition between two naturalized dandelions, *Taraxacum officinale* Weber and *Taraxacum laevigatum* Dc., in mixed cultures with different levels of soil moisture. Bot. Mag. Tokyo 99: 1-14.
- Suehiro, K. 1990. Interspecific competition for seed production between two naturalized dandelions under different levels of fertilizer supply. Ecol. Res. 5: 25-39.
- Taylor, R.J. 1987. Populational variation and biosystematic interpretations in weedy dandelions. Bull. Torr. Bot. Club 114: 109-120.
- Thomas, S.C. and F.A. Bazzaz. 1996. Elevated CO<sub>2</sub> and leaf shape: are dandelions getting toothier?. Am. J. Bot. 83: 106-111.
- Winn, A.A. and P.A. Werner. 1987. Regulation of seed yield within and among populations of *Prunella vulgaris*. Ecology 68: 1224-1233.
- Wolfe, L.M. 1992. Why does the size of reproductive structures decline through time in *Hydrophyllum appendiculatum* (Hydrophyllaceae)? developmental constraints vs. resource limitation. Am. J. Bot. 79: 1286-1290.

(1998년 8월 31일 접수)