

## 동해안의 석호에서 통발의 분포, 생활사 그리고 생장 특성

정연인<sup>a</sup> · 홍보람<sup>a</sup> · 김영철 · 이규송\*

강릉원주대학교 자연과학대학 생물학과

**Distribution, Life History and Growth Characteristics of the *Utricularia japonica* Makino in the East Coastal Lagoon, Korea.** Jeong, Yeon-In<sup>a</sup> (0000-0002-9743-8265), Bo-Ram Hong<sup>a</sup> (0000-0002-0249-8135), Young-Chul Kim (0000-0002-5657-5175) and Kyu-Song Lee\* (0000-0002-1529-7199) (Department of Biology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea)

**Abstract** In order to obtain scientific information for the conservation of *Utricularia japonica* Makino, rare plant species, we investigated life history, phenology, growth and distribution in the east coastal region of Korea. Seven habitats of *U. japonica* were confirmed in this study. Turion of *U. japonica* rests overwinter at the bottom and ripens at the water surface and then usually germinate and sprout when the water warms in spring. A single shoot grown from turion divided into several shoots. Shoot decomposition started in October and formed a new turion at the end of the decomposed shoot. Flowering period was from early July to late October. Percentage of flowering ramets was significantly low as 6.3%. *U. japonica* showed the fastest growth rate from April to July, the maximum growth in August and the highest biomass in October. *U. japonica* tended to be concentrated in larger ramets in the water depth of 50 cm~150 cm in Cheonjin lake. The main factors affecting the growth of *U. japonica* were water temperature and turbidity. The establishment and growth of *U. japonica* in Cheonjin lake were determined by responses to water temperature with seasonal change and to light conditions caused by the different plants. These conditions affect the temporal and spatial distribution of *U. japonica* and population change. The findings of this study would be helpful to provide the basic information needed for the conservation and restoration of *U. japonica*.

**Key words:** Cheonjin lake, distribution, growth, lagoon, *Utricularia*

## 서 론

습지생태계에서 일부 식물은 부족한 영양분을 보충하기 위하여 그들의 식물체 일부를 특수한 기관으로 변형시켜 영양분을 획득한다(Kwak, 2002; Baek and Kim, 2008; Lee and Kim, 2010). 식충식물은 생장에 필요한 영양분을 얻기

위하여 변형된 기관으로 동물 등을 유인하여 포획한 후 소화시켜 부족한 영양분(특히 질소원)을 흡수한다(Juniper *et al.*, 1989; Richards, 2001; Ellison, 2006; Jennings and Rohr, 2011). 식충식물은 전 세계적으로 600여 종이 분포하고(Juniper *et al.*, 1989; Ellison, 2006), 국내에는 13종이 자생하고 있다(Kim, 2007).

통발은 포충낭을 이용하여 물 속의 미소무척추동물을 포획한 후 필요한 질소원을 흡수한다(Jha and Kumari, 1978; Richards, 2001). 통발은 영양섭취 방식이 독특하고 제한적인 서식지에 분포한다(Adamec, 1997). 통발은 IUCN

<sup>a</sup>두 사람은 본 논문에 대한 기여도가 같습니다.

Manuscript received 18 February 2016, revised 18 May 2016, revision accepted 30 May 2016

\* Corresponding author: Tel: +82-33-640-2311, Fax: +82-33-640-2867, E-mail: leeks84@gwnu.ac.kr

(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) 적색목록 범주의 취약종(VU)으로, 산림청(Korea Biodiversity Information System 2015)이 지정한 희귀 및 멸종위기식물로 그리고 식물구계학적 특정식물 중 V등급으로 지정되어 있다.

국내에 자생하는 대표적인 식충식물인 통발(*Utricularia japonica*)은 통발과(Lentibulariaceae), 통발속(*Utricularia*)에 속한다. 통발속 식물은 세계적으로 220여 종이 분포한다(Juniper *et al.*, 1989). 국내에서 통발(*Utricularia japonica*)에 대한 연구는 Makino(1914)가 신 분류군으로 기재한 것이 처음이다. 국내에서 통발속 식물에 대한 연구는 매우 적다. 대부분의 연구는 식물상 연구의 일환으로 분포를 다룬 것들이지만 분류학적 어려움으로 최근까지도 분포 문제가 해결되지 못하였다(Jeong, 2015). 통발속 식물은 Lee(2007)가 6종을 Na *et al.*(2008)이 9종을 보고하였다. 특히 Na *et al.*(2008)은 통발과 참통발을 분류학적으로 재검토하여 그들 종의 분포도 재검토할 필요성을 제기하였다.

2009년 이전까지 통발의 분포지는 강원도 고성군의 천진호와 충청남도의 난지도 두 곳이었다(Na *et al.*, 2008; Im, 2009). Wonju Regional Environmental Office(2009)는 동해안의 석호인 선유담, 천진호, 쌍호, 염개호, 군개호 및 순포호의 6지소에서 통발의 분포를 보고하였다. 현재까지 천진호의 통발은 국내에 분포하는 최대 크기의 통발 개체군으로 평가되고 있다. 그러나 천진호의 통발 개체군은 낚시꾼, 토사 유입 및 주변 개발 등으로 훼손될 가능성이 있다(Wonju Regional Environmental Office, 2009). 따라서 동해안의 석호에 분포하는 통발의 보전에 필요한 분포, 생활사, 성장 특성, 개체군의 크기, 유지 가능성 등에 대한 종합적인 평가가 필요하다.

본 연구는 동해안에 분포하는 통발(*Utricularia japonica*)을 보전하기 위한 기초 생태학적 정보를 얻기 위하여 수행되었다. 우리는 1) 동해안의 석호지역을 중심으로 통발의 분포를 확인하였고, 2) 천진호의 통발을 대상으로 생활사, 성장 특성, 개체군의 크기와 유지 가능성을 평가하였다.

## 연구 방법

### 1. 조사지 개황

동해안 지역에 분포하는 18개 석호(화진포호, 선유담, 송지호, 천진호, 봉포호, 봉포습지, 광포호, 영랑호, 청초호, 가평리습지, 쌍호, 염개호, 군개호, 매호, 향호, 순포호, 경포호, 풍호)와 그 주변지역에서 통발의 분포를 파악하였다. 또한

천진호의 통발 개체군을 대상으로 통발의 생활사, 성장 특성, 개체군의 크기 및 유지 가능성을 평가하였다.

천진호는 행정구역상 강원도 고성군 봉포리에 속하며 북위 38°15'13.27"와 동경 128°33'20.60"에 위치한다. 천진호의 유입하천과 유출하천은 각각 1곳으로 주로 강수와 지표 유출수로 물이 공급된다(Ministry Of Environment, 2012). 유출하천은 바다와 단절되어 해수의 유입이 없고, 규모가 작아서 오염원의 체류시간이 길다. 또한 낚시꾼들이 수시로 수생식물을 걷어내기도 한다. 그럼에도 불구하고 천진호는 다른 석호들에 비해 수질이 양호하고 식생이 잘 보존되어 있다(Kim, 2009; Wonju Regional Environmental Office, 2009).

천진호에는 환경부지정 멸종위기야생식물 II급인 순채와 각시수련, 산림청 지정 희귀식물인 남개연꽃, 통발 및 수련이 분포하고 있다. 천진호에서 수생 및 습생식물의 구성 비율은 20.2%로 다른 동해안의 석호들보다 높은 편이다. 천진호는 특히 18개 석호 중에서 부엽식물과 부유식물이 넓게 분포하고 있다(Kim, 2009; Wonju Regional Environmental Office, 2009). 그러므로 천진호는 18개 석호 중에서 보전가치가 매우 큰 호소이다. 천진호의 수변부에는 버드나무군락, 아까시나무군락, 줄군락, 애기부들군락 및 갈대군락이 넓게 분포하고, 호소 내에는 순채군락, 가래군락 및 통발군락이 넓게 분포하고 있다(Kim, 2009).

### 2. 연구방형구의 설치

천진호에서 주기적으로 통발의 성장과 입지요인을 분석하기 위하여 8개의 지점을 선정하여 연구 방형구를 설치하였다(Fig. 1, Table 1). 방형구는 50 cm × 50 cm × 50 cm 크기의 그물망 구조로 설치하였다(Fig. 1). 그물망의 망목 크기(mesh size)는 100 μm 이상을 사용하여 통발의 포획활동을 제한하지 않았다. 방형구 안에는 연구 개시와 함께 크기가 같은 10개체의 통발 라메트를 넣고, 통발의 형태, 생활사 및 성장 특성을 조사하였다(Fig. 1).

### 3. 조사 시기

통발의 분포는 2013년부터 2015년까지 동해안 석호와 그 주변을 답사하여 확인하였다. 천진호에서 계절에 따른 통발의 성장과 수 환경 요인을 2013년 4월부터 11월까지 월 1회(총 7회) 조사하였다. 통발의 생활사와 식물 계절 현상은 2013년 1월부터 11월까지 조사하였다. 통발 군락의 식생조사와 통발 개체군의 크기는 2013년 8월에 조사하였다. 통발의 포충량은 2015년 6월에 조사하였다.

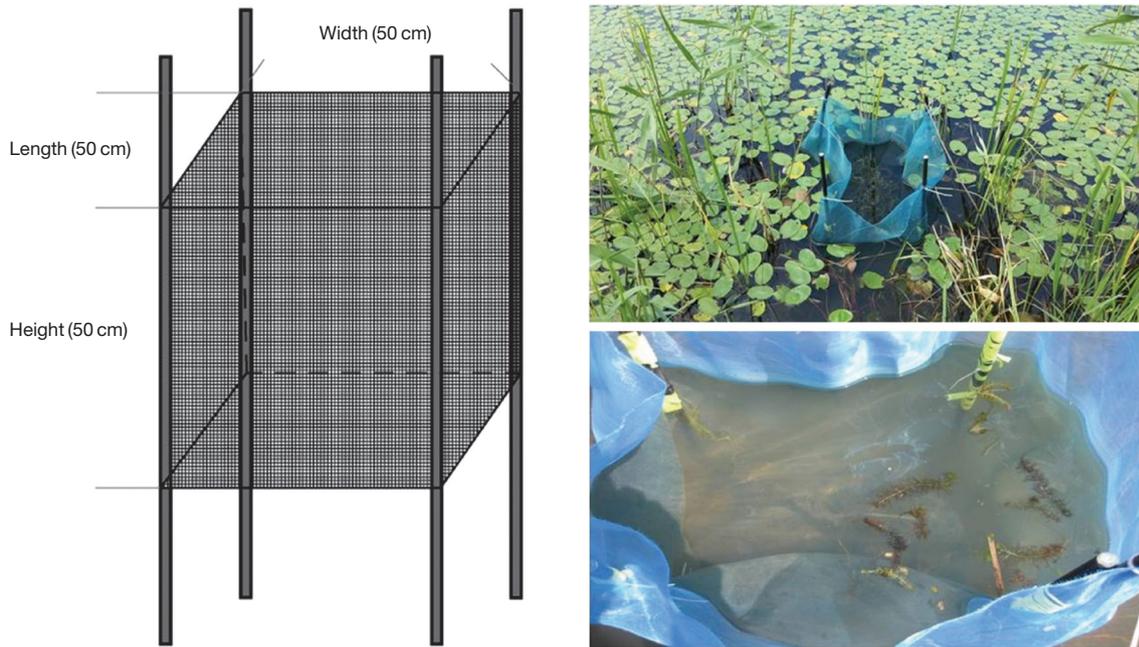


Fig. 1. Permanent plot established for this study in Cheonjin lake, Korea.

Table 1. Description of the 8 permanent plots site in Cheonjin lake, Korea

Plot	GPS point (latitude, longitude)	Mean water depth (m)	Distance from the waterfront (m)	Characteristics of adjacent area
CJ-1	N 38°15'16.5", E 128°33'25.7"	0.81	2.0	Effluent
CJ-2	N 38°15'12.9", E 128°33'23.4"	0.58	1.0	Open water
CJ-3	N 38°15'09.1", E 128°33'19.8"	0.85	1.5	Arable land
CJ-4	N 38°15'09.5", E 128°33'18.5"	0.63	1.0	Influent
CJ-5	N 38°15'09.8", E 128°33'17.0"	0.71	1.5	Influent
CJ-6	N 38°15'11.1", E 128°33'17.5"	0.67	1.5	Arable land
CJ-7	N 38°15'15.0", E 128°33'20.5"	0.56	1.5	Open water
CJ-8	N 38°15'17.9", E 128°33'23.8"	0.74	2.0	Effluent

#### 4. 수 환경 요인

영구 방형구 주변의 약 30 cm 수심에서 수온, pH, 용존 산소량, 전기전도도, 탁도 및 염분도를 측정하였다. 수심은 막대 자를 이용하였다. 수온, pH, 용존산소량 및 전기전도도의 측정은 YSI 556 MPS를 이용하였고, 탁도의 측정은 TN-100 (Eutech Instruments)를 이용하였다.

#### 5. 통발의 형태, 생활사 및 성장 특성

천진호에서 채집한 표본을 대상으로 Gu *et al.* (2008), Na *et al.* (2008), Lee (2007), Lee (2003) 및 Makino (1914)를 참고하여 통발의 형태학적 특징을 종합적으로 분석하였다. 통발의 줄기는 여러 갈래로 분지하여 라메트를 형성한다.

길이는 최대 2m에 이르고 직경은 약 1.5 mm로 다른 통발 속의 종들보다 다소 굵다(Na *et al.*, 2008). 잎은 호생하고, 두 개로 갈라지며 깃털처럼 가늘게 분지하며 둥근 타원형의 모양을 갖는다. 잎에 동물을 포획하는 포충낭이 붙는다. 꽃줄기는 곧추서고, 줄기보다 폭이 좁으며 중심부가 비어 있다(Na *et al.*, 2008). 꽃차례는 총상화서이다. 꽃의 화관(corolla)은 노랑색이고, 상순(upper lip)은 곧추서며 폭이 넓은 난원형이다. 하순(lower lip)은 가장자리가 약간 들어가 굵으며 부채꼴 모양이고, 상순보다 크다. 하순에 돌출된 부분(palate)은 반구형의 노랑색을 띠고 잎맥이 고르지 못한 붉은색의 줄무늬를 가진다. 꽃받침은 2개로 갈라지고 타원형이며 하순보다 짧다. 열매는 암녹색을 띤다. 통발의 월동아(turion)는 0.5 cm~2 cm로서 암갈색을 띤다. 통발은

해마다 줄기의 말단에 겨울눈을 만들어 물 속으로 가라앉아 겨울을 난다.

통발의 생활사를 밝히기 위하여 월동아기, 유식물기, 미성숙기, 유년기, 성숙기, 개화기, 결실기, 분해기 및 월동아형성기의 9단계로 구분하였다. 2013년 1월부터 2014년 3월까지 각 생활사별 단계의 시작과 끝을 확인하여 식물 계절 현상을 밝혔다.

계절에 따른 통발의 성장을 알아보기 위하여 2013년 4월부터 11월까지 8개 지점에서 미성숙한 통발 라메트 개체(겨울눈에서 발아한 약 10 cm 길이의 개체)를 선별하여 방형구마다 10개체씩 넣어 측정하였다. 각 조사 시기마다 모든 라메트의 줄기 길이와 줄기에 붙은 마디의 수를 측정하였다. 온전한 상태의 줄기와 마디 수를 측정하기 위하여 성장점이 있는 줄기의 정단부에서 2 cm 정도 떨어진 부위부터 측정하였다.

통발의 건중량은 2013년 7~8월에 채집하여 생체량을 측정한 후 건조기에서 60°C로 48시간 이상 건조시켜 측정하였다. 통발의 길이와 건중량의 관계를 이용하여 상대 성장식을 구하였다. 상대 성장식을 이용하여 방형구 내 통발의 건중량을 추정하였다.

통발 줄기의 성장률은 방형구에 넣은 초기 10라메트의 줄기 길이를 기준으로 다음과 같은 관계식을 이용하여 구하였다.

$$\text{줄기의 성장률}(\text{cm day}^{-1}) = \frac{(\text{익월 줄기의 길이} - \text{당월 줄기의 길이})}{(\text{익월 조사일} - \text{당월 조사일})}$$

**6. 천진호의 통발 개체군의 크기 추정**

천진호에 서식하는 통발의 개체군 크기를 평가하기 위하여 Table 2의 기준에 의거하여 통발의 분포도를 작성하였다. 분포도에 근거하여 2013년 8월에 각 등급에 해당하는 구역의 크기를 고려하여 조사지점을 선정한 후 방형구(1 m<sup>2</sup>)를 설치하고, 표층 30 cm 깊이 이내에 있는 통발의

밀도를 측정하였다. 조사지점은 총 34지점으로 각 등급별로 조사한 방형구는 5~8개이었다. 조사된 자료를 근거로 하여 초기에 작성한 분포도를 수정하여 최종 분포도를 완성하였다(Jeong, 2015). 완성된 분포도를 이용하여 각각의 밀도등급에 해당하는 면적과 각 구역 내 평균 통발의 밀도를 곱하여 통발 개체군 수를 추정하였다.

**7. 통발 군집 조사**

2013년 8월에 통발이 생육하고 있는 46개 조사지점을 선정하였다. 조사지점의 선정은 천진호의 수 환경 요인과 식생의 이질성을 반영하였다. 각 조사지점에 1 m<sup>2</sup> 방형구를 설치하여 Braun-Blanquet (1964)의 식생조사법에 따라 출현하는 식생을 조사하였다. 각 방형구에서 출현한 모든 식물의 피도를 측정한 후 통발의 라메트 밀도와 줄기 길이를 측정하였다. 같은 지점에서 수심, 수온, pH, 용존산소량, 전기전도도 및 염분도의 수 환경을 측정하였다.

**8. 자료 처리와 통계 분석**

기술통계와 회귀분석은 Excel (Microsoft office 2007)을 이용하였다. 환경요인과 식생요인 간의 상관분석은 SYSTAT 12.0 (SYSTAT Software 2007)을 이용하였다.

**결 과**

**1. 통발의 분포**

동해안 18개 석호(화진포호, 선유담, 송지호, 천진호, 봉포호, 봉포습지, 광포호, 영랑호, 청초호, 가평리습지, 쌍호, 염개호, 군개호, 매호, 향호, 순포호, 경포호, 풍호)와 그 주변지역에서 통발의 분포를 확인하였다. 2015년 현재 동해안에서 통발의 분포가 확인된 7개 지역에 대한 기본 정보를 Table 3에 요약하였다. 확인된 분포지는 모두 강원도 고성군이였다.

**2. 통발의 성장 특성**

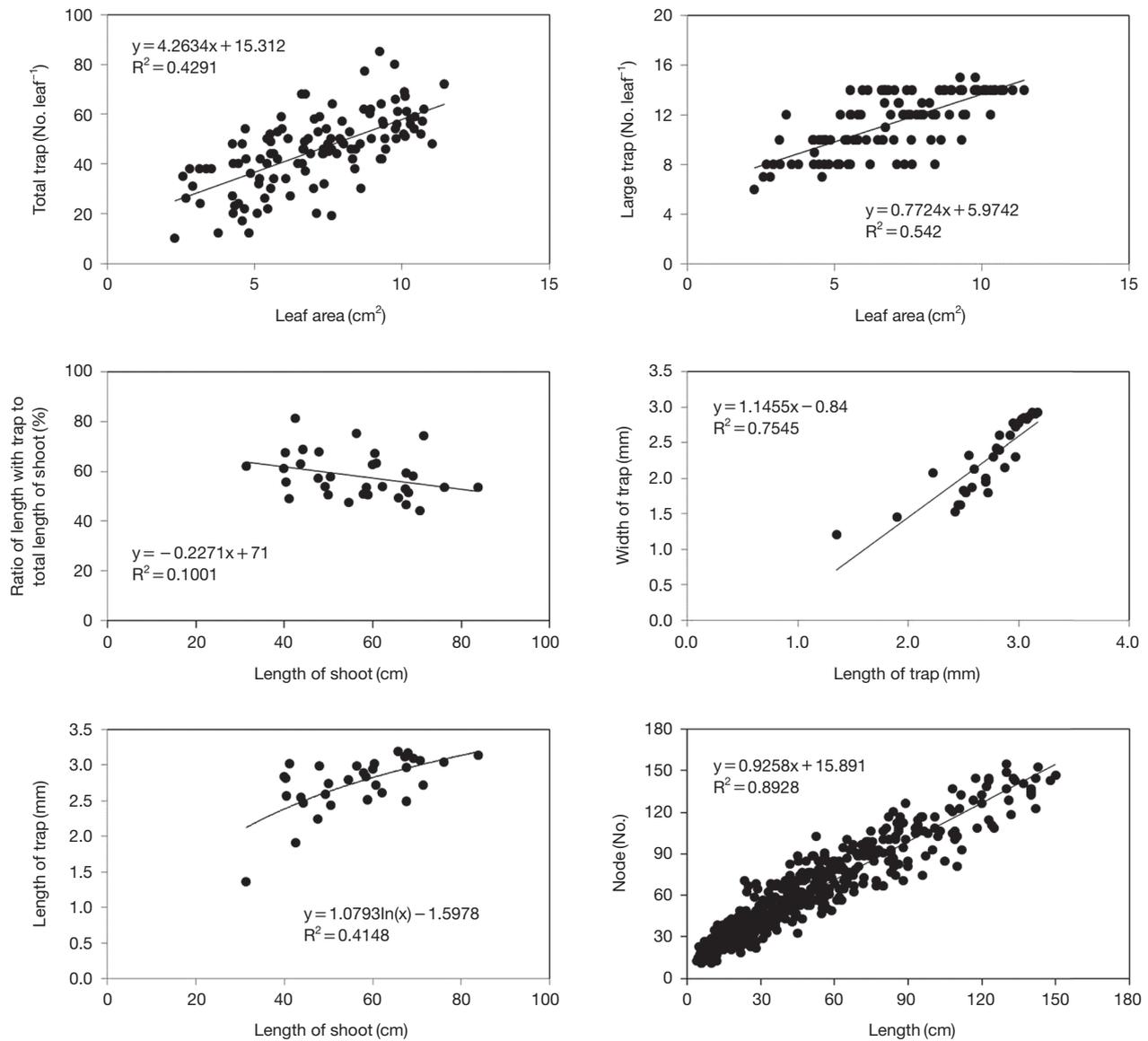
총 포충량의 수와 크기가 큰 포충량의 수는 잎의 면적이 증가할수록 선형으로 증가하였다(Fig. 2). 포충량은 줄기의 정단에서 아래로 일정 부위까지의 잎에만 형성되었고, 오래된 줄기에는 포충량이 형성되지 않았다. 통발의 줄기 길이에 대한 포충량이 달린 줄기의 비율은 줄기의 길이가 증가할수록 선형으로 감소하였다(Fig. 2). 포충량의 길이가

**Table 2.** Criteria for the distribution map of the *U. japonica* density in Cheonjin lake, Korea

Density class	Range (No. m <sup>-2</sup> )
1	Above 40
2	31~40
3	21~30
4	11~20
5	6~10
6	Below 5

**Table 3.** Basic information of points is confirmed, the growth of the *Utricularia japonica* in the East Coast Lagoon

No.	Localities (Address)	Localities (GPS)		Habitats
1	san 85, Bongpo-ri, Toseong-myeon, Goseong-gun	38° 15' --"	128° 33' --"	Lagoon
2	18, Shinpyeong-ri, Toseong-myeon, Goseong-gun	38° 15' --"	128° 32' --"	Small swamp
3	72, Bongpo-ri, Toseong-myeon, Goseong-gun	38° 14' --"	128° 33' --"	Small swamp
4	338, Bongpo-ri, Toseong-myeon, Goseong-gun	38° 14' --"	128° 33' --"	Small swamp
5	401, Gonghyunjin-ri, Jukwang-myeon, Goseong-gun	38° 21' --"	128° 30' --"	Lagoon
6	503-1, Hwapo-ri, Geojin-eup, Goseong-gun	38° 27' --"	128° 26' --"	Small swamp
7	546-2, Hwapo-ri, Geojin-eup, Goseong-gun	38° 27' --"	128° 26' --"	Small swamp

**Fig. 2.** Relationship between leaf area and total trap (top left), and large trap (top right), length of shoot and ratio of length with trap to total length of shoot (middle left), length and width of large trap (middle right), length of trap and length of shoot (bottom left) and length of shoot and number of node of the *U. japonica* in Cheonjin lake, Korea.

길수록 포충낭의 너비도 선형으로 증가하였다(Fig. 2). 통발의 줄기 길이가 길수록 포충낭의 크기는 로그함수적으로 증가하였다(Fig. 2). 통발의 줄기가 길어질수록 마디의 수는 선형으로 증가하였다(Fig. 2). 통발의 길이가 증가할수록 건중량은 지수함수적으로 증가하였다(Fig. 3).

3. 통발의 식물계절학

통발은 종자를 통한 유성생식과 줄기의 정단 부위에 월동아(turion)를 만들어 다음 해 발아하는 무성생식의 두 가지 양식으로 번식한다(Figs. 4, 5). 천진호에서 유성생식에

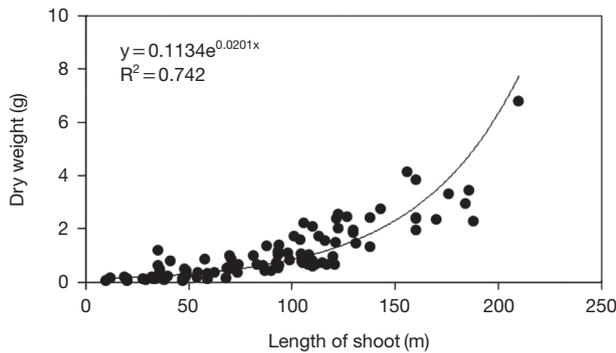


Fig. 3. Relationship between and shoot length and dry weight of the *U. japonica* in Cheonjin lake, Korea.

의한 증식보다 무성생식에 의한 라메트 증식이 더욱 중요하다. 통발의 월동아는 결빙시기에 바닥에 가라앉아 있다가 해빙시기인 2월 말부터 3월 초까지 수면으로 떠올라 발아하기 시작하였다(Figs. 4-a, 5). 발아한 월동아는 하나의 줄기로 길게 자라다가 5월 초에 처음으로 원 줄기에서 분지된 두 번째 줄기를 형성하였다(Fig. 4-c1). 이 시기에 잎이 변형되어 포충을 하는 기관인 포충낭이 형성되기 시작하였다(Fig. 5). 형성된 초기 포충낭은 속이 보일 정도의 연한 녹색이었다. 6월 초부터 대부분의 통발에서 포충낭 색이 짙은 청색으로 변하였다(Fig. 5). 이것은 통발이 포획 활동을 수행하고 있다는 의미로 해석하였다. 포충낭의 색이 변하는 것은 포충낭에서 포획된 작은 동물들을 분해하는 분해효소의 영향으로 판단하였다. 세 번째 줄기가 분지된 시기는 7월 초이었다(Fig. 4-c3). 이 시기에 포충낭의 색은 줄기 정단부의 성장점 주위 부분을 제외하고 모두 짙은 청색을 나타내어 본격적인 포충 활동이 시작되었다. 8월 초부터 줄기의 분지는 더욱 활발해졌다. 줄기의 최대 분지 횟수는 총 5회로 분지된 줄기는 한 라메트에서 6개의 줄기가 있는 것이 관찰되었다. 그러나 분지의 횟수와 시기에 대한 라메트 간의 차이가 매우 컸다. 그리고 때로 분지한 줄기가 떨어져 독립적인 라메트를 형성하기도 하였다. 따라서 여름에는 통발의 라메트에 대한 많은 변이형이 있다. 꽃은 7월 말부터 피기 시작하여 10월 초까지 관찰되었다

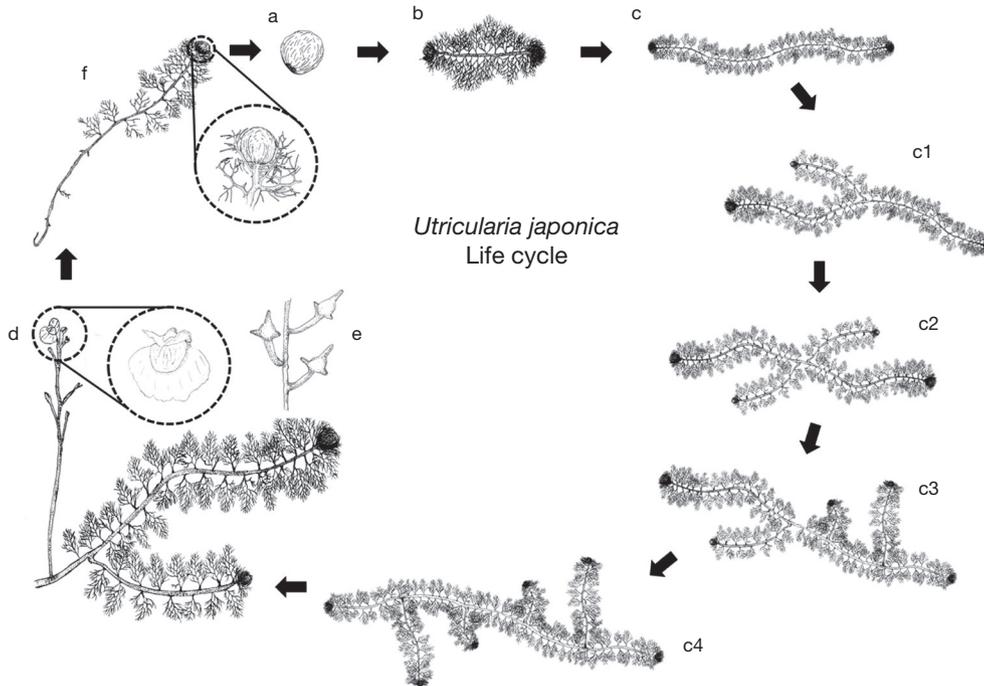


Fig. 4. Life cycle of *U. japonica* in Cheonjin lake, Korea. a: Turion stage, b: Seedling stage, c-c1: Immature stage, c2-c3: Juvenile stage, c4: Maturity stage, d: Flowering stage, e: Fruiting stage, f: Defoliation stage and Turion formation stage.

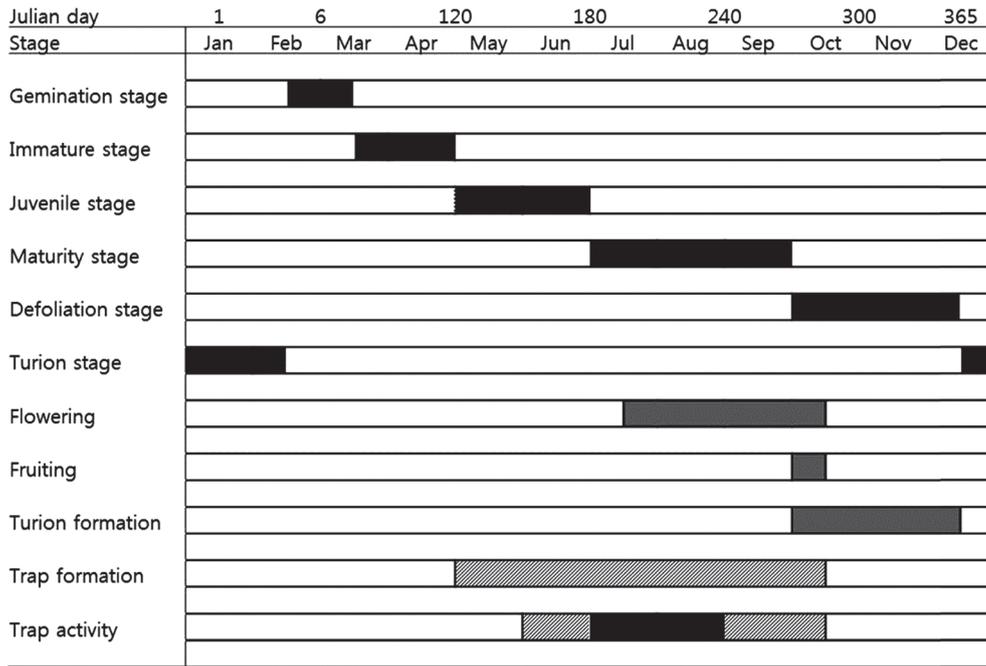


Fig. 5. Phenology of *U. japonica* in Cheonjin lake, Korea.

(Fig. 5). 8개의 영구 방형구에서 개화된 통발은 5개의 라메트뿐이었다. 꽃피는 라메트들은 주로 다른 수생 및 습생식물이 적어서 빛이 많이 들어오는 열린 수역에 분포하였다 (Fig. 4-d). 통발의 분지 횟수와 독립 여부에 대한 많은 변이가 있어서 개화율을 확정하는 데 어려움이 있다. 본 연구 초기에 8개의 영구 방형구에 넣은 통발은 80개체이므로 이를 기준으로 천진호에서 통발의 개화율은 약 6.3%라고 계산하였다. 개화한 라메트당 꽃 수는 3~18개이었다. 개화율과 더불어 종자를 형성하는 결실률도 매우 작았다. 열매가 형성된 라메트는 4개로 종자 형성 비율은 초기 라메트 수의 5%이었다 (Fig. 4-e). 라메트 당 열매는 2~16개이었다. 통발의 분해는 10월 초부터 시작되었다 (Fig. 4-f). 일부 라메트에서 잎이 처음 떨어졌고, 줄기의 분해가 시작되었다. 그러나 일부 통발에서 연한 녹색의 포충낭을 형성하는 것으로 보아 분해가 일어나는 10월 초까지 포획활동이 가능한 것으로 판단되었다. 이 시기에 분지한 줄기의 정단부에 월동아(암녹색)를 형성하기 시작하였다. 형성된 월동아는 줄기의 분지 횟수에 따라 차이를 보였으나 대부분 1~6개의 월동아를 형성하였다. 본격적인 통발의 분해는 11월 초 이후부터 진행되었다. 11월 초에 통발의 줄기와 잎은 약 40% 이상 분해되었고, 초기에 분해가 이루어진 라메트 개체가 줄어서 통발의 밀도는 현저히 감소하였다. 11월 초에는 잎에 붙어 있는 포충낭도 대부분 떨어졌다. 천진호에서 10월 초부터 시작되는 식물체의 분해는 천

천히 진행되어 통발 개체가 완전히 생장이 정지하는 시기는 결빙시기인 12월 초로 추정되었다 (Figs. 4, 5).

#### 4. 천진호의 통발 개체군 크기

2013년 현재 천진호에 생육하는 통발 개체군의 크기를 추정하였다. 천진호에서 통발은 상대적으로 수심이 얇은 가장자리일수록 그리고 개방된 수역일수록 높은 밀도로 분포하였다. 천진호의 남동쪽 연안에서 가장 밀도가 높았고, 북동쪽 연안에서 두 번째로 밀도가 높았으며 유입수가 들어오는 서쪽 구역에서 상대적으로 밀도가 낮았다. 2013년 현재 천진호에서 생육하는 통발의 라메트 수는 556,495개로 추정되었다. 그러나 통발의 밀도를 조사할 때 표층 30 cm 이내에 떠서 분포하는 통발만을 조사하고, 수심이 깊은 천진호의 가운데 부분은 온전한 조사가 이루어지지 못하였다. 따라서 천진호에 생육하는 통발의 개체군 크기는 추정된 개체군 크기보다 다소 클 것이다.

#### 5. 계절에 따른 통발의 생장

천진호에서 계절에 따른 통발의 줄기생장과 마디 수의 변화를 알아보기 위하여 생장이 시작되는 3월과 사망시기로 추정되는 12월의 길이, 마디 수의 값을 각각 0으로 지정하고, 일련의 생장변화를 파악하였다 (Fig. 6). 또한 계절에 따른 총 라메트 개체군의 크기 변화와 생물량의 변화를

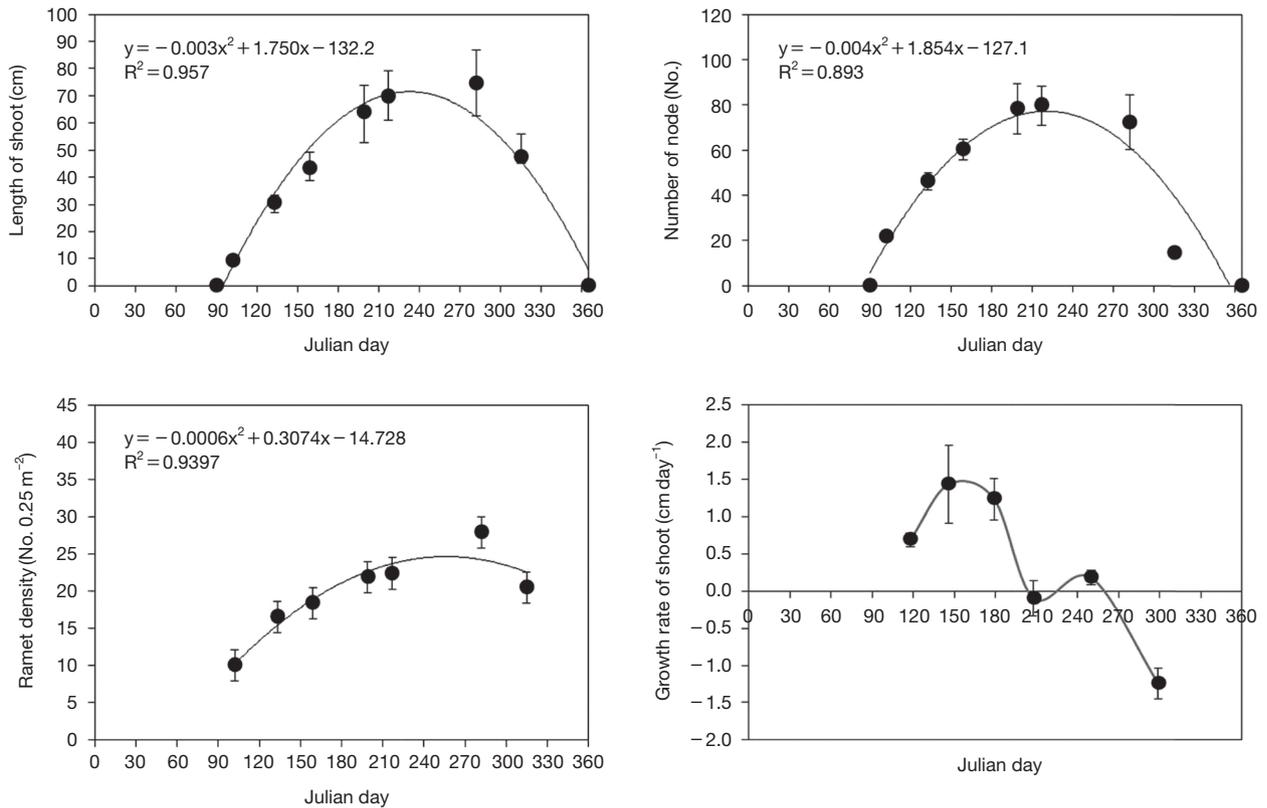


Fig. 6. Annual changes of length, node of shoot, ramet density and growth rate of *U. japonica* in Cheonjin lake, Korea. SE bars were shown (n=8).

파악하였다(Fig. 6).

줄기의 길이생장은 여름까지 지속적으로 증가하다가 감소하였다. 10월에 평균 74 cm로 최대 길이를 나타내었다. 봄 시기에 생장이 빨라서 초기 크기의 3.3배로 빠른 생장을 보였다. 줄기에 붙은 마디 수는 여름까지 지속적으로 증가하다가 감소하였다. 7월에 줄기당 마디 수는 평균 80.9 개로 최대이었다. 초기에 방형구당 평균 10개체로 시작한 총 라메트 개체군의 밀도는 가을까지 지속적으로 증가하다가 감소하였다. 10월에 방형구당 평균 25개의 라메트가 있어서 최대 밀도이었다(Fig. 6). 천진호에서 통발의 평균 줄기 성장률은 4월부터 5월까지 0.69 cm day<sup>-1</sup>, 5월부터 6월까지 1.44 cm day<sup>-1</sup>, 6월부터 7월까지 1.2 cm day<sup>-1</sup>이었다. 결과적으로 통발의 줄기 성장률은 봄철에 빠른 성장률을 보이다가 여름철부터 감소하였다(Fig. 6).

통발의 생물량은 가을까지 지속적으로 증가하다가 감소하였다. 10월에 평균 362.8 g m<sup>-2</sup>로 최대치를 나타내었다. 통발의 생물량은 최대 생물량을 보인 가을철까지 66.4배 증가하였다. 조사기간 중 측정된 생물량의 범위는 5.13~2446.37 g m<sup>-2</sup>이었고, 연 평균 생물량은 76.19 g m<sup>-2</sup>이었다(Fig. 7). 결과적으로 통발의 줄기와 마디의 수는 봄철에 빠

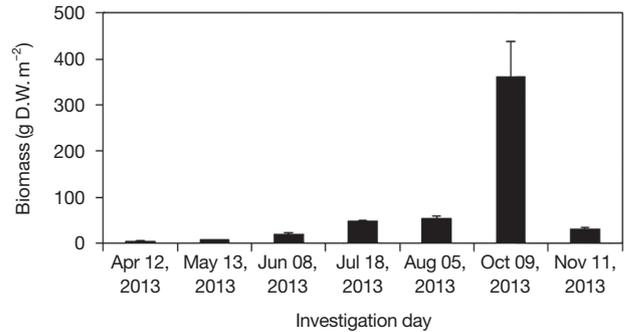


Fig. 7. Changes of biomass of *U. japonica* in Cheonjin lake, Korea. SE bars were shown (n=8).

른 성장률을 나타내었고, 생물량은 가을철에 최대값을 나타내었다.

### 6. 통발의 성장에 영향을 미치는 수 환경요인

천진호에서 봄부터 가을까지 수 환경요인과 통발의 성장요인간의 상관성을 분석하였다(Table 4). 통발의 길이생장은 수온과 정의 상관성을, 용존산소량과 강한 부의 상관성을

**Table 4.** Pearson correlation coefficients between *U. japonica* growth factor and environment factors investigated from April to November in Cheonjin lake, Korea (n = 56)

Property	Water temperature (°C)	pH	DO (mg L <sup>-1</sup> )	Conductivity (μs cm <sup>-1</sup> )	Turbidity (NTU)	Salinity (PPT)
Total length of shoot (cm)	0.264*	-0.077	-0.477***	-0.063	-0.262	-0.112
Ramet (No. 0.25 m <sup>-2</sup> )	0.175	0.077	-0.341**	0.143	-0.234	-0.079
Log (Biomass) (g 0.25 m <sup>-2</sup> )	0.271*	-0.070	-0.497***	-0.111	-0.266*	-0.113

\*significant at 5% level, \*\*significant at 1% level, \*\*\*significant at 0.1% level.

**Table 5.** Pearson correlation coefficients between total trap of individual and environment factors investigated from April to August in Cheonjin lake, Korea (n = 32)

Property	Water temperature (°C)	pH	DO (mg L <sup>-1</sup> )	Conductivity (μs cm <sup>-1</sup> )	Turbidity (NTU)	Salinity (PPT)
Total trap of individual (No.)	0.559***	-0.459**	-0.570***	-0.558***	-0.269	-0.485**

\*significant at 5% level, \*\*significant at 1% level, \*\*\*significant at 0.1% level.

**Table 6.** Pearson correlation coefficients between *U. japonica* growth factors and environment factors on 5 August in 2013, Cheonjin lake, Korea (n = 46)

Property	Coverage	Length of shoot (cm)	Density (No. m <sup>-2</sup> )	Biomass (g m <sup>-2</sup> )
Depth (cm)	-0.290	0.157	-0.278	-0.304*
Distance from waterfront (m)	-0.269	0.461***	-0.148	-0.064
Coverage of open water (%)	0.396**	0.217	0.516***	0.581***
Water temperature (°C)	0.069	-0.258	0.024	-0.061
pH	0.082	-0.410**	-0.009	-0.083
DO (mg L <sup>-1</sup> )	-0.132	0.038	-0.135	0.001
Conductivity (μs cm <sup>-1</sup> )	0.035	-0.485**	-0.013	-0.117
Turbidity (NTU)	0.061	-0.208	0.031	-0.063
Coverage of emergent plant (%)	0.141	-0.565***	-0.063	-0.219
Coverage of floating leaved plant (%)	-0.427**	0.168	-0.436**	-0.416**
Coverage of emergent plant + floating leaved plant/100 (%) <sup>a</sup>	-0.311*	-0.273	-0.477***	-0.579***
Coverage of Algae (%)	0.145	0.012	0.197	0.165
Height of Emergent plant (m)	0.087	-0.565***	0.018	-0.178

\*significant at 5% level, \*\*significant at 1% level, \*\*\*significant at 0.1% level.

<sup>a</sup>Vegetation Index on the surface water.

보였다. 통발의 라메트 개체군 밀도는 용존산소와 부의 상관관을 보였다. 통발의 생물량은 수온과 정의 상관관, 용존산소와 강한 부의 상관관을 그리고 탁도와 부의 상관관을 보였다. 따라서 통발은 시기적으로 수온이 높은 여름철에 탁도가 낮은 곳에서 왕성한 성장을 나타낸다고 할 수 있다 (Table 4).

천진호에서 수 환경요인이 통발 개체의 포충량 수에 미치는 영향을 분석하였다 (Table 5). 개체에 붙어 있는 포충량의 수는 수온과 강한 정의 상관관, 용존산소 및 전기전도도와 강한 부의 상관관, pH 및 염분도와 음의 상관관을 나타내었다 (Table 5).

## 7. 통발 개체군의 공간분포를 결정하는 요인

천진호에서 통발 개체군의 공간분포에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 2013년 8월에 통발이 관찰되는 총 46지점을 선정하였다. 통발의 줄기 길이, 피도, 밀도 및 생물량과 환경요인 그리고 생물요인과의 관계를 분석하였다 (Tables 6, 7).

천진호에서 통발의 피도, 밀도 및 생물량은 빛에 노출된 개방수역일수록 높아졌고, 정수식물과 부엽식물이 많을수록 작아졌다. 통발의 개체 크기는 호소 가장자리에서 멀수록 커졌고, pH, 전기전도도, 정수식물의 피도와 키가 커질수록 작아졌다. 통발의 생물량은 수심이 깊을수록 적었다.

**Table 7.** Pearson correlation coefficients between *U. japonica* growth factors and species factors on 5 August in 2013, Cheonjin lake, Korea (n = 46)

Property	<i>Utricularia japonica</i>			
	Coverage	Length of shoot (cm)	Density (No. m <sup>-2</sup> )	Biomass (g m <sup>-2</sup> )
<i>Brasenia schreberi</i>	-0.132	0.268	-0.177	-0.217
<i>Leersia japonica</i>	-0.049	-0.155	-0.093	-0.105
<i>Potamogeton octandrus</i>	0.232	-0.08	0.177	0.044
<i>Phragmites communis</i>	-0.024	-0.468***	-0.139	-0.214
<i>Potamogeton distinctus</i>	-0.098	-0.099	-0.134	-0.078
<i>Zizania latifolia</i>	0.206	-0.253	0.081	-0.064
<i>Nymphaea tetragona</i>	-0.297*	-0.054	-0.237	-0.214
<i>Nymphaea tetragona</i> var. <i>minima</i>	0.207	0.133	0.435**	0.469***
<i>Eleocharis mamillata</i> var. <i>cyclocarpa</i>	-0.124	-0.204	-0.109	-0.11
<i>Aneilema keisak</i>	-0.124	-0.345*	-0.102	-0.112
<i>Trapa japonica</i>	-0.178	0.315*	-0.123	-0.082
<i>Eriochloa villosa</i>	0.197	0.105	0.267	0.307*

\*significant at 5% level, \*\*significant at 1% level, \*\*\*significant at 0.1% level.

결론적으로 천진호에서 통발의 공간분포와 활력도(개체 크기)에 영향을 주는 요인은 경쟁자인 부엽식물과 정수식물의 분포여부, 호소 가장자리로부터의 거리, 수심, 빛의 투과 여부, pH 및 전기전도도이다(Table 6).

통발이 출현하는 곳에서 관찰되는 수생 및 습생식물은 순채, 나도겨풀, 애기가래, 갈대, 가래, 줄, 수련, 각시수련, 물꼬챙이풀, 사마귀풀, 마름 및 나도개피이었다. 통발의 피도는 수련을 제외한 다른 수생 및 습생식물과 밀접한 상관을 보이지 않았다. 통발의 피도는 수련과 부의 상관을 나타내었다. 통발의 길이는 갈대 및 사마귀풀과 부의 상관을 나타내었고, 마름과 정의 상관을 나타내었다. 통발의 밀도와 생물량은 각시수련과 정의 상관을 나타내었다. 생물량은 나도개피와 정의 상관을 나타내었다(Table 7).

## 논 의

### 1. 통발의 분포

Na *et al.* (2008)과 Im (2009)이 통발의 분류학적 실체를 밝힌 이후 확인된 통발의 생육지는 강원도 고성군 천진호와 충청남도 난지도 두 곳뿐이었다. 본 연구를 통하여 기존에 생육이 확인된 천진호를 포함하여 동해안의 석호와 그 주변지역에 분포하는 7개의 소규모 습지에서 통발의 생육을 확인하였다. 따라서 현재까지 통발의 생육이 확인된 장소는 총 8개 지소이다. Wonju Regional Environmental Office (2009)에서 분포를 보고한 쌍호, 염개호, 군개호 및 순포호에서는 본 조사에서 통발의 생육을 확인하지 못하였으므로 이에 대한 추후 확인이 필요하다.

### 2. 통발의 성장 특성

수 환경요인은 수생 및 습생식물의 생육에 매우 중요한 영향을 미친다(Madsen and Adams, 1989). 계절에 따른 통발의 성장(줄기의 길이, 개체군의 크기 및 생물량)은 수온, 용존산소 및 탁도의 영향을 받았다(Table 4). 통발은 8월이 최적 생육기간이었고, 10월에 최대 크기로 자랐다. 천진호에서 8월의 평균 수온은 26.9°C이었고, 용존산소는 0.8 mg L<sup>-1</sup>이었으며 탁도는 3.2 NTU이었다. 통발은 부유성 식물로서 토양으로부터 질소원을 공급받을 수 없어서 포획을 통해 질소 자원을 보충하여 성장한다(Juniper *et al.*, 1989; Richards, 2001; Ellison, 2006; Jennings and Rohr, 2011). 그러나 포획활동이 본격적으로 일어나기 전까지 광합성을 통한 생장이 필수적이다(Adamec, 2006). 통발의 줄기와 마디의 성장속도 그리고 라메트의 밀도는 봄철에 빠르게 증가하였다(Fig. 6). 이것은 통발속 식물이 열악한 환경에서 살아남기 위한 생태생리학적 적응으로 주요한 생존 전략이다(Richards, 2001; Adamec, 2013). 통발의 초기 생장은 전적으로 광합성에 의존한다. 따라서 광합성의 필수 조건인 수온과 빛의 투과 조건(탁도)이 통발의 생육 초기에 매우 중요하다. 또한 수온과 용존산소량의 변화가 커지는 6월 초부터 통발의 포획 활동이 두드러진다(Fig. 5). 따라서 수온과 용존산소량의 변화에 따른 천진호의 동·식물플랑크톤의 변화가 통발의 포획 활동에도 영향을 줄 것이다(You and Yi, 2009; Choi *et al.*, 2012). 천진호에서 통발은 초기에 광합성을 통해 성장하고, 포충낭을 형성하며, 이후 변화된 수 환경(용존산소)에 의해 증식된 미소무척추동물을 포획하여 질소원을 보충하면서 살아간다(Juniper *et al.*, 1989; Richards, 2001; Ellison, 2006; Jennings and

Rohr, 2011). 통발은 대부분 5월 초부터 포충낭을 형성하였다. 포충낭은 6월 초까지 연한 녹색을 유지하여 포충 활동이 활발하지 않았고, 6월 초부터 짙은 청색을 띠어서 포충 활동이 활발해졌다(Fig. 5). 포충낭의 분해는 10월 초부터 일어났다(Fig. 5). 따라서 천진호에서 통발의 포획 활동은 6월 초부터 10월 초까지 활동을 하고, 최적 활동기는 7월 초부터 8월 말까지로 판단된다. Jeong (2015)은 통발의 포획 활동이 시작된 6월 초에 먹이원을 조사하였다. 통발에 포획된 먹이원은 담수무척추동물인 깔따구류의 애벌레, 패충류, 요각류, 지각류 및 윤충류와 담수조류인 규조류, 녹조류 및 유글레나류이었다. 이러한 결과는 Andrikovics *et al.* (1988)의 보고와 매우 유사하다. 일반적으로 통발이 비교적 큰 담수무척추동물을 포획할 때 미소무척추동물이나 담수조류도 함께 흡입하는 것으로 알려져 있다. 그러나 천진호에서 짙은 청색을 띠는 통발의 포충낭 안에서 확인된 생물들은 담수조류만 출현하는 포충낭의 빈도가 많았고, 담수무척추동물이 들어 있는 포충낭의 빈도가 상대적으로 적었다(Jeong, 2015). 이는 물의 흐름이나 포충낭에 들어 갈 수 없는 큰 동물의 자극 및 긴 사상성 조류와 같은 큰 조류들이 포충낭의 감각모를 자극시켜 흡입된 것이라는 Peroutka *et al.* (2008)의 연구 결과를 지지한다.

천진호에서 통발의 생장은 수온, 용존산소 및 탁도에 의해 영향을 받았다. 그리고 다른 식물의 그늘 지움으로 인한 빛 조건의 감소가 개체의 크기에 영향을 주었다(Tables 6, 7). 그러나 천진호에서 통발의 생장에 미치는 생물학적 및 비생물학적 요인의 인과관계를 명확히 밝히지는 못하였다. 따라서 향후 수체 내 질소함량, 동식물 플랑크톤의 먹이원 및 포충낭으로 섭식한 생물의 종류와 양이 통발의 생장과 어떤 연관성을 가지는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

### 3. 통발 개체군의 공간분포

천진호에서 부유성인 통발은 뿌리가 없어서 바람과 물의 흐름에 따라 자유롭게 이동할 수 있어서 천진호 전역에 넓게 분포한다. 또한 긴 줄기와 갈라진 잎의 구조로 통발과 통발 간 혹은 통발과 다른 수생 및 습생식물 간에 서로 엉키어 자란다. 따라서 착생지질 역할을 하는 줄과 갈대가 발달한 곳에서 부생식물인 통발이 많이 확인된다. 그러나 갈대나 줄이 분포하는 지역에 분포하는 통발은 상대적으로 크기가 작고 밀도가 매우 높았다(Jeong, 2015). 따라서 정제된 수역인 천진호에서 통발은 다른 수생 및 습생식물에 의해 직·간접적인 영향을 받고 있다.

천진호에서 입지환경과 생물요인이 통발 개체군의 공간

분포에 미치는 영향을 분석하였다. 통발의 피도는 빛에 노출이 많이 된 개방수역일수록 커졌고, 빛에 대한 경쟁자로 판단되는 정수식물과 부엽식물이 많을수록 작아졌다(Tables 6, 7). 수심과 호소 가장자리로부터의 거리는 통계적인 유의성은 없었지만 상대적으로 높은 상관관을 나타내었다. 따라서 수심이 얇고, 호소 가장자리에서 멀지 않으며, 빛이 많이 투과되고, 경쟁자가 적은 곳에서 통발이 많이 분포하고 활력도 커진다(Tables 6, 7). 천진호에서 수심이 깊은 호소의 중심부에서 통발 개체군이 분포하지 않았다. 식생조사 자료에 근거하여 통발의 수심에 따른 적정 분포 범위는 0.5 m~1.5 m 정도일 것으로 판단된다(Jeong, 2015).

천진호에서 통발의 공간분포와 활력도를 종합적으로 검토하였다. 통발의 크기는 갈대와 같은 정수식물이 있을 때 작아지고, 호소 가장자리로부터 거리가 먼 곳에서 크기가 커졌으며, 개방수역이 넓을수록 생물량이 커졌다(Tables 6, 7). 정수식물은 빛의 간섭과 영양 염류의 흡수로 인하여 통발의 생장에 영향을 준다(Englund and Harms, 2003; Ellison, 2006). 통발의 크기와 생물량은 마름과 각시수련의 분포와 정의 상관관을 나타내었다(Table 7). 이것은 통발이 개방수역을 선호하고 일정 수심을 요구하는 마름 및 각시수련과 유사한 생태적 지위를 요구한다는 것을 의미한다. 천진호에서 유입천이 들어오는 곳에서 생육한 통발은 크기도 작았고, 생물량도 적었으며, 다음 해 라메트 개체군의 크기에 영향을 주는 월동아의 수도 상대적으로 작았다. 그 이유는 천진호의 상류 역에서 배출된 오염원이 여과 없이 호소로 들어오고, 상류 역의 논으로부터 영양 염류가 직접 유입되었기 때문으로 판단된다. 따라서 상대적으로 영양분이 적은 빈영양호에 적응해 온 통발은 영양분이 많이 들어오는 유입부에서 생장이 제한된 것이라고 판단된다. 천진호에서 통발의 생장이 활발한 지점에서 포충낭도 잘 형성되었다(Jeong, 2015). 적절한 빛 조건과 질소 공급 원인 먹이가 충족될 때 통발의 생장은 높고, 그러한 요인들은 통발의 공간분포에 영향을 준다(Englund and Harms, 2003). 결론적으로 통발의 공간분포와 생장에 영향을 주는 요인은 빛, 수심, 경쟁자와 부착지질로서의 정수식물, 먹이 공급원, 수질에 영향을 미치는 외부요인 등이라고 할 수 있다.

### 4. 천진호에서 통발 개체군의 보전과 관리를 위한 고찰

현재까지 확인된 통발 서식지 중에서 가장 큰 통발 개체군이 서식하는 곳은 천진호이다(Na *et al.*, 2008; Kim, 2009; Wonju Regional Environmental Office, 2009). 천진호

에서 통발은 오래전 정착하여 번성했고, 또한 현재 생육과 번성에 최적 조건이 유지되고 있다고 판단된다. 천진호에서 통발을 보전하고 관리하기 위해서는 통발이 필요로 하는 생육 조건과 개체군의 지속 가능성을 평가하여야 한다. 또한 최적 조건을 갖춘 천진호에서 이루어지는 통발에 대한 연구는 통발 개체군을 다른 습지로 이식하여 분포지역을 확장하고자 할 때 서식지의 초기 복원 조건의 형성에 도움을 줄 수 있다.

천진호에서 통발은 종자를 통한 유성생식과 줄기의 정단부에 월동아를 만들어 다음 해 발아하는 무성생식의 두 가지 양식으로 번식한다(Figs. 4, 5). 천진호에서 종자를 형성하는 통발의 라메트 비율은 5%에 불과하였다. 또한 초기의 80개의 라메트가 형성한 총 종자 수는 27립에 불과하였다. 천진호에서 확인된 개화한 통발이 선호하는 지점은 수변에서 가깝고 다른 식생이 적은 개방수역이었다(Table 7). 유성생식으로 생성한 종자가 적은 것에 비해 줄기가 분지되어 생기는 무성생식 개체인 라메트 수는 천진호에서 조사지점에 따라 1.4배~4.8배로 증가하였다(Jeong, 2015). 그리고 이듬해 봄에 그 지역의 개체군 크기를 결정하는 월동아의 수는 지점에 따라 전년 봄의 라메트 수보다 0.9배~4.8배 증가하였다. 천진호에서 생육기 말에 형성된 월동아로 판단한 라메트의 증가는 모니터링에 사용한 초기 라메트의 2.2배이었다. 따라서 천진호에서 통발의 증식은 유성생식에 의한 것보다 무성생식에 의한 증식이 매우 우세하다. 통발의 월동아는 무성번식 발아체로서 줄기 정단부에서 잎이 변형된 일종의 양분저장 기관이다. 이러한 월동아는 통발이 겨울을 지내기 위한 생활사 전략의 수단으로 다음 해 해빙기에 수면 위로 떠올라 발아하여 새로운 통발로 성장한다(Adamec and Kučerová, 2013). 따라서 천진호에서 통발은 무성번식 발아체인 월동아가 발아하여 라메트 개체군을 형성하고, 형성된 라메트 개체군이 또 다른 라메트 개체군을 형성하여 개체군의 크기를 유지시키는 것으로 판단된다. 2013년 현재 천진호의 통발 개체군 크기는 약 56만 이상으로 추정되었다. 또한 천진호의 거의 전역에서 통발의 월동아가 매우 활발하게 형성되고 있음을 확인하였다. 모든 월동아가 생존하지는 못하더라도 다음 해 개체군을 유지하기에 충분한 크기의 개체군이 유지되고 있다고 판단된다. 천진호에서 통발의 성장, 활력 및 개체군 증식이 활발한 지점은 대체적으로 적정 수심이 유지되는 개방수역이다. 천진호는 호소 가장자리에서 거리가 가까운 곳에서 갑자기 수심이 깊어진다. 또한, 정수식물이 생육하기에는 깊은 곳이 넓게 분포하고 있어서 갈대와 줄 같은 정수식물보다 부엽식물이 생육 가능한 지역이 매우 넓다(Kim, 2009). 이러한 지역들은 통발도 선호하는 서식지이

다. 천진호는 집수역이 매우 좁아서 영양 염류와 토사가 대량으로 유입되지 않는다. 이러한 천진호의 형태적 구조도 천진호의 수질이나 형태 유지에 유리하다. 그러한 조건들은 천진호에서 통발의 유지와 직접적인 관련이 있을 것이다. 결론적으로 천진호에서 통발 개체군은 라메트와 월동아가 지속적으로 많이 형성되고, 그 비율은 적지만 유성생식에 의한 종자유입이 이루어지고 있으며, 천진호의 형태와 수질이 통발의 서식조건 유지에 유리하므로 지속 가능성이 매우 크다.

Jennings and Rohr (2011)은 통발속 식물을 보전하기 위해서는 인간에 의한 간섭이 최소화되어야 한다고 주장하였다. 그는 그들의 서식지 구조변경과 오염이 통발속 식물의 생존에 위협을 주는 주요인으로 제시하였다. 또한 Kim (2009)은 석호의 형태 변화와 축소에 영향을 준 가장 큰 요인은 식생천이와 매립이라고 지적하였다. 천진호는 주변에 학교, 공장 및 농경지가 매우 가깝게 위치하고 있어서 규모가 작기는 해도 지속적으로 영양 염류와 토사가 유입되고 있다. 또한 낚시꾼들의 출입 빈도가 매우 높다(Ministry Of Environment, 2012). 이와 같이 인간의 간섭이 큰 천진호에서 통발 개체군을 보전하고 관리하기 위해서는 천진호의 환경을 통발이 요구하는 최적 조건으로 유지하기 위한 체계적이고 종합적인 관리대책이 필요하다. 현재 상태에서 천진호의 통발 개체군 유지를 위해 가장 시급한 사항은 상류역으로부터 영양 염류 유입을 억제하고 토사 유출을 억제하는 유역관리이다. 이를 위해서 과거 천진호의 일부였던 매립된 농경지를 다시 호소로 환원하거나 유역에서 오염물질이 호소로 배출되도록 만들어진 배수로의 위치를 재조정해야 한다. 즉, 면적이 좁은 천진호의 상류역의 사유지를 매입할 필요가 있다. 또한 기존 건물시설 등의 추가 확장을 차단할 수 있는 생태경관보전지역이나 람사 습지와 같은 보호지역으로의 설정이 시급하다. 천진호에서 낚시꾼에 의한 통발과 다른 수생식물의 제거가 빈번하게 일어나고 있으므로 이에 대한 대책도 필요하다(Wonju Regional Environmental Office, 2009).

## 적 요

천진호에서 희귀식물인 통발의 입지요인, 생활사, 식물 계절 현상, 성장 및 공간분포 특성을 조사하였다. 본 연구에서 통발의 서식지 7곳을 확인하였다. 통발은 결빙기에 월동아로 바닥에 가라앉아 있다가 이듬해 해빙기에 수면 위로 떠올라 발아하였다. 발아한 월동아는 하나의 줄기로 자라다가 분지하였고, 10월부터 줄기가 분해되면서 새로

운 월동아를 형성하였다. 개화기는 7월 말부터 10월 초까지 지속되었다. 개화율은 6.3%로 상당히 낮았다. 통발은 4월부터 6월까지 빠른 성장률을 보였고, 8월에는 최대 생육기를 보였으며, 10월에는 최대로 성장하였다. 통발은 개방된 수역의 수심 50 cm~150 cm에서 큰 개체들이 밀생하였다. 천진호의 통발은 수온, 빛 및 양분에 영향을 미치는 다른 식물에 의해 부착과 성장에 영향을 받는다. 따라서 수환경과 다른 생물요인들이 통발 개체군의 시공간적 분포를 결정한다고 할 수 있다. 인간의 간섭이 큰 천진호에서 통발 개체군을 보전하고 관리하기 위해서는 천진호의 환경을 통발이 요구하는 최적 조건으로 유지하기 위한 체계적이고 종합적인 관리대책이 필요하다. 이러한 결과들은 천진호의 통발 개체군을 보전하고 관리하는 데 그리고 희귀식물인 통발 개체군의 복원에 유용한 자료로 활용될 것이다.

## 사 사

본 조사를 위해서 현장에서 함께 땀을 흘린 강릉원주대학교 생태학 연구실의 김혜영, 오상혁, 최승호, 최희경, 김미희, 양두용, 이학준, 유정수에게 감사를 드립니다. 석호에 대한 조사의 기회를 주신 원주지방환경청에도 특별한 감사를 드립니다. 본 논문의 질을 높이도록 꼼꼼하게 심사하고 수정에 도움을 주신 두 분의 심사 위원에게 감사를 드립니다.

## REFERENCES

- Adamec, L. 1997. Mineral nutrition of carnivorous plants: a review. *Botanical Review* **63**: 27-299.
- Adamec, L. 2006. Respiration and photosynthesis of bladders and leaves of aquatic *Utricularia* species. *Plant Biology* **8**: 765-769.
- Adamec, L. 2013. A comparison of photosynthetic and respiration rates in six aquatic carnivorous *Utricularia* species differing in morphology. *Aquatic Botany* **111**: 89-94.
- Adamec, L. and A. Kučerová. 2013. Overwintering temperatures affect freezing temperatures of turions of aquatic plants. *Flora* **208**: 497-501.
- Andrikovics, S., L. Forró and E. Zsunic. 1988. The zoogenic food composition of *Utricularia vulgaris* in the Lake Fertő. *Opuscula Zoologica Budapest* **XXIII**: 65-70.
- Baek, K.Y. and I.S. Kim. 2008. Structural features of the glandular trichomes in leaves of carnivorous *Drosera anglica* Huds. *Korean Society of Electron Microscopy* **38**: 1-8.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie*. 3rd ed. Springer-Verlag. Wein. New York. 865p.
- Choi, J.Y., S.K. Kim, G.H. La, K.S. Jeong, H.W. Kim, T.K. Kim and G.J. Joo. 2012. Microcrustacean community dynamics in Upo wetlands: impact of rainfall and physiochemical factor on microcrustacean community. *The Korean Society of Limnology* **45**: 340-346.
- Ellison, A.M. 2006. Nutrient limitation and stoichiometry of carnivorous plants. *Plant Biology* **8**: 740-747. Study on harmful cyanobacteria and off-flavor production in Lake Paldan.
- Englund, G. and S. Harms. 2003. Effects of light and microcrustacean prey on growth and investment in carnivory in *Utricularia vulgaris*. *Freshwater Biology* **48**: 786-794.
- Gu, J.O., D.J. Lee, Y.I. Gug and S.U. Cheon. 2008. Water ruderal plant flora of Korea. Resource association for Research on Plant Protection. Suwon. 862p.
- Im, Y.S. 2009. Distribution characteristics of hydrophytes in Korea. D. Sc. Thesis, Soonchunhyang University. Korea. 430p.
- Jennings, D.E. and J.R. Rohr. 2011. A review of the conservation threats to carnivorous plants. *Biological Conservation* **144**: 1356-1363.
- Jeong, Y.I. 2015. Population growth characteristics of the *Utricularia japonica* Makino in Cheonjin lake, east coastal lagoon, Korea. M. Sc. thesis. Gangneung-Wonju National University. Korea. 94p.
- Jha, U.N., M. Jha and M. Kumari. 1978. Distribution of certain species of *Utricularia* in relation to their habitats and around Jamshedpur, India. *Hydrobiologia* **61**: 225-228.
- Juniper, B.E., R.J. Robins and D.M. Joel. 1989. The carnivorous plants. Academic Press Ltd., London.
- Kim, H.Y. 2009. Change of the vegetation structure according to hydrosere processes and the evaluation of successional state of the 18 lagoon located in the east coastal region, Korea. M. Sc. thesis. Gangneung-Wonju National University. Korea. 114p.
- Kim, J.K. 2007. Several factors affecting in vitro mass propagation of four carnivorous plant species. M. Sc. thesis. Chungbuk National University. Korea. pp. 1-4.
- Kwak, J.L. 2002. The ecological study on carnivorous plants of Mt. Ilkwang. M. Sc. thesis. Kyungsoong University. Korea. 41p.
- Lee, C.B. 2003. Coloured Flora of Korea (top and bottom). Hyangmunsa. Seoul. 910p.
- Lee, K.L. and I.S. Kim. 2010. Morphological differentiation of the trap in aquatic and terrestrial *Utricularia* species. *Korean Journal of Microscopy* **40**: 237-244.
- Lee, Y.N. 2007. An illustrated plant book a new Korea II. Kyohak. Seoul. pp. 223-225.
- Madsen, J.D. and M.S. Adams. 1989. The distribution of submerged aquatic macrophyte biomass in a eutrophic stream, Badfish Creek: The effect of environment. *Hydro-*

- biologia* **171**: 111-119.
- Makino, T. 1914. Observations on the flora of Japan. *The Botanical Magazine, Tokyo* **28**: 20-30.
- Ministry of Environment. 2012. 2012 National inland wetlands general survey (I).
- Na, S.T., H.K. Choi, Y.D. Kim and H.C. Shin. 2008. Taxonomic identities and distribution of *Utricularia japonica* and *U. tenuicaulis* in Korea. *The Korean Society of Plant Taxonomists* **38**: 111-120.
- Peroutka, M., W. Adlassnig, M. Volgger, T. Lendl, W.G. Url and I.K. Lichtscheidl. 2008. *Utricularia*: a vegetarian carnivorous plant? - Algae as prey of bladderwort in oligotrophic bogs. *Plant Ecology* **199**: 153-162.
- Richards, J.H. 2001. Bladder function in *Utricularia purpurea* (Lentibulariaceae): is carnivory important? *American Journal of Botany* **88**: 170-176.
- Wonju Regional Environmental Office. 2009. A Study on precision lagoon ecosystem conservation and restoration for the east sea coast ecosystem and management plan (II). 978p.
- You, Y.H. and H.B. Yi. 2009. Vegetation characteristics, conservation and ecotourism strategies for water spider (*Argyroneta aquatica*) in small marsh, Korean Natural Monument. *Journal of Wetlands Research* **11**: 99-106.
- <http://www.nature.go.kr>. (Korea Biodiversity Information System) 2015.03.10. Accessed.