

Original article

침입성 외래연체동물 서양다슬기(*Melanooides tuberculata*)에 대한 국내 최초 기록

박영준 · 엄순재 · 조영호 · 전용락 · 전영철¹ · 황인철² · 권순직^{2,*}

국립생태원, ¹생태자원연구소, ²(주)에일

First Record of the Invasive Alien Mollusk *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae) in South Korea. Youngjun Park (0000-0003-3916-5796), Soon Jae Eum (0000-0002-0355-6587), Youngho Cho (0000-0001-5672-5121), Yonglak Jeon (0000-0002-8106-2515), Yungchul Jun¹ (0000-0003-3888-2275), InChul Hwang² (0009-0008-7950-4469) and Soon Jik Kwon^{2,*} (0009-0005-2756-7423) (National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea; ¹Institute for Ecological Resource, Seoul 02783, Republic of Korea; ²Corporation Aeil, Bucheon 14676, Republic of Korea)

Abstract The purpose of this study was to record for the first time in Korea the presence of *Melanooides tuberculata* (an invasive alien species), which was confirmed during the “National Survey on the Status of Alien Species” in Jukdang stream (also known as Guppy Stream, located in Icheon, Gyeonggi Province), which is affected by the year-round discharge of heated effluent from a large semiconductor factory and where various tropical organisms, including ornamental fish, appear due to artificial release. A Total of 52 specimens were collected, and they can be visually distinguished from native melanian snails by their reddish-brown flames and spots. Genetic analysis further confirmed the species as *Melanooides tuberculata*. *Melanooides tuberculata* typically inhabits tropical climates, but its presence has been confirmed in altered aquatic environments such as Jukdang stream, where the water temperature remains warm even in a temperate climate. This indicates the need for further monitoring of domestic streams with similar conditions, particularly those receiving heated effluent, like Jukdang stream. Additionally, due to its strong reproductive capacity, including parthenogenesis, and its adaptability to various environments, there have been cases where the populations of *Pomacea lineata* and *Aylacostoma tenuilabris* have declined. This suggests that *Melanooides tuberculata* may have a competitive advantage in interspecific competition, potentially suppressing native species populations if it spreads within the domestic ecosystem. *Melanooides tuberculata* serves as an intermediate host for parasites that can cause diseases in both humans and animals, raising public health concerns in many countries. There is also a significant risk that it could be mistaken for native melanian snail species and consumed, which necessitates a high level of caution.

Key words: first record, Jukdang stream, Malaysian Trumpet Snail, invasive alien species

Manuscript received 3 September 2024, revised 19 September 2024,
revision accepted 25 September 2024
* Corresponding author: Tel: +82-32-545-3670, Fax: +82-31-601-9453
E-mail: triopsidae@naver.com

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

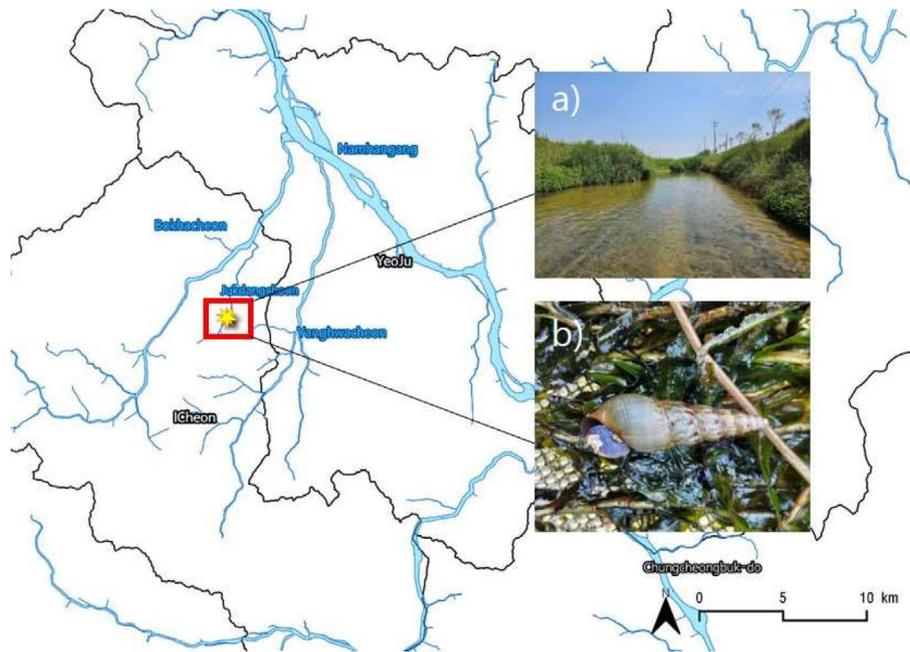


Fig. 1. The first occurrence point and picture of the *M. tuberculata* captured in South Korea. (a) Habitat in Jukdang stream; (b) Captured *M. tuberculata*.

서론

서양다슬기 (*M. tuberculata*, O. F. Müller, 1774)는 Red-rimmed Melania 또는 Malaysian Trumpet Snail로 불리며 연체동물문 복족강에 속하는 담수 무척추동물로서 지중해, 아프리카, 아시아, 인도, 말레이시아가 원산지이다 (Quirós-Rodríguez *et al.*, 2018). 이들은 주로 전 세계 열대 기후에 서식하지만, 온대 지역의 열대기후적 특성(수온 등)을 보이는 수환경에서도 서식하는 것으로 보고되었다 (Harding, 2016).

서양다슬기는 아프리카, 아시아, 유럽, 남·북아메리카, 오세아니아 및 남극해 (South Georgia and the South Sandwich Islands) 등 전 세계적으로 분포한다 (www.gbif.org). 관상용 시장에서 조류 (algae)와 유기물을 제거하는 청소 능력 때문에 인기가 높으며, 관상용 식물 등과 수족관 거래를 통해 활발하게 도입되고 있다 (Murray, 1971; Duggan, 2010; Kwong, *et al.*, 2010). 본 종의 주요한 생태적 특징은 단성생식 (parthenogenesis)으로 번식할 수 있으며 (Jacob, 1958; Rader *et al.*, 2003), 염도 변화, 건조, 온도 등 다양한 환경요인에 대한 적응 범위가 넓다는 점이다 (Rogers and Thorp, 2019). 특히, 인간과 동물 모두에게 질병을 유발하는 기생충의 중간 숙주로 많은 나라에서 공중 보건에 대한 우려를 제기하고 있다 (Karatayev *et al.*, 2008;

Jason *et al.*, 2022).

본 연구는 대형 반도체공장에서 연중 온배수 (heated effluent) 방출로 인한 영향을 받으며, 인위적인 방생으로 관상어종을 비롯한 다양한 열대생물이 출현하는 죽당천 (일명 구피천, 경기도 이천시)에서 “외래생물 전국 서식실태 조사”를 실시하던 중 국내 수생태계에서 최초로 서식이 확인된 서양다슬기 (*Melanoides tuberculata*)에 대하여 기록하고자 한다. 또한 최근 한반도는 온대기후대에서 아열대 기후대로 변화하고 있기 때문에 (Yun *et al.*, 2020) 서양다슬기 (*M. tuberculata*)가 국내 담수 생태계에 빠르게 확산할 가능성과 기생충에 의한 질병 전파 등이 심각히 우려됨에 따라 이에 신속히 대응하기 위해 생태학적 사실을 처음으로 보고한다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 방법

죽당천은 경기도 이천시에 위치하는 하천길이 7.8 km인 복하천 합류 지류이며, 하천유지유량의 대부분을 상류의 대형 반도체공장에서 배출하는 하루평균 약 8만여 톤에 이르는 방류수에 의존한다 (SKhynix, 2020). 또한 연평균 수온이 20°C인 온배수로 인하여 겨울에도 구피 등 열대어

Table 1. The set of primers used in this study

Target region	Primer	Sequence (5'-3')
COI	LCO1490	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG
	HCO2198	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA

**Fig. 2.** External form of *M. tuberculata*.

들이 서식 하는 일명 ‘구피천’으로 유명하다(www.khan.co.kr). 서양다슬기는 죽당천의 1개 지점 (N37°16′19.88″, E127°30′11.18″)에서 서식이 확인 되었으며, 2024년 8월 12일 오전에 살아있는 상태로 Hand-net (망목사이즈 1mm)을 사용하여 채집하였다(Fig. 1).

2. DNA 분석방법

채집된 샘플은 정확한 종 동정을 위해 형태적 특징뿐만 아니라 유전적 교차검증과 유입 경로를 파악하기 위해 DNA sequence analysis을 실시하였다. 샘플은 70% 에탄올에 담가 실험실로 운반되었으며, 무작위로 선택한 3개체를 멸균된 수술용 메스로 조직을 절제하여 분석에 사용하였다. 표본으로부터 조직을 얻은 뒤, DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Germany)의 매뉴얼에 따라 DNA를 추출하였다. 종 동정을 위해 mitochondrial DNA의 Cytochrome Oxidase I 유전자를 증폭하였고, 이를 위해 LCO1490, HCO2198 프라이머를 사용하였다(Table 1). PCR 조건은 95°C에서 5분간 initial denaturation을 수행하

였고, denaturation은 95°C에서 30초를, annealing은 60°C에서 30초를, extension은 72°C에서 30초씩 35cycles을 수행하였다. Final extension은 72°C에서 5분간 수행하였고, MacroGen Inc. (Seoul, Republic of Korea)에서 sequencing을 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 형태

서양다슬기는 일반적으로 크기가 20~40 mm이며, 각고(height)는 각폭(width)의 두배 이상이고, 나층(helix)이 8~11개인 길쭉한 원뿔모양이다(Bolaji *et al.*, 2011). 표본은 현장에서 총 52개체를 확보하였으며, 이들의 평균 크기는 13.4 ± 3.1 mm이었다. 각고는 각폭의 4배 이상이었으며, 나층은 평균 8.4 ± 0.7 개로 문헌과 유사하였지만 크기가 작았다(Appendix 1). 서양다슬기의 형태는 나선형 홈으로 장식된 둥근 몸통과 중간 및 위쪽 몸통에 잘 표시된 축 방향

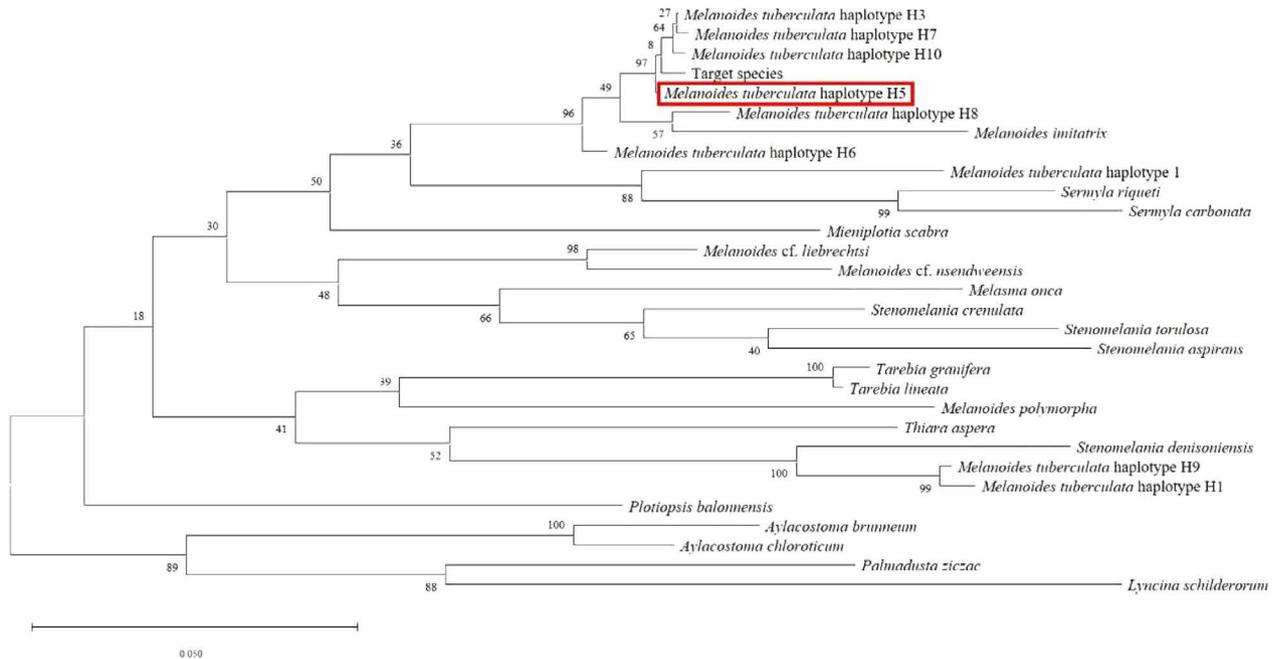


Fig. 3. Phylogenetic tree based on the maximum likelihood method with bootstrap test (500 replications).

의 물결모양의 갈비뼈가 있는 탑 모양의 껍질이 있다. 껍질은 옅은 갈색에서 짙은 갈색이며, 수많은 적갈색 불꽃과 반점이 있으나(Fig. 2), 껍질의 색상 및 크기 등은 온도 등 다양한 환경조건에 따라 개체 변이가 크다(Okumura and Rocha, 2020). 국내에 서식하는 다슬기과(Pleuroceridae)는 총 9종이 기록되어 있는데, 나충이 대체로 5~6충이지만 대부분 부식되어 있고, 서양다슬기와 달리 적갈색 불꽃과 반점 등이 없어 육안으로 구별이 가능하다(<https://species.nibr.go.kr/index.do>).

2. DNA 분석

유전자적인 종동정은 PCR을 통해 증폭된 유전자를 이용하였으며, sequencing 분석을 수행한 3개의 시료 중에 최종적으로 1개의 시료에서 557 bp의 염기서열을 얻었다. 해당 염기서열을 NCBI (National Center for Biotechnology Information)에서 BLAST 검색을 수행한 결과, 유사도가 99.64%로 *Melanoides tuberculata*인 것을 확인하였다 (Accession No. KP284134).

이후 명확한 결과를 얻기 위해 BLAST 검색 결과에 따라, 상위 29개의 유전정보를 추려내어 계통수를 작성하였을 때 Haplotype H5과 매우 유사하였다(Fig. 3).

Haplotype H5 는 H10, H7, H3와 함께 말레이시아에서 서식하는 것으로 알려져 있으며, 말레이시아 동쪽 Endau

River에서만 발견된 Haplotype이다(Chiu *et al.*, 2019).

3. 서식지 생태적 특징

서양다슬기는 일반적으로 유속이 빠른 서식환경에서는 출현하지 않으며, 수심이 얇고 흐름이 완만한 서식처의 부드러운 진흙이나 모래로 구성된 기질을 선호하지만, 바위로 구성된 웅덩이에서도 발견된다(Murray, 1975). 그러나 죽당천에서 확보한 개체는 연속성을 저해하는 황구조물에 의해 유속이 느리고 모래가 퇴적된 서식환경뿐만 아니라, 상류에 대형 반도체공장에서 하루 평균 8만여 톤이 방류되는 특징 때문에 유속이 빠른 서식처의 길게 늘어진 수초 표면에서도 확인할 수 있었다(Fig. 1).

한편, 서양다슬기는 일반적으로 수온이 18~31°C 사이의 열대기후의 수환경에 서식하지만(Rader *et al.*, 2003), 기후가 적합하지 않은 온대기후에서도 죽당천과 같이 수온이 따뜻하게 유지된다면 변화된 수환경에서도 서식할 수 있다(Piechocki *et al.*, 2003). 향후 죽당천에 대한 추가 조사를 통해 서식범위와 개체 밀도의 변화 추이를 확인하고, 환경조건이 유사한 국내 온배수 유입되는 하천에 대한 모니터링도 필요할 것으로 보인다.

4. 생태적인 영향

국의 연구사례에서는 서양다슬기의 유입은 사과우렁이

과(Ampullariidae)에 속하는 *Pomacea lineata* 개체수 감소를 유발하였거나(Fernandez *et al.*, 2001), 국내 다슬기와 형태와 생태적 지위가 유사한 열대지역 담수 복족류인 Hemisinidae에 속하는 *Aylacostoma tenuilabris*의 자연 개체수를 완전하게 대체하였다고 보고된 바 있다(Fernandez *et al.*, 2003). 이러한 국외 사례를 고려할 때, 죽당천에 대한 추가 모니터링을 통해 복족류의 출현현황과 서양다슬기의 증감 비율 등 데이터 확보가 필요하다. 서양다슬기는 단위생식 등 강한 번식력과 우월한 환경 적응력 덕분에 국내 수생태계에서 확산할 경우, 토착종의 개체수를 억제하는 등 중간 경쟁에서 유리한 위치에 있을 것으로 보인다.

5. 인간과 동물 건강에 대한 영향

서양다슬기는 간흡충(*Clonorchis sinensis*) 및 폐흡충(*Paragonimus westermani*)과 상업적으로 중요한 많은 어류에 영향을 미칠 수 있는 *Centrocestus formosus* 그리고 조류(bird)에 결막염을 유발하는 *Philophthalmus gralli* 등 인간과 동물 모두에게 질병을 유발하는 기생충의 중간 숙주로서 많은 나라에서 공중 보건에 대한 우려를 제기하고 있다(Karatayev *et al.*, 2008; Jason *et al.*, 2022). 특히, 본 종은 25속 37종 이상의 흡충류와 관련이 있으며(Pinto and De Melo, 2011), 그 숫자는 계속해서 증가하고 있다(Tolley-Jordan *et al.*, 2022). 이에 따라 국내 서식이 확인된 서양다슬기는 외형적으로 일반인에게는 국내 다슬기의 한 종류로 오인하여 섭식할 수 있는 가능성이 있어 매우 주의가 필요하다.

적 요

본 연구는 대형 반도체공장에서 연중 온배수(heated effluent) 방출로 인한 영향을 받으며, 인위적인 방생으로 관상어종을 비롯한 다양한 열대생물이 출현하는 죽당천(일명 구피천, 경기도 이천시)에서 “외래생물 전국 서식실태 조사”를 실시하던 중 국내 수생태계에서 최초로 서식이 확인된 서양다슬기(*Melanoides tuberculata*)에 대하여 기록하고자 한다. 총 52개체를 채집하였으며, 국내에 서식하는 다슬기와는 적갈색 불꽃과 반점 등이 있어 유관으로 구별이 가능하다. 또한 유전자 분석을 통해 *Melanoides tuberculata*인 것을 확인하였다.

서양다슬기는 일반적으로 열대기후에서 서식하지만, 기후가 적합하지 않은 온대기후에서도 죽당천과 같이 수온이 따뜻하게 유지되고 있는 변화된 수환경에서도 서식이

확인된다. 향후 죽당천과 같이 유사한 환경을 지닌 국내 온배수 유입 하천에 대한 추가 모니터링이 필요할 것으로 보인다. 또한 단위생식 등 강한 번식력과 환경 적응력으로 *Pomacea lineata* 및 *Aylacostoma tenuilabris*의 개체수가 감소된 국외 사례가 있어 국내 생태계 확산 시 토착종의 개체수를 억제하는 등 중간 경쟁에서 유리할 것으로 보인다.

인간과 동물 모두에게 질병을 유발하는 기생충의 중간 숙주로 많은 나라에서 공중 보건에 대한 우려를 제기하고 있으며, 국내에 서식하는 다슬기류로 오인하여 섭식할 수 있는 가능성이 있어 매우 주의가 필요하다.

저자정보 박영준(국립생태원 선임연구원), 엄순재(국립생태원 전임연구원), 조영호(국립생태원 책임연구원), 전용락(국립생태원 연구원), 전영철(생태자원연구소 책임연구원), 황인철(㈜에일 책임연구원), 권순직(㈜에일 연구소장)

저자기여도 연구설계: 박영준, 조영호, 전영철, 권순직, 자료수집: 권순직, 전영철, 황인철, 분석: 박영준, 엄순재, 전용락, 원고작성: 박영준, 엄순재, 조영호, 전영철, 권순직

이해관계 본 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음

연구비 본 논문은 환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힙니다(NIE-법정연구-2024-12).

REFERENCES

- Bolaji D.A., C.A. Edokpayi, O.B. Samuel, R.O. Akinnigbagbe and A.A. Ajulo. 2011. Morphological characteristics and Salinity tolerance of *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774). *World Journal of Biological Research* **4**(2): 1-11.
- Chiu, Y.W., Y.C. Gan, P.H. Kuo, K.C. Hsu, M.S. Tan and H.D. Lin. 2019. Mitochondrial Genetic Diversity of the Freshwater Snail *Melanoides tuberculata*. *Biochemical Genetics* **57**: 323-337. <https://doi.org/10.1007/s10528-018-9892-3>.
- Duggan, I.C. 2010. The freshwater aquarium trade as a vector for incidental invertebrate fauna. *Biological Invasions* **12**: 3757-3770. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9768-x>.
- Fernandez, M.A., S.C. Thiengo and M.F. Boaventura. 2001. Freshwater snails of the campus of Manguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* **34**(3): 279-282. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822001000300009>.
- Fernandez, M.A., S.C. Thiengo and L.R.L. Simone. 2003. Dis-

- tribution of the introduced freshwater snail *Melanooides tuberculatus* (Gastropoda: Thiaridae) in Brazil. *The Nautilus* **117**(3): 78-82.
- Harding, S.F. 2016. Range expansion of an exotic Asian snail (*Melanooides tuberculata*) into central Texas rivers, and the parasitological consequences thereof. USA: Texas State University. <https://digital.library.txstate.edu/bitstream/handle/10877/6967/HARDING-THESIS-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Jacob, J. 1958. Cytological studies of Melaniidae (Mollusca) with special reference to parthenogenesis and polyploidy. II. A study of meiosis in the rare males of the polyploid race of *M. tuberculata* and *M. lineatus*. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh* **63**(2): 433-444. <https://doi.org/10.1017/S0080456800009571>.
- Jason, M.P., J.R. Rachael and S.B. Emily. 2022. Detection of trematodes from the host exotic aquatic snail *Melanooides tuberculata* in an Urban Stormwater System. *Zoonotic Diseases* **2**(4): 258-266. <https://doi.org/10.3390/zoonotic-dis2040021>.
- Karatayev, A.Y., L.E. Burlakova, V.A. Karatayev and D.K. Padilla. 2008. Introduction, distribution, spread, and impacts of exotic freshwater gastropods in Texas. *Hydrobiologia* **619**: 181-194. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9639-y>.
- Kwong, K.L., D. Dudgeon, P.K. Wong and J.W. Qiu. 2010. Secondary production and diet of an invasive snail in freshwater wetlands: implications for resource utilization and competition. *Biological Invasions* **12**: 1153-1164. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9537-x>.
- Murray, H.D. 1971. The Introduction and Spread of Thiarids in the United States. *Biologist* **53**: 133-135. [https://doi.org/10.1016/0001-706X\(89\)90030-2](https://doi.org/10.1016/0001-706X(89)90030-2).
- Murray, H.D. 1975. *Melanooides tuberculata* (Müller), Las Morras Creek, Bracketville, Texas. *Bulletin of the American Malacological Union, Inc* : 43.
- Okumura, D.T. and O. Rocha. 2020. Life history traits of the exotic freshwater snail *Melanooides tuberculata* Müller, 1774 (Gastropoda, Thiaridae), and its sensitivity to common stressors in freshwaters. *Acta Limnologica Brasiliensia* **32**. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X0819>.
- Piechocki, A., B. Wawrzyniak-Wydrowska and B. Zdanowski. 2003. *Melanooides tuberculatus* (O.F. Müller, 1774) (Orthogastropoda: Thiaridae), a gastropod species new for the fauna of Poland. *Folia Malacologica* **11**: 39-41.
- Pinto, H.A. and A.L. De Melo. 2011. A checklist of trematodes (Platyhelminthes) transmitted by *Melanooides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae). *Zootaxa* **2799**(1): 15-28. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2799.1.2>.
- Quirós-Rodríguez, J.A., J. Yepes-Escobar and G. Santafé-Patiño. 2018. The invasive snail *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae) in the lower basin of the Sinú River, Córdoba, Colombian Caribbean. *Check List* **14**(6): 1089-1094. <https://doi.org/10.15560/14.6.1094>.
- Rader, R.B., M.C. Belk and M.J. Keleher. 2003. The Introduction of an Invasive Snail (*Melanooides tuberculata*) to Spring Ecosystems of the Bonneville Basin. *Journal of Freshwater Ecology* **18**(4): 647-657. <https://doi.org/10.1080/02705060.2003.9664007>.
- Rogers, D.C. and J.H. Thorp. 2019. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Volume 4: Key to Palaearctic Fauna. USA. Academic Press.
- SKhynix. 2020. <https://news.skhynix.co.kr/post/an-otter-has-come-to-jukdangcheon>. 2024.08.29.
- Tolley-Jordan, L.R., M.A. Chadwick and J.K. Triplett. 2022. New records of digenetic trematodes infecting *Melanooides tuberculata* (O.F. Müller, 1774) in Florida, USA. *BioInvasions Records* **11**(1): 149-164. <https://doi.org/10.3391/bir.2022.11.1.15>.
- Yun, E.J., J.H., Kim and K.H. Moon. 2020. Future projection of climatic zone shifts over Korean Peninsula under the RCP8.5 scenario using high-definition digital agro-climate maps. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **22**(4): 287-298. <https://doi.org/10.5532/KJAFM.2020.22.4.287>.
- <https://species.nibr.go.kr/index.do>. 2024.08.28.
- <https://www.gbif.org>. 2024.08.29.
- <https://www.khan.co.kr/environment/environment-general/article/202311211559001>. 2024.08.29.

Appendix 1. Morphological measurements of the captured *Melanooides tuberculata*.

Number	Height (mm)	Width (mm)	Helix (ea)	Number	Height (mm)	Width (mm)	Helix (ea)
1	160.0	40.0	9	27	14.0	3.2	8
2	80.0	15.0	7	28	15.0	3.5	10
3	110.0	20.0	8	29	16.5	4.0	8
4	110.0	25.0	8	30	14.9	4.0	8
5	110.0	25.0	9	31	16.0	4.0	8
6	90.0	20.0	7	32	16.0	3.5	9
7	80.0	15.0	8	33	14.8	2.9	9
8	100.0	20.0	8	34	15.5	3.3	9
9	110.0	20.0	8	35	14.2	3.2	9
10	90.0	18.0	8	36	12.9	2.5	9
11	120.0	21.0	8	37	14.0	3.3	8
12	130.0	30.0	8	38	13.2	3.0	8
13	120.0	28.0	8	39	15.8	4.2	9
14	125.0	28.0	8	40	17.8	4.5	9
15	110.0	20.0	8	41	16.0	3.6	9
16	120.0	30.0	8	42	15.9	3.2	10
17	85.0	20.0	8	43	17.0	4.5	8
18	90.0	18.0	8	44	17.0	4.0	10
19	88.0	18.0	8	45	16.0	3.9	8
20	110.0	25.0	9	46	16.9	4.2	9
21	110.0	22.0	8	47	15.8	4.1	8
22	125.0	30.0	7	48	15.0	3.8	9
23	100.0	20.0	9	49	15.8	4.0	8
24	140.0	32.0	8	50	15.0	3.0	9
25	150.0	35.0	8	51	16.0	5.0	8
26	138.0	30.0	9	52	22.0	5.2	8