

## 농업 환경보전 프로그램 대상마을의 논과 둠벙 생태계의 저서성대형무척추동물 분포 특성

신이찬<sup>1,2</sup>, 이승현<sup>3</sup>, 이영미<sup>2</sup>, 윤지영<sup>2</sup>, 홍성준<sup>2</sup>, 윤현조<sup>2</sup>, 박상구<sup>2</sup>, 한은정<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>국립공원연구원 생태조사부, <sup>2</sup>국립농업과학원 유기농업과, <sup>3</sup>국립낙동강생물자원관 동식물연구실

### Distribution characteristics of macroinvertebrates in an agricultural paddy field and irrigation pond ecosystems in a farmer's practice manual on the village of the Agricultural Environment Conservation Program

I-Chan Shin<sup>1,2</sup>, Seung-Hyun Lee<sup>3</sup>, Young-Mi Lee<sup>2</sup>, Ji-Young Yoon<sup>2</sup>, Sung-Jun Hong<sup>2</sup>, Hyun-Jo Yoon<sup>2</sup>,  
Sang-Goo Park<sup>2</sup> and Eun-Jung Han<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Ecological Survey Division, Korean National Park Research Institute, KNPS, Wonju 26441, Republic of Korea

<sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>3</sup>Animal & Plant Research, Nakdonggang National Institute of Biological Resources, Sangju 37242, Republic of Korea

**\*Corresponding author**

Eun-Jung Han

Tel. 063-238-2559

E-mail. hejs2@korea.kr

**Received:** 7 April 2022

**Revised:** 29 April 2022

**Revision accepted:** 16 May 2022

**Abstract:** Ecological occupation in irrigation ponds is a well-acknowledged fact that is essential for biodiversity conservation in agricultural ecosystems. However, there are few studies on the ecological functions and relationship between a paddy field and irrigation using macroinvertebrates in an environmentally friendly paddy field. The objective of this study is to identify the community and distribution characteristics of macroinvertebrates in an agricultural paddy field and irrigation pond ecosystems, and to provide basic data on the ecological function of an environmentally friendly paddy field. Macroinvertebrate sampling was conducted from May to September in an agricultural paddy field and irrigation pond in an environment-friendly paddy field in Boryeong city. We conducted a study to identify the distribution characteristics using macroinvertebrate species analysis, such as Functional Feeding Groups (FFGs), Habitat Oriented Groups (HOGs), rarefaction curve, and a two-way dendrogram. A total of 37 species of macroinvertebrates in 28 families, 13 orders were collected study during the period of the investigation. Dominant taxa of macroinvertebrates included Coleoptera, Hemiptera, and Odonata. In terms of FFGs, predators and gathering collectors accounted for approximately 70%, in relation to HOGs, and climbers and swimmers occupied more than 50% from both the paddy field and irrigation pond. With respect to the rarefaction curve, the irrigation pond (July) was high as  $E(S, 141) = 18$  species, while the paddy field (May) was comparatively low as  $E(S, 141) = 9$  species. In conclusion, our results revealed that macroinvertebrates, such as *Notonecta triguttata*, *Peltodytes intermedius*, *Appasus major*, *Laccotrephes japonensis*, *Appasus japonicus*, *Sigara substriata*, *Enochrus simulans*, and *Sternolophus rufipes*,

were used as a habitat and spawning ground in both paddy field and irrigation pond. The irrigation pond appears to be a very important spawning ground for macroinvertebrates.

**Keywords:** environment-friendly agriculture, rarefaction curve, habitat, spawning ground, organic agriculture

## 서 론

최근 농업 활동은 비료와 농약을 사용하던 관행농업에서 토양의 지력과 천적 생물을 활용한 친환경농업의 비중이 한층 높아지고 있고(Han *et al.* 2013), 우리나라에서 친환경으로 재배되는 친환경농산물의 생산량은 2015년 약 94,000 ton, 2017년 113,000 ton, 2019년 127,000 ton으로 증가하고 있다(National Agricultural Products Quality Management Service, <https://www.enviagro.go.kr>). 이와 같이 친환경농산물 수요 증가와 함께 지속가능한 농업, 환경보전형 농업으로의 전환 필요성이 점차 증대되어 농업생태계의 다양성 및 건전성에 대한 유기농업의 관심이 증가하고 있다(Ma and Joachim 2006). 유기농업은 생물학적 원리 기반 전반적인 관리체계로 환경보전을 통해 생물다양성을 개선하는 효과뿐만 아니라(Ma and Joachim 2006), 생물의 성장 측면에서도 친환경농에 서식하는 미꾸리 개체군의 크기가 월등히 큰 것을 확인하였다(Shin *et al.* 2018).

논은 벼 재배를 위한 중요한 공간이 되며, 이러한 공간에 용수 공급을 통해 벼의 생산성을 높이고 다양한 생물들에게 서식공간을 제공한다(Elphick and Oring 2003; Taft and Haig 2005). 이러한 서식공간에 서식하는 저서성대형무척추동물은 논 생태계에서 저차소비자의 역할로 먹이사슬 내에서 중요한 생태적 위치를 차지하고 있다(Smeding and de Snoo 2003). 논과 둠벙에서 서식하는 저서성대형무척추동물은 연체동물문(Mollusca), 환형동물문(Annelida), 절지동물문(Arthropoda)으로 구성되며, 그중 절지동물문은 하루살이목(Ephemeroptera), 잠자리목(Odonata), 노린재목(Hemiptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 파리목(Diptera) 등의 수서곤충이 대부분을 차지하는 것으로 알려져 있다(McCafferty 1983). 특히 이들은 외부 및 내부기원 유기물을 에너지원으로 전환하는 한편 양서류나 어류에게 이용되는 등 담수생태계의 영양단계에서 중요한 역할을 하고 있다. 또한, 수서곤충은 육상생활을 하던 곤충류가 다시 수중 생활을 하는 생활사(life cycle)를 가지고 환경에 변화하여 적응한 것들이 대부분이다(Huryn 2009; Brand and Miserendino 2012). 이들은 서식환경에 민감하게 반응하기

때문에 수생태계의 환경 특성을 대변하는 생물집단으로 널리 알려져 있고(Ward 1992), 서식환경과 수질의 특성에 따라 다른 분포를 나타내기 때문에 수질오염을 평가하는 지표생물로도 많이 이용되고 있다(Guilpart *et al.* 2012). 이러한 저서성대형무척추동물은 종에 따라서 논과 둠벙에서 서식지와 산란장소를 구별하여 이용하기도 한다(Saijo 2001). 논 생태계는 매해 일정한 형태로 변화와 회복을 통한 순환성을 갖지만(Han *et al.* 2011), 둠벙생태계는 농업활동에 따른 관개로 인한 수위변화와 가뭄과 같이 일시적 환경 변화가 주기적으로 발생한다(Kim *et al.* 2016). 이러한 논과 둠벙 생태계에 서식하는 수서생물은 환경 변화에 대응하기 위해 생활사와 이동성을 통해 탄력적으로 적응하였으며, 변화된 환경에 높은 회복력을 보인다(Han *et al.* 2011).

본 연구에서는 농업활동으로 인한 환경오염 방지 및 농업의 공익적 가치 제고를 위한 관리 정책 중 하나인 농업환경보전 프로그램의 일환으로 논과 둠벙생태계에 서식하는 저서성대형무척추동물의 분포 특성을 파악하여 논과 둠벙의 생태적 기능적 중요성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사기간 및 조사지역

본 조사기간은 2021년 5월부터 2021년 9월까지 논은 5월 27일, 6월 29일, 7월 25일, 9월 8일 등 4회, 그리고 둠벙은 6월 29일, 7월 25일, 9월 8일 등 3회 수행하였다. 조사지역은 농업환경보전 프로그램 대상지인 충청남도 보령시 은행마을에서 논과 둠벙을 대상으로 월별 저서성대형무척추동물의 분포 특성에 관하여 연구를 실시하였다(Fig. 1).

### 2. 조사방법 및 내용

수질분석은 간이수질분석기(Multi-Parameter PCSTest TM 35, Oakion, Singapore)를 이용하여 2021년 5월부터 9월까지 논과 둠벙을 대상으로 pH, 수온(water temperature, WT), EC (electrical conductivity), TDS (total dissolved



Fig. 1. A map showing the studied paddy field and irrigation pond.

solids), Salinity 등을 측정하였다.

저서성대형무척추동물의 채집은 뜰채(망목 0.1 mm, 내부 지름 27 cm)를 사용하였다. 정량채집을 위해 한 지점당 동일한 연구자가 미소서식처를 10분씩 3반복 채집하였다. 정량자료는 논과 둌병에서 3반복한 결과를 종합하여 단위 노력(Catch Per unit Effort, CPUE)당 채집된 저서성대형무척추동물의 개체수(개체수/CPUE)를 단위로 이용하였다. 저서성대형무척추동물을 골라낸 후 70% 에탄올에 고정하여 영구 보존하였다. 골라낸 표본은 해부현미경(Leica DE/MZ 7.5, Leica, Germany)을 이용하여 동정하였다(Yoon 1995; Kawai and Tanida 2005; Han *et al.* 2008; Jung 2011; Jung 2012; Kwon *et al.* 2013; Lee and Ahn 2018). 형태학적 동정의 근거가 충분하지 않다고 판단되는 일부 분류군은 과 또는 속 수준에서 처리하였다.

논과 둌병생태계 내 저서성대형무척추동물 군집의 분포 특성을 파악하기 위하여 분류군 및 기능군 측면(섭식 기능군, 서식기능군)의 분석도 실시하였다. 저서성대형무척추동물의 분류군은 문(Phylum) 단위로 구분하였다. 단, 절지동물문의 경우 강(Class) 단위로 각각강과 곤충강으로 세분하였으며, 특히 곤충강의 경우 목(Order) 수준에서 생태적 특성이 크게 다르므로 다시 목 단위로 세분하였다. 서식기능군(Habitat Oriented Groups, HOGs)은

지치는무리(Skaters), 헤엄치는무리(Swimmers), 떠있는무리(Planktoners), 기는무리(Sprawlers), 기어오르는무리(Climbers), 굴파는무리(Burrowers)로 구분하였으며, 섭식 기능군(Functional Feeding Groups, FFGs)은 썰어먹는무리(Shredders), 주워먹는무리(Gathering-collectors), 걸러먹는무리(Filtering-collectors), 식물뚫는무리(Plant-piercers), 잡아먹는무리(Predators)로 구분하였다(Merritt *et al.* 2008).

생태학적 지수는 논과 둌병에 서식하는 실제 서식 종수에 대한 현장조사의 오차를 줄이기 위해 채집된 개체군 크기에 따라 종수의 기댓값(Hurlbert 1971; James 1981)을 산출하였고, 월별 논과 둌병의 서식지 및 산란장소 확인을 위한 유사도(Bray-Curtis similarity)는 Bray and Curtis의 방법에 따랐다(Bray and Curtis 1957). 통계처리는 Rarefac. Bas와 Spdivers. Bas 프로그램(Ludwig and Reynolds 1988)을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수환경특성

월별 논과 둌병의 수환경분석 결과는 Table 1과 같다. 월별 pH는 논이 7.8 (7월)~8.2 (5월), WT는 20.5°C

**Table 1.** Environmental factors in an agricultural paddy field and irrigation pond

		pH	Water temperature (°C)	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	TDS ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Salinity ( $\text{mg L}^{-1}$ )
PF	May	8.2	20.5	311.0	200.0	148.0
	June	8.0	24.3	148.8	105.0	72.8
	July	7.8	24.2	132.7	93.3	65.0
	Sep.	7.9	21.9	217.0	153.0	108.0
IP	June	7.7	25.9	142.1	101.0	72.1
	July	7.4	29.6	155.0	111.0	77.5
	Sep.	7.8	22.0	106.9	73.2	54.2

PF: Paddy field, IP: Irrigation pond, Sep.: September

(5월)~24.3°C (6월), EC는 132.7  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (7월)~311.0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (5월), TDS는 93.3  $\text{mg L}^{-1}$  (7월)~200.0  $\text{mg L}^{-1}$  (5월), Salinity는 65  $\text{mg L}^{-1}$  (7월)~148.0  $\text{mg L}^{-1}$  (5월)의 범위로 나타났다(Table 1). 둠병은 pH가 7.4 (7월)~7.8 (9월), WT는 22.0°C (9월)~29.6°C (7월), EC는 106.9  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (9월)~155.0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (7월), TDS는 73.2  $\text{mg L}^{-1}$  (9월)~111.0  $\text{mg L}^{-1}$  (7월), Salinity는 54.2  $\text{mg L}^{-1}$  (9월)~77.50  $\text{mg L}^{-1}$  (7월)의 범위로 나타나, 둠병의 수환경은 논에 비해서 큰 차이를 보이지 않는 안정된 상태를 보였으나, 논은 둠병에 비해 월별 변화가 큰 불안정한 수환경 상태를 보이는 것으로 나타났다(Table 1). 이는 둠병의 경우에는 관개 등에 따른 수위변화와 가뭄과 같은 일시적인 환경 변화가 주로 발생하지만(Kim *et al.* 2016; Stenert *et al.* 2018), 논은 일정 형태의 변화와 회복을 통한 순환성으로 인해 다소 불안정한 상태를 보이는 것으로 판단된다(Saijo 2001).

## 2. 저서성대형무척추동물 군집구성 특성

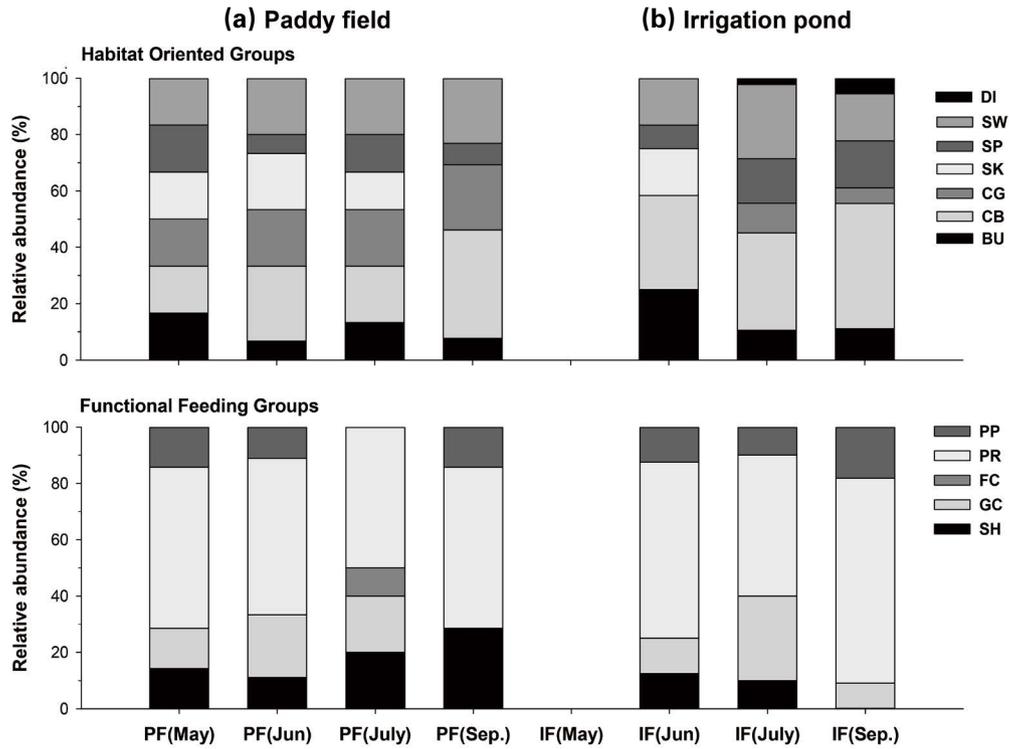
조사기간 동안 논과 둠병에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 3문 5강 12목 28과 37종 1,892개체였다. 그중 곤충강(Insecta)은 6목 17과 24종이 출현하였으며, 노린재목(Hemiptera)이 6과 9종(24.3%), 딱정벌레목(Coleoptera)이 3과 6종(16.2%), 잠자리목(Odonata)이 3과 4종(10.8%), 파리목(Diptera)이 3과 3종(8.1%), 하루살이목(Ephemeroptera)과 날도래목(Trichoptera)이 각각 1과 1종(2.7%) 순이었다. 곤충강을 제외한 비곤충류는 11과 13종(35.1%)이 출현하여 연체동물문(Mollusca), 절지동물문(Arthropoda), 환형동물문(Annelida)으로 분류되었다. 본 연구에서 노린재목, 딱정벌레목, 잠자리목이 높은 비율을

차지하는 것으로 나타나, Choi *et al.* (2013)의 국내 총 15개의 둠병조사의 결과와 유사하게 노린재목, 딱정벌레목, 잠자리목의 비율이 높은 것으로 나타났다. 이러한 분류군은 일반적으로 정수성 서식처에 다양한 종이 적응한 분류군이다(Yoon *et al.* 1989; Merritt *et al.* 2008). Han *et al.* (2007)은 10년간 전국의 논, 수로, 둠병 등에서 서식하는 수서무척추동물을 물벼룩류와 선충류를 포함하여 222종을 보고한 바 있다. 그러나 본 연구 결과는 논과 둠병을 대상으로 1년에 3~4회 조사한 결과이므로 종다양성 측면에서 낮을 것으로 판단된다. 저서성대형무척추동물은 조사면적, 조사지역, 시기 및 반복 횟수의 차이로 단순비교는 어려운 것으로 판단되지만, 논 생태계에 서식하는 대부분의 저서성대형무척추동물이 둠병에서 서식할 것으로 추정된다(Choi *et al.* 2013).

## 3. 저서성대형무척추동물의 기능군 분석

일반적으로 유수역인 하천에서는 주로 돌에 붙어 서식하거나 하상에서 생활하는 붙는무리(Clingers)와 기는무리(Sprawlers)가 높은 비율을 차지하지만, 논과 둠병은 다른 서식기능군 조성을 보인다(Jun *et al.* 2011). 또한, 저서성대형무척추동물의 서식기능군(Habitat Oriented Groups, HOGs) 분포 특성은 서식환경의 특성을 반영한다. 논과 둠병에서 서식기능군(HOGs)의 종 구성 비율은 논에서 기어오르는무리(Climbers, 30.6%)와 헤엄치는무리(Swimmers, 19.4%), 둠병에서는 기어오르는무리(33.3%)와 헤엄치는무리(20.0%)로 거의 유사한 비율을 나타냈으며, 이들은 다른 서식기능군에 비해서 비율이 약 50% 이상으로 높게 나타났다(Fig. 2). 이들 서식기능군은 물의 흐름이 거의 없는 정수성인 논에서 벼나 논둑에 존재하는 식물을 이용하고, 둠병에서는 정수성 환경에서 수초가 안정적으로 군락을 이루기 때문에 기어오르는무리에게 주요 서식처가 되는 것으로 판단된다. 논과 둠병의 저서성대형무척추동물 군집은 일반적인 정수성 환경의 특성을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 서식 환경적 특성에 따라 적응한 저서성대형무척추동물인 딱정벌레목, 잠자리목, 노린재목 등이 정수성 서식처에 다양한 종이 적응한 분류군으로(Yoon *et al.* 1989; Merritt *et al.* 2008), 서식환경이 변화에 따라 군집이 변동할 가능성이 있을 것으로 예상된다(Chung *et al.* 2020).

저서성대형무척추동물은 먹이형태와 섭식특성 등을 고려하여 6개 섭식기능군으로 분류한다(Sim 2011). 이러한



**Fig. 2.** Relative abundance of habitat oriented groups (HOGs) and functional feeding groups (FFGs) in an agricultural paddy field and irrigation pond (Abbreviation for SW, Swimmers; SP, Sprawlers; SK, Skaters; CG, Clingers; CB, Climbers; BU, Burrowers; DI, Divers; SH, Shredders; PR, Predators; PP, Plant-piecer; FC, Filtering-collectors; GC, Gathering-collectors).

섭식기능군은 서식처 유형과 먹이자원의 종류에 따라 적응하게 되며, 계절에 따라 섭식기능군 조성이 차이를 보이는 것으로 보고되었다(Rosenberg and Resh 1993; Merritt and Cummins 1996). 섭식기능군(FFGs) 분류에 따른 종구성 비율에서는 논과 둠벙에서 잡아먹는무리(predators)와 주워먹는무리(gathering-collector)가 약 70% 이상으로 높은 비율을 보이는 것으로 나타나 섭식기능군으로 매우 단순하게 출현하여 정수성 서식처의 종조성 특성을 반영하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 또한 이러한 잡아먹는무리와 주워먹는무리가 논과 둠벙에서 중요한 비중을 차지하는 생태계 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 일반적으로 하천에서는 주워먹는무리(gathering-collector), 걸러먹는무리(filtering-collectors) 및 썰어먹는무리(shredders)의 밀도가 높는데, 이는 하천연속성개념(The River Continuum Concept, RCC)에 의하여 상류에서 유입되는 CPOM(Coarse particulate organic matter), FPOM(Fine particulate organic matter) 등을 주요 먹이원으로 이용하는 종이 많기 때문이다(Vannote et al. 1980; Jun et al. 2011). 둠벙은 갑각

류 및 양서류 등이 고밀도 서식으로 잡아먹는무리의 먹이 자원이 풍부하고(Kim et al. 2012), 우수 서식처에 비해 딱정벌레목, 잠자리목, 노린재목 등 포식성이 강한 잡아먹는 무리가 먹이활동에 적합한 수환경의 형성으로 고밀도의 잡아먹는무리가 출현한 것으로 보인다(Choi et al. 2013).

#### 4. 생태학적 군집분석

실제 서식 종수에 대한 현장 관찰의 오차를 줄이기 위해 실제 관찰값에서 개체군 크기에 따른 종수의 기댓값 Rarefaction curve를 구하였다(Fig. 3). Rarefaction curve는 n 개체수의 표본에서 예상되는 종수를 나타내며, 표본 크기의 경향과 차이점을 나타낼 수 있고, 조사지역에서 종풍부도를 비교할 수 있다(James and Rathbun 1981).

월별 관찰된 개체수를 141개체로 동일하다고 예상했을 때 종수의 기댓값은 7월 둠벙에서  $E(S, 141) = 18$ 종으로 가장 높게 나타났고, 9월 둠벙에서  $E(S, 141) = 15$ 종, 7월 논과 6월 둠벙에서  $E(S, 141) = 13$ 종, 9월 논에서  $E(S, 141) = 11$ 종, 6월 논에서  $E(S, 141) = 11$ 종, 5월 논에서  $E(S, 141) = 9$

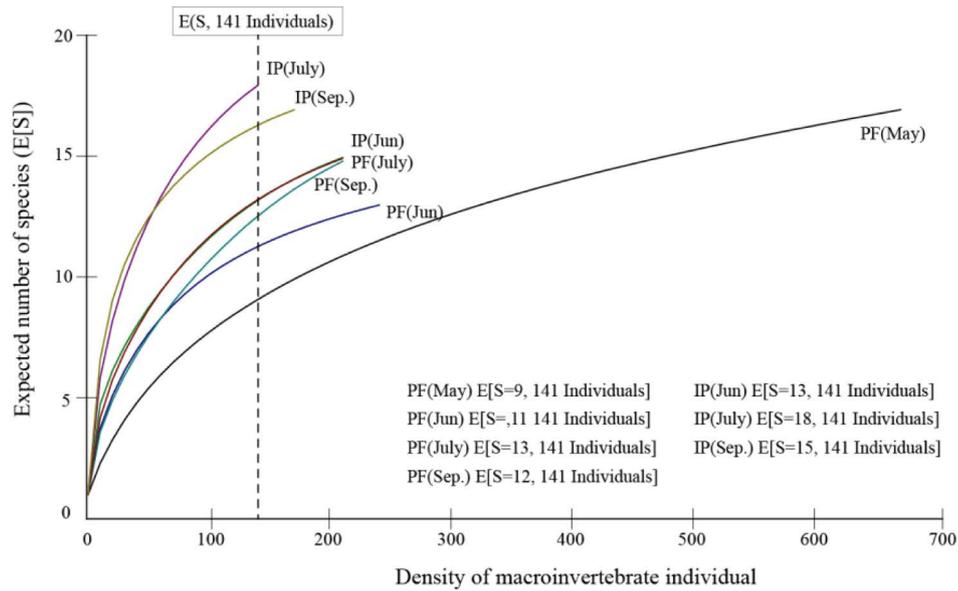


Fig. 3. Rarefaction curves for an agricultural paddy field and irrigation pond (PF: Paddy field, IP: Irrigation pond, Sep.: September).

Table 2. Bray-Curtis similarity and distance indices between the samplings in an agricultural paddy field and irrigation pond

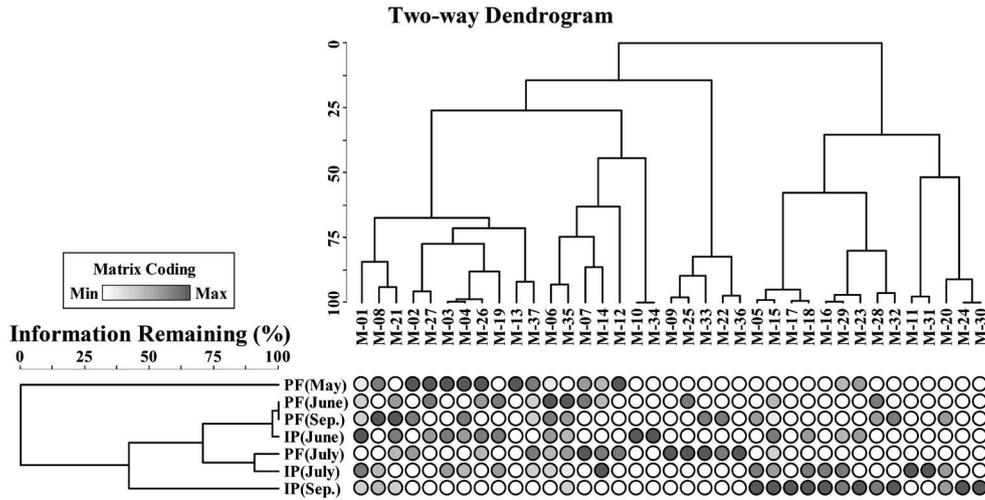
	Similarity matrix							Step	*C	*D	*S
	PF (May)	PF (June)	PF (July)	PF (Sep.)	IP (June)	IP (July)	IP (Sep.)				
PF (May)	-	9.3	8.9	9.3	10.3	10.0	4.2	1	6	16.6	83.4
PF (June)	-	-	64.8	83.4	75.4	30.6	21.5	2	5	24.3	75.7
PF (July)	-	-	-	60.8	54.0	55.5	17.4	3	4	35.2	64.8
PF (Sep.)	-	-	-	-	75.7	32.5	21.7	4	3	44.5	55.5
IP (June)	-	-	-	-	-	37.9	23.5	5	2	62.4	37.6
IP (July)	-	-	-	-	-	-	38.9	6	1	89.7	10.3
IP (Sep.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PF: Paddy field, IP: Irrigation pond, Sep.: September, \*C: Clusters, \*D: Distance, \*S: Similarity

중 등의 순으로 나타났다(Fig. 3). 본 조사지역에서 출현한 141개체에 대한 기대종수는 단위개체수당 9~15종으로 종수의 차이를 보여 월별 서식환경 및 논 관리에 따라 차이가 나는 것으로 판단된다. 특히 월별 차이는 있으나 둥병이 논보다 기대되는 종수가 최대 9종으로 둥병이 논생태계에서 종다양성 측면에서 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다.

### 5. 유사도 분석

본 연구에서는 유사도 분석(Cluster analysis)을 이용하여 월별, 논과 둥병 간의 유사성을 분석하였다(Table 2, Fig. 4). 출현종 측면에서 유사도 분석을 실시한 결과, 논과 둥병에서 공통적으로 출현한 저서성대형무척추동물은 논우렁



**Fig. 4.** A two-way dendrogram of macroinvertebrate communities from the paddy field and irrigation pond (PF; Paddy field, IP; Irrigation pond), M-01 (*Cipangopaludina chinensis malleata*), M-02 (*Gabbia misella*), M-03 (*Lymnaea auricularia*), M-04 (*Physa acuta*), M-05 (*Gyraulus chinensis*), M-06 (*Hippeutis cantori*), M-07 (*Sphaerium lacustre japonicum*), M-08 (*Limnodrilus gotoi*), M-09 (*Alboglossiphonia lata*), M-10 (*Whitmania acranulata*), M-11 (*Whitmania pigra*), M-12 (*Erpobdella lineata*), M-13 (*Caenestheriella gifuensis*), M-14 (*Cloeon dipterum*), M-15 (*Ischnura asiatica*), M-16 (*Anax parthenope*), M-17 (*Crocothemis servilia*), M-18 (*Orthetrum albistylum*), M-19 (*Sigara substriata*), M-20 (*Notonecta triguttata*), M-21 (*Appasus japonicus*), M-22 (*Appasus major*), M-23 (*Laccotrephes japonensis*), M-24 (*Ranatra unicolor*), M-25 (*Hydrometra procera*), M-26 (*Gerris gracilicornis*), M-27 (*Metrocoris histrio*), M-28 (*Peltodytes intermedius*), M-29 (*Enochrus simulans*), M-30 (*Helochares nipponicus*), M-31 (*Hydrochara affinis*), M-32 (*Sternolophus rufipes*), M-33 (*Galerucella nipponensis*), M-34 (*Tipula* KUa), M-35 (*Chironomidae* sp.), M-36 (*Stratiomys japonica*), M-37 (*Goerodes* KUb).

이 (*Cipangopaludina chinensis malleata*), 물달팽이 (*Lymnaea auricularia*), 원돌이물달팽이 (*Physa acuta*), 또아리물달팽이 (*Gyraulus chinensis*), 수정또아리물달팽이 (*Hippeutis cantori*), 실지렁이 (*Limnodrilus gotoi*), 연못하루살이 (*Cloeon dipterum*), 아시아실잠자리 (*Ischnura asiatica*), 방물벌레 (*Sigara substriata*), 송장해엄치게 (*Notonecta triguttata*), 물자라 (*Appasus japonicus*), 장구애비 (*Laccotrephes japonensis*), 등빨간소금쟁이 (*Gerris gracilicornis*), 광대소금쟁이 (*Metrocoris histrio*), 물진드기 (*Peltodytes intermedius*), 애넓적물팽팽이 (*Enochrus simulans*), 애물팽팽이 (*Sternolophus rufipes*), 깔따구류 (*Chironomidae* sp.), 네모집날도래 KUa (*Goerodes* KUa) 등 19종이 출현하였고, 논에서는 염주쇠우렁이 (*Gabbia misella*), 삼각산골조개 (*Sphaerium lacustre japonicum*), 조개넙적거머리 (*Alboglossiphonia lata*), 돌거머리 (*Erpobdella lineata*), 털줄뽕족코조개벌레 (*Caenestheriella gifuensis*), 큰물자라 (*Appasus major*), 애실소금쟁이 (*Hydrometra procera*), 일본잎벌레 (*Galerucella nipponensis*), 줄동애등애 (*Stratiomys japonica*) 등 9종이 출현하였다. 둠병에서는 갈색말거머리 (*Whitmania acranulata*), 말거머리 (*Whitmania pigra*), 왕잠자리 (*Anax parthenope*), 고추잠자리 (*Crocothemis servilia*), 밀잠

자리 (*Orthetrum albistylum*), 방게아재비 (*Ranatra unicolor*), 좀물팽팽이 (*Helochares nipponicus*), 잔물팽팽이 (*Hydrochara affinis*), 각다귀 KUa (*Tipula* KUa) 등 9종이 출현하였다. Saijo (2001)는 성충서식지와 산란장소를 기반으로 수서곤충 16종의 생태학적 분류를 하였고, 16종 모두 논이 산란장소로 이용된다는 것을 보고하였다. 이동성이 높은 수서곤충류인 노린재목과 딱정벌레목을 대상으로 성충서식지와 산란장소에 대해 비교한 결과, 송장해엄치게 (*N. triguttata*), 물진드기 (*P. intermedius*), 큰물자라 (*A. major*) 등은 논과 둠병에서 출현하여 성충서식지와 산란장소를 이용하는 것으로 나타났고 (Saijo 2001), 노린재목인 장구애비 (*L. japonensis*), 물자라 (*A. japonicus*), 방물벌레 (*S. substriata*)와 딱정벌레목인 애넓적물팽팽이 (*E. simulans*), 애물팽팽이 (*S. rufipes*) 등도 논과 둠병에서 공통적으로 출현한 것으로 확인되어 논과 둠병을 오가며 서식과 산란장소로 이용하는 것으로 판단된다. 또한, 9월 둠병조사에서는 밀잠자리, 고추잠자리, 왕잠자리, 실잠자리류가 높은 밀도로 확인되어 산란장소로서 큰 역할을 담당하는 것으로 나타났다. 5월 논과 6월 논의 유사도는 9.3%로 나타났는데 이는 5월 논에 초기 담수로 유입된 종과 6월은 담수로 인한 수체 안정화로 주변 환경으로

부터 유입된 새로운 종(*I. asiatica*, *S. substriata*, *H. procera*, *P. intermedius*)으로 인해 유사도가 낮은 것으로 판단된다. 6월 논과 둠병은 담수 유입에 따른 시간 경과로 인한 수생태가 안정화되어 74.4%의 높은 유사도를 보이는 것으로 판단된다. 6월 둠병과 9월 논이 75.7%의 유사도를 보이는 것은 중간낙수를 거친 9월의 논이 새롭게 조성된 담수환경에 따라 둠병에서 논으로 이동했을 가능성이 높은 것으로 판단된다 (Table 2, Fig. 4). 이는 둠병이 산란장소뿐만 아니라 회피 공간으로 이용되는 것으로 보이며, 생물다양성 유지와 보전 측면에서 매우 중요한 기능 및 역할을 하는 것으로 보인다.

## 적 요

본 연구에서는 논과 둠병에 서식하는 저서성대형무척추동물 군집 및 분포 특성을 규명하고, 논과 둠병의 생태적 기능에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다. 2021년 5월부터 2021년 9월까지 충청남도 보령시 은행마을 내 논과 둠병을 대상으로 저서성대형무척추동물에 대한 조사를 실시하였다. 조사 결과 총 37종의 저서성대형무척추동물이 서식하는 것을 확인하였다. 논과 둠병에서 서식기능군은 기어오르는무리와 헤엄치는무리가 50% 이상을 차지하는 것으로 나타났으며, 섭식기능군 측면에서는 잡아먹는무리와 주워먹는무리가 약 70%를 차지하는 것으로 나타났다. 월별 Rarefaction curve를 분석한 결과, 7월 둠병에서 E(S, 141) = 18종으로 가장 높게 나타났으며, 5월 논에서 E(S, 141) = 9종으로 가장 적은 것으로 확인되었다. 논과 둠병을 대상으로 서식 및 산란장소로 이용하는 저서성대형무척추동물은 노린재목인 송장헤엄치게(*Notonecta triguttata*), 물진드기(*Peltodytes intermedius*), 큰물자라(*Appasus major*), 장구애비(*Laccotrephes japonensis*), 물자라(*Appasus japonicus*), 방물벌레(*Sigara substriata*)와 딱정벌레목인 애넓적물팽팽이(*Enochrus simulans*), 애물팽팽이(*Sternolophus rufipes*)로 확인되어 둠병이 농업생태계 내 생물다양성의 유지와 보전에 중요한 기능을 하는 것을 확인하였다.

## 사 사

This study was carried out with the support of “Research Program for Agricultural Science & Technology Development

(Project No. PJ015653)”, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

## REFERENCES

- Brand C and ML Miserendino. 2012. Life cycle phenology, secondary production, and trophic guilds of caddisfly species in a lake-outlet stream of Patagonia. *Limnologia* 42:108-117.
- Bray JR and JT Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27:325-349.
- Choi LJ, MS Han, MR Kim, KJ Cho, KK Kang, YE Na and MH Kim. 2013. Characteristics communities structure of benthic macroinvertebrates at irrigation ponds, within paddy field. *Korean J. Environ. Agric.* 32:304-314.
- Chung HY, CM Yeom, JH Kim, SY Park, YW Lee, GA Pyo and SH Kim. 2020. Species diversity and community characteristics of benthic macroinvertebrates from irrigation ponds in the western CCZ area, Korea. *Korean J. Ecol. Environ.* 53:173-184.
- Elphick CS and LW Oring. 2003. Conservation implications of flooding rice fields, on winter waterbird communities. *Agric. Ecosyst. Environ.* 94:17-29.
- Guilpart A, JM Roussel, J Aubin, T Caquet, M Marle and H Le Bris. 2012. The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. *Ecol. Indic.* 23:356-365.
- Han MS, HK Nam, KK Kang, MR Kim, YE Na, HR Kim and MH Kim. 2013. Characteristics of benthic invertebrates in organic and conventional paddy field. *Korean J. Environ. Agric.* 32:9-15.
- Han MS, MH Kim, HS Bang, YE Na, DB Lee and KK Kang. 2011. Geographical distribution of diving beetles (Dytiscidae) in Korean paddy ecosystem. *Korean J. Environ. Agric.* 30:209-215.
- Han MS, YE Na, GS Bang, MH Kim, KK Kang, HK Hong, JT Lee and BG Ko. 2008. Aquatic Invertebrates in Paddy Ecosystem of Korea. National Academy of Agricultural Science. Suwon, Korea.
- Han MS, YE Na, HS Bang, M Kim, MK Kim, KA Roh and JT Lee. 2007. The fauna of aquatic invertebrates in paddy field. *Korean J. Environ. Agric.* 26:267-273.
- Hurlbert SH. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alter native parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Hurn AD. 2009. Aquatic insects - Ecology, feeding, and life history. pp. 132-143. In: *Encyclopedia of Inland Waters*. Elsevier

- Science. Amsterdam.
- James FC and S Rathbun. 1981. Rarefaction, relative abundance, and diversity of avian communities. *Auk* 98:785–800.
- Jun YC, NY Kim, SJ Kwon, SC Han, IC Hwang, JH Park, DH Won, MS Byun, HY Kong, JE Lee and SJ Hwang. 2011. Effects of land use on benthic macroinvertebrate communities: Comparison of two mountain streams in Korea. *Ann. Limnol.-Int. J. Limnol.* 47:S35–S49.
- Jung KS. 2011. Odonata Larvae of Korean. Ecology and Nature. Seoul. p. 400.
- Jung KS. 2012. The Dragonflies and Damselflies of Korea. Ecology and Nature. Seoul. p. 272.
- Kawai T and K Tanida. 2005. Aquatic Insects of Japan: Manual with Keys and Illustrations. Tokai University. Kanagawa, Japan.
- Kim HA, JY Choi, SG Kim, Y Do, GJ Joo, DK Kim and HW Kim. 2012. Observation and evaluation of zooplankton community characteristics in the petite ponds (Dumbeong) for irrigation: A case study in Goseong region of South Korea. *J. Wetlands Res.* 45:490–498.
- Kim JH, HY Chung, SH Kim and JG Kim. 2016. The influence of water characteristics on the aquatic insect and plant assemblage in small irrigation ponds in Civilian Control Zone. *J. Wetlands Res.* 18:331–341.
- Kwon SJ, YC Chun and JH Park. 2013. Benthic Macroinvertebrates. Ecology and Nature. Seoul. p. 792.
- Lee DH and KJ Ahn. 2018. Insect Fauna of Korea. Vol. 12, No. 22, Aquatic Coleoptera I (Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Dytiscidae). National Institute of Biological Resources. Incheon, Korea. p. 167.
- Ludwig JA and JF Reynolds. 1988. Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing. John Wiley and Sons. New York. pp. 67–106.
- Ma SM and S Joachim. 2006. Review of history and recent development of organic farming worldwide. *Agric. Sci. China* 5:169–178.
- McCafferty WP. 1983. Aquatic Entomology: the Fishermen's Guide and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives. Jones and Bartlett Learning. Boston, MA.
- Merritt RW and KW Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3rd edition. Kendall Hunt Publishing. Dubuque, IA.
- Merritt RW, KW Cummins and MB Berg. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 4th edition. Kendall Hunt Publishing. Dubuque, IA.
- Rosenberg DM and VH Resh. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall. London.
- Saijo H. 2001. Seasonal prevalence and migration of aquatic insects in paddies and an irrigation pond in Shimane Prefecture. *Jpn. J. Ecol.* 51:1–11.
- Shin HS, YJ Song, SI Kwon, JU Eo, SH Lee and MH Kim. 2018. Monthly change of the length-weight relationship of the loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) population in paddy fields by farming practices. *Korean J. Environ. Biol.* 36:1–10.
- Sim KS. 2011. Influence of weir on the community structure of benthic macroinvertebrates and fish. MS dissertation, Andong University. Andong, Korea.
- Smeding FW and GR de Snoo. 2003. A concept of food-web structure in organic arable farming systems. *Landsc. Urban Plan.* 65:219–236.
- Stenert C, IC de Mello, MM Pires, DS Knauth, N Katayama and L Maltchik. 2018. Responses of macroinvertebrate communities to pesticide application in irrigated rice fields. *Environ. Monit. Assess.* 190:1–13.
- Taft OW and SM Haig. 2005. The value of agricultural wetlands as invertebrate resources for wintering shorebirds. *Agric. Ecosyst. Environ.* 110:249–256.
- Vannote RL, GW Minshall, KW Cummins, JR Sedell and CE Cushing. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130–137.
- Ward JV. 1992. Aquatic Insect Ecology: Biology and Habitat. John Wiley and Sons. New York. p. 456.
- Yoon IB, SJ Aw and JI Kim. 1989. Study on the structures of aquatic insect communities at five wetlands in Gyung-san-Namdo, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 7:19–32.
- Yoon IB. 1995. Aquatic Insects of Korea. Junghaengsa. Seoul.