

## 자원순환형 저투입 민물어종과 벼의 공생농법

**주형로\*** / 정농회 회장

**김수경** / 예산황새공원 선임연구원

**김기흥** / 충남연구원 책임연구원

**오홍섭** / 풀무농업고등기술학교 교장

**서혜림** / 로컬스토리미디어협동조합 대표

### 연구 배경

우리의 농촌과 농업이 위기다. 이미 농촌 인구는 빠져나갈 만큼 나가고 이제는 마을이 사라질지 모른다는 한계마을 개념이 등장하고 있으며, 고령화로 인해 몇 년 후에도 이곳에서 농사가 지속될 수 있을 것인지 우려가 더해지고 있다. 특히 2015년에는 연초부터 쌀 가격 하락이 예상되었고 실제로 쌀 풍년으로 인해 더 큰 폭의 쌀 값 하락으로 이어졌다. 쌀 농사 자체에 대한 회의마저 든다는 농민이 대다수다. 지난 30년 사이 국민 일인당 쌀 소비량은 반토막이 난 상태로 농업진흥지역에 대한 제한을 풀자는 이야기까지 나오고 있다. 우리의 생명줄인 식량 가운데서도 주식인 쌀을 생산해 온 농민의 자긍심과 그간의 노고를 우리는 어떻게 이해하고 평가해야 할까. 농업은 이제 정말 천덕꾸러기가 되고 만 것일까. 이러한 위기 앞에 해법은 찾을 수 없는 것일까. 그에 대한 대답으로 오랫동안 유기농 오리 쌀로 그 유명세를 지켜온 홍동의 사례를 통해 작으나마 탈출구를 찾아보고자 한다.

국내 유기농업의 메카로 알려진 충남 홍성군 홍동마을은 1970년대 중반 유기농업이 시작

---

\* 주형로: 우리나라 최초 유기농단체인 정농회 회장, 우리나라 최초 유기농특구 홍성 오리농법 문당리 백년 계획 등을 토대로 농민, 소비자, 자라나는 아이들에게 유기농교육 마을교육 생태교육을 통해 새로운 희망 농촌을 그리고 있다.

된 이래, 1990년대 중반에는 ‘도농일심 함께 짓는 농사’라는 구호 아래 도시민의 적극적인 지원과 농민들이 합심으로 오리농법의 전국적인 확대를 이끌었다. 이후 흑향미의 확대와 흥동농협과의 계약 재배 체결 등 다양한 성과를 일구어내기에 이른다. 그 기본은 유기농업이 가지고 있는 안전한 먹거리 생산과 환경보전에 대한 역할, 철학적 신념에 있으며, 단지 농민만이 아니라 소비자와 도시민이 함께 연대하고 공유하는 형태의 방향을 지속해 왔기 때문에 지금의 흥동이 있다(김기홍, 2015; 2016). 이러한 흥동마을은 논농사에 대한 인식 전환을 위해 지난 몇 년간에 걸쳐 도심 지역 학생들에게 논농사를 지도하는 등 다양한 노력을 해왔다.

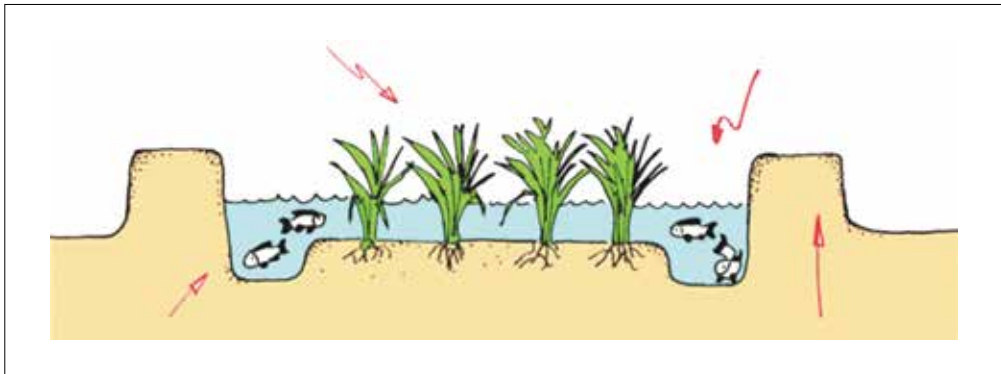
농사의 기본은 땅심에 있다. 논이 가지고 있는 생명력, 즉 논에서 얻은 것은 논으로 돌려주어야 땅의 힘이 사라지지 않는다. 왕겨, 벼짚 등 본래 농업 생산 과정에서 파생하는 자원을 외부로 유출하지 않고 다시 땅으로 돌려주어야 지력을 향상시킬 수 있다. 또한 논은 쌀만 키우는 곳이 아니다. 논이 가지는 생물 다양성에 집중해야 할 시기다. 논 한편에 자리잡고 있던 둌병과 미꾸리는 예전의 논농사에서는 자연 발생적인 것이었다. 본래의 자원을 이용한 자원 순환형 농업의 실현을 통해 땅을 수탈하는 것이 아니라 땅을 살리는 농업을 실현하고자 한다. 이를 위해 기존의 자원을 순환시키고 외부적 투입을 최소화하여 민물어종과 함께 하는 융합형 생명 창조 농법을 활용한다. 논이 가지는 생물 다양성 강화와 인력 투입 최소화로 스토리가 있는 재미있는 농업, 풍성한 농촌 만들기에 이바지하고자 한다.

## 연구 목적

본 연구의 기반은 유기농업이 가지는 본래의 취지를 다시 한번 되짚어보자는 것에 있다. 유기농업은 농약과 화학비료의 사용에 따른 토지와 인체 피해 및 공해 문제 등을 극복하고자 하였다. 농약과 화학비료 대신 가축의 분뇨와 농업부산물로 만든 퇴비를 사용하고, 유축복합의 농사를 기반으로 지속 가능한 농업을 해나가기 위함이다. 그러나 현재는 인증 중심, 성과 위주의 유기농업으로 변모해가면서 수입 유박의 과도한 사용 등 외부 자재에 대한 의존도가 높아져 농가에 대한 부담을 가중하는 상황이 발생하였다.

본래 논은 단지 쌀을 생산하는 곳만이 아니라, 다양한 생물들이 함께 공존하는 생명의 공간이다. 논 한쪽에 둌병을 만들어 논에서 사는 수생 동식물을 보존해 왔다. 특히 모내기 후

새로 뿌린 쌀겨는 미꾸리나 우렁이, 투구새우의 먹이가 되거나 이끼, 개구리밥을 퍼지게 해 물달개비를 자라지 못하게 했으며, 송사리가 알을 낳는 장소로도 활용해 왔다. 그러나 쌀을 대량으로 수확하기 위한 획일화된 논농사로 전락하게 되면서 이러한 논외의 다양한 기능은 사라졌다. 이에 본 연구에서는 자원순환형 저투입 민물어종을 활용한 공생농법을 통해 논이 가지는 다양한 기능을 되찾고자 한다.

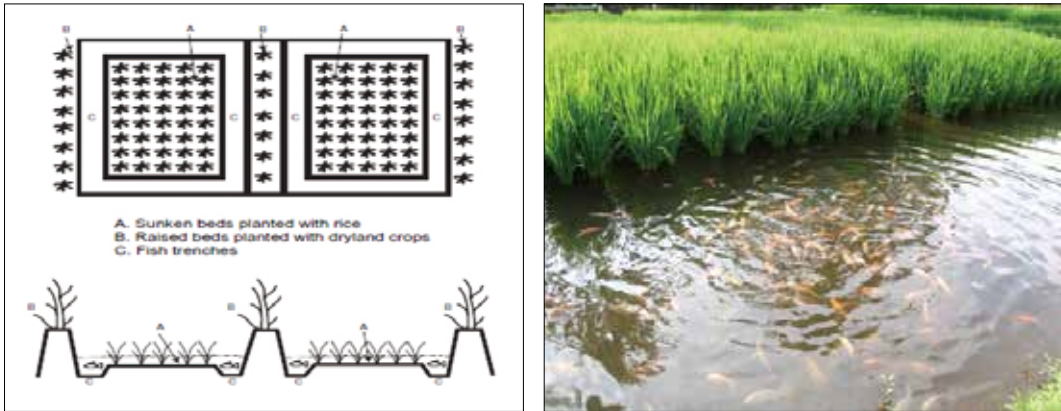


자료: <https://practicalaction.org/rice-fish-culture>

[그림 1] 민물어종 공생농법 모식도

현재 농업의 고령화 문제는 심각한 상태로 일손마저 부족한 현실에 직면해 있다. 이에 손쉽게 구매할 수 있는 농자재(외국산 유박 등)를 사용하여 농사를 짓는 경우가 늘어나고 있으며, 이로 인해 인건비 및 자재비가 비싸져 생산비 부담으로 전가되고 있다. 또한 논에서 생산된 쌀 이외에 왕겨나 벃짚까지 모두 논 밖으로 유출하여 판매하는 패턴이 반복되어 지력이 약화되고 있다. 지력이 약해진 논은 더 많은 투입을 해야 하는 악순환을 반복하게 된다. 이에 왕겨, 벃짚 등 본래의 자원을 이용하고 민물어종을 통한 생명 창조형 농법을 통해 외부적 농자재 투입을 줄이고, 수질을 개선하며 민물어종 생산으로 농가 소득에도 기여하고자 한다.

과거 우리 조상들은 벼를 수확할 때 논물을 배수하고 마지막까지 물이 남아있는 논 구석에서 메기와 붕어를 잡아 단백질을 섭취하였다. 그러나 1900년대 후반 경지구획정리로 둠병이 사라지고, 논이 건답화 되면서 미꾸리를 제외한 민물어종의 서식 환경이 부적합하게 되었다. 반면 동남아시아(인도네시아, 필리핀 등)와 중국에서는 현재까지 논외의 한쪽에는



자료: Mitthias&Modadugu(2004)

[그림 2] 인도네시아 민물어종 양식농법 설계도 및 현장 사례

벼를 재배하고 논둑 옆으로 긴 수로형 둥병을 파서 민물어종을 양식하고 있다. 어류의 배설물을 퇴비로 활용하여 벼 생산량을 높이는 농법으로 활용되고 있으며 이러한 민물어류의 양식은 농가의 부가적인 수입으로 연결되고 있다. 이러한 아시아적 논외 활용에 대한 재인식이 필요하다고 하겠다.

농업은 지역의 다양성을 표현할 수 있는 유력한 장치이기도 하다. 본 연구에서는 스토리텔링을 활용한 지역 마케팅을 통해 ‘가치’를 지니는 농업, ‘살아남는’ 농업을 제안하고자 한다. 논이 단순히 쌀을 생산하는 공간이 아니라 다양한 생명을 창출하고 이를 경험한 아이들은 논을 통해 새로운 희망을 발견해가는 공간으로 재인식하게 된다. 그러한 가치 있는 논에서 생산된 쌀의 가치는 다시 무한한 것으로 발전해갈 수 있다.

최근 쌀 생산이 넘쳐나서 벼농사를 줄여야 한다고 하는데 유기농업을 기반으로 민물어종을 활용한 질 좋은 쌀을 짓게 되면 쌀의 수확량에 연연해 하지 않으면서 좋은 쌀을 먹을 수 있게 된다. 즉 논을 다 사용하지 말고 일부는 둥병으로 내어주고, 민물어종 활용으로 외부 자재를 저투입함으로써 쌀 생산량을 자연스레 줄일 수 있게 되는 것이다. 본 연구에서는 이러한 자원순환형 공생농법의 긍정적인 효과도 기대해보고자 한다.

## 연구방법 및 내용

### 1. 연구개요

연구를 위한 준비 과정으로는 5월 중순 민물어종 공생농법 실험 논에 둠병을 조성하고, 논둑 천막을 매설하였으며, 5월 하순에 모내기 후 6월 중순에 민물어종 메기, 미꾸리, 붕어 3종을 방류하였다. 연구 결과를 살펴보기 위해 6월에서 10월에 걸쳐 어류의 생존, 성장특성을 매월 1회 관찰하고 수질 조사도 병행하였다. 실험대상 지역은 민물어종이 서식하기 위한 둠병 조성이 쉬운 지역으로 하였다. 이러한 논 선정 기준으로는 물이 잘 나고 물을 잘 담을 수 있는 곳 즉, 배수와 담수가 잘 되고, 민물어종이 잘 자랄 수 있는 참진흙을 가진 세 곳으로 선정하였다. 최종적으로 충남 홍성군 홍동면 문당리 672, 671, 667-1번지로 하였으며 이곳은 30년 가까이 유기농업을 실천해 온 유기농산물 인증 필지다.

<표 1> 연구개요



## 2. 민물어종 공생농법 실험 논 조성 공사

5월 중순에 실험 논1, 2, 3에서 굴착기를 이용하여 원형 둚병과 수로형 둚병을 조성하였다. 실험 논1과 실험 논2는 원형 둚병을 조성하였고, 원형 둚병 둘레로 독을 쌓아 논과 경계를 나누었다. 실험 논1의 원형 둚병 수심은 30~100cm 가량이며, 폭은 약 2m이었다. 실험 논2의 원형 둚병 수심은 1m 가량이며, 폭은 2m이었다. 그리고 하나 또는 두 개의 수로를 뚫어 논과 연결하였다. 실험 논3은 수로 형태의 긴 둚병을 만들었다. 폭 1m, 길이 60m, 수심 90~100cm로 파고, 한쪽 끝에는 1.5~2m 수심으로 사각형 둚병을 조성하였다[그림 3].



[그림 3] 민물어종 공생농법 실험 논 지도

<표 2> 실험 논 조성을 위한 작업 개요

작업 사진	작업 내용
 <p data-bbox="332 720 601 749">논둑 내 천막 매설(실험 논2)</p>	<p data-bbox="763 401 1210 589">실험 논2는 미꾸리 증식 실험대상 논으로 미꾸리의 땅을 파고드는 습성 때문에 논둑 아래 0.5~1m가량을 파고, 천막을 매설하였다<sup>1)</sup>. 이러한 방법은 논둑의 균열로 물이 새는 것을 방지할 수 있는 장점도 있다.</p> <p data-bbox="763 600 1210 749">또한 유기농업의 특징상 논두렁에는 땅을 파는 땅강아지, 웅어 등 생물들이 많아 물의 소실이 많으므로 논둑에 플라스틱판을 미리 설치해두면 물 빠짐을 방지할 수 있다.</p>
 <p data-bbox="332 1101 601 1130">수로형 둑병 조성(실험 논3)</p>	<p data-bbox="763 784 1210 1014">실험 논3은 메기 증식 실험대상 논으로 낮은 수온 상태를 유지하면서 메기가 활발하게 유평활동을 할 수 있도록 수로형 둑병을 조성하였다. 메기가 둑병과 논을 자유롭게 넘나들 수 있게 하려고 원형 둑병과 달리 둑을 조성하지 않았다.</p>
 <p data-bbox="332 1483 601 1512">원형 둑병 조성(실험 논1, 2)</p>	<p data-bbox="763 1170 1210 1439">실험 논1, 2에는 붕어와 미꾸리 증식 실험대상 논으로 원형 둑병을 각각 2개씩 조성하였고, 2개의 둑병 사이에는 수로관을 연결하여 물의 흐름이 원활하게 조성하였다. 원형 둑병을 조성한 위치는 바닥에서 물이 자연스럽게 스며나오는 곳으로 하였으며 이것이 전통적인 둑병 형태이다.</p>

1) 미꾸리는 비가 오면 1m를 뛰어넘어 달아나 버린다는 동네 어른들의 말씀을 참고삼아 천막을 매설하였다.

### 3. 썩레질 및 종자 선별, 모내기

실험 논 조성을 위한 사전 작업으로 2015년 가을 추수 후 실험 논1, 2, 3(당시 예정지) 모두 벃짚을 제거하지 않고, 잘게 썰어서 논에 투입해 두었다(그림 4). 이는 유박을 투입하지 않는다는 원칙을 바탕으로 논농사의 부산물인 벃짚을 그대로 퇴비로 활용하기 위함이다. 벃짚이 덮인 논을 담수한 후, 2016년 5월 25일 썩레질을 1회 실시하였다.



[그림 4] 벃짚을 그대로 둔 실험 논

다음으로 실험 논에 사용할 유기농 종자<sup>2)</sup> 고르는 과정이 이어졌다(그림 5). 튼튼한 종자를 선별하는 과정은 튼튼한 벃를 자라게 하는 첫걸음이라 할 수 있다. 우선 큰 대야에 소금물을 넣고 달걀이 오백 원짜리 정도의 크기로 뜰 수 있도록 염도를 유지한다. 다음으로 대야에 그물망을 미리 깔아 둔다. 그물망 위에 종자를 넣고 손으로 휘저은 후 그물망 위에 떠 있는 가벼운 벃씨를 제거한다. 마지막으로 씨앗을 직접 건지지 않고 그물을 들어내어 이동시킨다. 이는 종자의 섞임과 종자 건지기의 번거로움을 해결하기 위함이다.

2) 유기농 종자를 특별히 재배, 관리하고있는 지역의 흥동농협에서 구입하고 있다.





[그림 5] 유기농 종자 선별 과정

4월 28일에는 선별된 유기농 벼 종자를 포트에 파종하였고, 상토를 덮고 흰 부직포를 덮었다(그림 6). 품종은 유기농 재배에 비교적 적합한 품종인 밀키퀸과 추청으로 하였다. 파종한 지 약 30일 후, 25~30cm 길이로 묘가 자랐다(그림 7).



[그림 6] 포트 파종한 육묘



[그림 7] 25cm 길이로 자란 모

5월 28일 실험 논에 포트 이앙기(RX-60)를 이용하여 모내기하였다. 모내기는 묘가 약 25~30cm 길이가 되면 실시하게 된다[그림 8]. 이후 잡초 제거를 위해 왕우렁이를 투입한다. 왕우렁이는 300평(약 10a)당 5kg을 투입하는 것이 통상적인 방법으로 실험 논1(36a)에는 20kg, 실험 논2(19.4a)에 15kg, 실험 논3(11.5a)에 5kg을 투입하였다.



[그림 8] 모내기

#### 4. 어류의 방류

민물어류로는 붕어(*Carassius auratus*), 미꾸리류(*Misgurnus*) 속, 메기(*Silurus asotus*)를 선택하였고 각각 양식장과 내수면 어업계에서 구매<sup>3)</sup>하여 방류하였다. 붕어는 1차로 예당 저수지에서 포획된 10~20cm가량의 미성어와 성어 10kg을 방류하였고, 2차로 양식장에서

길러진 5cm 이하의 치어를 2,000마리 방류하였다. 미꾸리류는 치어와 미성어, 성어 28kg을 방류하였고, 주변 논에서 포획된 25kg을 추가로 방류하였다. 메기는 1차로 예당저수지에서 포획된 20cm 이상의 성어 20kg을 방류하였고, 2차로 양식장에서 길러진 평균 7cm가량의 치어 2,000마리를 방류하였다<표 3>.

1차로 방류한 붕어, 미성어와 성어는 실험 논에 방류 후 10일 이내에 대부분 폐사하였다. 그리고 1차로 방류한 메기는 과도하게 성장하여 실험 논 환경에서 적응하기에 적합하지 않아 실험 중에 제거하였다.

<표 3> 민물어종 방류 현황

어종	방류한 실험 논	방류 시기	어류 수량
붕어	실험 논1	7월 10일	약 2,000마리
미꾸리류	실험 논1, 실험 논2	6월 25일	1차 13kg, 15kg, 2차 25kg
메기	실험 논3	6월 26일	약 2,000마리



[그림 9] 메기 치어(왼쪽)와 미꾸리 성어(오른쪽)

3) 메기 치어는 논산에서 구입하였다.

## 5. 어종별 먹이 선호도 실험

민물어종 치어들이 논에서 어떤 먹이 종류를 섭취하는지를 알아보기 위해 실험용 수조에서 먹이 선호도 실험을 하였다. 6월 10일에 실험용 수조를 설치하고[그림 10], 6월부터 7월까지 붕어, 메기 치어를 대상으로 실험하였다. 실험용 수조는 여과기와 조명등, 냉각팬으로 구성되어 있으며, 3세트를 설치하였다.

붕어와 메기는 각각 20마리씩 실험용 수조에 1일간 적응시킨 후, 먹이 종류별로 2일 간격으로 투입하여 섭취 시작까지 소요시간, 시간당 섭취시도 횟수, 시간당 섭취 성공 횟수를 조사하였다. 단, 먹이 종류를 바꿀 때마다 실험 대상 개체는 실험경험이 없는 개체들로 교체하였다. 실험 먹이 종류는 동애등에 유충, 깔따구 유충, 모기 유충, 물방개류 유충 4가지 종류이다<표 4>.

<표 4> 먹이 선호도 실험에 사용된 먹이종류

어종	실험 먹이 종류
붕어	동애등에 유충, 깔따구 유충, 모기 유충, 물방개 유충
메기	동애등에 유충, 깔따구 유충, 모기 유충, 물방개 유충

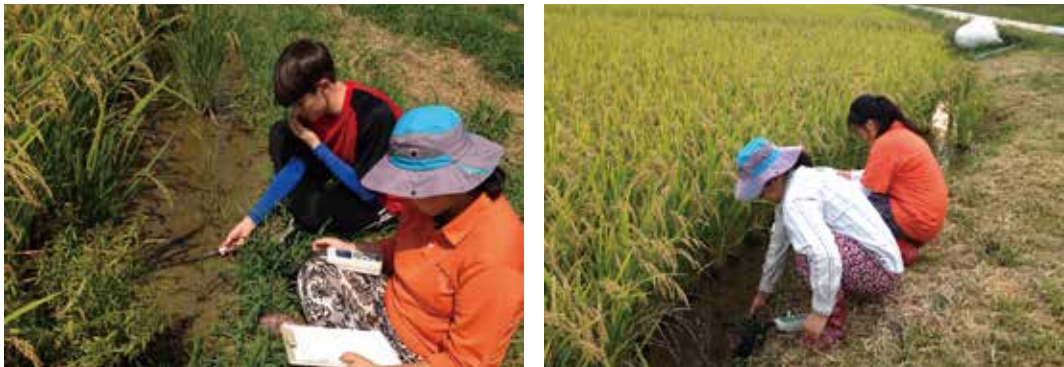


[그림 10] 실험용 수조 설치

## 6. 수질 조사 및 어류 성장률 조사

민물어종이 논에 미치는 영향을 알아보기 위해 7월부터 10월까지 월 1회 수질 조사와 어류 성장률 조사를 하였다. 풀무농업고등기술학교 생태동아리 학생들과 교사가 조사에 참여하였다. 수질 조사 대상 논은 대조 논1, 2, 3과 실험 논1, 2, 3이었다. 실험 논 내에 조성된 원형 둑방 4개도 포함되었다. 메기와 붕어의 성장률 조사는 실험 논1, 3에서만 실시하였고, 미꾸리류의 밀도 조사는 대조 논1, 2, 3과 실험 논1, 2에서 실시하였다.

수질은 다항목수질측정기(WQC-24)로 측정하였고, 수질을 알아보기 위해 총 3가지 항목인 용존산소(DO), pH, 수온을 측정하였다. 정확한 측정을 위해 측정하기 전에 바로잡고, 깊이가 5cm 이하에 센서 모듈을 넣어 값이 안정화되었을 때 기록하는 작업을 거쳤다. 논마다 각 3개 지점에서 측정하였다.



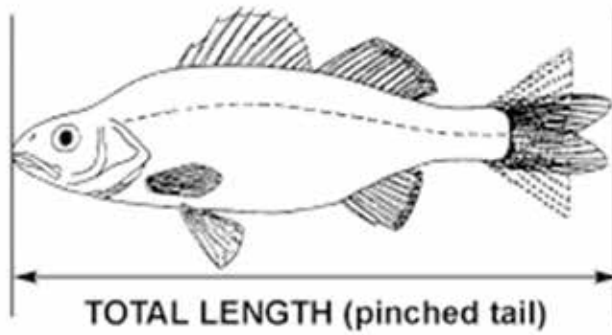
[그림 11] 실험 논 수질 측정(풀무농업고등기술학교 학생)

어류 성장률 조사를 위해서는 메기와 붕어는 족대(130x140x0.5cm)로 포획하였고, 미꾸리류는 소형 통밭(25x48x0.3cm)을 설치하여 24시간 경과 후에 확인하였다[그림 12, 15](김수경 등, 2016).

포획된 어류는 길이에 해당하는 체장(Total length; 단위 cm)과 무게에 해당하는 체중(Body weight; 단위 g)을 측정하였다. 체장은 입 끝에서 꼬리 끝까지 소수점 첫째 자리까지 측정하였고, 체중은 디지털 저울(SW-1)로 소수점 첫째 자리까지 측정하였다[그림 13, 14].



[그림 12] 족대(왼쪽)와 통발(오른쪽)



[그림 13] 체장(Total length) 측정법



[그림 14] 포획된 메기(왼쪽)와 메기 성장률 조사(오른쪽)



[그림 15] 죽대를 이용한 어류 포획

## 연구결과

### 1. 어류 먹이 선호도 실험 결과

#### 가. 메기 *Parasilurus asotus*

메기의 먹이로는 동애등에 유충, 갈따구 유충, 모기 유충, 물방개 유충, 대조군-사료 약 50g을 각 5회씩 투입하였다. 갈따구, 모기, 물방개 유충은 논 생태계에서 흔히 관찰되는 수서곤충이기 때문에 먹이원이 될지 실험하였고, 동애등에 유충은 음식물 쓰레기 처리에 효과적인 생물종으로 활용되고 있기에 증식이 쉬워 먹이원으로 고려하게 되었다. 5가지 먹이원을 2일 간격으로 투입하였고, 1회당 20마리의 메기(10~13cm)를 투입하였다. 이상의 5가지 먹이원 실험을 끝낸 후에는 새로운 개체들로 교체하였다.

그 결과 메기가 가장 빨리 먹기 시작한 것은 갈따구 유충이고, 동애등에 유충을 먹기 시작한 시간은 145분으로 가장 늦었다. 섭취 시도 횟수가 가장 많은 종류는 갈따구 유충이었으며, 동애등에 유충과 물방개 유충이 시간당 80회가량으로 가장 낮게 시도하였다. 섭취 성공률(섭취 성공횟수/섭취 시도횟수)이 가장 높은 종류는 갈따구 유충으로 89%, 다음으로 모기 유충이 85%로 나타났다. 동애등에 유충은 50%로 가장 낮게 나타났다<표 5>. 이는 동

애등에 유충과 물방개 유충의 몸 길이가 각각 평균 2.6cm, 2.4cm로 메기가 먹기에 길어 먹이로 사용하기에 어려움이 있는 것으로 사료된다. 추후 연구로는 이들 먹이원을 반복적으로 제공하였을 때 동애등에 유충의 섭취 성공 횟수가 증가하는지 실험해보는 것이 필요하다.

<표 5> 메기의 먹이 종류별 섭취 특성

구분	동애등에 유충	갈따구 유충	모기 유충	물방개 유충	대조군-사료
n = 5	50마리	약 250마리	약 250마리	약 90마리	50g
섭취시작시간(분)	145.45±27.78	5.44±1.54	8.45±2.11	24.47±3.87	1.04±0.04
섭취시도횟수/시간	81.11±8.24	172.21±20.11	127.57±14.25	84.95±2.54	214.28±45.12
섭취성공횟수/시간	41.15±5.12	154.02±18.54	108.18±12.44	62.31±3.14	209.24±22.14



[그림 16] 실험 먹이종류(왼쪽부터 동애등에 유충, 갈따구 유충, 모기 유충, 물방개 유충)

#### 나. 붕어 *Carassius auratus*

붕어의 먹이로는 앞에서 언급한 5가지 먹이원을 2일 간격으로 투입하였고, 1회당 20마리의 붕어(10~13cm)를 투입하였다. 5가지 먹이원 실험을 끝낸 후에는 새로운 개체들로 교체하였다.

실험 결과, 동애등에 유충과 물방개 유충은 섭취하지 않았고, 갈따구 유충을 섭취하는 시작 시각이 25분으로 가장 짧았으며, 모기 유충의 경우 섭취 시작 시각이 37분으로 가장 길었다. 섭취 시도 횟수가 가장 많은 종류는 갈따구 유충이며, 섭취 성공률(섭취 성공횟수/섭취 시도횟수)이 가장 높은 종류는 갈따구 유충이 79%로 가장 높았고, 모기 유충이 73%로 다음으로 높게 나타났다<표 6>. 메기와 달리 붕어는 입이 작아 길이가 긴 먹이 종류는 섭취하기 매우 어렵기 때문에 동애등에와 물방개 유충을 전혀 섭취하지 않은 것으로 사료된다.



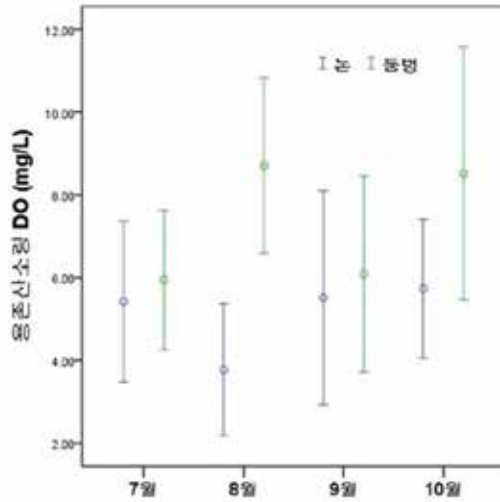
그러나 모기와 깔따구 유충은 평균 길이가 각각 0.4cm, 0.7cm로 붕어가 섭취하기 쉽다. 추후 연구에서 실지렁이 등의 소형 곤충유생을 추가로 실험해 볼 필요가 있다. 메기와 붕어 모두 깔따구를 섭취하는 시간이 가장 짧았고, 깔따구 섭취 성공률도 가장 높았다.

<표 6> 붕어의 먹이 종류별 섭취 특성

구분	동애등에 유충	깔따구 유충	모기 유충	물방개 유충	대조군-사료
n = 5	50마리	약 250마리	약 250마리	약 90마리	50g
섭취시작시간(분)	섭취하지 않음	25.75±2.15	37.41±3.45	섭취하지 않음	3.44±2.10
섭취시도횟수/시간		85.54±9.34	73.14±5.47		148±35.11
섭취성공횟수/시간		67.34±5.78	54.14±6.48		137±21.48

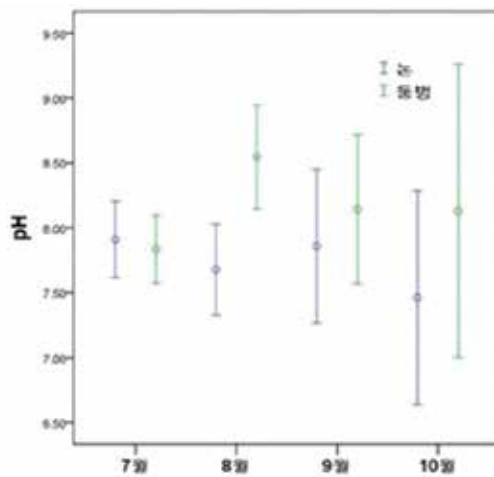
## 2. 수질 조사 결과

실험 논1, 2, 3과 대조 논1, 2, 3의 용존산소량(DO)을 조사한 결과, 대조 논과 실험 논은 유의미한 차이가 없었으며, 7~10월 중 8월에 용존산소량이 가장 낮았으며, 전체 시기 동안 논 의 용존산소량은 6mg/L 이하로 나타났다. 논과 둠병을 비교한 결과, 8월과 10월에 둠병의 용존산소량이 유의미하게 높게 나타났다. 7월과 9월은 둠병이 논보다 용존산소량이 다소 높 게 나타났지만 유의미한 큰 차이는 없었고 8월과 10월에는 용존산소량 8mg/L 이상으로 높 게 나타났다(그림 17). 그 원인은 일시적인 지하수 유입으로 인한 용존산소량의 증가와 둠 병 내 용출수의 증가에 따른 것으로 사료된다.



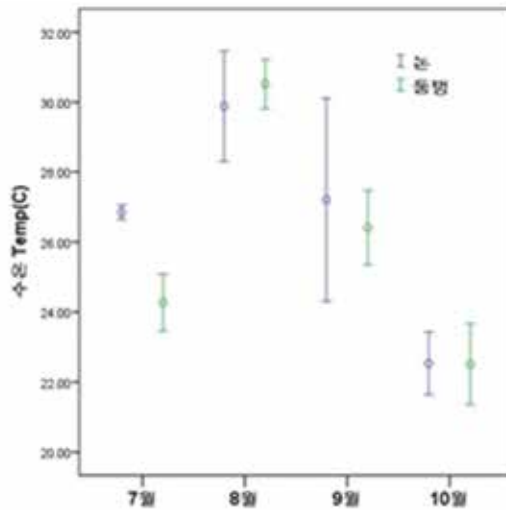
[그림 17] 시기별 논과 둠병의 용존산소량(DO) 변화

실험 논1, 2, 3과 대조 논1, 2, 3의 pH를 분석한 결과, 대조 논과 실험 논은 유의미한 차이가 없었다. 7~10월 pH는 7.5~8.0 범위에서 나타났고, 10월에 가장 낮은 pH값을 보였다. 논과 둠병을 비교한 결과, 8~10월에 둠병의 pH값이 논보다 높게 나타났다[그림 18]. 김영현(2011)은 논에 담수를 실시하면 토양의 산화환원전위(Eh)가 낮아져 환원 상태로 변하며, 수소이온(H<sup>+</sup>)이 감소하여 pH를 증가시키는 것으로 보았다.



[그림 18] 시기별 논과 둠병의 pH 변화

실험 논1, 2, 3과 대조 논1, 2, 3의 수온을 분석한 결과, 대조 논과 실험 논은 유의미한 차이가 없었으며, 7~10월 중 수온은 22~31°C 범위였다. 8월에 가장 높은 수온을 나타냈고, 10월에 가장 낮은 수온을 나타냈다. 논과 둚병을 비교한 결과, 8~10월에는 둚병과 논 수온이 유사하였으나, 7월에 둚병의 수온이 논보다 낮게 나타났다(그림 19). 논 수온이 증가하는 여름철에는 민물어류가 둚병으로 이동하여 서식할 수 있는 장점이 있다.



[그림 19] 시기별 논과 둚병의 수온 변화

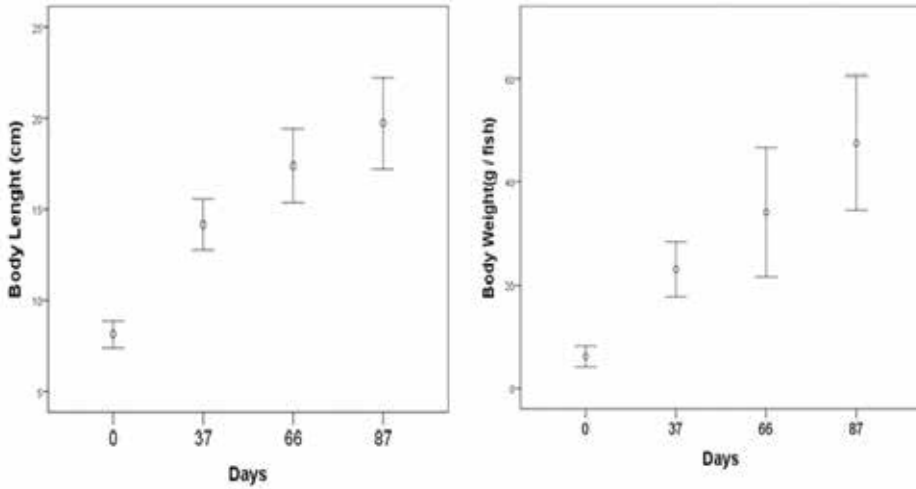
수온의 변화는 8월 둚병 결과를 제외하면 용존산소량과 음의 상관관계를 나타냈다. 이용우 등(2016)의 연구결과에 따르면 수온이 용존산소량을 조절하는 주요인자이기 때문에 본 연구결과와 유사하였다.

### 3. 어류의 성장률 조사 결과

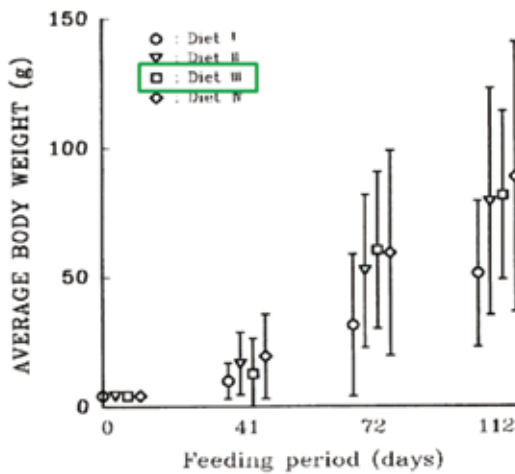
#### 가. 메기(Parasilurus asotus)

1차 방류된 성어는 논이라는 서식 환경에 적합하지 않아 제거하였고, 2차로 6월 26일에 방류된 치어의 성장률 조사를 실시하였다. 평균 체장 8.2±0.7cm, 체중 6.4±1.8g의 치어를 투입 후, 87일째 체장 19.7±2.5cm, 체중 47.4±13g 로 성장하였다(그림 20). 사료 섭취한 메기의

72일째 체중과 비교해보면 54% 정도로 성장하였다. 사료 섭취 메기보다 성장률이 절반 정도로 나타났다[그림 21]. 이는 방류된 메기 치어가 논 내에서 서식하는 무척추동물(수서곤충류, 지렁이류 등)을 주로 섭취하였는데, 면적당 메기의 서식밀도가 높아 먹이원이 부족한 것으로 판단된다.



[그림 20] 논에 방류된 기간에 따른 메기의 체장(BL)과 체중(W)의 변화



자료: 이경선, 1995.

[그림 21] 사료섭취 메기 치어의 체중 변화도

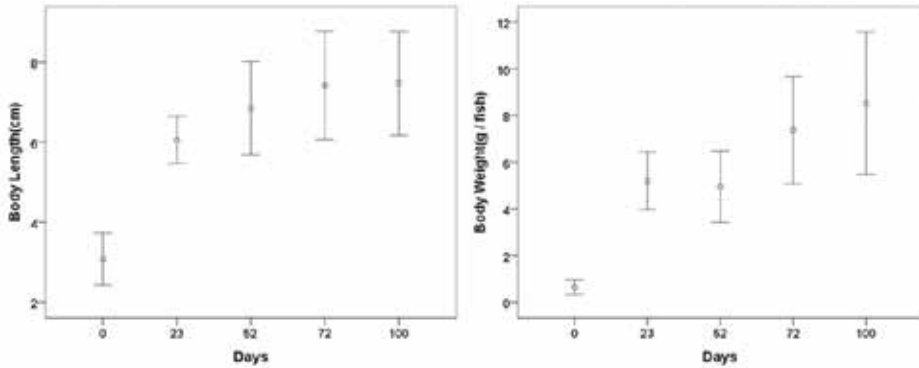
다음으로 논에서 자란 메기의 포획량을 알아보기 위해 실험 논3을 배수하여 수로형 둑방에 있는 메기를 모두 포획하였다. 총 300여 마리 중 20여 마리는 30~40cm가량의 큰 메기였고, 나머지는 20cm 내외였다[그림 22]. 예상보다 큰 메기가 출현한 원인은 동종 간 포식이 있었기 때문으로 사료된다. 즉 큰 메기가 작은 메기를 잡아먹는 일이 발생하였다. 추후 연구에서는 동종 간 포식을 예방하기 위해 논 내의 먹이 생물종을 함께 증식시키고, 메기 서식 밀도를 조절하는 것이 필요하다.



[그림 22] 실험 논3 배수(왼쪽)와 배수 후 메기 포획(오른쪽)

#### 나. 붕어(Carassius auratus)

1차 방류된 성어는 방류 후 10일 이내에 대부분 폐사하였다. 2차로 7월 10일에 방류된 치어의 성장률 조사를 하였다. 평균 체장  $0.71 \pm 0.12$ cm, 체중  $0.42 \pm 0.05$ g인 치어를 투입 후, 100일 경과한 후 평균 체장  $7.41 \pm 1.29$ cm, 체중  $8.52 \pm 0.60$ g으로 성장하였다. 사료를 섭취해서 자란 붕어(97일)의 체중 19.8g과 비교해보면 43% 정도로 사료 섭취 붕어보다 성장률이 절반 이하로 나타났다[그림 23].



자료: 이옥현, 2006.

[그림 23] 논에 투입된 붕어의 체장(Total Length)과 체중(Weight)의 변화

#### 다. 미꾸리류(Misgurnus) 속

미꾸리류는 1차로 실험 논1과 2에 각각 13kg, 15kg을 방류하였고, 2차로 25kg을 여러 회 나누어 방류하였다. 대조 논과 실험 논의 상대적 포획량을 비교하기 위해 5월부터 미꾸리류를 소형 통발로 포획하였다. 그러나 2차로 방류한 25kg이 어떤 실험 논으로 방류되었는지 정확한 기록이 없어서 미꾸리류의 상대적 포획량을 비교하는 것은 불가능하게 되었다.

### 4. 메기와 함께하는 제초 효과

본 연구에서는 메기를 포함한 민물 어류가 잡초를 제거하는 데 도움이 되지 않을까 고려한 측면이 있었다. 이를 위해 대조 논3(21.9a)에 1a당 왕우렁이 2.6kg을 투입하였고, 실험 논 3(11.5a)에는 1a당 왕우렁이 1.3kg와 메기 약 2,000마리를 투입하였다. 실험 논3은 대조 논3에 비해 절반에 해당하는 50%의 왕우렁이를 투입하였다.

그 결과 실험 논3에는 피(Echinochloa crus-galli)가 거의 나타나지 않았으나 대조 논3에는 피의 밀도가 높은 곳이 발견되었다[그림 24]. 이는 메기가 논을 휘젓고 다니면서 탁수(흙탕물)를 발생시켜 제초 효과가 높게 나타난 것으로 추정된다. 추후 연구에서는 왕우렁이의 투입을 완벽히 차단하고, 메기가 제초 역할을 하는지 조사하여 명확한 상관관계를 확인하고자 한다. 유기농법 중에는 제초 작용을 위해 우렁이를 유력한 수단으로 사용하지만 완벽

한 제초로 이어지지 않는 것으로 풀이되며, 향후 메기 등 민물 어류의 활용이 대안이 될 수 있는 부분이라고 하겠다.



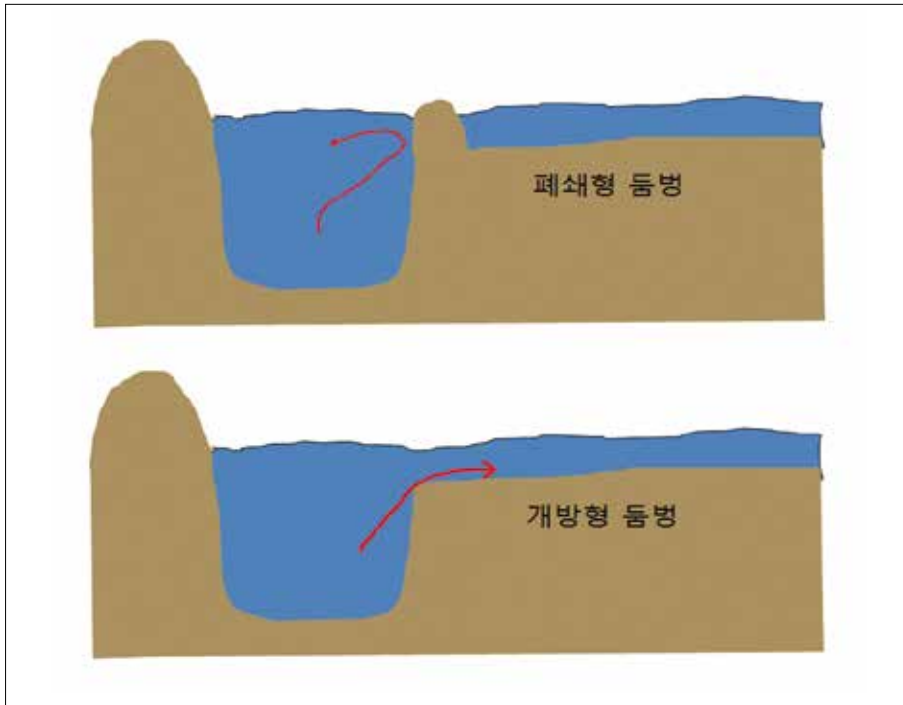
[그림 24] 대조 논3과 실험 논3의 잡초 ‘피’의 출현 밀도 비교

## 5. 실험 논 조성방법에 따른 효과

본 연구에서는 메기 등 민물 어류를 방류하기 위해 둥병을 조성하였는데 통상적으로 사용되는 원형 둥병과 이와는 다른 수로형으로 긴 둥병을 조성함으로써 그 효과를 알아보고자 하였다. 이에 따라 실험 논1, 2에는 원형 둥병 4개, 실험 논3에는 수로형 둥병 1개를 조성하였다. 원형 둥병은 논둑으로 경계를 만든 폐쇄형 둥병이며, 수로형 둥병은 논둑으로 경계를 만들지 않은 개방형 둥병이다.

관찰 결과 폐쇄형 둥병은 어류가 출구를 찾기 어려워 논과 둥병을 자유롭게 이동하기 어려운 반면, 개방형 둥병은 논과 둥병을 자유롭게 이동하였다. 또한 수로형 둥병은 물의 순환을 원활하게 하여 둥병의 부영양화를 감소시킬 수 있는 효과를 가지기도 한다.

그러나 개방형 둥병은 경계가 명확하지 않아 트랙터, 이앙기, 콤바인 등의 농기계가 빠질 수 있는 문제점이 있기 때문에 깃발 또는 위치표시 줄 등으로 구획을 표시하는 등의 조치가 보완되어야 할 것으로 여겨진다.



[그림 25] 폐쇄형 동병과 개방형 동병의 단면 모식도

## 6. 교육 및 홍보 활동

### 가. 지역 학교 ‘홍동초등학교 학생들의 배움터가 되다’

“논은 배움의 놀이터가 되어야 한다”는 신념으로 학생들이 함께할 수 있는 논을 디자인 해 보았다. 이를 위해 모내기 단계에서 논 한가운데 2~3줄 정도는 모를 심지 않았다. 맨발로 아이들이 논을 가로지르는 경험을 가지게 하기 위해서이다. “얘들아, 논 가운데 지나갈 때 벼가 박수를 친단다. 예수가 홍해를 건널 때의 기분을 느껴봐”라는 주최 측의 외침 가운데 7월 14~15일에 지역 학교인 홍동초등학교 3~6학년 70여 명이 민물어종 공생농법 실험 논을 방문하여 논을 가로질러 갔다.

학생들은 맨발로 물렁한 논 흙을 밟는 것이 이상하기도, 재미있기도 한 소중한 체험이 되었다. 또 논에서 물고기를 본 적이 없던 학생들은 논에서 잡아 올리는 메기, 붕어, 미꾸리류를 보고 탄성을 지르기도 했다. 논이 단순히 벼를 재배하는 생산의 공간이 아니라 물고기



서식지도 된다는 새로운 사실을 확인시켜 준 계기가 되었다.



[그림 26] 벼 사이길을 걷는 흥동초등학교 학생들

#### 나. KBS1 ‘한국인의 밥상’ 민물어종 공생농법 소개

논의 다양한 기능이 부각되어 2016년 9월 19일, KBS1 한국인의 밥상 제작팀에서 민물어종 공생농법 논을 촬영하였다. 이 프로그램은 최근 쌀 소비가 줄어드는 현실을 반영하여 단순히 쌀 생산만이 아닌 다양한 논을 가치를 되짚어보기 위해 기획된 것이었다. 10월 16일 방송분에서는 본 연구 내용이 간략히 소개되었다.

한국인의 밥상에 소개된 후에는 이를 시청한 많은 시민들의 관심과 문의가 이어졌다. 이에 2017년 3월 27일, 페이스북을 통해 공생농법에 관심이 있는 교육생을 전국에서 모집하여 45명에 대해 교육을 하였다. ‘희망농부 2017 생명농업나눔교육: 자연순환형 민물어종을 활용한 공생농법(메기, 붕어, 미꾸리)’이라는 이름으로 공생농법에 대한 이론 강의(오전)와 현장견학(오후)을 진행했다. 메기농법이 실현되고 있는 현장을 둘러본 교육생들은 이후 다시 흥성환경농업교육관으로 돌아와 열띤 토론을 이어갔다.



[그림 27] 한국인의 밥상 촬영

#### 다. 지역 사회에 논과 생물다양성에 관한 교육의 장 마련(지역 마케팅, 스토리텔링)

논과 생물 다양성에 대한 공부를 위해 지역 학교인 풀무농업고등기술학교 농업과학반 4명의 고등학생이 본 연구의 어류 성장률 조사 활동에 함께 참여하였다. 학생들에게는 수질 조사와 어류 포획, 체중 및 체장 측정을 직접 해볼 기회가 되었으며, 민물어종 공생농법을 현장에서 체험하면서 직접 눈으로 이해하고 확인할 수 있는 계기가 되었다. 또한 본 연구 수행을 원활히 할 수 있는 인적 기반이 되기도 하였다.

문당리 지역 농민뿐만 아니라 충남지역, 타 지역의 유기농업 실천 농민들도 흥동을 방문하여 민물어종 공생농법에 큰 관심을 보였으며 현장 견학을 통해 공생농법의 방법과 효과를 공유하였다.

한편 흥동면 문당리 지역 방문객에게는 공생농법이 농촌의 새로운 볼거리로 자리매김하였다. 일부 방문객에게는 메기 매운탕 요리를 맛보게 하였는데, 논에서 자란 메기로 요리한 메기매운탕은 좋은 반응을 얻었다. 추후 ‘논에서 자란 메기 매운탕’을 지역 먹거리 아이템으로 개발하는 방안을 고려하고 있다.



[그림 28] 논에서 자란 메기로 요리한 메기매운탕

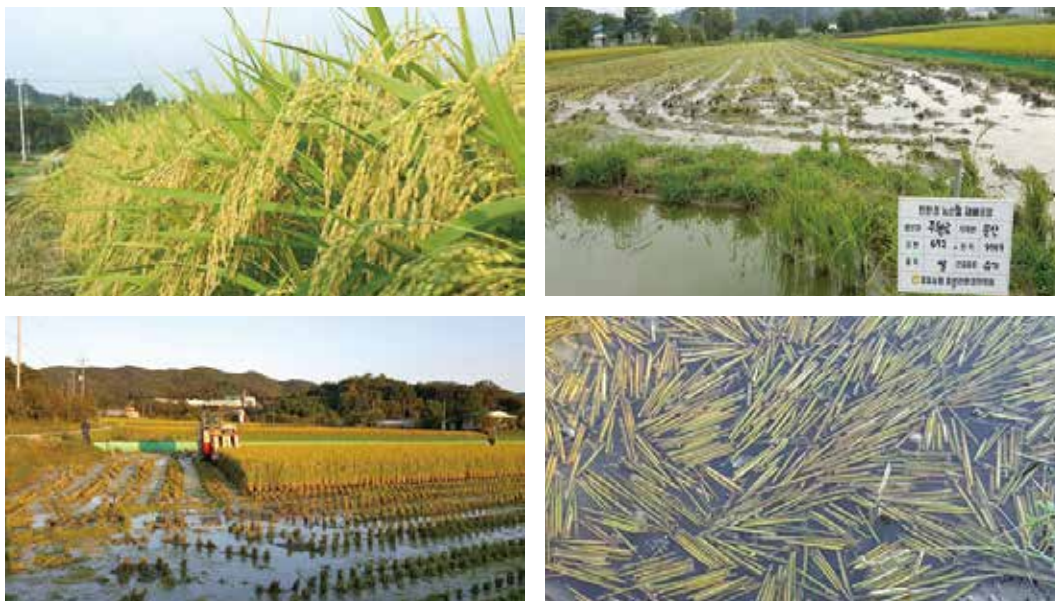
## 7. 수확량 및 추수 후 담수

공생농법을 적용한 논에서는 과연 얼마만큼의 벼가 생산되었을까. 9월 18일에 실험 논 1부터 추수를 시작하였다. 실험 논1, 실험 논2, 실험 논3의 수확량<sup>4)</sup>은 2015년 수확량에 비해 평균 71%로 감소하였는데 이는 유박 무투입이 원인으로 추정된다. 본 연구에서는 애초에 거름이 되는 유박의 투입을 철저히 차단하고 그 대신에 추수 후 남은 볏짚을 잘게 잘라 기존의 논에 그대로 뿌리고 담수하는 방법을 통해 논 안에서 저절로 부패되어 거름이 되도록 유도하였다.

<표 7> 실험논 수확량 비교

구분	2015년 수확량(벼 kg/10a)	2016년 수확량(벼 kg/10a)	2016/2015 수확량 비율
실험논1 (36.0a-둑병0.9a)	666	470	71%
실험논2 (19.4a-둑병0.8a)	618	353	57%
실험논3 (11.5a-둑병0.7a)	695	595	86%

4) 수로형 둑병, 원형 둑병의 조성으로 재배 면적이 일부 감소한 것을 반영하였다.



[그림 29] 추수 및 추수 후 담수

## 8. 쌀 성분 분석

쌀 성분을 분석한 결과, 실험논과 오리 투입 논의 쌀 성분에는 큰 차이가 없었다. 단백질 함량은 밀키퀸이 5.7~5.8%이며, 추청은 6.5~6.8%이었다.

<표 8> 실험논과 오리 투입 논의 쌀 성분 분석표

구분 <sup>1</sup>	밀키퀸 재배, 메기 투입 논	밀키퀸 재배, 오리 투입 논	추청 재배, 메기 투입 논	추청 재배, 오리 투입 논
단백질(%)	5.8	5.7	6.5	6.8
수분(%)	15.1	15.6	15.4	15.6
아밀로오스(%)	18.8	19.4	18.7	19.4
백도 <sup>2</sup>	39.7	37.5	39.9	37.0

주1: 쌀 품질분석을 위한 척도로 단백질 6.1% 이하, 수분 15~16%, 이밀로오스 17~19.5% 식미값 100점 만점에 80점 이상일 경우 식미 우수 평가를 받음.(예산군 농업기술센터, 2018)

주2: 쌀의 하얀 정도(투명도)를 일컫으며, 40을 기준(한국식품연구원, 2015)으로 보고 높을 수록 투명함.

자료: 홍성군 농업기술센터

## 9. 민물어종 공생농법 논 조성비용

민물어종 공생농법 논(66.9a) 조성비용은 둑방 조성 및 논둑 천막 매설 비용, 수중모터, 어류 구입비용을 포함하여 총 3,640,000원이었다. 이 금액은 전체 연구에 소요된 총비용 중에서 연구와 관련된 재료비, 활동비, 인건비 등이 제외되고, 실제 조성에 소요된 비용만을 산출한 것이다.

<표 9> 민물어종 공생농법 실험 논 조성 및 어류 구입비용

지출 항목		산출 내역	금액(원)
둑방조성 및 논둑 천막매설	포클레인 및 인건비	포클레인 2일 1,000,000원 인건비 200,000원	1,200,000
	천막구입비		600,000
수중모터 및 PVC파이프			960,000
어류 구입비	붕어 치어	약 2,000마리 x 180원	364,000
	메기 치어	약 2,000마리 x 90원	180,000
	미꾸리 치어(자연산)	28kg x 12,000원	336,000
총 액(66.9a)			3,640,000
10a당 소요비용 환산액			544,095

## 결론 및 향후 과제

### 1. 결론

#### 가. 농법적 측면

본 연구를 통해 우선 농법적으로는 유기농 논농사와 함께 붕어와 메기 등 민물어종을 함께 사육할 수 있는 논 생태계 환경을 조성할 수 있다는 것을 확인하였다. 메기와 붕어 치어는 논 내에서 성공적으로 생육할 수 있었다. 또한 민물어종을 통해 수질이 개선된 것으로

나타났으며 메기가 가지는 제초 효과는 본 연구를 통해 발견한 새로운 사실로 외래종 왕우렁이 투입량을 감소시키는 대안이 될 것으로 판단된다. 더불어 민물어종 공생농법으로 쌀의 단백질 함량을 줄여 밥맛을 좋게 하는 효과도 나타났다.

기술적으로는 원형 둚병은 수로형 둚병과 달리 물의 순환에 어려움이 있기 때문에 붕어 사육 시에도 수로형 둚병으로 변경하는 것이 적절하다고 판단된다.



[그림 30] 최종 수확한 메기

### 나. 교육적 측면

지역 초등학생들이 민물어종이 함께 하는 공생농법 논을 방문하여 메기를 발견하고, 논흙을 밟아보는 체험을 통해 논에서 쌀만 생산되는 것이 아니라 다양한 생물들이 함께 할 수 있다는 것을 경험하게 한 것은 교육적인 효과가 매우 큰 것으로 여겨진다. 비단 아이들 뿐만 아니라 KBS1 ‘한국인의 밥상’에 소개된 후 많은 일반 시민들의 관심을 환기시키고 이것이 ‘희망농부 2017 생명농업나눔교육’을 통해 교육과정으로 개설되어 다양한 토론의 장

을 확장시켰다는 것은 본 연구가 지향하고자 했던 논미 기능에 대한 재고찰 측면에서 매우 긍정적인 작용을 한 것으로 판단된다.

#### 다. 지역적 측면

홍성군에서는 이러한 연구 성과를 높이 평가하고 2017년 시범사업으로 ‘민물어종과 벼 공생 농법’을 선정하였다. 그 결과 3천 평 이상 논에 1천만 원(군비 50%, 자부담 50%, 총사업비 2천만 원)을 지원하기로 하였다. 현재 홍동면 문당리 생태 논 단지와 갯골 생태 논 단지 2개소가 선정되었다.

## 2. 향후 과제

#### 가. 농법적 측면

메기와 붕어의 성장은 가능하였으나 성장률은 전문 사육 시설의 성장률에 비해 43~54% 정도로 낮아 성장률을 높이기 위해서는 논 생태계의 먹이 생물종을 증식하는 방안이 연구되어야 할 것이다. 구체적으로는 토종 민물새우 등의 먹이 생물종의 자연 증식을 함께 유도하여야 할 것이며, 메기와 붕어 치어의 서식 밀도를 낮추어 개체의 성장률을 높이는 것이 필요하다. 또한 적정 서식 밀도에 대한 연구도 필요할 것으로 여겨진다.

향후 민물어종의 제초 기능에 더하여 유박 투입 없이 볏짚 투입만으로 쌀의 수확량 차이가 발생하는지에 대한 정확한 분석이 필요할 것으로 여겨진다. 더불어 농가 수입에 보다 역점을 둔다면 투자금액과 수익금액을 비교하여 투자 대비 수익이 더 많은지 분석되어야 할 것이다.

본 연구에서 나타난 큰 애로 사항 중 하나는 새의 침입이었는데, 논에 수많은 물고기가 나타나다 보니 주위의 많은 새를 불러오게 되어 향후 새로부터의 피해를 막을 방안이 필요할 것으로 생각된다.

마지막으로 향후 민물어종의 공생농법의 활용을 위해 농업기술센터와의 긴밀한 협조 체계 마련이 필요할 것이다.



[그림 31] 새들의 방문

#### 나. 교육적 측면

향후 지역의 초등학교 단위에서 시범적 거점 단지 조성 사업이 필요하다. 또한 생물 다양성 조사 및 체험 교육 과정을 정기적으로 설치하도록 해야 한다. 이를 통해 논이 쌀 생산만이 아니라 생태의 공간, 놀이의 공간으로서 그 기능을 확대해 감으로써 농업이 가지는 다양한 역할에 대한 재인식이 이루어지기를 기대해본다. 또한 농업기술원에서 본 연구 대상지의 논둑에 국화꽃을 심어주기로 하였는데 향후 논외의 경관적 가치가 상승될 것으로 판단된다.

#### 다. 지역적 측면

다양한 지역의 주체들과 함께하는 계기가 마련된 것은 고무적으로 생각하며, 향후 지역의 관심을 확대시키기 위해서는 홍성군의 다양한 사업으로 진행될 수 있어야 할 것이다. 지역에서도 초등학교 단위를 넘어서 지역 거점 사업으로 육성할 것을 제안한다. 고령화되어 가는 농촌 현실을 고려할 때 노동의 투입을 최소화하고 다양한 생명이 함께하는 공생농법에 대한 더 많은 관심 아래 이에 대한 적극적인 실천으로서 생산된 민물어류의 구매에 동참해 주기를 부탁하는 바이다.



[참고문헌]

1. 김기흥. 2015. “홍동면 문당리 유기농업의 형성 과정: 케이퍼빌리티 어프로치를 중심으로”. 『농촌사회』 25(2): 57-89.
2. 김기흥. 2016. “홍동면 유기농업의 전개 과정과 특성”. 『한국유기농업학회지』 24(4): 627-644.
3. 김수경·박현숙·박시룡. 2016. “충남 예산군 예당저수지 주변 농경지의 어류와 양서류 분포 특성”. 『한국환경생태학회지』 30(1): 48-57.
4. 김영현. 2011. “논에서의 산화환원전위(Eh) 변화에 따른 인(P) 농도의 변화”. 충북대학교 석사학위논문.
5. 이경선. 1995. “메기 *Parasilurus asotus*의 성장 및 지방산 조성에 미치는 오징어 내장 첨가 사료의 효과”. 강릉대학교 석사학위논문.
6. 이옥현. 2006. “Polychlorinated biphenyls의 장기 노출에 따른 붕어 *Carassius auratus*의 성장, 호르몬 및 대사효소계의 변동”. 부경대학교 석사학위논문.
7. 이용우·박미옥·김성수. 2016. “2013-2014년 한국 동해중부연안 해양환경특성의 시공간적 변화”. 『한국해양환경·에너지학회지』 19(4): 274-285.
8. Halwart, M.&Gupta, M. V., 2004. 『Culture of fish in rice fields』. FAO and The WorldFish Center.

## 감사의 글

본 연구는 농민인 필자의 제안으로 시작되었으나, 지역의 다양한 전문가들이 함께 해주어 가능했습니다. 함께 한 모든 분들께 감사의 말씀을 전합니다. 이번 연구 성과가 지역 친환경농업의 새로운 도약에 기여할 수 있기를 바랍니다.

김수경 \_ 교육학 박사. 예산황새공원과 교원대학교 황새생태연구원에 소속되어 멸종위기종 황새의 야생복귀를 위해 논 생태계 복원연구를 수행하고 있음.

김기홍 \_ 농학 박사. 충남연구원에서 현장연구를 기반으로 유기농업 및 다양한 지역의 농업 관련 과제를 수행 중임.

오홍섭 \_ 풀무농업고등기술학교 교장. 지역을 바탕으로 한 학교의 역할을 충실히 해나가면서 인재 육성에 힘쓰고 있음.

서혜림 \_ 로컬스토리 미디어 협동조합. 흥성을 중심으로 농촌지역의 다양한 소재를 영상으로 제작하여 재미난 농촌 이야기를 전파하는데 힘쓰고 있음.

풀무고등학교 농업과학반 배지현(지도교사), 천예인, 장도현, 김주빈, 문선우 학생이 수질조사, 어류조사에 참여하였음.



[그림 32] 논 현장을 촬영하고 있는 서혜림 연구원