

전략연구 2018-45

농업생태환경프로그램의 생물다양성 증진효과와 정책제안

손재천

공주교육대학교 교수

jay.c.sohn@gmail.com

권순직

생태자원연구소 연구원

연구 요약

청양군 화암마을과 보령시 장현마을에서 농업생태환경프로그램의 일환으로 실시된 <논두렁 풀 안베기>와 <둠병 조성 및 관리> 사업의 성과를 평가하기 위해 조사지역에서 나타나는 육상곤충 및 저서성 대형무척추동물의 다양성을 조사하였다. 이를 위해, 사업에 참여하였으나 2018년 사업이 종료되어 관행농법으로 전환한 논을 실험구로 설정하고, 그와 인접한 관행농법 유지 논을 대조군으로 비교분석하였다.

전반적으로 논두렁에서 예초작업이 재개된 논에서 육상곤충의 분류학적 다양성은 감소하였지만, 특정 종의 대발생은 더 심해진 것으로 나타났다. 프로그램 중단 후 <논두렁 풀 안베기> 사업을 완전 포기한 논에서 특히 현격한 다양성 감소가 관찰되었다. 따라서 관행농법으로 전환한 후 곤충다양성은 빠른 속도로 감소하는 것으로 판단된다. 이상의 결과는 농업생태환경프로그램의 <논두렁 풀 안베기> 사업이 농지에서 곤충의 다양성을 증가시키는 긍정적인 효과를 나타냈음을 시사한다. <논두렁 풀 안베기> 사업에 참여한 논에서 육상곤충의 과다양성 및 종다양성이 참여하지 않은 논보다 높았으나, 관행농법 전환 후 참여 논에서 현저한 감소로 인해 미참여 논과의 차이가 상쇄된 것으로 나타났다. 관행농법 전환 후 다양성 감소 효과는 특정 곤충에게 크게 나타났다. 특히 거미류가 가장 큰 타격을 받은 것으로 나타났다.

전반적으로 둠병을 조성하여 농업생태환경프로그램에 참여하고 이를 유지하는 실험구와 둠병을 농지로 전환한 논을 대조구로 하여 저서성 대형무척추동물의 출현 종수 및 단위면적당 개체수, 종다양도지수, 저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB) 등의 지표를 비교하였다. 그 결과, 농업생태환경프로그램에 참여하여 둠병을 조성한 논에서 상대적으로 생물다양성이 높고 서식지 안정성이 높게 나타났다. 이를 통해 볼 때, 농업생태환경프로그램에서 둠병을 조성한 논들의 경우 논생태계에 있어서 생물다양성을 높이는 데 많은 효과가 있는 것으로 판단되어진다. 또한 농업생태환경프로그램에 참여하여 둠병을 조성한 후에 사업이 종료되어 둠병을 경작지로 전환할 경우 미소서식지의 소실이 이루어져 서식지가 단순화되어 종다양성이 감소되는 것으로 판단되어진다.

목 차

제1장 서론	1
1. 연구배경 및 목적	1
1) 연구배경	1
2) 연구목적	3
3) 연구의 한계점	3
2. 선행 연구	5
1) 2016~2017년 농업생태환경프로그램 성과	5
2) 기타 사례	8
제2장 연구범위 및 방법	9
1. 연구범위	9
2. 연구방법	10
1) 조사시기	10
2) 조사 대상지역	10
3) 조사방법	12
제3장 본론	15
1. 연구결과	15
1) 육상곤충	15
2) 저서성 대형무척추동물	26
2. 관행농법 전환 후 생태계 변화	49
1) 육상곤충상 변화	49
2) 저서성 대형무척추동물상 변화	50
3. 정책 제언	54
1) 농업생태환경프로그램의 지속 필요성	54
2) 친환경적 농지 관리법 개발	54
3) 친환경농법의 긍정적 효과에 대한 교육자료 개발	55
4) 농촌체험마을의 논 생태교육 프로그램 개발	56
5) 친환경 농법사용 농지의 상표개발 및 지표생물	57
6) 농업생태환경 개선과 생물의 서식지 복원	58
4. 요약 및 결론	60
참고문헌	61

표 목차

〈표 1〉 조사지역 분류표	10
〈표 2〉 저서무척추동물의 분류군별 참고 문헌	13
〈표 3〉 환경질 및 오수 생물계열 평가표	14
〈표 4〉 청양군 화암마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(1차 조사)	33
〈표 5〉 청양군 화암마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(2차 조사)	34
〈표 6〉 청양군 화암마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(3차 조사)	35
〈표 7〉 보령시 장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(1차 조사)	38
〈표 8〉 보령시 장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(2차 조사)	39
〈표 9〉 보령시 장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(3차 조사)	40
〈표 10〉 청양군 화암마을에서 저서성 대형무척추동물의 우점종 및 우점율(%)	43
〈표 11〉 보령시 장현마을에서 저서성 대형무척추동물의 우점종 및 우점율(%)	44
〈표 12〉 청양군 화암마을의 각 조사지점에 대한 군집지수값	46
〈표 13〉 보령시 장현마을의 각 조사지점에 대한 군집지수값	46
〈표 14〉 청양군 화암마을에서 ESB를 이용한 환경질 및 오수생물계열 평가	47
〈표 15〉 보령시 장현마을에서 ESB를 이용한 환경질 및 오수생물계열 평가	48

그림 목차

〈그림 1〉 논 생태계의 먹이 피라미드 (Kim et al., 2011)	1
〈그림 2〉 제조체의 살포(좌)와 농수로에 의한 논의 연결(우)	4
〈그림 3〉 2016년과 2017년 길둑과 논둑에서 관찰된 곤충 종다양성	6
〈그림 4〉 2016년과 2017년 길둑과 논둑에서 관찰된 초식성과 포식성 곤충 종다양성	7
〈그림 5〉 충청남도 청양군 화암마을	11
〈그림 6〉 충청남도 보령시 장현마을	11
〈그림 7〉 화암마을 362-10(실험군)과 361-9(대조군)에서 육상곤충의 목, 과, 종 다양성 및 개체수 풍부도 변화양상	16
〈그림 8〉 화암마을 544-3(실험군)과 712-10(대조군)에서 육상곤충의 목, 과, 종 다양성 및 개체수 풍부도 변화양상.	17
〈그림 9〉 장현마을 342-8(실험군)과 338-8(대조군)에서 육상곤충의 목, 과, 종 다양성 및 개체수 풍부도 변화양상.	18
〈그림 10〉 관행농법 전환(2018)이 논둑의 7월과 10월 육상곤충 과다양성 및 종다양성에 미치는 영향	19
〈그림 11〉 관행농법 전환(2018)이 길둑의 7월과 10월 육상곤충 과다양성 및 종다양성에 미치는 영향	20
〈그림 12〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 멸구 및 매미충류의 누적개체수 변화양상	21
〈그림 13〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 초식성 메뚜기류의 누적개체수 변화양상	22
〈그림 14〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 기생벌류의 누적개체수 변화양상	23
〈그림 15〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 거미류의 누적개체수 변화양상	24
〈그림 16〉 청양군 화암마을 대조구1(361-9)의 서식환경사진	26
〈그림 17〉 청양군 화암마을 대조구2(712-1)의 서식환경사진	26
〈그림 18〉 청양군 화암마을 실험구1(362-10)의 서식환경사진	27

〈그림 19〉 청양군 화암마을 실험구2(364-5)의 서식환경사진	27
〈그림 20〉 청양군 화암마을 실험구3(554-3)의 서식환경사진	28
〈그림 21〉 보령시 장현마을 대조구1(333-8)의 서식환경사진	28
〈그림 22〉 보령시 장현마을 대조구2(450-6)의 서식환경사진	29
〈그림 23〉 보령시 장현마을 실험구1(342-8)의 서식환경사진	29
〈그림 24〉 보령시 장현마을 실험구2(600-4)의 서식환경사진	30
〈그림 25〉 보령시 장현마을 실험구2(664-1)의 서식환경사진	30
〈그림 26〉 청양군에서 조사된 저서성 대형무척추동물 분류군별 구성비(%)	31
〈그림 27〉 보령시에서 조사된 저서성 대형무척추동물 분류군별 구성비(%)	36
〈그림 28〉 주요 출현 종사진	41
〈그림 29〉 청양군 화암마을에서 실험구와 대조구의 출현종수 변화	51
〈그림 30〉 보령시 장현마을에서 실험구와 대조구의 출현종수 변화	51
〈그림 31〉 뚝방을 조성한 실험구에서 확인된 금개구리(멸종위기야생생물 II급)	52
〈그림 32〉 농업생태환경프로그램 종료 후 뚝방을 경작지화한 논의 변화	53
〈그림 33〉 농민교육을 위해 멸구 및 매미충 구분법을 설명하는 교육자료	56
〈그림 34〉 세종시의 논과 뚝방 일대에서 체험학습을 수행하는 모습	57
〈그림 35〉 지표생물 및 상표화가 가능한 생물군	58
〈그림 36〉 청양군과 보령시에서 관찰된 생물의 먹이사슬(예)	59
〈그림 37〉 금개구리(멸종위기야생생물 II급)와 이야기 안내판	59

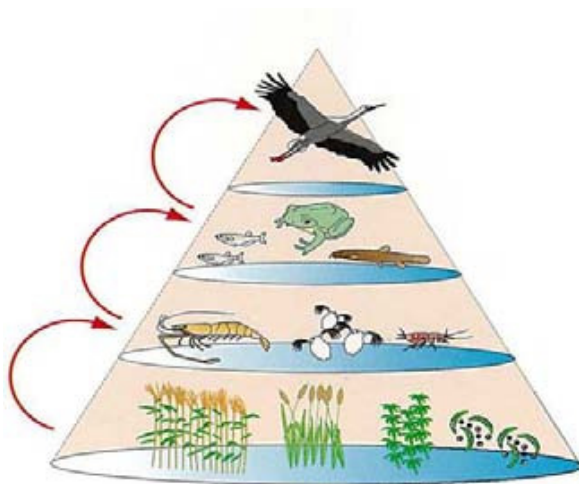
제1장 서론

1. 연구배경 및 목적

1) 연구배경

(1) 논 생태계의 중요성

세계 인구 절반에 이르는 114개국에서 쌀을 주요 식량자원으로 삼고 있다. 논은 쌀을 생산하기 위해서 개간한 인공적인 공간으로 인간에 의해 유지된다. 대부분의 논은 벼의 이앙기부터 출수기 전까지 제한된 기간이지만 지속적이고 주기적으로 습지를 형성한다. 논은 관리 특성상 계절에 따라 환경이 지속적으로 변화하기 때문에 육상곤충 및 저서성 대형무척추동물을 포함한 다양한 생물이 공생관계를 이어가 지속가능한 시스템을 유지한다(그림 1; Kim & Lee, 2001; 경상남도람사르환경재단, 2017).



〈그림 1〉 논 생태계의 먹이 피라미드 (Kim et al., 2011)

전 세계적으로 인간으로 인한 자연 훼손 및 환경오염이 심해지는 가운데 많은 생물종들이 빠른 속도로 사라지고 있다(OECD, 2012). 최근 우리나라의 경우 도시화, 산업화로 인한 서식지 감소, 기후변화 등으로 우리나라의 생물다양성이 심각하게 위협받고 있고, 생물다양성의 위기를 초래하는 커다란 요인으로는 동·식물 서식지의 감소를 들 수 있다(환경부, 2012). 전통적인 논 농업방식의 경우 물질순환에 있어 자연에 영향을 미치는 범위가 매우 좁다. 산업시대에 접어들면서 화학비료와 농약을 사용하면서 이러한 물질순환에 문제가 발생되기 시작되었다. 전통적인 방식으로 관리된 논은 주요한 습지생태계의 하나로 여겨질 만큼 생물다양성 보전에 큰 역할을 해왔다. 하지만, 관계시스템 개선 및 경지정리 사업 등 벼 생산량 증대만을 우선시 하는 농업이 일반화되면서 농지 환경에 의존하던 육상곤충 및 저서성 대형 무척추동물의 다양성이 급격히 감소하는 결과를 초래했다.

(2) 사회적 요구의 부합성

우리나라에서 산림을 제외한 국토면적에서 논이 40%를 차지할 정도로 중요한 생물다양성 기반이 되고 있다. 농촌의 경우에 있어서 과거에는 주로 1차 사업이 주를 이루었지만, 최근에는 논에서 쌀의 생산과정 및 체험학습을 통한 교육, 농촌생태관광 등으로 점차적으로 3차 산업으로 확장되고 있다. 실제로 충청남도는 2016년부터 2017년까지 2년간 쌀 생산 및 농업생태환경의 복원 및 관리, 농촌경관의 정비 개선을 통해 농촌이 생산하는 공공재와 다원적 기능의 유지촉진을 위한 농업생태환경프로그램을 성공적으로 추진한 바 있다.

최근 지속가능한 개발 및 환경 문제에 대한 국민적 관심이 증가하면서 환경 보전에 기여하는 농업으로의 전환에 대한 필요성이 커지게 되었다(Selfa et al., 2008). 이러한 추세에 맞춰 친환경 농업으로 생산한 친환경농산물에 대한 관심이 증대하고 있다(Han et al., 2013). 특히 2008년 <제10차 창원 랍사르 총회>에서 논을 습지의 한 공간으로 인정하는 <논 습지 결의안>을 제출하면서 논 생태학적 가치에 대한 재고의 필요성이 대두되었다. 이에 부합하기 위해 논 생태복원 사업이 세계적으로 활발하게 진행되고 있다. 국내에서도 <둠병 조성 및 관리>와 <논두렁 풀 안베기> 등 대표적인 논 생태계 복원 시범사업으로 추진되고 있지만, 사업에 따른 생물다양성 증진효과에 대한 연구는 제한적으로 이루어지고 있다.

2) 연구목적

본 연구는 농업직불금 제도개선 방안으로 2016년부터 2017년간 진행된 농업생태환경프로그램의 효과를 객관적으로 평가하기 위해 프로그램 종료 후 논 생태계의 생물다양성 변화 양상을 조사하는 것을 목적으로 한다. 2018년 3회의 조사를 통해 다음과 같은 세부적인 목적을 달성하고자 하였다.

첫째, <논두렁 풀 안베기>와 <둠벚 조성 및 관리> 사업을 통해 증진된 육상곤충 및 저서성 대형무척추동물의 다양성이 농업생태환경 프로그램 종료 후 변화하는 추이를 관찰한다. 이를 통해 친환경농법이 농업 생태계 보존에 미치는 영향을 역추적하고, 다른 지역에서 시행하고 있는 농지 생태계 복원사업에 있어서 효과적인 프로그램 구축을 위한 기초자료를 제공한다.

둘째, 쌀 생산과 연관된 육상곤충 및 저서성 대형무척추동물의 변화 양상을 시각화하여, 농업생태환경프로그램의 실용적 성과를 설득하기 위한 자료를 마련한다. 이를 통해 농지 생태계 보전에 농민의 참여를 유도하고, 농법전환의 필요성을 설명하기 위한 기초를 마련하고자 한다.

셋째, 연구결과를 바탕으로 충청남도에서 농업직불금 개선방안의 하나로 추진한 농업생태환경프로그램의 종료 후에 이와 유사한 정책이 시행될 경우를 위하여 추진방향에 대한 정책을 제안하고자 한다.

3) 연구의 한계점

논의 경우 현재까지는 벼를 재배하고 쌀을 생산하는 기능이 크고, 생태계에 대한 개념 및 연구보다는 생산량 증대가 주요한 요인으로 생물의 다양성 증대에 관한 연구를 진행하기에는 다소 어려움이 존재한다. 특히 제초제나 살충제와 같은 농약의 경우 특정지역에 살포하더라도 다른 논 및 실험구에 간접적인 영향을 줄 수 있다. 또한 논은 농수로로 서로 연결되어 있기 때문에 같은 농수로를 이용하고 있는 논의 경우 간접적인 영향을 받을 가능성이 매우 높다. 이러한 이유로 농약을 사용하여도 일정 시간이 지난 후에 물데기를 할 경우 다른 지역의 생물들이 다시 유입되기도 하는 등 많은 변수가 존재한다(그림 2).



〈그림 2〉 제조체의 살포(좌)와 농수로에 의한 논 연결(우)

본 연구에서는 논 생태계만을 대상으로 육상곤충 및 저서성 대형무척추동물을 조사하였다. 하지만, 조사대상 동물의 특성 상 주변의 초지나 산지에서 유입이 되는 등 농지의 입지적 조건이 조사결과에 영향을 미칠 가능성을 배제할 수 없다. 따라서, 차후 연구에서는 농지 주변의 환경에서도 생태 조사가 병행되어 비교가 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

또한, 변온동물인 무척추동물의 특성상 기후 여건에 따라 크게 영향을 받지만, 본 연구에서는 변인의 단순화를 위해 영향 가능성을 배제하였다. 실제로 2017년에는 봄에서 초여름에 이르기까지 가뭄이 심했고, 2018년에는 여름 기온이 평년을 웃도는 무더위가 심한 해였다. 이런 기후환경 조건과 농지의 입지조건이 맞물려 농지 생물다양성에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 따라서, 본 연구의 결과는 기후 조건이 표준화된 온실 실험 등 부차적인 연구를 통해 재확인할 필요성이 있다.

2. 선행 연구

1) 2016~2017년 농업생태환경프로그램 성과

농업생태환경프로그램은 충남도에서 농업직불금 제도개선의 일환으로 2016년 3월부터 2018년 2월까지 보령시 장현마을과 청양군 화암마을을 대상으로 실시한 시범사업이다. 농업생태환경프로그램의 ‘농업생태’ 분야 주요 성과는 다음과 같다(이관률, 2017).

첫째, 농지 내에 다양한 서식 공간을 제공하여, 다양한 동식물이 서식할 수 있게 되고, 이로 인해 생태순환 활성화 기반이 마련되었다.

둘째, 논을 휴경하고 습지를 조성한 경우 생태환경이 급속히 개선되는 것을 확인하였다. 실제 휴경 논인 경우 다양한 저서성 대형무척추동물이 서식함에 따라 논인 유기물 함량이 높아질 것으로 기대된다. 이런 경우 미곡의 품질이 좋아지는 것이 일반적이다.

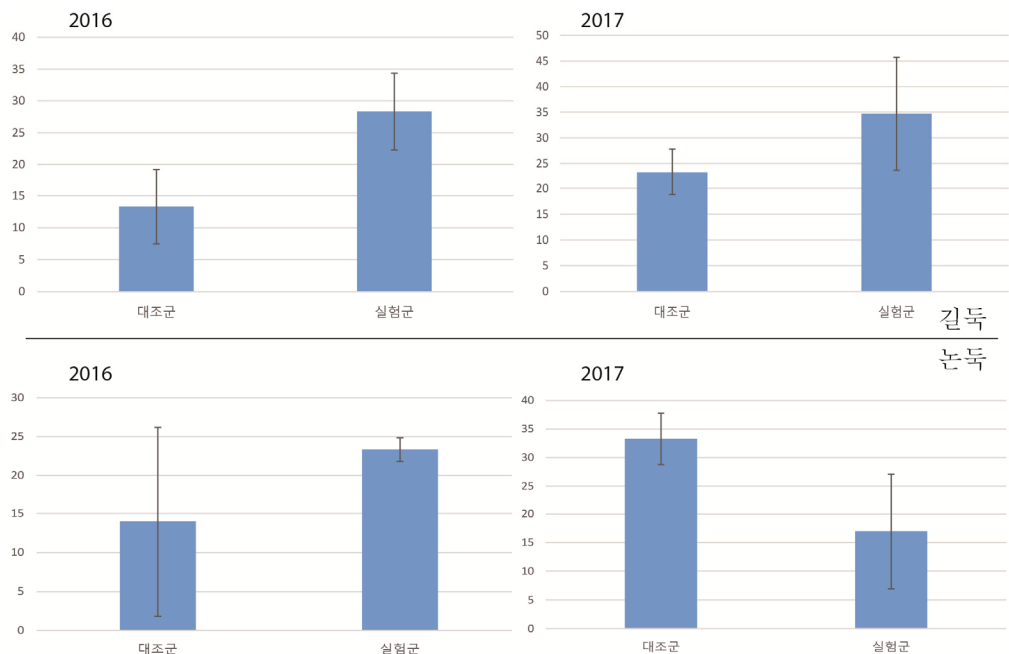
셋째, 둠벙을 조성하면 각종 동식물의 안정적인 서식처가 유지되어 농지 생태계의 생물다양성이 증진되었다. 또한 둠벙 조성으로 인해 논에 발생하는 냉해가 어느 정도 완화되는 효과를 얻었다.

넷째, 〈논두렁 풀 안베기〉 사업을 통해 노동력 절감과 논두렁의 생태계 다양화의 이중 효과를 거둔 것으로 확인하였다. 실제로 논두렁의 풀을 안 베는 경우 곤충의 종 다양성과 개체수 풍부도가 증가하였다. 이를 통해 해충방제 및 유기물 함량 증가 등의 효과가 예상되었다.

이상의 주요 성과 중 〈논두렁 풀 안베기〉와 〈둠벙 조성 및 관리〉 사업의 구체적 성과는 다음과 같다.

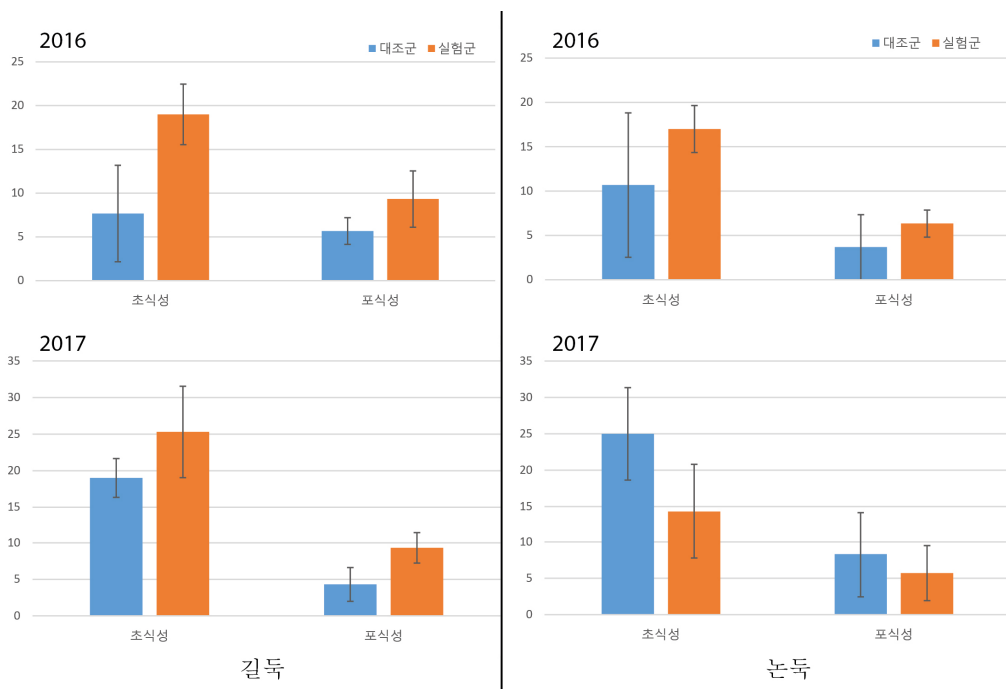
(1) 〈논두렁 풀 안베기〉 사업

논두렁을 길둑과 논둑으로 나누어 육상곤충의 다양성을 조사한 결과 청양 화암마을에서 〈논두렁 풀 안베기〉에 참여한 논과 참여하지 않은 논에서 차이를 보였으며, 참여한 논인 길둑에서 상대적으로 높은 다양성이 관찰되었다.



〈그림 3〉 2016년과 2017년 길독과 논둑에서 관찰된 곤충 종다양성. 대조군은 예초 활동에 제한이 없는 논이고, 실험군은 예초 활동에 제한을 둔 논을 의미한다.

육상곤충의 목 수준 다양성은 길독에서 2016년과 2017년 모두 예초 활동을 제한한 논에서 유의하게 높게 나타났으며, 논둑에서는 2016년 예초활동을 제한한 논에서 뚜렷하게 목 다양성이 높았으나, 2017년에는 그 차이가 유의하지 않았다. 과 수준 다양성은 2016년과 2017년 길독과 논둑 중 2016년 길독에서만 유의하게 예초활동을 제한한 논에서 높게 나타났다. 종 수준 다양성은 2017년 논둑을 제외하고 예초활동을 제한한 논에서 대체로 높게 나타났지만, 2016년 길독에서만 그 차이가 유의하였다. 2017년 논둑에서는 대조군이 실험군보다 유의하게 종다양성이 높게 나타났다(그림 3). 개체 풍부도는 2017년 논둑을 제외하고 모두 예초 활동을 제한한 논에서 유의하게 높게 나타났다. 2017년 논둑에서는 예초활동을 제한하지 않은 논에서 개체 풍부도가 더 높았으나 그 차이는 유의하지 않았다.



〈그림 4〉 2016년과 2017년 길둑과 논둑에서 관찰된 초식성과 포식성 곤충 종다양성. 대조군은 예초 활동에 제한이 없는 논이고, 실험군은 예초 활동에 제한을 둔 논을 의미한다.

2017년 논둑을 제외하고 대체로 예초 활동을 제한한 논이 예초 활동을 제한하지 않은 논보다 초식성과 포식성 곤충 모두 종 다양성이 더 높았다. 하지만, 2016년 길둑에서 초식성 곤충의 종 다양성만 유의한 차이를 보였다. 2017년 논둑에서는 대조군이 실험군보다 초식성과 포식성 곤충 모두 종 다양성이 높았지만 유의한 차이는 없었다(그림 4).

(2) <뚩병 조성 및 관리> 사업

2017년에 농지 습지와 뚩병에서 정량채집한 저서성 대형무척추동물은 청양 화암 마을에서 6월에 총 3문 5강 11목 22과 30종이었고, 7월에 3문 4강 8목 15과 19종, 9월에 3문 4강 8목 15과 22종으로 조사되었다. 반면, 보령 장현리에서는 6월에 3문 6강 11목 20과 23종, 7월에 3문 5강 10목 17과 19종, 9월에 2문 2강 8목 17과 21종으로 조사되었다.

관행농법을 유지한 논과 둠벙 조성사업에 참여한 논을 비교한 결과 관행 농법 시행 논인 경우 청양 화암마을에서는 평균 4.5종, 보령 장현리에서는 평균 4.83종이 관찰되었다. 둠벙 조성사업에 참여한 논인 경우 청양 화암마을에서는 평균 11.67종, 보령 장현리에서는 평균 12.56종으로 모두 상대적으로 높게 나타났다.

2) 기타 사례

일본의 사례에서 Iiyama 등 (2002)은 논두렁 풀 베기로 인해 논두렁의 식물 군집에서 식생의 높이와 천이정도에 유의한 변화가 나타남을 밝혔다. 식생의 변화가 곤충상의 변화를 동반하는 점을 미루어 볼 때, 논두렁 풀 베기가 논 생태계의 육상곤충상에 영향을 줄 것으로 예상된다. 최근, 김훈(단국대학교)은 2017년 조사에서 친환경농법을 실시하는 농지에서 관행농법을 실시하는 농지보다 곤충의 종 풍부도와 다양도가 높다는 결과를 얻었다. Jarvis 등 (2010)은 생산량 증대에 집중한 농업생산시스템 변화에 따라 해충 발생의 범위와 빈도가 증가되는 반면 생물다양성이 감소 또는 불안정해진다고 지적하였다.

박진영 등(2011)은 자연분해비닐 농토양 피복, 친환경, 관행농법을 시행하는 처리구에서 각 처리구에 서식하는 저서성 대형무척추동물의 종조성 및 군집구조에 미치는 영향을 시·공간적인 생물상 및 변화를 연구하였다. 강현경·정근(2010)은 논에 서식하는 수서 대형무척추동물의 연구는 필요하지만 이에 대한 정량화 및 통일성에 대한 부분을 검증하기 위하여 여러 종류의 정량채집기구를 통하여 절적인 정량조사 자료의 확보에 대한 연구를 수행하였고, 논에 서식하는 저서성 대형무척추동물의 군집을 연구하였다. 김종길 등(2007)은 농업생태계 내 수서곤충류에 대한 생태분석 및 환경평가 연구를 통하여 논, 연못, 농수로, 저수지 등 농촌의 여러 서식지에 대한 조사를 수행하여 다양한 지역에 대한 연구가 수행되어졌다. 친환경농업지역 및 관행농업지역에 비하여 더 많은 종이 조사되었고, 오염원 유입지역인 주거 및 공단지역에 현저히 낮은 종수가 조사되었으며, 이를 통하여 농업생태계의 건전도를 평가할 수 있는 종들을 선정하였다.

제2장 연구범위 및 방법

1. 연구범위

본 연구에서 농업 생태계를 구성하는 생물군 중 육상곤충과 저서성 대형무척추동물물을 조사하였다. 육상곤충은 서식지 특이성이 높아 환경지표 생물로서 활용이 되고 있으며, 곤충상 조사를 통해 해당 생태계의 환경질을 측정하는데 실제로 사용되고 있다(KNPS, 2006). 또한 조류, 양서류, 파충류 등의 먹이원으로 가치가 높아 습지 생태계 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 한다(Kim & Kim, 2013). 특히, 농업에 직간접적으로 영향을 주는 종이 다수가 있어서 지속가능한 농업생태프로그램 개발에 중요한 요소로 고려되고 있다. 이 중, 쌀 생산에 영향을 줄 수 있는 곤충군인 멸구 및 매미충 무리와 초식성 메뚜기류와 해충의 증식을 억제하는 중요한 천적인 기생벌과 거미 무리를 집중적으로 연구하였다.

저서성 대형무척추동물은 하천생물 중에서 종류가 가장 많고, 개체수가 풍부한 분류군일 뿐만 아니라, 먹이원의 영양단계에서 낮은 영양단계의 소비자(1차 또는 2차 소비자가 대부분)로서 기능하기 때문에 하천생태계의 중요한 구성원이다(Hynes, 1970; Ward, 1992; William & Feltmate, 1992). 또한 이들은 하천생태계의 미소서식처 및 다양한 생물적·비생물적 환경적 요인에 따라 적응하여 생활방식이 다양하다. 특히, 청정수역에서 오염수역에 이르기까지 이화화적인 수질환경의 변화에 민감한 종이 많아서 수생태계 연구에 오랫동안 활용되어 왔고, 최근에는 이들 중 수환경 지표종을 선정하는 등 응용연구에 용이한 분류군이다(Boon, 1988; Dudgeon, 1994, 1995; Minshall, 1988; Reice & Wolemberg, 1993; Rosenberg & Resh, 1993). 논의에서 저서성 대형무척추동물의 서식공간에서 깃대종 역할을 하는 일부 수서 척추동물에 대해서도 언급하였다.

2. 연구방법

1) 조사시기

(1) 육상곤충

기존 조사 시기 및 기상 여건을 고려하여 육상곤충의 출현에 대한 조사를 수행하였다. 1차 조사는 2018년 6월 20~21일, 2차 조사는 2018년 7월 30~31일, 3차 조사는 2018년 10월 13~14일에 조사를 수행하였다.

(2) 저서성 대형무척추동물

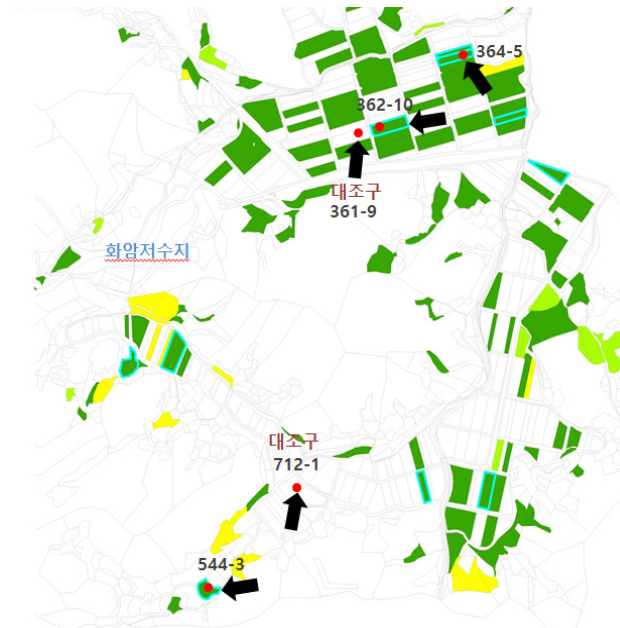
저서성 대형무척추동물의 출현 및 활동시기 및 기존 조사 시기를 고려하여 수행하였다. 1차 조사는 2018년 6월 9~10일, 2차 조사는 2018년 7월 13~14일, 3차 조사는 2018년 9월 9~10일에 조사를 수행하였다.

2) 조사 대상지역

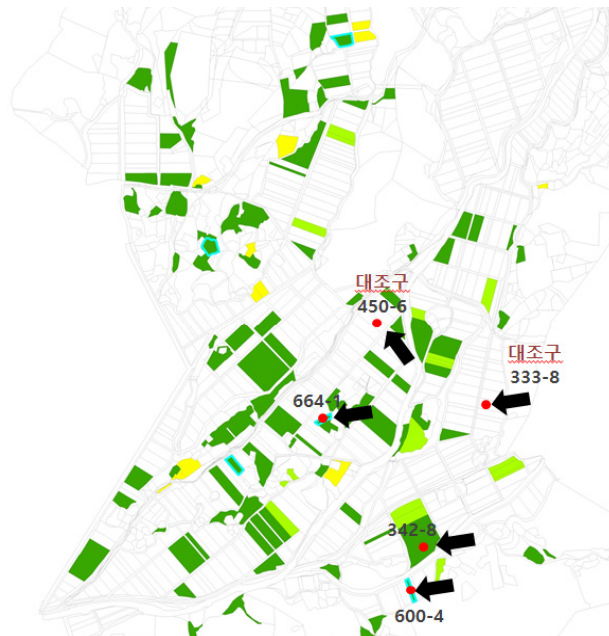
충청남도 보령시, 청양군에서 농업생태환경프로그램에 참여하여 <논두렁 풀 안베기> 사업에 참여한 논 3곳과 관행농업을 유지하는 논 3곳을 대조구로 선정하여 육상곤충을 조사하였다(표 1). 저서성 대형무척추동물은 둠병을 조성했던 논 3곳을 실험구로 선정하였고, 관행농업을 시행하는 논 2곳을 대조구로 선정하여 채집 조사하였다(그림 5~6).

〈표 1〉 조사지역 분류표

	예초 활동 무제한(대조군)	예초 활동 제한(실험군)
청양 화암마을	362-10 712-1	362-10 544-3
보령 장현마을	338-8	342-8



〈그림 5〉 충청남도 청양군 화암마을



〈그림 6〉 충청남도 보령시 장현마을

3) 조사방법

(1) 육상곤충

육상곤충의 채집은 논과 논사이의 논두렁(이하 '논둑')과 논과 접한 길 주변(이하 '길둑')에서 쓸어잡기용 채집망(직경: 50 cm, 손잡이: 1 m)을 사용하여 채집하였다. 각 조사지점에서 양방향 쓸어잡기를 10회 실시하여 곤충 및 거미를 망에 포집하였다. 채집한 곤충과 거미는 망에 함께 들어온 식물과 함께 지퍼백에 담아, 살아있는 채로 실험실까지 운반하였으며, 실험실에서 냉동하였다.

냉동한 샘플은 1주 후 해동하였으며, 현미경(Leica EZ4) 하에서 곤충과 거미를 선별하여 페트리디쉬에 옮겨 담았다. 종은 육안 및 현미경을 통해 도감과 비교하여 동정하였고, 추가 연구가 필요한 경우 95% 에틸알코올에 보관하였다.

곤충과 거미를 목, 과, 종, 개체수 수준으로 동정하고 결과는 엑셀(EXCEL)을 이용해 정리하였다. 동정이 어려운 경우 OTU(operational taxonomic unit)으로 취급하였다. 해충 및 천적의 발생은 3회 채집에서 누적개체수를 이용해 측정하였다.

(2) 저서성 대형무척추동물

저서성 대형무척추동물의 채집은 조사정점에서 Dredge net (폭: 10 cm, 망목: 1.0×1.0 mm)을 사용하여 안쪽부분과 수변부를 각각 3.0 m 씩 끄는 방식으로 정량 채집을 하였다. 이 후 모든 채집물은 500 ml 플라스틱 통(vial)에 넣어 현장에서 95% 에틸알코올(ethyl alcohol)에 고정하였으며, 연구실에서 골라내기(sorting)를 한 후 CBC bottle에 넣고 80% 에틸알코올로 고정하였다.

저서성 대형무척추동물의 동정은 기존의 문헌(표 2)을 참고하여 해부현미경 하에서 동정하여 기록하고, 표본은 정확한 채집지의 장소, 날짜, 채집자 및 종명을 기록하여 표본병에 넣고 80% 에틸알코올로 고정하여 장기간 보관하였다.

〈표 2〉 저서무척추동물의 분류군별 참고 문헌

분 류 군	제 목	저자	연도
무척추동물	물속 생물 도감	권순직 등	2013
패류	한국동식물도감 제32권 동물편(연체동물 I)	권오길	1990
패류	신원색한국패류도감	권오길 등	2001
환형동물문	한국산 거머리강(환형동물문)의 분류	송광래	1995
수서곤충	한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류)	윤일병	1988
수서곤충	한국곤충명집	한국곤충학회	1994
수서곤충	수서곤충검색도설	윤일병	1995
수서곤충	한국의 수서곤충	원두희 등	2005
수서곤충	우리농촌에서 쉽게 찾는 물살이곤충	농업과학기술원	2008
잠자리목	한국 잠자리 유충	정광수	2011

모집단과 군집을 기술하는 중요 측정값으로는 밀도(Density), 우점도(Dominance), 상대밀도(Relative density), 종다양도(Biodiversity) 등이 있으며, 이들 측정값으로 다른 중요한 생태측정을 하게 된다. 우점종은 동일 지역에서 출현한 개체수의 비율을 고려하여 선정하였으며, 우점도 지수는 McNaughton's dominance index(DI)의 방법에 의하여 산출하였다(McNaughton, et al. 1970). 종 다양도는 Shannon - Wiener Function(H') (Shannon & Wiener, 1949)을 따랐고 균등도는 Pielou(1966), 종풍부도는 Margalef(1958)의 계산에 따랐다(Ludwig et al. 1988).

$$\text{우점도지수(DI)} = \frac{N_1 + N_2}{N} \quad \text{McNaughton (1967)}$$

$$\text{다양도지수(H')} = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \quad p_i = \frac{N_i}{N} \quad \text{Shannon-Weaver (1949)}$$

$$\text{종풍부도지수(R1)} = \frac{S-1}{\ln N} \quad \text{Margalef (1958)}$$

$$\text{균등도지수(J')} = \frac{H'}{\log_2 S} \quad \text{Pielou (1975)}$$

각 조사수역의 환경질의 평가와 생태환경 관리기준의 판정을 위하여 저서성 대형 무척추동물 생태점수(ESB)(Kong, 1997)를 이용 분석하였다. 환경질 및 오수생물계열에 대한 ESB의 환경질 및 평가는 <표 3>을 기초로 한다.

$$ESB = \sum_{i=1}^4 (Si \cdot Qi) \quad \text{환경부(1997)}$$

ESB : 저서성 대형무척추동물의 생태점수

Qi : 개별 분류군의 환경질 점수

Si : 환경질에 대한 출현종수 합

<표 3> 환경질 및 오수 생물계열 평가표

환경질의 평가				오수생물계열의 평가	
ESB	환경상태	지역구분	수질등급	ESB	오수생물계열
81 이상	매우양호	최우선보호수역	I	51 이상	빈부수성
61-80	양호	우선보호수역			
41-60	다소양호	보호수역	II	21-50	β - 중부수성
26-40	다소불량	개선수역			
13-25	불량	우선개선수역	III	9-20	α - 중부수성
12 이하	매우불량	최우선개선수역	IV-V	8 이하	강부수성

제3장 본론

1. 연구결과

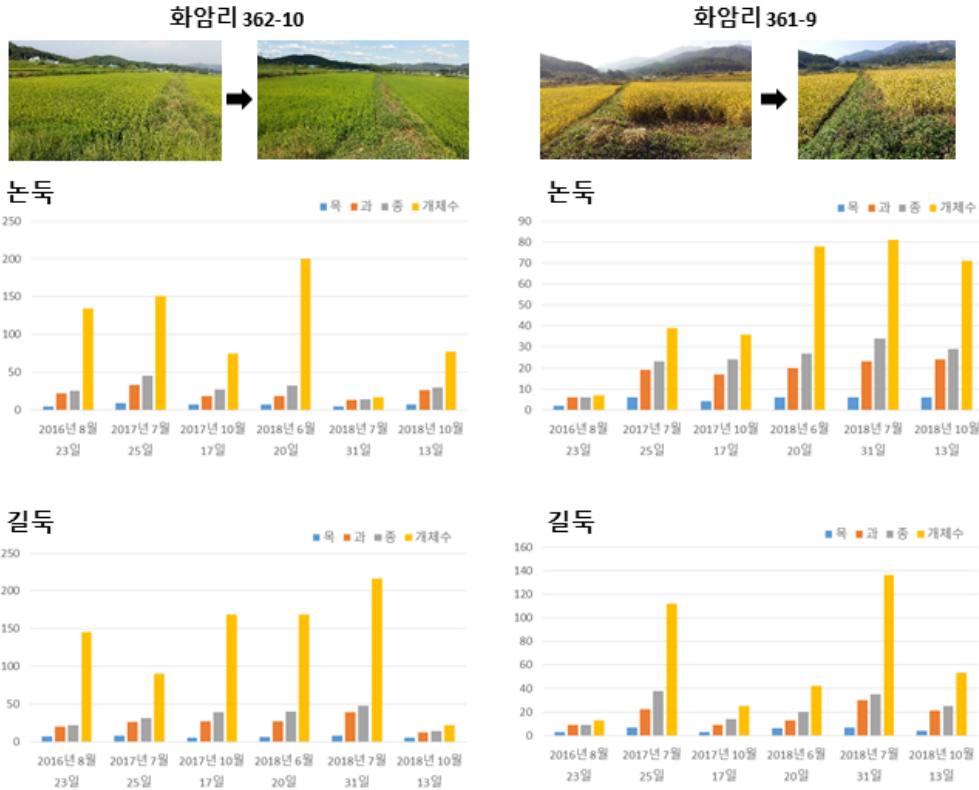
1) 육상곤충

(1) 각 농지 환경 변화와 육상곤충 다양성 변화

○ 청양 화암마을 362-10과 361-9 (그림 7)

화암마을 362-10은 2016~17년에 <논두렁 풀 안베기> 및 <덤병 조성> 사업에 참가하였으며, 2018년 사업 중단 이후에도 부분적으로 친환경 농법을 유지하였다. 논둑의 풀은 부분적으로 예초하였고, 길둑은 예초작업을 하지 않은 채 유지하였다. 조성한 덩병은 농수로로 전환되었고 별도의 관리는 하지 않았다. 육상곤충상은 7월 조사에서 논둑의 육상곤충의 현저한 감소가 관찰되었으며, 10월은 사업 중단 전후로 큰 차이를 보이지 않았다. 길둑의 육상곤충은 7월의 경우 2017년에 비해 2018년 개체수가 급증한 반면, 10월의 경우 2017년에 비해 2018년 전반적인 다양성이 감소되었다.

화암마을 361-9는 362-10에 인접해 있으며 농업생태환경 프로그램에 참여하지 않았다. 2016년부터 논둑 및 길둑을 예초를 통해 정리하였으며, 덩병도 조성되지 않았다. 육상곤충상은 논둑에서 2016~2017년보다 2018년 전반적으로 개체수가 높게 나타났으며, 길둑에서는 사업중단 전과 후가 비슷하게 나타났다.

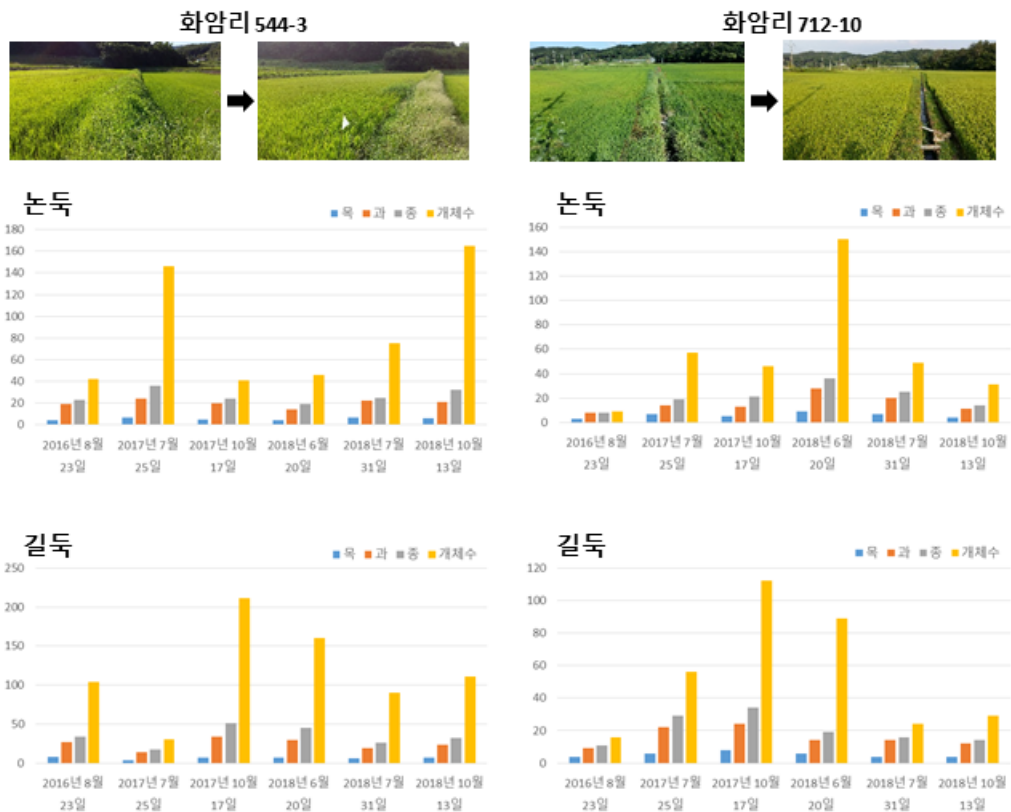


〈그림 7〉 화암마을 362-10(실험군)과 361-9(대조군)에서 육상곤충의 목, 과, 종 다양성 및 개체수 풍부도 변화양상.

○ 청양 화암마을 544-3과 712-10 (그림 8)

화암마을 544-3은 2016~17년에 〈논두렁 풀 안베기〉 및 〈덤병 조성〉 사업에 참가하였다. 2018년 사업 중단 이후 〈논두렁 풀 안베기〉 사업은 완전 중단하여, 논둑의 풀은 전체적으로 예초하였고, 길둑은 예초작업을 하지 않은 채 유지하였다. 조성한 덩병은 기본 형태는 유지되었으나, 유량이나 수변 식물을 관리하지는 않았다. 육상곤충상은 7월 조사에서 논둑의 육상곤충의 현저한 감소가 관찰되었으며, 10월의 육상곤충의 개체수는 2017년에 비해 사업 중단 이후 급증하였다. 길둑의 육상곤충도 논둑의 증감 경향과 비슷하여, 7월의 경우 2017년에 비해 2018년 개체수가 증가한 반면, 10월의 경우 2017년에 비해 2018년 전반적인 다양성이 감소되었다.

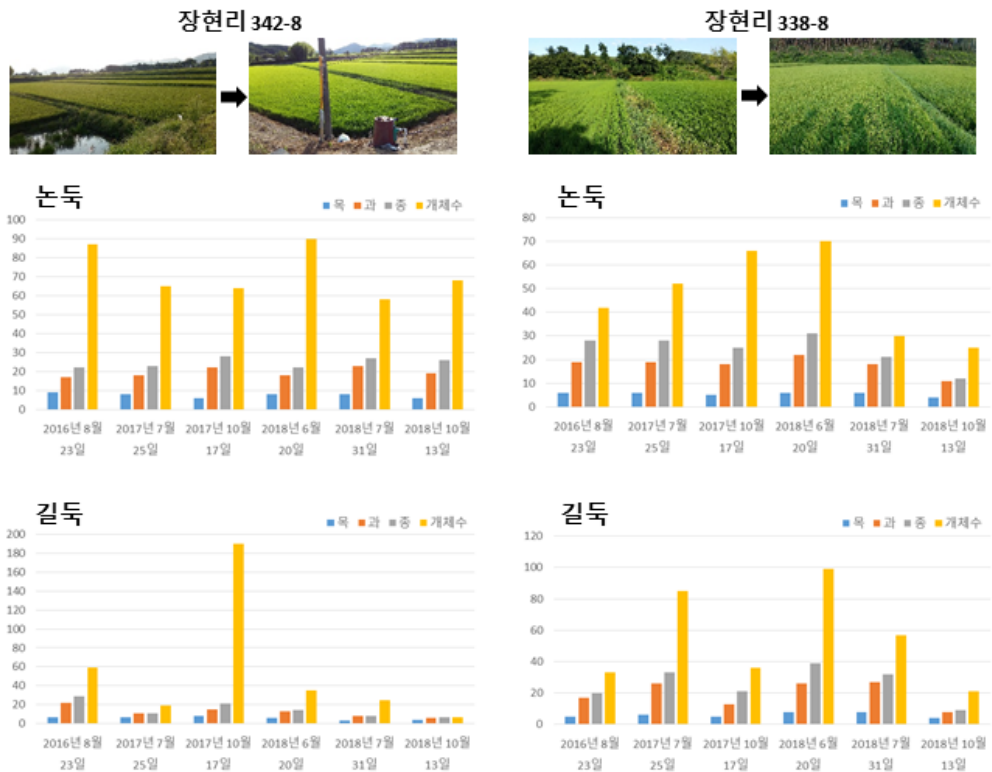
화암마을 712-10은 544-3과 가까이 위치해 있다. 이 논은 농업생태환경 프로그램에 참여하지 않았으며, 제초제 살포를 실시하고 있었다. 2016년부터 논독을 예초를 통해 정리하였으며, 길독에도 부분적으로 작물을 재배하였다. 육상곤충상은 논독에서 농업생태환경 프로그램이 진행된 2016~2017년과 중단된 2018년에 비슷하게 나타났다.



〈그림 8〉 화암마을 544-3(실험군)과 712-10(대조군)에서 육상곤충의 목, 과, 중 다양성 및 개체수 풍부도 변화양상.

○ 보령 장현마을 342-8과 338-8 (그림 9)

장현마을 342-8은 2016~17년에 <논두렁 풀 안베기> 및 <둠병 조성> 사업에 참가하였다. 2018년 사업 중단 이후 <논두렁 풀 안베기> 사업은 완전 중단하여, 논둠의 풀은 전체적으로 예초하였고, 길둠도 제초제를 살포해 지피식물이 전무한 상태로 변화하였다. 길둠을 따라 작물을 재배하였다. 2016~17년에 우수하게 관리되었던 둠병은 완전 소멸되었고, 둠병을 농작지로 변경하였다. 육상곤충상은 농업생태환경 프로그램이 진행된 2016~2017년과 중단된 2018년에 비슷하게 나타났지만, 10월의 육상곤충상은 길둠에서 현격한 감소를 보였다.



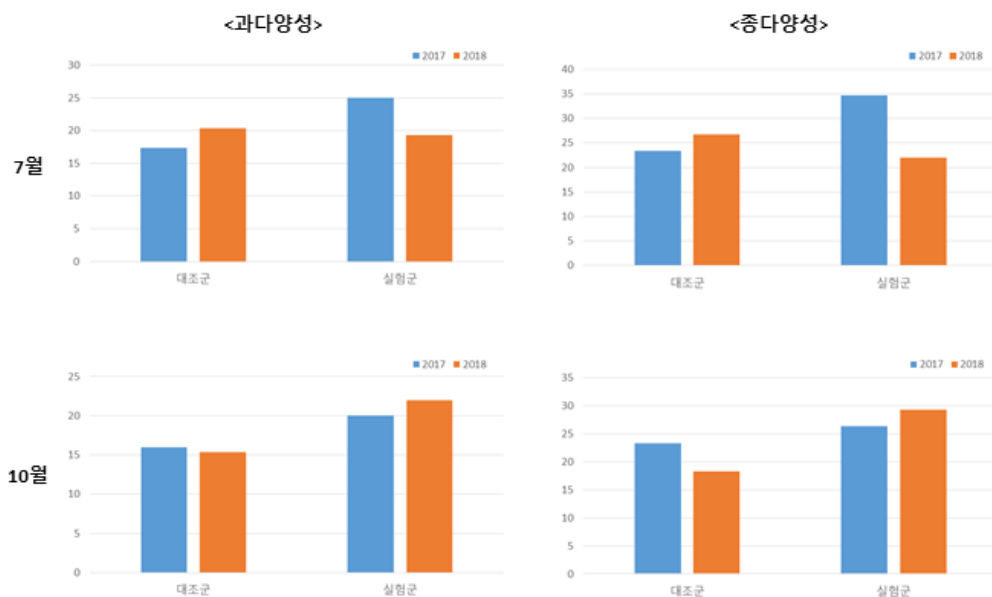
〈그림 9〉 장현마을 342-8(실험군)과 338-8(대조군)에서 육상곤충의 목, 과, 중 다양성 및 개체수 풍부도 변화양상.

장현마을 338-8은 농업생태환경 프로그램에 참여하지 않았으며, 유기농법을 실시하고 있으나 예초 활동은 지속하였고, 둠벙을 조성하지 않았다. 육상곤충상은 논둑에서 7월 및 10월 모두 다양성이 감소하였고, 길둑에서는 7월에만 육상곤충 다양성이 감소하였다.

(2) 농법 전환에 따른 육상곤충 다양성의 전반적 변화

○ 논둑에서의 변화 (그림 10)

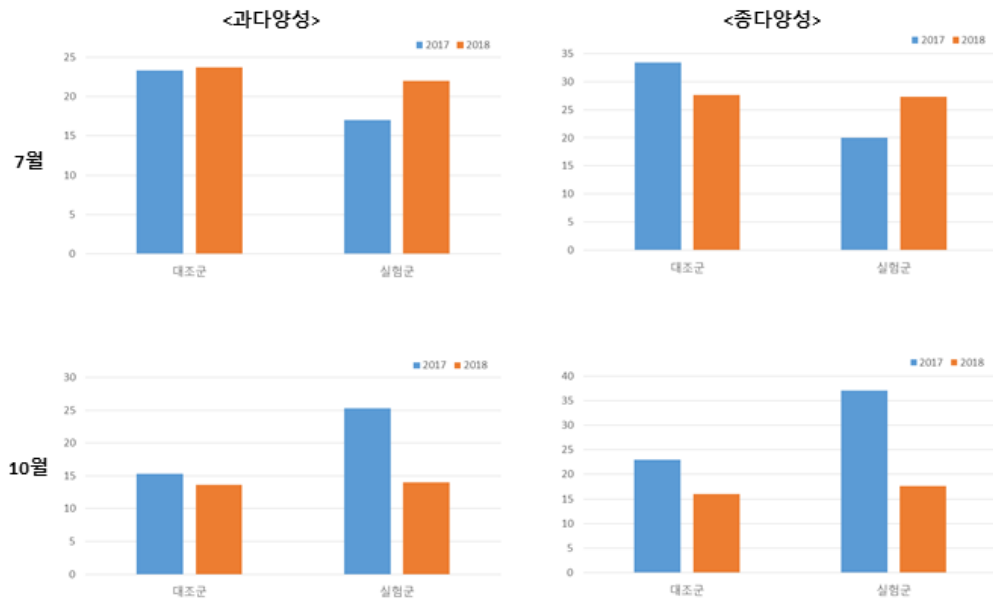
논둑에서 육상곤충의 과다양성과 종다양성은 농업생태환경프로그램에 참여하지 않은 논에서 큰 변화가 없었다. 농업생태환경프로그램에 참여한 논은 프로그램 중단 후 7월의 육상곤충 다양성에 감소가 보였지만, 10월에는 큰 차이가 없었다.



〈그림 10〉 관행농법 전환(2018)이 논둑의 7월과 10월 육상곤충 과다양성 및 종다양성에 미치는 영향

○ 길독에서의 변화 (그림 11)

길독에서 육상곤충의 과다양성과 종다양성은 농업생태환경프로그램에 참여하지 않은 논에서 큰 변화가 없었다. 농업생태환경프로그램에 참여한 논은 프로그램 중단 후 7월에는 육상곤충 다양성이 다소 증가하였지만, 10월에는 현저히 감소하였다.

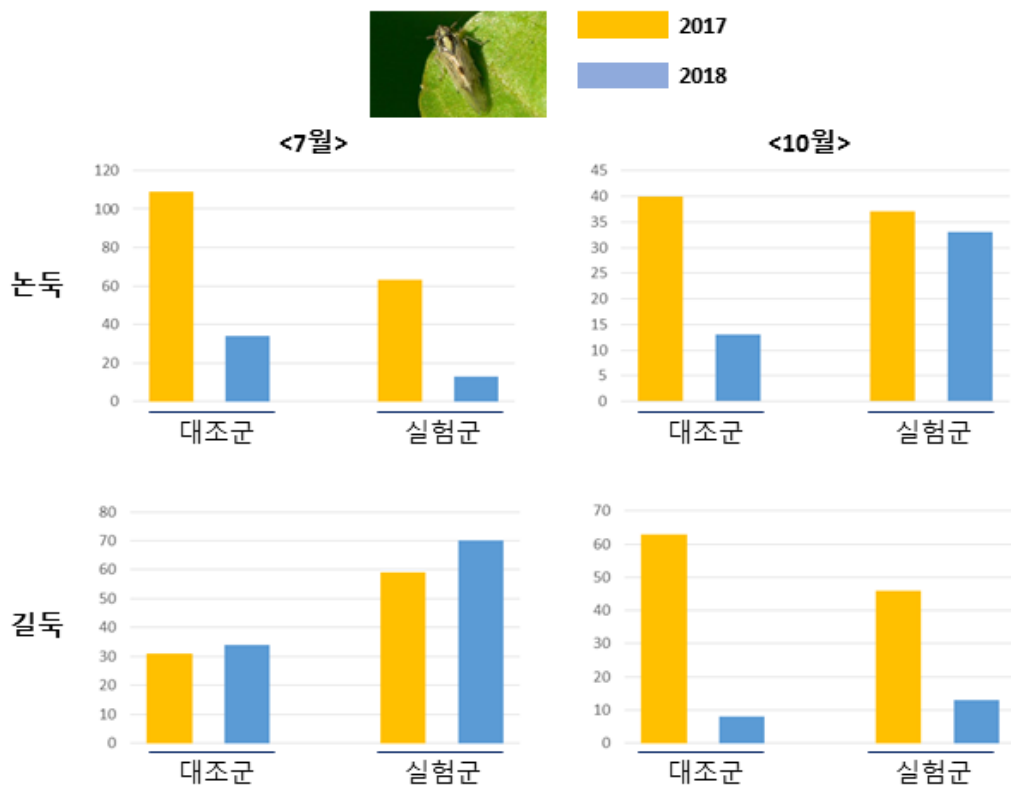


〈그림 11〉 관행농법 전환(2018)이 길독의 7월과 10월 육상곤충 과다양성 및 종다양성에 미치는 영향

(3) 관심 분류군의 변화

○ 멸구 및 매미충류 (그림 12)

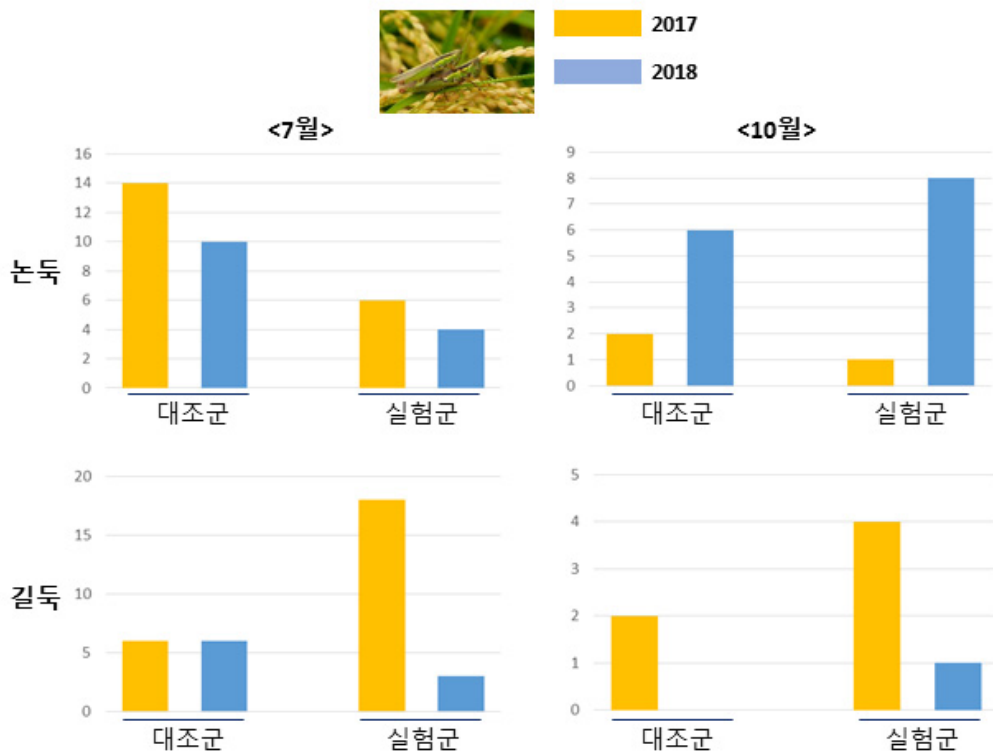
멸구 및 매미충은 대표적인 흡즙성 해충으로 심하게 감염된 벼는 쇠약하여 품질이 저하되고, 바이러스성 병을 매개하여 큰 피해를 초래하기도 한다. 조사지역에서는 총 25종이 관찰되었다. 대표적인 벼의 해충으로 벼멸구, 흰등멸구, 끝동매미충 등이 포함된다.



〈그림 12〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 멸구 및 매미충류의 누적개체수 변화양상

2016~17년 농업생태환경프로그램에 참여한 논과 참여하지 않은 논을 비교한 결과 7월 길독을 제외하고 프로그램에 참여한 논에서 더 적은 수가 관찰되었다. 2018년 사업 중단이후 대체로 농업생태환경 프로그램에 참여했던 논과 참여하지 않았던 논 모두에서 누적개체수가 감소되었다. 7월 길독에서는 농업생태환경프로그램에 참여했던 논과 참여하지 않았던 논에서 큰 차이가 보이지 않았다. 7월 논둑 및 10월 길독에서 사업 중단 이후 농업생태환경 프로그램에 참여했던 논과 참여하지 않았던 논에서 멸구 및 매미충류의 발생이 비슷해지는 결과가 나타났다.

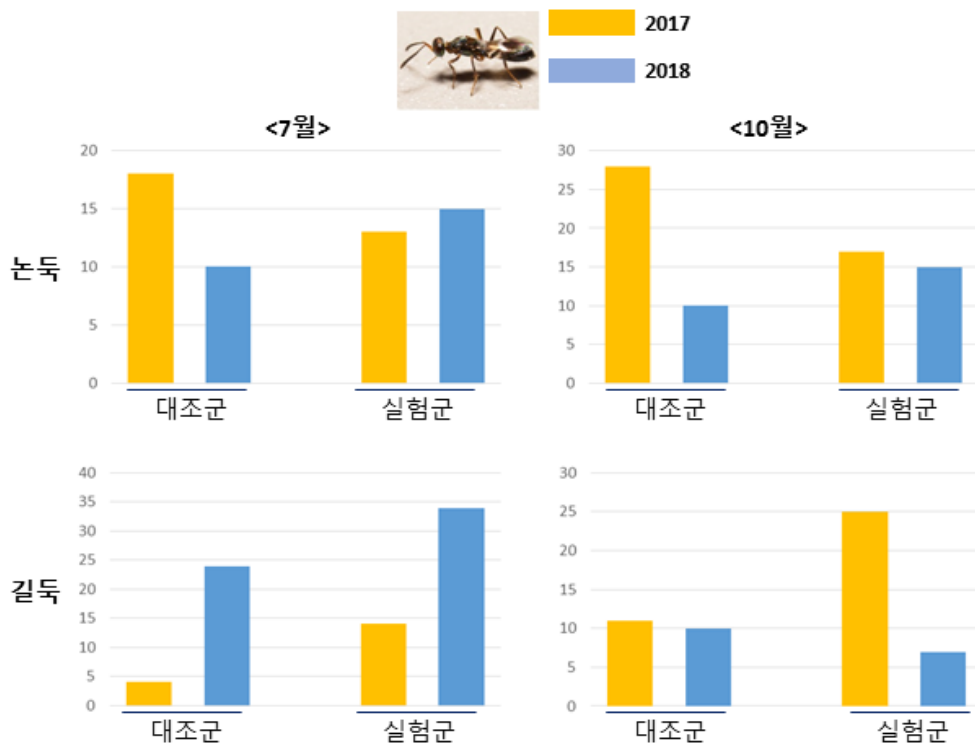
○ 초식성 메뚜기류 (그림 13)



〈그림 13〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 초식성 메뚜기류의 누적개체수 변화양상

초식성 메뚜기류는 벼 잎을 갉아먹는 해충으로 살충제에 민감하여 유기농법이 실시되는 논에서 주로 나타난다. 조사지역에서는 총 9종이 관찰되었다. 여기에는 대표적인 벼의 해충인 벼메뚜기가 포함된다. 2016~17년 농업생태환경프로그램에 참여한 논과 참여하지 않은 논을 비교한 결과 월별로 차이가 났다. 논둑에서 7월에는 큰 변화가 없었지만, 10월에는 농업생태환경프로그램에 참여했던 논과 참여하지 않았던 논 모두 메뚜기류의 누적개체수가 증가하였다. 길둑에서 7월에 농업생태환경 프로그램에 참여했던 논에서만 메뚜기류의 수가 현저히 감소하였고, 10월에는 농업생태환경 프로그램에 참여했던 논과 참여하지 않던 논 모두에서 메뚜기류의 수가 감소하였다.

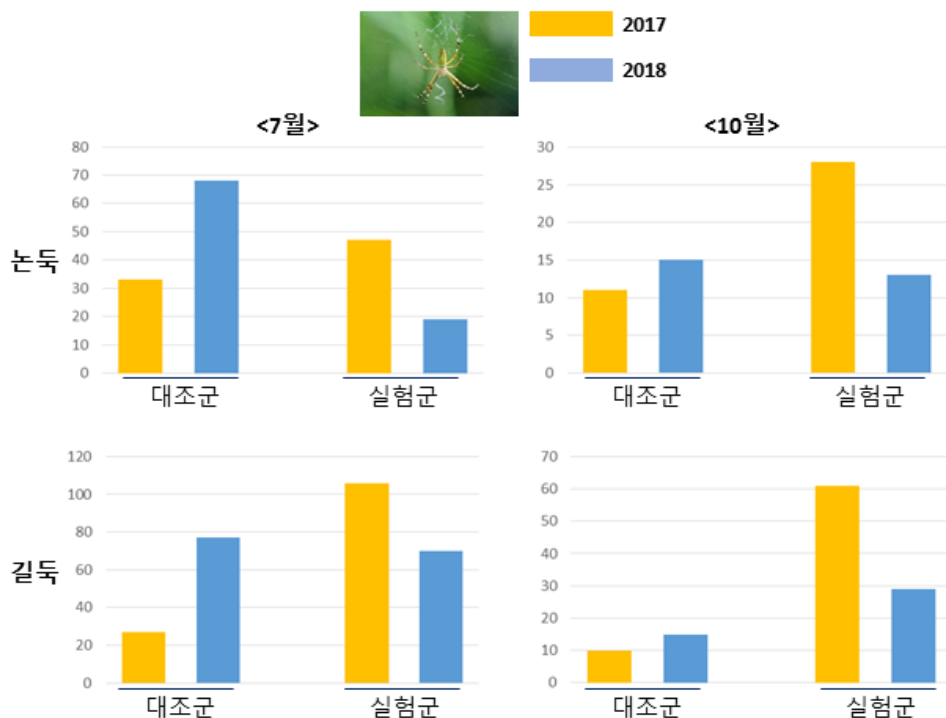
○ 기생벌류 (그림 14)



〈그림 14〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 기생벌류의 누적개체수 변화양상

해충의 주요 천적인 기생벌은 알 및 유충에 대한 살충효과가 높아서 생물학적 방제에 효과적이다. 조사지역에서는 고치벌류, 맵시벌류, 쯤벌류 등 총 32종이 관찰되었다. 기생벌류는 종 동정이 어려워 추가연구를 통해 더 많은 종이 밝혀질 수 있을 것이다. 2016~17년 농업생태환경 프로그램에 참여한 논과 참여하지 않은 논을 비교한 결과 논둑에서 참여 논에서는 큰 변화가 없었지만 미참여 논에서는 사업 중단 후 개체수가 감소하였다. 길둑에서 7월에는 업생태환경 프로그램에 참여했던 논과 참여하지 않았던 논 모두에서 기생벌 수가 증가하였지만, 10월에는 참여했던 논에서 기생벌의 수가 미참여 논 수준으로 감소하였다.

○ 거미류 (그림 15)



〈그림 15〉 2017년과 2018년 농업생태환경 프로그램 미참여 논(대조군)과 참여 논(실험군)에서 거미류의 누적개체수 변화양상

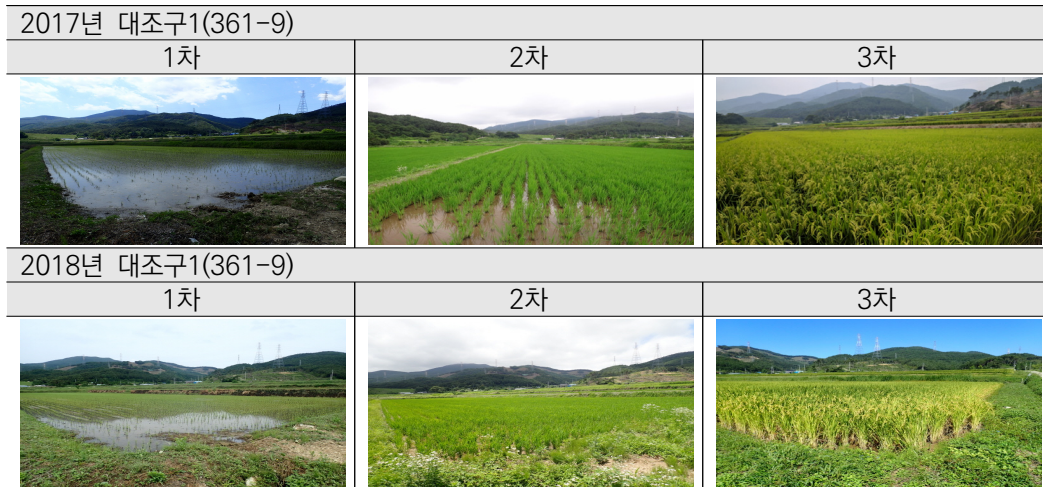
해충의 주요 천적인 거미는 거미줄을 이용해 광범위한 해충을 제거하는 효과가 있다. 조사지역에서는 왕거미류, 갈거미류 등 정주성 거미를 비롯해, 늑대거미류와 스라소니거미류 등 배회성 거미를 포함해 총 41종이 관찰되었다. 2016~17년 농업생태환경프로그램에 참여한 논과 참여하지 않은 논을 비교한 결과 7월에는 논둑과 길둑 모두 참여 논에서는 사업 중단 후 거미의 개체수 감소가 관찰되었고, 미참여 논에서는 사업 중단 후 개체수가 증가하였다. 10월에는 미참여 논에서 거미의 개체수에 있어서 큰 변화가 없었지만 농업생태환경 프로그램에 참여했던 논에서는 사업 중단 후 거미 개체수가 감소한 것으로 나타났다.

2) 저서성 대형무척추동물

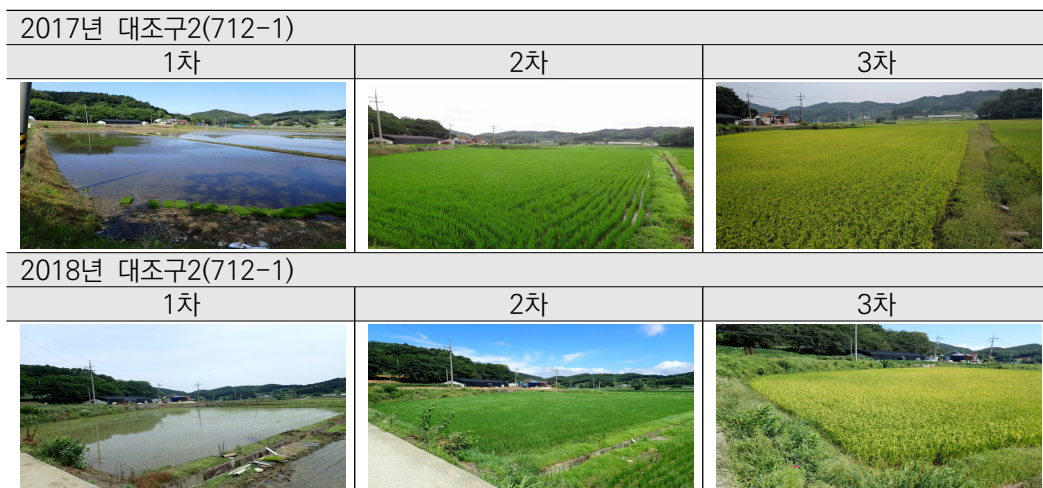
(1) 조사지역의 서식환경

○ 청양군 화암마을 서식환경 변화

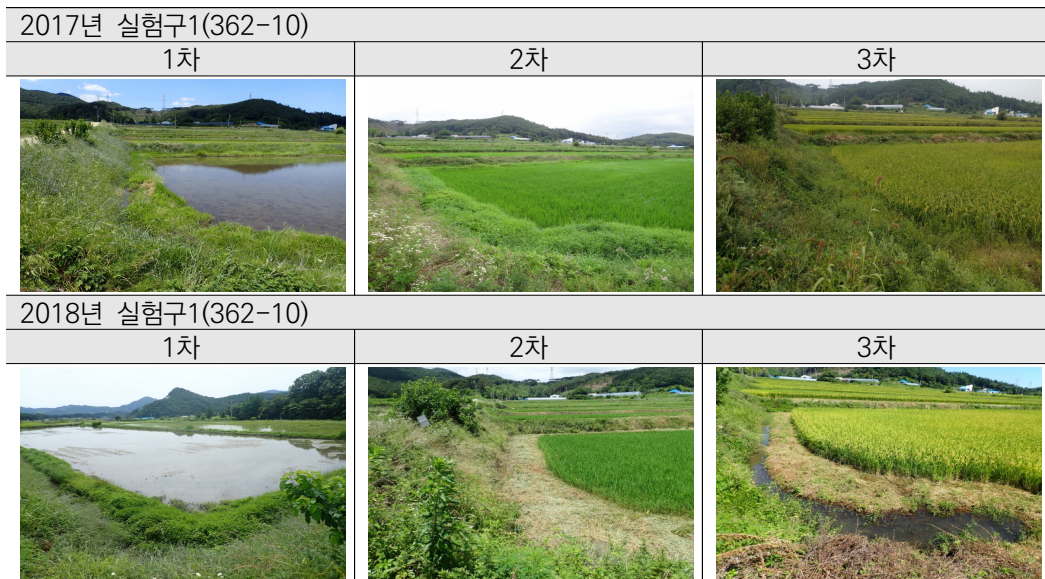
청양군 화암마을의 서식환경의 변화는 다음과 같다(그림 16~20).



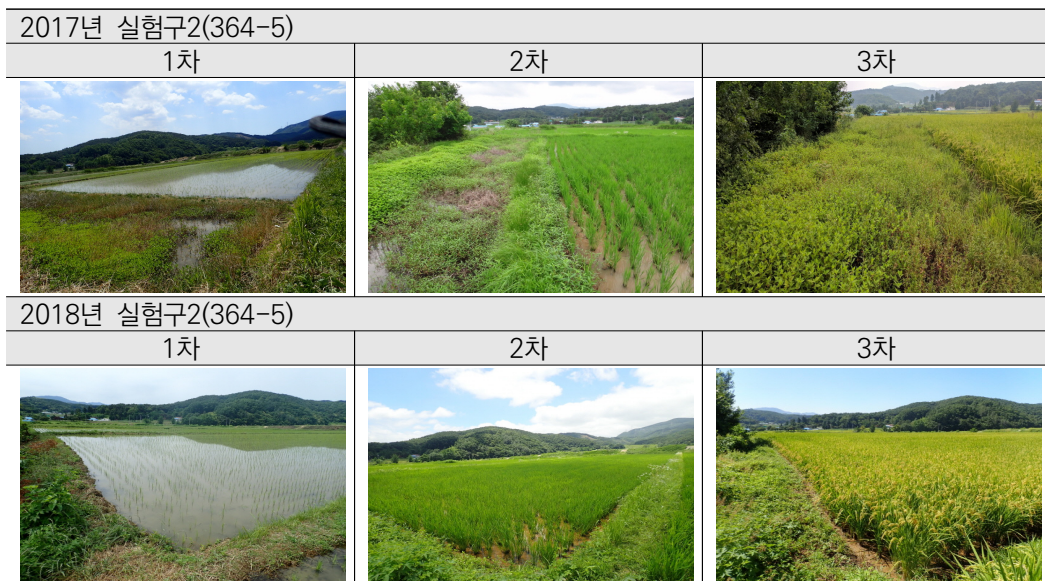
〈그림 16〉 청양군 화암마을 대조구1(361-9)의 서식환경사진



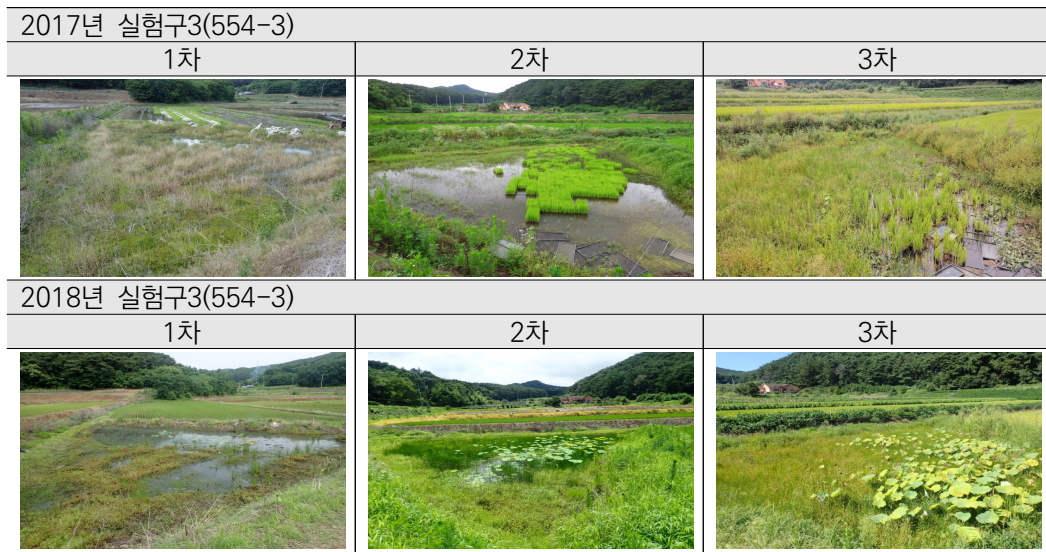
〈그림 17〉 청양군 화암마을 대조구2(712-1)의 서식환경사진



〈그림 18〉 청양군 화암마을 실험구1(362-10)의 서식환경사진



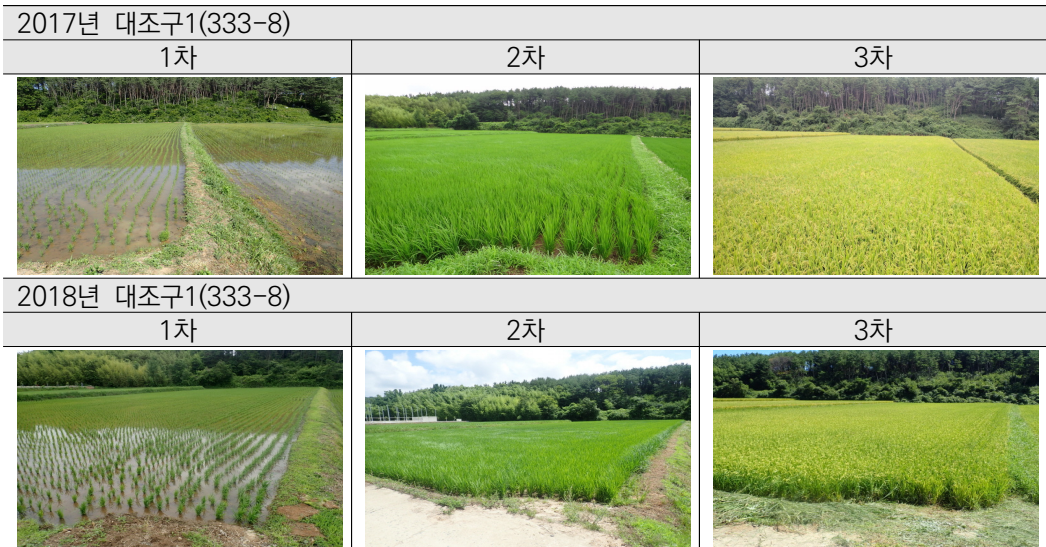
〈그림 19〉 청양군 화암마을 실험구2(364-5)의 서식환경사진



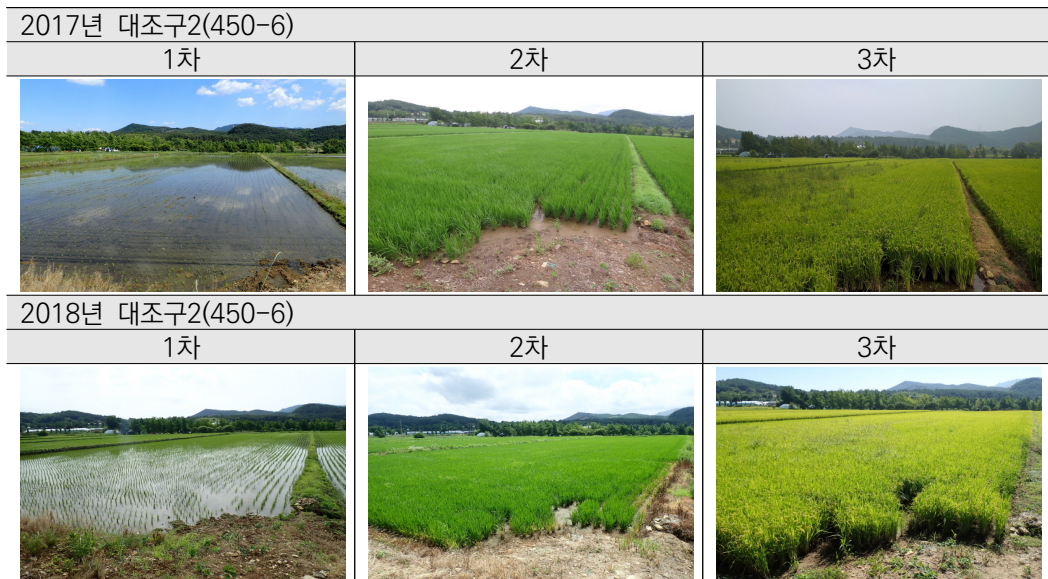
〈그림 20〉 청양군 화암마을 실험구3(554-3)의 서식환경사진

○ 보령시 장현마을 서식환경

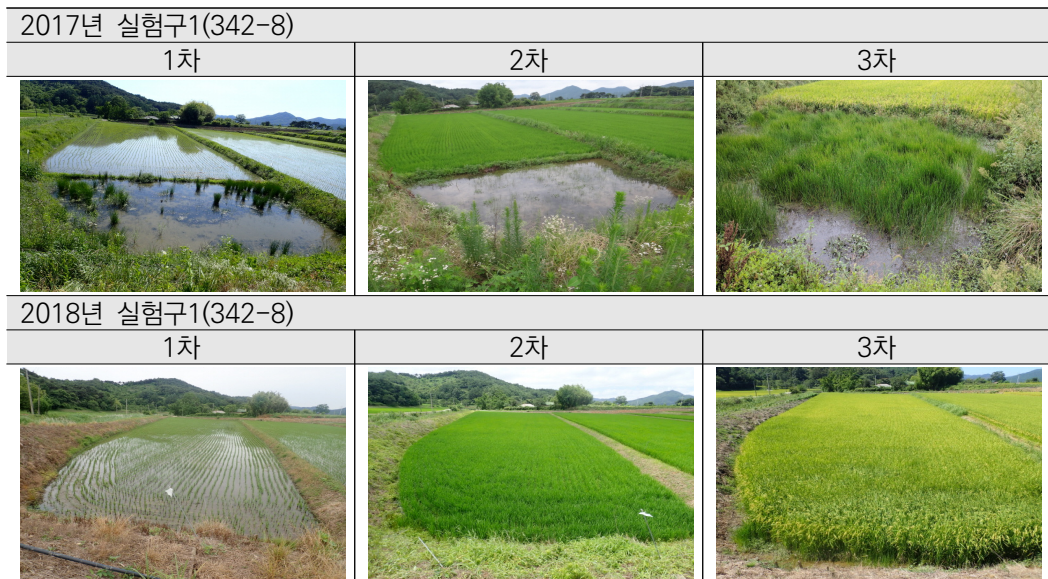
보령시 장현마을의 서식환경의 변화는 다음과 같다(그림 21~25).



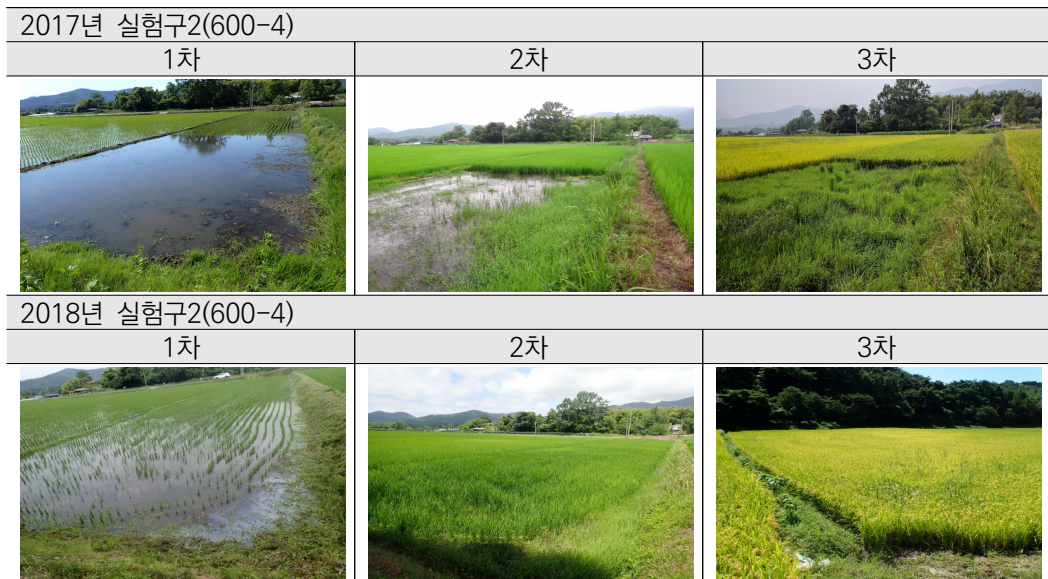
〈그림 21〉 보령시 장현마을 대조구1(333-8)의 서식환경사진



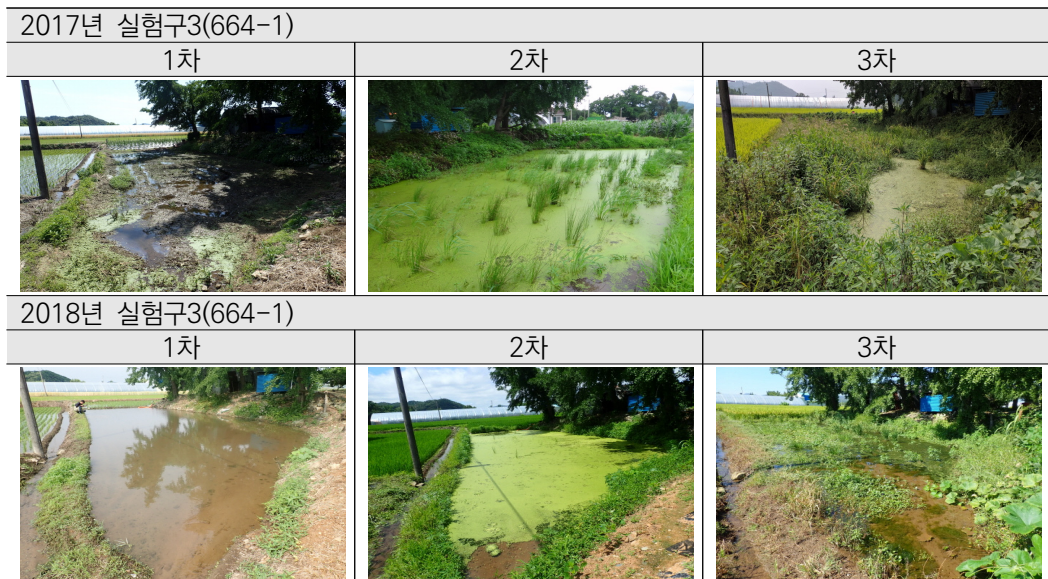
〈그림 22〉 보령시 장현마을 대조구2(450-6)의 서식환경사진



〈그림 23〉 보령시 장현마을 실험구1(342-8)의 서식환경사진



〈그림 24〉 보령시 장현마을 실험구2(600-4)의 서식환경사진



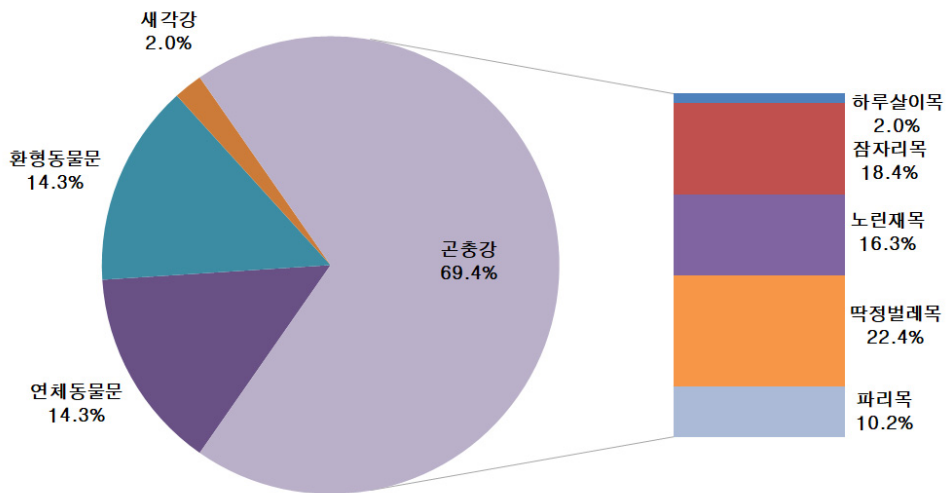
〈그림 25〉 보령시 장현마을 실험구2(664-1)의 서식환경사진

(2) 친환경 농지의 관행농 전환에 따른 저서성 대형무척추동물상의 변화

○ 청양군 화암마을의 저서성 대형무척추동물

청양군 화암마을 일대에서 조사된 저서성 대형무척추동물은 총 3문 6강 12목 28과 49종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 7종, 환형동물문이 7종, 절지동물문이 35종이 조사되었고, 절지동물문에는 새각강이 1종, 곤충강이 34종으로 조사되었다.

곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 9종, 노린재목이 8종, 딱정벌레목이 11종, 파리목이 5종 서식하는 것으로 조사되었다(그림 26). 일반적인 농법을 시행하는 대조구에서는 총 3문 5강 10목 18과 28종이 조사되었고, 농업생태환경프로그램에 참여했던 실험구에서는 총 3문 6강 12목 27과 48종이 조사되었다.



〈그림 26〉 청양군에서 조사된 저서성 대형무척추동물 분류군별 구성비(%)

화암마을의에서 확인된 저서성 대형무척추동물은 1차 조사에서 총 3문 6강 12목 21과 32종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 4종, 환형동물문이 4종, 절지동물문이 24종이 조사되었고, 절지동물문에는 새각강이 1종, 곤충강이 23종으로 조사되었다. 곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 5종, 노린재목이 7종, 딱정벌레목

이 8종, 파리목이 2종 서식하는 것으로 조사되었다. 조사지점별로는 관행농법을 시행하는 대조구1(361-9)에서 6종 504개체/0.3㎡로 조사되었고, 대조구2(712-1)에서 6종 551개체/0.3㎡로 조사되었다. 농업생태환경프로그램에 참여하는 논 중에는 실험구3(544-8)에서 21종 426개체/0.3㎡로 가장 많은 종이 조사되었으며, 다음으로는 실험구1(362-10)에서 18종 320개체/0.3㎡, 실험구2(364-5)에서 8종 514개체/0.3㎡의 순으로 조사되었다(표 4).

2차 조사에서 총 3문 5강 10목 22과 37종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 6종, 환형동물문이 4종, 절지동물문이 27종이 조사되었다. 절지동물문의 곤충강이 27종으로 조사되었는데, 곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 6종, 노린재목이 7종, 딱정벌레목이 9종, 파리목이 4종 서식하는 것으로 조사되었다. 조사지점별로는 관행농법을 시행하는 대조구1(361-9)에서 20종 496개체/0.3㎡로 조사되었고, 대조구2(712-1)에서 13종 488개체/0.3㎡로 조사되었다. 농업생태환경프로그램에 참여하는 논 중에는 실험구1(362-10)에서 20종 754개체/0.3㎡로 가장 많은 종이 조사되었으며, 다음으로는 실험구3(544-3)에서 19종 475개체/0.3㎡, 실험구2(364-5)에서 14종 505개체/0.3㎡의 순으로 조사되었다(표 5).

3차 조사에서 총 3문 4강 9목 17과 23종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 4종, 환형동물문이 4종, 절지동물문이 15종이 조사되었다. 절지동물문의 곤충강이 15종으로 조사되었는데, 곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 2종, 노린재목이 4종, 딱정벌레목이 6종, 파리목이 2종 서식하는 것으로 조사되었다. 조사지점별로는 관행농법을 시행하는 대조구1과 대조구2에서 물이 없는 상태로 저서성 대형무척추동물을 확인하지 못하였다. 농업생태환경프로그램에 참여하는 논 중에는 실험구1(362-10)에서 19종 148개체/0.3㎡로 가장 많은 종이 조사되었으며, 다음으로는 실험구2(364-5)에서 9종 99개체/0.3㎡, 실험구3(544-3)에서 9종 86개체/0.3㎡의 순으로 조사되었다(표 6).

2017년의 경우 청양군 화암마을의 관행농법을 시행하는 대조구에서는 총 3문 5강 9목 13과 14종이 조사되어 평균 4.50(± 3.27)종이 출현하는 것으로 조사되었고, 2018년에는 총 3문 5강 10목 18과 28종이 조사되어 평균 7.5(± 7.79)종이 출현하는 것으로 조사되었다. 2017년의 경우 친환경 농법을 시행하는 논에서는 총 3문 5강 10목 24과 39종이 조사되어 평균 11.67(± 7.30)종이 출현하는 것으로 조사되었고, 2018년에는 총 3문 6강 12목 27과 48종이 조사되어 평균 15.2(± 5.29)종이 출현하는 것으로 조사되었다.

〈표 4〉 청양군 화암마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(1차 조사)

종 명	국 명	조사지점				
		대조구		실험구		
		361-9	712-1	362-10	364-5	544-3
<i>Parafossarulus manchouricus</i> (Bourguignat)	쇠우렁이	.	.	1	.	16
<i>Radix (Radix) auricularia</i> (Linnaeus)	물달팽이	7	28	.	2	6
<i>Hippeutis cantori</i> (Benson)	수정또아리물달팽이	10	2	15	.	17
<i>Sphaerium (Musculum) lacustre japonicum</i> (Westerlund)	삼각산골조개	.	.	17	.	13
<i>Limnodrilus gotoi</i> Hatai	실지렁이	.	6	2	.	4
<i>Alboglossiphonia lata</i> (Oka)	조개넙적거머리	.	.	1	.	.
<i>Whitmania edentula</i> Whitman	녹색말거머리	.	.	.	.	1
<i>Hirudo nipponica</i> Whitman	참거머리	1	.	.	.	1
<i>Branchinella kugenumaensis</i> (Ishikawa)	풍년새우	.	.	.	8	1
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus)	연못하루살이	.	.	56	4	84
<i>Ceriatrum melanurum</i> Selys	노란실잠자리	.	.	2	.	.
<i>Orthetrum albistylum</i> Selys	밀잠자리	.	.	.	.	1
<i>Sympetrum depressiusculum</i> Selys	고추좀잠자리	.	.	7	.	.
<i>Sympetrum eroticum</i> (Selys)	두점박이좀잠자리	.	.	.	.	2
<i>Sympetrum infuscatum</i> (Selys)	깃동잠자리	.	2	4	.	4
<i>Laccotrephes japonensis</i> Scott	장구애비	.	.	1	.	1
<i>Ranatra unicolor</i> Scott	방개아재비	.	.	.	1	.
<i>Appasus japonicus</i> Vuillefroy	물자라	3	1	4	.	.
<i>Micronecta sedula</i> Horvát	꼬마물벌레	.	.	.	.	7
<i>Hesperocorixa hokkensis</i> (Matsumura)	왕물벌레	.	.	1	.	.
<i>Sigara substriata</i> (Uhler)	방물벌레	.	.	6	.	.
<i>Notonecta triguttata</i> Motschulsky	송장헤엄치게	.	.	8	1	6
<i>Peltodytes sinensis</i> (Hope)	중국물진드기	.	.	2	.	.
<i>Cybister brevis</i> Aube	검정물방개	.	.	2	1	7
<i>Hydaticus grammicus</i> (Germar)	꼬마줄물방개	5	.	.	.	.
<i>Hyphydrus japonicus</i> Sharp	알물방개	.	.	.	.	2
<i>Laccophilus difficilis</i> Sharp	깨알물방개	.	.	.	.	2
<i>Enochrus simulans</i> (Sharp)	애넙적물땡땡이	.	.	.	.	1
<i>Hydrophilus accuminatus</i> Motschulsky	물땡땡이	.	.	1	.	.
<i>Hydrochara affinis</i> (Sharp)	잔물땡땡이	.	.	.	.	2
<i>Chaoborus</i> KUa	털모기 KUa	.	.	.	1	.
Chironomidae spp.	갈따구류	478	512	190	496	248
출현 종수		6	6	19	8	21
출현 개체수(개체/0.3m ²)		504	551	321	514	426

〈표 5〉 청양군 화암마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(2차 조사)

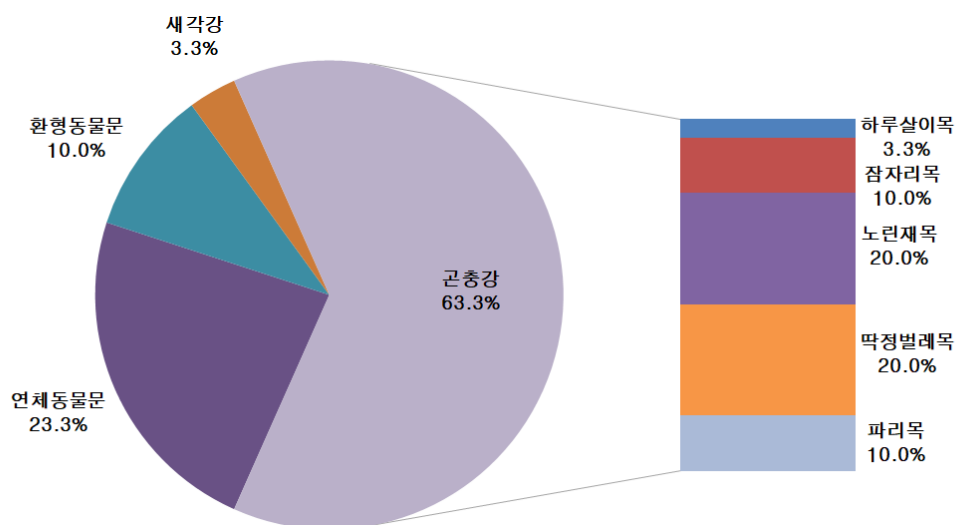
종 명	국 명	조사지점				
		대조구		실험구		
		361-9	712-1	362-10	364-5	544-3
<i>Parafossarulus manchouricus</i> (Bourguignat)	쇠우렁이	2	.	27	94	36
<i>Radix</i> (<i>Radix</i>) <i>auricularia</i> (Linnaeus)	물달팽이	.	40	.	.	.
<i>Physa acuta</i> Draparnaud	원돌이물달팽이	.	20	.	.	.
<i>Hippeutis cantori</i> (Benson)	수정또아리물달팽이	56	56	80	16	20
<i>Polypylis hemisphaerula</i> (Benson)	배꼽또아리물달팽이	4	.	5	24	.
<i>Sphaerium</i> (<i>Musculum</i>) <i>lacustre japonicum</i> (Westerlund)	삼각산골조개	4	.	11	.	.
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard	아가미지렁이	.	1	1	.	.
<i>Limnodrilus gotoi</i> Hatai	실지렁이	8	9	12	8	3
<i>Whitmania acranulata</i> Whitman	갈색말거머리	.	.	.	.	1
<i>Whitmania edentula</i> Whitman	녹색말거머리	.	.	.	.	2
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus)	연못하루살이	120	124	54	20	204
<i>Paracercion calamorum</i> (Ris)	등검은실잠자리	1	.	1	1	.
<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer)	아시아실잠자리	1	.	.	.	.
<i>Anax parthenope julius</i> (Brauer)	왕잠자리	.	.	.	3	.
<i>Orthetrum albistylum</i> Selys	밀잠자리	.	.	1	2	.
<i>Sympetrum eroticum</i> (Selys)	두점박이좀잠자리	.	.	.	.	1
<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius)	뽕장잠자리	.	.	.	2	.
<i>Laccotrephes japonensis</i> Scott	장구애비	1	.	.	.	1
<i>Ranatra chinensis</i> Mayr	게아재비	.	.	.	2	.
<i>Ranatra unicolor</i> Scott	방게아재비	1	.	.	.	.
<i>Appasus japonicus</i> Vuillefroy	물자라	3	.	7	1	5
<i>Micronecta sedula</i> Horvát	꼬마물벌레	16	8	330	68	.
<i>Sigara substriata</i> (Uhler)	방물벌레	184	204	110	184	120
<i>Notonecta triguttata</i> Motschulsky	송장헤엄치게	1	.	5	.	2
<i>Peltodytes sinensis</i> (Hope)	중국물진드기	.	.	.	.	2
<i>Cybister brevis</i> Aube	검정물방개	.	1	.	.	1
<i>Hydaticus grammicus</i> (Germar)	꼬마줄물방개	1	.	1	.	.
<i>Hyphydrus japonicus</i> Sharp	알물방개	2	.	1	.	.
<i>Laccophilus difficilis</i> Sharp	깨알물방개	1	.	1	.	2
<i>Rhantus suturalis</i> (Macleay)	애기물방개	.	1	.	.	.
<i>Helochares nipponicus</i> Hebauer	좀물땡땡이	1	2	1	.	.
<i>Hydrophilus accuminatus</i> Motschulsky	물땡땡이	.	.	.	.	1
<i>Hydrochara affinis</i> (Sharp)	잔물땡땡이	.	3	1	.	1
<i>Tipula latemarginata</i> Alexander	애아이노각다귀	.	.	1	.	.
<i>Culex</i> sp.	집모기류	.	.	.	.	1
Chironomidae spp.	갈따구류	87	19	104	80	64
<i>Stratiomyia</i> KUa	동애등에 KUa	2	.	.	.	8
출현 종수		20	13	20	14	19
출현 개체수(개체/0.3m ²)		496	488	754	505	475

〈표 6〉 청양군 화암마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(3차 조사)

종 명	국 명	조사지점				
		대조구		실험구		
		361-9	712-1	362-10	364-5	544-3
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> (Reeve)	논우렁이	.	.	.	.	1
<i>Parafossarulus manchouricus</i> (Bourguignat)	쇠우렁이	.	.	8	9	.
<i>Hippeutis cantori</i> (Benson)	수정도아리물달팽이	.	.	3	.	7
<i>Polypylis hemisphaerula</i> (Benson)	배꼽도아리물달팽이	.	.	2	.	.
<i>Limnodrilus gotoi</i> Hatai	실지렁이	.	.	11	5	.
<i>Whitmania acranulata</i> Whitman	갈색말거머리	.	.	.	.	1
<i>Whitmania edentula</i> Whitman	녹색말거머리	.	.	.	.	1
<i>Erpobdella lineata</i> Müller	돌거머리	.	.	.	.	1
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus)	연못하루살이	.	.	10	18	32
<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer)	아시아실잠자리	.	.	2	1	.
<i>Orthetrum albistylum</i> Selys	말잠자리	.	.	8	2	.
<i>Ranatra chinensis</i> Mayr	게아재비	.	.	2	.	.
<i>Ranatra unicolor</i> Scott	방게아재비	.	.	1	1	.
<i>Appasus japonicus</i> Vuillefroy	물자라	.	.	2	.	.
<i>Sigara substriata</i> (Uhler)	방물벌레	.	.	16	25	8
<i>Peltodytes sinensis</i> (Hope)	중국물진드기	.	.	6	.	1
<i>Cybister brevis</i> Aube	검정물방개	.	.	2	.	.
<i>Hyphydrus japonicus</i> Sharp	알물방개	.	.	5	.	.
<i>Laccophilus difficilis</i> Sharp	깨알물방개	.	.	6	.	.
<i>Rhantus suturalis</i> (Macleay)	애기물방개	.	.	1	.	.
<i>Sternolophus rufipes</i> (Fabricius)	애물뽕팽이	.	.	1	.	.
<i>Culex</i> sp.	집모기류	.	.	1	5	.
Chironomidae spp.	갈따구류	.	.	61	33	34
출현 종수		-	-	19	9	9
출현 개체수(개체/0.3m³)		-	-	148	99	86

○ 보령시 장현마을의 저서성 대형무척추동물

보령시 장현마을 일대에서 조사된 저서성 대형무척추동물은 총 3문 6강 12목 23과 34종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 8종, 환형동물문이 3종, 절지동물문이 종이 조사되었고, 절지동물문에는 새각강이 1종, 곤충강이 22종으로 조사되었다. 곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 4종, 노린재목이 7종, 딱정벌레목이 7종, 파리목이 3종 서식하는 것으로 조사되었다(그림 27). 일반적인 농업을 시행하는 대조구에서는 총 3문 4강 9목 14과 16종이 조사되었고, 농업생태환경프로그램에 참여했던 실험구에서는 총 3문 6강 12목 22과 30종이 조사되었다.



〈그림 27〉 보령시에서 조사된 저서성 대형무척추동물 분류군별 구성비(%)

장현마을의에서 확인된 저서성 대형무척추동물은 1차 조사에서 총 3문 5강 10목 15과 17종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 6종, 환형동물문이 1종, 절지동물문이 종이 조사되었고, 절지동물문에는 새각강이 1종, 곤충강이 9종으로 조사되었다. 곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 1종, 노린재목이 4종, 딱정벌레목이 2종, 파리목이 1종 서식하는 것으로 조사되었다. 조사지점별로는 관행농업을 시행하는 대조구 1(333-8)에서 7종 348개체/0.3㎡로 조사되었고, 대조구2(450-6)에서 11종 210개체/0.3

m²로 조사되었다. 농업생태환경프로그램에 참여하는 논 중에는 실험구3(664-1)에서 10종 134개체/0.3m²로 가장 많은 종이 조사되었으며, 다음으로는 실험구1(342-8)에서 8종 786개체/0.3m², 실험구2(600-4)에서 6종 436개체/0.3m²의 순으로 조사되었다(표 7).

2차 조사에서는 총 3문 5강 11목 20과 24종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 8종, 환형동물문이 3종, 절지동물문이 13종이 조사되었다. 절지동물문의 곤충강이 13종으로 조사되었는데, 곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 1종, 노린재목이 4종, 딱정벌레목이 4종, 파리목이 3종이 서식하는 것으로 조사되었다. 조사지점별로는 관행농법을 시행하는 대조구1(333-8)에서 물이 없는 상태로 확인되었고, 대조구2(450-6)에서 8종 370개체/0.3m²로 조사되었다. 농업생태환경프로그램에 참여하는 논 중에는 실험구1(342-8)에서 14종 254개체/0.3m²과 실험구3(664-1)에서 14종 132개체/0.3m²로 가장 많은 종이 조사되었으며, 다음으로는 실험구2(600-4)에서 13종 528개체/0.3m²의 순으로 조사되었다(표 8).

3차 조사에서는 총 3문 3강 8목 15과 20종이 조사되었다. 각 분류군별로 살펴보면 연체동물문이 4종, 환형동물문이 1종, 절지동물문이 15종이 조사되었다. 절지동물문의 곤충강이 15종으로 조사되었는데, 곤충강에는 하루살이목이 1종, 잠자리목이 3종, 노린재목이 4종, 딱정벌레목이 5종, 파리목이 2종이 서식하는 것으로 조사되었다. 조사지점별로는 관행농법을 시행하는 대조구1(333-8)과 대조구2(450-6)에서 물이 없는 상태로 확인되었다. 농업생태환경프로그램에 참여하는 논 중에는 실험구3(664-1)에서 19종 161개체/0.3m²로 가장 많은 종이 조사되었으며, 다음으로는 실험구2(600-4)에서 13종 129개체/0.3m², 실험구1(342-8)에서 물이 없는 상태로 확인되었다(표 9).

2017년의 보령시 장현마을의 관행농법을 시행하는 대조구에서는 총 3문 5강 9목 14과 14종이 조사되어 평균 4.8(± 4.17)종이 출현하는 것으로 조사되었고, 2018년에는 총 3문 4강 9목 14과 16종이 조사되어 평균 4.3(± 4.93)종이 출현하는 것으로 조사되었다.

2017년의 농업생태환경프로그램에 참여했던 실험구에서는 총 3문 6강 13목 28과 35종이 조사되어 평균 12.56(± 3.50)종이 출현하는 것으로 조사되었고, 2018년에는 총 3문 6강 12목 22과 30종이 조사되어 평균 10.8(± 5.54)종이 출현하는 것으로 조사되었다.

〈표 7〉 보령시 장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(1차 조사)

종 명	국 명	조사지점				
		대조구		친환경		
		333-8	450-6	342-8	600-4	664-1
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> (Reeve)	논우렁이	.	4	3	.	5
<i>Parafossarulus manchouricus</i> (Bourguignat)	쇠우렁이	8	16	5	22	14
<i>Radix (Radix) auricularia</i> (Linnaeus)	물달팽이	.	4	.	.	.
<i>Hippeutis cantori</i> (Benson)	수정또아리물달팽이	.	9	3	18	3
<i>Polypylis hemisphaerula</i> (Benson)	배꼽또아리물달팽이	1	.	2	12	.
<i>Sphaerium (Musculium) lacustre japonicum</i> (Westerlund)	삼각산골조개	3	1	2	.	.
<i>Limnodrilus gotoi</i> Hatai	실지렁이	27	12	.	.	6
<i>Caenestheriella gifuensis</i> (Ishikawa)	털줄뽕조개벌레	.	.	7	.	.
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus)	연못하루살이	120	48	88	104	32
<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer)	아시아실잠자리	.	.	.	.	1
<i>Ranatra unicolor</i> Scott	방개아재비	.	1	.	.	.
<i>Appasus japonicus</i> Vuillefroy	물자라	.	.	.	.	1
<i>Micronecta sedula</i> Horvát	꼬마물벌레	5	28	.	32	.
<i>Hesperocorixa hokkensis</i> (Matsumura)	왕물벌레	.	.	.	.	1
<i>Cybister brevis</i> Aube	검정물방개	.	1	.	.	.
<i>Hydrochara affinis</i> (Sharp)	잔물맹꽁이	.	.	.	.	1
Chironomidae spp.	갈따구류	184	86	676	248	70
출현 종수		7	11	8	6	10
출현 개체수(개체/0.3m ²)		348	210	786	436	134

〈표 8〉 보령시 장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(2차 조사)

종 명	국 명	조사지점				
		대조구		친환경		
		333-8	450-6	342-8	600-4	664-1
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> (Reeve)	논우렁이	.	.	3	.	9
<i>Gabbia misella</i> (Gredler)	염주쇠우렁이	.	.	4	16	4
<i>Parafossarulus manchouricus</i> (Bourguignat)	쇠우렁이	.	3	24	84	7
<i>Radix (Radix) auricularia</i> (Linnaeus)	물달팽이	.	5	.	18	.
<i>Physa acuta</i> Draparnaud	원돌이물달팽이	.	55	.	.	.
<i>Hippeutis cantori</i> (Benson)	수정포아리물달팽이	.	.	35	36	9
<i>Polypylis hemisphaerula</i> (Benson)	배꼽포아리물달팽이	.	.	.	20	.
<i>Sphaerium (Musculium) lacustre japonicum</i> (Westerlund)	삼각산골조개	.	.	5	4	1
<i>Limnodrilus gotoi</i> Hatai	실지렁이	.	.	1	5	.
<i>Alboglossiphonia lata</i> (Oka)	조개납적거머리	.	.	4	.	.
<i>Erpobdella lineata</i> Müller	돌거머리	.	.	2	.	.
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus)	연못하루살이	.	84	60	164	38
<i>Paracercion calamorum</i> (Ris)	등검은실잠자리	.	1	.	.	.
<i>Ranatra chinensis</i> Mayr	게아재비	.	.	.	.	1
<i>Appasus japonicus</i> Vuillefroy	물자라	.	.	2	.	.
<i>Sigara substriata</i> (Uhler)	방물벌레	.	22	10	68	55
<i>Notonecta triguttata</i> Motschulsky	송장헤엄치게	.	2	.	7	1
<i>Hydaticus grammicus</i> (Germa)	고마줄물방개	.	.	.	.	1
<i>Rhantus suturalis</i> (Macleay)	애기물방개	.	.	.	2	1
<i>Helochaes nipponicus</i> Hebauer	줄물땡땡이	.	.	.	3	2
<i>Hydrochara affinis</i> (Sharp)	잔물땡땡이	.	.	.	.	1
<i>Tipula latemarginata</i> Alexander	애아이노각다귀	.	.	1	.	.
<i>Culex</i> sp.	집모기류	.	.	1	.	.
Chironomidae spp.	갈따구류	.	198	102	101	2
출현 종수		-	8	14	13	14
출현 개체수(개체/0.3m ²)		-	370	254	528	132

〈표 9〉 보령시 장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물 종목록(3차 조사)

종 명	국 명	조사지점				
		대조구		친환경		
		333-8	450-6	342-8	600-4	664-1
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> (Reeve)	논우렁이	.	.	.	.	1
<i>Gabbia misella</i> (Gredler)	염주쇠우렁이	.	.	.	8	1
<i>Parafossarulus manchouricus</i> (Bourguignat)	쇠우렁이	.	.	.	10	2
<i>Hippeutis cantori</i> (Benson)	수정또아리물달팽이	.	.	.	2	3
<i>Limnodrilus gotoi</i> Hatai	실지렁이	.	.	.	.	4
<i>Cleone dipterum</i> (Linnaeus)	연못하루살이	.	.	.	15	33
<i>Ichnura asiatica</i> (Brauer)	아시아실잠자리	.	.	.	3	2
<i>Orthetrum albistylum</i> Selys	밀잠자리	.	.	.	2	1
<i>Crocothemis servilia</i> (Drury)	고추잠자리	.	.	.	.	1
<i>Appasus japonicus</i> Vuillefroy	물자라	.	.	.	1	1
<i>Micronecta sedula</i> Horvát	꼬마물벌레	.	.	.	3	1
<i>Sigara substriata</i> (Uhler)	방물벌레	.	.	.	5	5
<i>Notonecta triguttata</i> Motschulsky	송장헤엄치게	.	.	.	.	2
<i>Peltodytes sinensis</i> (Hope)	중국물진드기	.	.	.	3	.
<i>Hydaticus grammicus</i> (Germar)	꼬마줄물방개	.	.	.	.	2
<i>Rhantus suturalis</i> (Macleay)	애기물방개	.	.	.	.	2
<i>Helochaeres nipponicus</i> Hebauer	줄물맹꽁이	.	.	.	2	3
<i>Sternolophus rufipes</i> (Fabricius)	애물맹꽁이	.	.	.	.	3
<i>Culex</i> sp.	집모기류	.	.	.	1	2
Chironomidae spp.	갈따구류	.	.	.	74	92
출현 종수		-	-	-	13	19
출현 개체수(개체/0.3m²)		-	-	-	129	161

(3) 저서성 대형무척추동물의 주요 출현종

청양군 화암마을과 보령시 장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물의 주요 출현 종의 사진은 다음과 같다(그림 28).



논우렁이



물달팽이



수정또아리물달팽이



아가미지렁이



녹색말거머리



연못하루살이

〈그림 28〉 주요 출현 종사진



깃동잠자리



물자리



애기물방개



검정물방개



집모기류



칼따구류

〈그림 28〉 계 속

(4) 친환경 농지의 관행농 전환에 따른 우점종 및 우점율(%)의 변화

청양군 화암마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물의 우점종 및 우점율에 있어서 2017년에는 깔따구류가 가장 많은 지점에서 우점종으로 출현하였고, 그 외에 수정또아리물달팽이, 배꼽또아리물달팽이, 쇠우렁이, 아가미지렁이, 참거머리, 연못하루살이, 아시아실잠자리, 방물벌레, 물자라, 송장헤엄치게 등이 주요 우점종으로 출현하였다. 2018년에는 깔따구류가 가장 많은 지점에서 우점종으로 출현하였고, 그 외에 쇠우렁이, 수정또아리물달팽이, 물달팽이, 풍년새우, 연못하루살이, 방물벌레 등이 주요 우점종으로 출현하였다(표 10). 친환경 농지의 관행농 전환에 따른 우점종 및 우점율의 경우 생태학적으로 유의미한 차이를 확인하지 못 하였다.

〈표 10〉 청양군 화암마을에서 저서성 대형무척추동물의 우점종 및 우점율(%)

조사지점		우점종 및 우점율(%)			
		제1우점종	우점율(%)	제2우점종	우점율(%)
1 차 조사	대조구 1(361-9)	깔따구류	94.8%	수정또아리물달팽이	2.0%
	대조구 2(712-1)	깔따구류	92.9%	물달팽이	5.1%
	실험구 1(362-10)	깔따구류	59.4%	연못하루살이	17.5%
	실험구 2(364-5)	깔따구류	96.5%	풍년새우	1.6%
	실험구 3(544-3)	깔따구류	58.2%	연못하루살이	19.7%
2 차 조사	대조구 1(361-9)	방물벌레	37.1%	연못하루살이	24.2%
	대조구 2(712-1)	방물벌레	41.8%	연못하루살이	25.4%
	실험구 1(362-10)	꼬마물벌레	43.8%	방물벌레	14.6%
	실험구 2(364-5)	방물벌레	36.4%	쇠우렁이	18.6%
	실험구 3(544-3)	연못하루살이	42.9%	방물벌레	25.3%
3 차 조사	대조구 1(361-9)	-	-	-	-
	대조구 2(712-1)	-	-	-	-
	실험구 1(362-10)	깔따구류	41.2%	방물벌레	10.8%
	실험구 2(364-5)	깔따구류	33.3%	방물벌레	25.3%
	실험구 3(544-3)	깔따구류	39.5%	연못하루살이	37.2%

장현마을에서 출현한 저서성 대형무척추동물의 우점종 및 우점율에 있어서 2017년에는 깔따구류가 가장 많은 지점에서 우점종으로 출현하였고, 그 외에 수정또아리, 물달팽이, 연못하루살이, 방물벌레, 송장해엄치게, 애물뽕뽕이, 좀물뽕뽕이 등이 주요 우점종으로 출현하였다(표 11). 2018년에는 깔따구류가 가장 많은 지점에서 우점종으로 출현하였고, 그 외에 연못하루살이, 방물벌레 등이 주요 우점종으로 출현하였다. 친환경 농지의 관행농 전환에 따른 우점종 및 우점율의 경우 생태학적으로 유의미한 차이를 확인하지 못 하였다.

논에 서식하는 저서성 대형무척추동물의 경우 이동성이 높은 종들이 많기 때문에 단기적인 시기에는 시·공간에 따른 우점종 및 우점율에 있어서 생태학적으로 큰 변화를 확인하기 어려울 것으로 판단되어진다.

〈표 11〉 보령시 장현마을에서 저서성 대형무척추동물의 우점종 및 우점율(%)

조사지점		우점종 및 우점율(%)			
		제1우점종	우점율(%)	제2우점종	우점율(%)
1 차 조사	대조구 1(333-8)	깔따구류	52.9%	연못하루살이	34.5%
	대조구 2(450-6)	깔따구류	41.0%	연못하루살이	22.9%
	실험구 1(342-8)	깔따구류	86.0%	연못하루살이	11.2%
	실험구 2(600-4)	깔따구류	56.9%	연못하루살이	23.9%
	실험구 3(664-1)	깔따구류	52.2%	연못하루살이	23.9%
2 차 조사	대조구 1(333-8)	-	-	-	-
	대조구 2(450-6)	깔따구류	53.5%	연못하루살이	22.7%
	실험구 1(342-8)	깔따구류	40.2%	연못하루살이	23.6%
	실험구 2(600-4)	연못하루살이	31.1%	깔따구류	19.1%
	실험구 3(664-1)	방물벌레	41.7%	연못하루살이	28.8%
3 차 조사	대조구 1(333-8)	-	-	-	-
	대조구 2(450-6)	-	-	-	-
	실험구 1(342-8)	-	-	-	-
	실험구 2(600-4)	깔따구류	57.4%	연못하루살이	11.6%
	실험구 3(664-1)	깔따구류	57.1%	연못하루살이	20.5%

(5) 군집분석

일반적으로 우점도지수(DI)는 지수값이 1에 가까울수록 생태계 내의 군집이 매우 단순함을 의미하며, 반대로 생물다양성과 안정성이 높은 생태계에서의 우점도지수는 낮게 나타난다. 종다양도지수(H')는 지수값이 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식하고 있음을 의미한다. 균등도지수(J')는 종 조성이 어느 정도 균일한가를 보여주는 것으로 안정적인 생태계에서는 높은 값을 나타낸다. 풍부도지수(R1)는 값이 높을수록 하천에 서식하는 생물종에 의한 생태적 안정성이 높음을 의미한다.

화암마을의 경우 우점도지수 값은 0.520 ~ 0.981, 다양도지수 값은 0.207 ~ 2.176, 풍부도지수 값은 0.665 ~ 2.903, 균등도지수 값은 0.100 ~ 0.780의 범위로 나타났다. 관행농법을 수행하는 대조구의 경우 우점도지수 값은 평균 $0.808(\pm 0.193)$, 다양도지수 값은 $0.992(\pm 0.802)$, 풍부도지수 값은 $1.381(\pm 0.908)$, 균등도지수 값은 $0.388(\pm 0.257)$ 로 조사되었다. 생태환경 프로그램에 참여한 실험구의 경우 우점도지수 값은 평균 $0.691(\pm 0.148)$, 다양도지수 값은 $1.529(\pm 0.544)$, 풍부도지수 값은 $2.050(\pm 0.694)$, 균등도지수 값은 $0.569(\pm 0.201)$ 로 조사되었다. 전반적으로 태환경 프로그램에 참여한 실험구에서 저서성 대형무척추동물의 군집 안정성이 높게 조사되었다(표 12).

그리고 장현마을의 경우 우점도지수 값은 0.502 ~ 0.972, 다양도지수 값은 0.522 ~ 1.953, 풍부도지수 값은 0.687 ~ 2.864, 균등도지수 값은 0.251 ~ 0.761의 범위로 나타났다. 관행농법을 수행하는 대조구의 경우 우점도지수 값은 평균 $0.758(\pm 0.118)$, 다양도지수 값은 $1.355(\pm 0.303)$, 풍부도지수 값은 $1.120(\pm 0.358)$, 균등도지수 값은 $0.628(\pm 0.071)$ 로 조사되었다. 생태환경 프로그램에 참여한 실험구의 경우 우점도지수 값은 평균 $0.731(\pm 0.137)$, 다양도지수 값은 $1.467(\pm 0.438)$, 풍부도지수 값은 $1.695(\pm 0.699)$, 균등도지수 값은 $0.597(\pm 0.154)$ 로 조사되었다. 전반적으로 태환경 프로그램에 참여한 실험구에서 저서성 대형무척추동물의 군집 안정성이 높게 조사되었다(표 13).

저서성 대형무척추동물의 생태학적 군집에 있어서 논과 같이 환경변화가 심하게 변화하는 지역의 경우 단기적인 군집분석으로는 군집의 변화를 파악하기에는 다소 무

리가 있는 것으로 판단되어진다.

〈표 12〉 청양군 화암마을의 각 조사지점에 대한 군집지수값

지점 \ 군집지수		우점도	다양도	풍부도	균등도
1차 조사	대조구1(361-9)	0.968	0.276	0.673	0.154
	대조구2(712-1)	0.980	0.321	0.665	0.179
	실험구1(362-10)	0.769	1.491	2.438	0.516
	실험구2(364-5)	0.981	0.207	0.940	0.100
	실험구3(544-3)	0.779	1.522	2.755	0.500
1차 조사	대조구1(361-9)	0.613	1.716	2.564	0.573
	대조구2(712-1)	0.672	1.656	1.623	0.646
	실험구1(362-10)	0.584	1.778	2.427	0.594
	실험구2(364-5)	0.550	1.811	1.750	0.686
	실험구3(544-3)	0.682	1.641	2.443	0.557
1차 조사	대조구1(361-9)	-	-	-	-
	대조구2(712-1)	-	-	-	-
	실험구1(362-10)	0.520	2.176	2.903	0.739
	실험구2(364-5)	0.586	1.715	1.380	0.780
	실험구3(544-3)	0.767	1.419	1.414	0.646

〈표 13〉 보령시 장현마을의 각 조사지점에 대한 군집지수값

지점 \ 군집지수		우점도	다양도	풍부도	균등도
1 차 조사	대조구 1(333-8)	0.874	1.108	0.850	0.569
	대조구 2(450-6)	0.638	1.694	1.526	0.706
	실험구 1(342-8)	0.972	0.522	0.889	0.251
	실험구 2(600-4)	0.807	1.236	0.687	0.690
	실험구 3(664-1)	0.761	1.410	1.475	0.612
1 차 조사	대조구 1(333-8)	-	-	-	-
	대조구 2(450-6)	0.762	1.264	0.983	0.608
	실험구 1(342-8)	0.638	1.733	1.928	0.657
	실험구 2(600-4)	0.502	1.953	1.606	0.761
	실험구 3(664-1)	0.705	1.700	2.136	0.644
1 차 조사	대조구 1(333-8)	-	-	-	-
	대조구 2(450-6)	-	-	-	-
	실험구 1(342-8)	-	-	-	-
	실험구 2(600-4)	0.690	1.597	1.979	0.623
	실험구 3(664-1)	0.776	1.583	2.864	0.538

(6) 저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB)을 이용한 환경질 평가

저서성 대형무척추동물 생태점수의 경우(ESB)의 경우 하천에서 주로 이용하는 지수로 정수역인 논에서는 다소 무리가 있으나, 일반적인 환경상태를 평가 위한 참고자료를 활용하기 위하여 수행하였다.

화암마을에서 확인된 저서성 대형무척추동물을 대상으로 ESB 생태점수를 분석한 결과 다음의 표와 같다. 전체적으로 “불량”이나 “다소불량”, “매우불량”한 환경상태로 조사되었다. 관행농법을 시행하는 대조구의 경우 평균 $19.0(\pm 12.6)$ 로 조사되었고, 생태환경프로그램에 참여했던 실험구의 경우 $26.9(\pm 9.9)$ 로 조사되어 생태환경프로그램에 참여했던 실험구에서 환경상태가 상대적으로 양호한 것으로 조사되었다(표 14).

〈표 14〉 청양군 화암마을에서 ESB를 이용한 환경질 및 오수생물계열 평가

지점		생태점수 (ESB)	환경질 평가			오수생물계열 평가
			환경상태	지역구분	수질등급	
1차 조사	대조구 1(361-9)	10	매우불량	최우선개선수역	IV-V	α -중부수성
	대조구 2(712-1)	9	매우불량	최우선개선수역	IV-V	α -중부수성
	실험구 1(362-10)	32	다소불량	개선수역	II	β -중부수성
	실험구 2(364-5)	12	매우불량	최우선개선수역	IV-V	α -중부수성
	실험구 3(544-3)	35	다소불량	개선수역	II	β -중부수성
2차 조사	대조구 1(361-9)	36	다소불량	개선수역	II	β -중부수성
	대조구 2(712-1)	21	불량	우선개선수역	III	β -중부수성
	실험구 1(362-10)	36	다소불량	개선수역	II	β -중부수성
	실험구 2(364-5)	26	다소불량	개선수역	II	β -중부수성
	실험구 3(544-3)	35	다소불량	개선수역	II	β -중부수성
3차 조사	대조구 1(361-9)	0	매우불량	최우선개선수역	IV-V	강부수성
	대조구 2(712-1)	0	매우불량	최우선개선수역	IV-V	강부수성
	실험구 1(362-10)	35	다소불량	개선수역	II	β -중부수성
	실험구 2(364-5)	15	불량	우선개선수역	III	α -중부수성
	실험구 3(544-3)	16	불량	우선개선수역	III	α -중부수성

장현마을에서 확인된 저서성 대형무척추동물을 대상으로 ESB 생태점수를 분석한 결과 다음의 표와 같다. 전체적으로 “불량”이나 “다소불량”, “매우불량”한 환경상태로 조사되었다. 관행농법을 시행하는 대조구의 경우 평균 13.3(± 3.5)로 조사되었고, 생태환경프로그램에 참여했던 실험구의 경우 21.0(± 7.9)로 조사되어 생태환경프로그램에 참여했던 곳의 환경상태가 상대적으로 양호한 것으로 조사되었다(표 15).

〈표 15〉 보령시 장현마을에서 ESB를 이용한 환경질 및 오수생물계열 평가

지점		생태점수 (ESB)	환경질 평가			오수생물계열 평가
			환경상태	지역구분	수질등급	
1차 조사	대조구 1(333-8)	10	매우불량	최우선개선수역	Ⅳ-V	α -중부수성
	대조구 2(450-6)	17	불량	우선개선수역	Ⅲ	α -중부수성
	실험구 1(342-8)	11	매우불량	최우선개선수역	Ⅳ-V	α -중부수성
	실험구 2(600-4)	11	매우불량	최우선개선수역	Ⅳ-V	α -중부수성
	실험구 3(664-1)	18	불량	우선개선수역	Ⅲ	α -중부수성
2차 조사	대조구 1(333-8)	0	매우불량	최우선개선수역	Ⅳ-V	강부수성
	대조구 2(450-6)	13	불량	우선개선수역	Ⅲ	α -중부수성
	실험구 1(342-8)	23	불량	우선개선수역	Ⅲ	β -중부수성
	실험구 2(600-4)	21	불량	우선개선수역	Ⅲ	β -중부수성
	실험구 3(664-1)	25	불량	우선개선수역	Ⅲ	β -중부수성
3차 조사	대조구 1(333-8)	0	매우불량	최우선개선수역	Ⅳ-V	강부수성
	대조구 2(450-6)	0	매우불량	최우선개선수역	Ⅳ-V	강부수성
	실험구 1(342-8)	0	매우불량	최우선개선수역	Ⅳ-V	강부수성
	실험구 2(600-4)	24	불량	우선개선수역	Ⅲ	β -중부수성
	실험구 3(664-1)	35	다소불량	개선수역	Ⅱ	β -중부수성

저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB)의 경우의 일반적으로 하천환경에 대한 평가를 하기 위한 방법으로 논에 대한 평가에서는 적당한 평가 방법은 아니다. 그러나 추후에 이러한 생태환경프로그램이 장기적인 측면에서 이루어진다면, 논생태계 및 친환경 농지에 대한 평가할 수 평가방법의 개선이나 개발이 필요할 것으로 판단되어진다.

2. 관행농법 전환 후 생태계 변화

1) 육상곤충상 변화

청양군 화암마을과 보령시 장현마을에서 농업생태환경프로그램의 일환으로 <논두렁 풀 안베기> 사업에 참여한 논을 실험구로 설정하고, 그와 인접한 관행농법 실시 논을 대조군으로 각 조사지역에서 나타나는 육상곤충의 다양성을 조사하였다. 특히, 농업생태환경프로그램이 2018년 종료됨에 따라 사업 참여 논이 대부분 관행농법으로 전환하여 사업 중단 이후 곤충다양성의 변화를 모니터링하였다. 이를 통해 농업생태환경프로그램 실시 이후 곤충 다양성 증가를 역추적할 수 있는 근거를 마련하고자 하였다.

총 3회에 걸쳐 조사한 결과 사업 중단 후 <논두렁 풀 안베기> 및 <둑병 조성 및 관리> 사업을 부분적으로 유지하는지에 따라 곤충 다양성의 변화는 다르게 나타났다. 인간의 간섭을 상대적으로 받는 논둑의 경우 사업 중단 후 일관성 있는 곤충 다양성의 변화는 관찰되지 않았다. 길둑의 경우 <논두렁 풀 안베기> 및 <둑병 조성 및 관리> 사업을 완전 중단한 논(장현마을 342-8)에서 현저한 곤충다양성 감소가 나타났으며, <논두렁 풀 안베기> 사업만 중단한 논(화암마을 544-3)에서는 가을철 곤충다양성만 유의하게 감소하였다. 프로그램 종료 후 <논두렁 풀 안베기> 및 <둑병 조성 및 관리> 사업을 부분적으로 유지하고 있는 논(화암마을 362-10)에서는 여름철 곤충다양성은 논둑에서는 감소하였고, 길둑에서는 증가한 반면, 가을철 곤충다양성은 길둑에서 사업 종료 후 현저한 감소를 보였다. 사업 종료 후 곤충다양성이 증가한 경우 대부분 개체수의 증가가 종수의 증가보다 현저하여 종다양성의 균등도는 떨어진 것으로 나타났다.

육상곤충의 과다양성 및 종다양성도 <논두렁 풀 안베기>가 시행된 2017년과 사업이 중단된 2018년을 비교한 결과 사업에 참여했던 논이 논둑에서 여름철에 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 길둑에서는 2018년 사업 종료 후, 사업에 참여했던 논에서 여름철에는 육상곤충의 과다양성 및 종다양성이 약간 증가한 반면, 가을철에는 현저하게 감소하였다. 길둑과 논둑에서 나타난 중요한 변화로 2018년 사업 종료 후, 사

업에 참여했던 논에서 높게 유지되던 육상곤충의 다양성이 사업에 참가하지 않았던 논 수준으로 감소한 것을 볼 수 있었다.

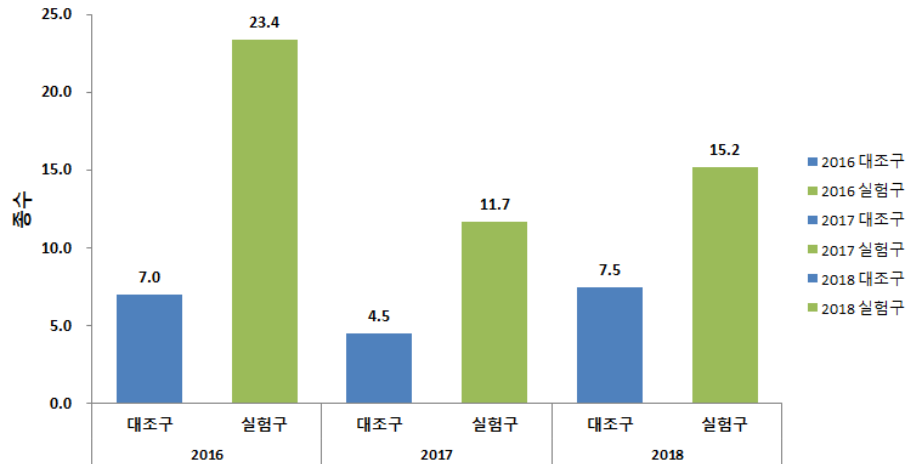
해충 및 천적의 증감을 조사한 결과, 멸구 및 매미충은 2018년 사업 종료 후, 사업에 참여했던 논에서 거의 비슷한 수준으로 유지되거나 개체수가 감소하였다. 관행농법을 지속한 미참여 논에서도 현저한 수준의 개체수 감소가 관찰되는 점으로 보아 기후여건 등 자연적인 감소로 보인다. 초식성 메뚜기류는 2018년 사업 종료 후, 사업에 참여했던 논에서 대체로 감소하였으나, 가을철 논둑에서는 현저하게 증가한 것으로 나타났다. 대조군에서도 비슷한 경향을 보이는 것으로 보아 자연적인 증가로 생각된다. 주요 천적인 기생벌의 경우 2018년 사업 종료 후, 사업에 참여했던 논에서 비슷한 수준으로 유지되었지만, 길둑에서는 여름철에 증가하였고 가을철에는 감소한 것으로 나타났다. 특히 10월 길둑에서의 기생벌 개체수를 비교한 결과 대조군은 같은 수준으로 유지되었지만 실험군에서는 감소하여 관행농법 전환에 따른 영향으로 생각된다. 논둑에서 실험군 논에서 기생벌 개체수는 대조군 논에서 이동하여 유지된 것으로 보인다. 2018년 사업 종료 후, 거미류의 누적개체수는 대조군 논에서는 증가 혹은 유지되는 반면 실험군 논에서는 대체로 감소한 것으로 나타났다.

2) 저서성 대형무척추동물상 변화

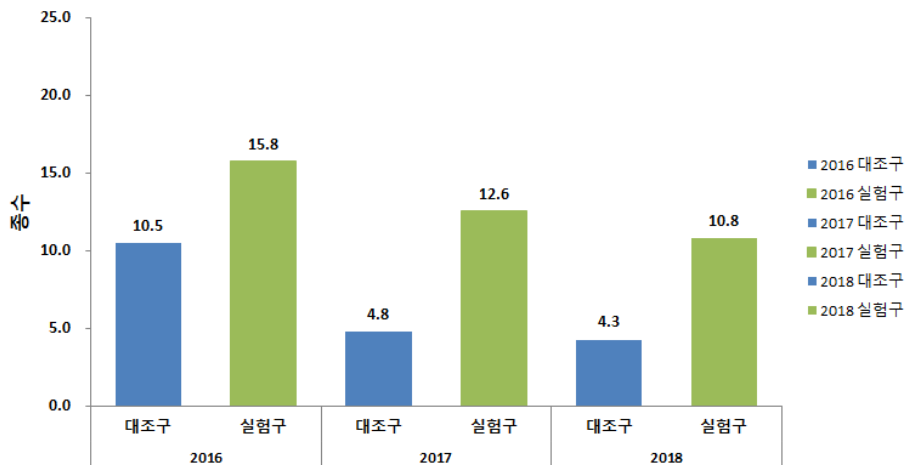
청양군 화암마을과 보령시 장현마을에서 관행농법을 시행하는 대조구와 둥벌을 조성한 농업생태환경프로그램에 참여하는 실험구를 대상으로 저서성 대형무척추동물의 서식현황을 조사하였다.

총 3회에 걸쳐 조사한 결과, 청양군 화암마을 일대에서 조사된 저서성 대형무척추동물은 총 3문 6강 12목 28과 49종이 조사되었다. 관행농법을 시행하는 대조구에서는 총 3문 5강 10목 18과 28종이 조사되어 평균 $7.5(\pm 7.79)$ 종이 출현하는 것으로 조사되었고, 친환경 농법을 시행하는 실험구에서는 총 3문 6강 12목 27과 48종이 조사되어 평균 $15.2(\pm 5.29)$ 종이 출현하는 것으로 조사되었다(그림 29). 보령시 장현마을 일대에서 조사된 저서성 대형무척추동물은 총 3문 6강 12목 23과 34종이 조사되었다. 관행농법을 시행하는 논에서는 총 3문 4강 9목 14과 16종이 조사되어 평균

4.3(± 4.93)종이 출현하는 것으로 조사되었다. 친환경 농법을 시행하는 논에서는 총 3문 6강 12목 22과 30종이 조사되어 평균 10.8(± 5.54)종이 출현하는 것으로 조사되었다(그림 30).



〈그림 29〉 청양군 화암마을에서 실험구와 대조구의 출현종수 변화



〈그림 30〉 보령시 장현마을에서 실험구와 대조구의 출현종수 변화

과거자료와 금년도의 경우 기존에 농업생태환경프로그램에 참여하여 들판을 조성했던 청양군 화암마을의 실험구2(364-5)과 보령시 장현마을의 실험구1(342-8), 실험

구2(600-4)에서 다시 경작지로 전화하였다. 또한 금년도의 경우 기후변화에 따른 강우량 패턴변화의 영향으로 생태계의 변화가 있었을 것으로 추정된다.

두 마을의 환경조건 및 농법이 다르고, 농업생태환경프로그램에 참여하는 논들의 경작조건이 달라 단순 비교하는 것에는 어려움이 있다. 그러나 전반적으로 둌병을 조성하여 농업생태환경프로그램에 참여하고 이를 유지하는 실험구에서 저서성 대형무척추동물의 출현 종수 및 단위면적당 개체수, 종다양도지수, 저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB) 등의 지표를 종합하여 볼 때, 농업생태환경프로그램에 참여하여 둌병을 조성한 논에서 상대적으로 생물다양성이 높고 서식지 안정성이 높게 나타나고 있어 농업생태환경프로그램에서 둌병을 조성한 논들의 경우 논생태계에 있어서 생물다양성을 높이는데 많은 효과가 있는 것으로 판단되어진다.



〈그림 31〉 둌병을 조성한 실험구에서 확인된 금개구리(멸종위기야생생물 Ⅱ급)

또한 농업생태환경프로그램에 참여하여 둠병을 조성한 후에 사업이 종료되어 둠병을 경작지로 전환할 경우 미소서식지의 소실이 이루어져 서식지가 단순화되어 종의 다양성이 감소되는 것으로 판단되어진다.

또한 금년도 조사에서 청양군 화암마을과 보령시 장현마을의 농업생태환경프로그램에서 둠병을 유지하고 있는 실험구에서 멸종위기야생생물Ⅱ급인 금개구리의 서식을 확인하였다. 멸종위기야생생물Ⅱ급 종인 금개구리의 경우 둠병을 조성한 논들에서 산란 및 성장이 확인되어 농업생태환경프로그램과 같은 과제의 경우 논에서 생태계를 유지하고 생물다양성을 증진하는데 효과가 있는 것으로 판단되어진다(그림 31).

본 연구의 충청남도에서 시행한 농업생태환경프로그램의 일환으로 논의 일부를 생물다양성이 증가할 수 있는 일부 공간을 조성하였을 때, 이에 대한 생물상의 변화를 관찰하기 위한 목적으로 수행되었다. 금년도와 같이 과제가 종료 될 경우 다시 경작지로 활용하는 경우가 많았다(그림 32). 이와 같은 사업의 경우 단기적인 성과를 위해서 시행될 것이 아니라 좀 더 장기적인 측면에서 이와 같은 공간을 유지하고 활용할 수 있는 공간으로 만들고, 시행해야 효과가 있을 것으로 판단되어진다.



2017년



2018년

〈그림 32〉 농업생태환경프로그램 종료 후 둠병을 경작지화한 논의 변화

3. 정책 제언

1) 농업생태환경프로그램의 지속 필요성

이번 연구를 통해 농업생태환경프로그램이 농생태계 내 생물다양성 증진에 긍정적인 효과가 있음이 확인되었다. 농업생태환경프로그램 종료 후 농업직불금 지급 중단에 따라 친환경농법에 대한 동기가 사라져 프로그램 참여 농가가 관행농법으로 빠르게 전환되는 것을 볼 수 있었다. 특히, 둠벙 등 휴경지를 조성하거나 논두렁에 예초 활동을 자제함으로써 경지면적이 줄어드는 손해를 우려해 관행농법으로 전환하는 사례가 많았다. 이러한 물질적 손해에 대한 보상 차원에서 농업생태환경프로그램을 통한 농업직불금 사업이 재개 및 확대될 필요성이 있다.

무엇보다, 농지의 친환경적 관리를 통해 농지 뿐 아니라 해당 지역의 생물다양성 보전에 전반적으로 긍정적 효과가 확인된 만큼, 농지의 공익적 기능을 고려해 국가적 차원의 보상이 이루어지는 것이 바람직하다. 이번 연구는 이러한 필요성의 근거를 마련한다는 점에서 그 의의가 크다. 최근 농생태계의 생태학적 기능에 대한 관심이 높아지고 있으므로, 이를 적극적으로 정책에 반영하고, 관련 연구에 대한 지원도 필요할 것이다.

2) 친환경적 농지 관리법 개발

이번 연구를 통해 논두렁의 생태학적 가치를 확인하였다. 논두렁을 친환경적으로 관리함으로써 육상곤충의 전반적 다양성이 증가하였다. 일각에서 우려하는 해충 증가에 따른 농업 생산성 감소는 발생하지 않았다. 이는 해충의 증가와 더불어 천적의 수도 함께 증가하기 때문으로 생각된다. 따라서, 농지의 서식처 다양성을 높이기 위해 논두렁을 친환경적으로 관리할 필요성이 제기된다.

논두렁의 예초작업을 제한함으로써 생물다양성 증진 효과가 얻어지는 반면, 접근성 제한 및 제방 관리 등 농경 관리에 제약을 받는 것으로 나타났다. 이를 절충하기 위해 논두렁 예초작업을 부분적으로 진행할 것을 제안한다. 농업생태환경프로그램에 참

여하였으나, 2018년에 관행농법으로 전환한 논에서 <논두렁 풀 안베기> 사업을 부분적으로 유지하는 논에서는 현격한 곤충 다양성 감소가 나타나지 않았다. 따라서, 논두렁에서 접근로를 제외한 일부 구역에 식생이 유지하는 것만으로도 논두렁의 생물다양성 보존에 일정 효과를 거둘 것으로 예상된다.

특히, 길독은 길과 인접하여 농지관리와 직접적인 연관이 없는 논두렁으로 최근 식생을 제거하고 콩 등 작물을 재배하는 경작지로 개발하기도 한다. 길독은 서식처 특성상 작물 경작지로 적합하지 않아 경작지로 개발해도 실익을 기대하기 힘들다. 이번 연구를 통해 인간의 간섭이 상대적으로 적은 길독이 친환경적으로 관리될 때, 생물다양성 유지에 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 논둑의 식생 보존이 어려운 경우 길독만이라도 친환경적으로 관리한다면 <논두렁 풀 안베기> 사업의 목적을 충분히 달성할 것으로 기대된다.

3) 친환경농법의 긍정적 효과에 대한 교육자료 개발

농업생태환경프로그램은 농민이 직접 생태환경 유지활동에 참가함으로써 농촌의 공공적 역할에 대한 주의를 환기시키는 효과를 가져왔다. 특히, 생태환경 전문가와 농민을 수평적으로 연결하여 친환경농법과 농업생산량에 대한 인식이 개선되는 것으로 나타났다. 곤충다양성의 전반적인 증가 효과가 있는 <논두렁 풀 안베기> 사업의 경우, 곤충에 대한 농민들의 부정적 시각이 걸림돌이 되는 것을 경험하였다. 실제로, 논에 쥐불을 놓거나 필요 이상의 살충제를 살포하는 등 관행농법은 불필요한 해충 관리가 포함된다. 이번 연구에서도 논두렁 예초작업의 해충 방제 효과는 미미한 것으로 확인하였다. 연구 결과를 이해하기 쉬운 교육자료로 개발함으로써 농민들의 불필요한 해충 방제 노력을 절감할 수 있다. 육상곤충의 경우 일반인이 동정하기가 어려워 효율적인 해충 방제 프로그램을 개발하기가 어려운 한계점이 있다. 따라서 농지생태계의 대표적인 곤충을 대상으로 안내책자를 만들고, 생태환경 전문가와 농민의 연결성을 강화하기 위한 시스템 구축을 제안한다(그림 33).



〈그림 33〉 농민교육을 위해 멸구 및 매미충 구분법을 설명하는 교육자료

4) 농촌체험마을의 논 생태교육 프로그램 개발

국제연합식량농업기구(FAO)는 독특한 농업방식 그리고 경관을 보존하기 위해서 2002년부터 전세계적으로 생물학적 다양성이 풍부하고, 그 지역 사회의 환경 및 지속가능한 발전의 필요성으로 주목할 만한 토지이용제도와 경관을 대상으로 세계농업유산(GIAHS)에 등재하여 보존한다. 전 세계적으로 40곳이 등재되어 있고, 우리나라의 경우 청산도 구들장 논 등 3곳이 지정되어 있다. 또한 우리나라에서도 사라져가는 전통 농업자원을 발굴하여 보전하고, 유산으로 간직하기 위해서 2012년부터 국가 중요농업유산 제도를 도입하였다(경상남도람사르환경재단, 2017).

이와 같이 최근에는 논·경우 생산위주의 농업에서 체험학습과 같은 교육의 장 등 다양한 형태로 변모하고 있다. 논은 단순히 벼를 재배하는 곳이 아니고, 다양한 생물이 함께 어울려 사는 생태계로 이와 같은 공간에 서식하는 생물들을 파악하고 자료를 축적하여 생태교육 프로그램의 개발하여 보급할 필요가 있을 것으로 판단된다(그림 34).



〈그림 34〉 세종시의 논과 둠벙 일대에서 체험학습을 수행하는 모습

5) 친환경 농법사용 농지의 상표개발 및 지표생물

우리나라는 급속한 경제발전으로 산업화와 도시화가 진행되어 왔고, 농업의 경우에 있어서도 기계화가 이루어져 환경의 급격한 변화를 가져왔다. 특히 토양에 있어서 두 염 등을 사용하던 친환경 재래식 농업에서 생산량을 증대하기 위하여 화학비료와 농약을 사용하였다. 이와 같은 변화로 인하여 논, 농수로, 둠벙 등에 서식하던 생물들이 서서히 자취를 감춰가고 있다. 특히 금개구리(멸종위기야생생물 II급), 물뺨뺨이(국외반출 승인대상 생물자원) 등과 같은 국가적 가치가 높은 종들이 점점 서식지를 잃어가고 있다. 이에 친환경 농법을 수행하면서 많은 지역에서 브랜드화를 내세우고 있지만, 정작 금개구리쌀, 풍년새우쌀 등과 같은 생물의 브랜드화는 미흡한 실정으로 이들의 상표화 및 생활사 등에 대한 이야기를 포장지에 기록하여 특화된 정책이 필요할 것으로 판단되어진다.

또한 최근 친환경 농산물 및 유기농산물에 대한 관심이 높아지고 있으나, 이러한 농산물에 있어서 검증 작업은 미흡한 실정이다. 따라서 생물독성 및 친환경 농지에 대한 지표생물을 개발할 필요가 있을 것으로 판단되어진다(그림 35).



금개구리(멸종위기 야생생물 II 급)



물땡땡이(국외반출 승인대상 생물자원)



풍년새우



삼각산골조개

〈그림 35〉 지표생물 및 상표화가 가능한 생물군

6) 농업생태환경 개선과 생물의 서식지 복원

농업생태계에 있어서 기계화 등 효율적인 측면을 강조하면서 둌병과 같은 작은 공간까지도 경작지로 만들어 생물이 서식할 수 있는 공간은 점점 사라지고 있다. 이러한 논을 터전으로 살아가는 생물들은 실지렁이나 모기류는 잠자리류의 먹이가 되고, 이들은 양서류의 먹이가 되며, 이들은 파충류와 조류의 먹이가 된다. 이들은 상위 분류군의 먹이원이 될 뿐만 아니라 서로에서 직·간접적인 영향을 준다(그림 36). 청양군과 보령시의 먹이사슬측면에서도 볼 때에도 이들이 건강한 생태계를 유지할 때는 잘 모르지만, 이들 구성원 중에 작은 벌레라 할지라도 일부 종들이 감소하면 장기적으로 더 많은 종들을 볼 수 없을 수도 있다.



〈그림 36〉 청양군과 보령시에서 관찰된 생물의 먹이사슬(예)

특히 금개구리, 물장군과 같은 생물들은 서식공간의 감소에 따른 개체군 감소로 현재 환경부에서 멸종위기야생생물로 지정하여 보호하고 있다. 최근에는 이들에 대한 복원사업들이 이루어지고 있으나 성공한 사례는 많지 않다. 특히 이러한 종들의 서식지에 대한 정보가 부족하고 서식지에 대한 조건 등을 연계한 연구가 부족하기 때문에 판단되어진다. 그러나 충청남도에서 수행한 농업생태환경프로그램을 통하여 논의 일부만을 저습지화 하여도 이들이 유입되어 개체군을 유지하는 것으로 확인되었다. 이러한 지역은 금개구리와 같이 사라져 가는 생물들에게는 보물창고와 같은 곳이다(그림 37). 따라서 장기적으로 이러한 시도가 농업관련기관과 환경관련기관의 통합적 차원에서 정책이 이루어진다면 더 큰 효과가 있을 것으로 판단되어진다.



〈그림 37〉 금개구리(멸종위기야생생물 II급)와 이야기 안내판

4. 요약 및 결론

청양군 화암마을과 보령시 장현마을에서 농업생태환경프로그램의 일환으로 〈논두렁 풀 안베기〉와 〈덤병 조성 및 관리〉 사업의 성과를 평가하기 위해 조사지역에서 나타나는 육상곤충 및 저서성 대형무척추동물의 다양성을 조사하였다. 이를 위해, 사업에 참여하였으나 2018년 사업이 종료되어 관행농법으로 전환한 논을 실험구로 설정하고, 그와 인접한 관행농법 유지 논을 대조군으로 비교분석하였다.

전반적으로 논두렁에서 예초작업이 재개된 논에서 육상곤충의 분류학적 다양성은 감소하였지만, 특정 종의 대발생은 더 심해진 것으로 나타났다. 프로그램 중단 후 〈논두렁 풀 안베기〉 사업을 완전 포기한 논에서 특히 현격한 다양성 감소가 관찰되었다. 따라서 관행농법으로 전환한 후 곤충다양성은 빠른 속도로 감소하는 것으로 판단된다. 이상의 결과는 농업생태환경프로그램의 〈논두렁 풀 안베기〉 사업이 농지에서 곤충의 다양성을 증가시키는 긍정적인 효과를 나타냈음을 시사한다. 〈논두렁 풀 안베기〉 사업에 참여한 논에서 육상곤충의 과다양성 및 종다양성이 참여하지 않은 논보다 높았으나, 관행농법 전환 후 참여 논에서 현저한 감소로 인해 미참여 논과의 차이가 상쇄된 것으로 나타났다. 관행농법 전환 후 다양성 감소 효과는 특정 곤충에게 크게 나타났다. 특히 거미류가 가장 큰 타격을 받은 것으로 나타났다.

전반적으로 덩병을 조성하여 농업생태환경프로그램에 참여하고 이를 유지하는 실험구에서 저서성 대형무척추동물의 출현 종수 및 단위면적당 개체수, 종다양도지수, 저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB) 등의 지표를 종합하여 볼 때, 농업생태환경프로그램에 참여하여 덩병을 조성한 논에서 상대적으로 생물다양성이 높고 서식지 안정성이 높게 나타나고 있어 농업생태환경프로그램에서 덩병을 조성한 논들의 경우 논생태계에 있어서 생물다양성을 높이는데 많은 효과가 있는 것으로 판단되어진다.

또한 농업생태환경프로그램에 참여하여 덩병을 조성한 후에 사업이 종료되어 덩병을 경작지로 전환할 경우 미소서식지의 소실이 이루어져 서식지가 단순화되어 종다양성이 감소되는 것으로 판단되어진다.

참고문헌

- 경상남도람사르환경재단. 2017. 쉽게 찾는 논생물 도감. 192pp
- 국립생물자원관. 2011. 한반도 고유종 총람. 451pp.
- 권순직, 전영철, 박재홍. 2013. 물속생물도감. 자연과생태. 791pp.
- 권오길. 1990. 한국동식물도감 제32권 동물편 (연체동물 I). 문교부. 446pp.
- 권오길, 민덕기, 이종락, 이준상, 재종길, 최병래. 2001. 신원색한국패류도감. 아카데미서적. 332pp.
- 김 훈 (2018) 유기/관행농지의 무척추동물 생물다양성 현황 조사. 한국유기농업학회 -충남연구원 공동세미나. 단국대학교 지역연구소. 김훈수. 1977. 한국동식물도감 제19권 동물편(새우류). 문교부.
- 송광래. 1995. 한국산 거머리강(환형동물문)의 분류. 고려대학교 석사학위논문. 57pp.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류). 문교부.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 262pp.
- 원두희, 권순직, 전영철. 2005. 한국의 수서곤충. 생태조사단. 415pp.
- 원두희, 전영철, 권순직, 황순진, 안광국, 이재관. 2006. 저서성 대형무척추동물을 이용한 한국 오수생물지수의 개발과 생물학적 하천환경평가 적용. 한국물환경학회지 22(5): 769-784.
- 정광수. 2011. 한국의 잠자리 유충. 자연과생태. 399pp.
- 한국곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 한국곤충학회 건국대 출판부. 744pp.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 아카데미서적. 488pp.
- 환경부 국립환경과학원. 1997. 제2차 전국자연환경조사 지침서.
- 환경부. 2005. 야생동·식물보호법. 법률 제7457호.
- 환경부. 2011. 국가기후변화생물지표종.
- 환경부. 2011. 국외반출입규제대상 생물종 목록.
- 환경부. 2012. 멸종위기 야생동·식물목록.

- 환경부. 2012. 한국의 생물다양성 보고서.
- 한국곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 건국대학교출판부.
- 한국동물명집. 1997. 한국동물명집. 아카데미서적.
- Boon, P. J. 1988. The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K. *Regulated Rivers: Research and Management*. 2: 389-409.
- Dudgeon, D. 1994. Functional assessment of the effects of increased sediments loads resulting from riparian-zone modification of a Hong Kong stream. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1790-1792.1
- Dudgeon, D. 1995. Environmental impacts of increased sediment loads caused by channelization: A case study of biomonitoring in a small river in Hong Kong. *Asian J. Environmental Management*. 3(1): 69-77.
- Hynes, H. B. N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Univ. Toronto Press, Toronto.
- Iiyama, N., M. Kamada, E. Nakagawa, and N. Nakagoshi (2002) The effect of boundary ridge structures and grass-cutting on plant communities around terraced paddy field. *J JILA* 65(5): 579-584.
- Kim, J. O., S. H. Lee, and K. S. Jang (2011) Efforts to improve biodiversity in paddy field ecosystem of South Korea. *Reintroduction* 1: 25-30.
- Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in natural phytoplankton. In *perspectives in marine biology*. Univ. of California Press. pp. 323-349.
- McNaughton, S. J. and L. L. Wolf. 1970. Dominance and the niche in ecological systems. *Science* 167: 131-139.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt Publ. Co.
- OECD. 2012. *OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction*.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biologic collections. *J. Theor. Biol.* 13: 131-144.

- Reice, S. R. and M. Wohlemberg. 1993. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health. p. 287-305 In D. M. Rosenberg and V. H. Resh (eds.) Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York.
- Rosenberg, D. M., and V. H. Resh. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. 488pp.
- Shannon, C. E. and W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Ward, J. V. 1992. Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat. John Wiley and Sons, Inc., New York..
- Willams, D. D. and B. W. Feltmate. 1992. Aquatic Insects. C·A·B International. Wallingford, UK.

■ 집 필 자 ■

연구책임 · 손재천 공주교육대학교 교수
공동연구 · 권순직 생태자원연구소 연구원

전략연구 2018-45 · 농업생태환경프로그램의 생물다양성 증진효과와 정책제안

글쓴이 · 연구진 · 손재천, 권순직
발행자 · 윤 황 / 발행처 · 충남연구원
인쇄 · 2018년 12월 31일 / 발행 · 2018년 12월 31일
주소 · 충청남도 공주시 연수원길 73-26 (32589)
전화 · 041-840-1119(기획조정연구부) 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1129
ISBN · 978-89-6124-462-6-03350

<http://www.cni.re.kr>

© 2018. 충남연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
- 무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 연구보고서의 내용은 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.