

## 유기농업의 담수 표면 산파와 점파 시 왕우렁이 넣는 시기 정립과 온실가스 감축

김인택\*/주산을 사랑하는 사람들

### 연구 필요성

벼 재배에서 잡초방제는 대단히 어려운 일이다. 현재 유기농업에서 벼 이앙재배 방식의 잡초방제는 왕우렁이가 한 몫을 하고 있으며, 보편화되어 있다.

하지만 이농과 탈농으로 고령화된 농업현장에서 영농철에 일손 구하기가 매우 어렵게 되었으며 편리함을 위해 사용하는 제초제로 많은 부작용이 발생하고 있다. 따라서 왕우렁이로 논의 제초제를 대신해 살포하여 농부의 건강과 생물 다양성 유지 그리고 온실가스 감축으로 삶의 터를 미래 세대에게 물려주는 영농방법을 찾고자 한다.

벼 직파재배 중 담수 표면 산파나 무논 점파에서 왕우렁이로 제초하는 것은 일반적 농업 방식이 아니다. 왕우렁이를 벼 논에 제초 목적으로 방사했는데 일부 구역에서는 벼를 먹이로 삼아 값아 먹기 때문에 유기농업 농가들은 대부분 직파를 선호하지 않는다. 그렇지만 왕우렁이를 방사한 벼 논을 유심히 관찰하면 물이 깊은 곳에 왕우렁이들이 많이 몰려 있으며 이 곳에 풀이 먼저 없어지고 결국 그곳의 벼를 해하는 경우를 목격할 수 있다.

1996년부터 이앙 벼에 왕우렁이를 제초 목적으로 이용하면서 생력화의 방법으로 1999년부터 담수 표면 산파에 왕우렁이를 이용하는 실험을 하고 있다. 당시에는 단위면적 당

---

\* 김인택: '주산을 사랑하는 사람들' 사무국장. 전북 부안에서 나고 자란 토박이 농사꾼으로 20여년 넘게 유기농업을 공부했다. 2009년부터 '석유 없이 농사짓기'를 실천하며 현재 '탈탄소를 꿈꾸는 에너지자립마을'을 만들어 가는 중이다.

왕우령이 방사 시기나 수량과 크기가 정립되지 않은 때였다. 2002년에 담수 표면 산과의 왕우령이 제초효과 확인과 영농법인에 재생가능 에너지(태양열과 지열)로 왕우령이 양식장의 월동문제를 해결했으며, 2005년 영농법인 논에 유채를 재배하며, 식용 후 남은 폐식용유를 이용해 농기계에 바이오디젤유 실험을 시작했다. 2003년 핵폐기장 백지화를 위한 부안 항쟁으로 5년동안 짓지 못했던 농사를 2009년부터 '석유없이 농사 짓기'로 다시 시작해 2012년 본 연구를 통해 농업 현장에 보급할 수 있는 방법을 찾고자 했다.

농업부분의 온실가스 감축량 산정은 매우 어렵다. 유기농자재의 원천 원료에서 중간 유통단계와 최종 소비자 등 전주기(Life cycle)로 평가하지 않으면 온실가스 감축량 산정이 확실하지 않기 때문이다.

유기농업에 사용된 바이오디젤유는 부안에서 구한 폐식용유를 원료로 만들어 썼으며, 바이오에탄올은 연구용으로 시중에서 구입한 99.5 vol % 이상 무수 에탄올이다. 각각 140ℓ와 31.5ℓ가 사용됐다.

가정용 전기는 2010년 화정 그린빌리지(재생가능 에너지원 총 42대) 사업 시 설치한 태양광발전기 3kWh로 사용하고 있으며 1년 연구기간동안 3,928kW를 생산하여 1,461kW를 소비했으며 2,467kW가 잉여 발전되었고 농업용은 1,461kW가 소비되었다. 건조기 연료인 등유(석유)는 40ℓ이고 난방용으로는 등유가 517ℓ, 바이오디젤유 60ℓ가 소비되었다.

본 연구의 중심은 '석유 없이 농사짓기'다. 본 연구에서 왕우령이를 통한 제초와 바이오디젤유와 태양광을 활용한 유기농업을 통해 배출한 온실가스는 발생량보다 감축량이 더 많아 순감축량 22,606.1493kgCO<sub>2</sub><sup>1)</sup>(이산화탄소 배출량)였고, 이는 탈탄소 직불제나 저탄소 직불제로서 의미를 포함한다.

유기농업으로 벼농사를 짓는데 들어가는 에너지원별 이산화탄소 배출계수와 사용량으로 얼마만큼의 이산화탄소를 배출했는지 알 수 있다. 본 연구에서는 22,606.1493kg이산화탄소를 감축한 것으로 나타났다.

1) 이산화탄소 배출량(kgCO<sub>2</sub>) = 사용량(kWh) × 에너지원 배출계수(kgCO<sub>2</sub>/kWh)

1년간 들어간 에너지원별 이산화탄소 배출계수와 사용량으로 배출한 이산화탄소의 양.

본 연구는 유기농업으로 벼농사를 짓는데 배출한 이산화탄소 양보다 감축량이 더 많아, 순 감축량을 표시한 것임.

## 유기농업의 담수 표면 산파 시 왕우렁이 넣는 시기 정립

### 1. 담수 표면 산파와 점파 비교 실험포 조성

본 연구는 부안군 주산면 갈촌리 「1201, 1201-1, 1201-2, 983, 984, 985, 986, 987」 22,879m<sup>2</sup>에 담수 표면 산파와 점파 비교 실험포를 조성하여 진행했다. 갈촌리 1201-2번지(2,860m<sup>2</sup>)에 담수 표면 산파 330m<sup>2</sup>와 점파 2,530m<sup>2</sup> 면적의 논을 분리하기 위해 논두렁 조성작업을 2012년 5월 중순경 2회 이상 반복 했으나 가뭄으로 실패했다.

### 2. 썩레 작업 완료 및 범씨 산파

5월 중순경 썩레 완료와 동시에 범씨 산파 후 10일간 논을 말리는 작업을 실시했는데, 이 시기 계속되는 가뭄으로 천수답 수원지인 고산골 방죽마저 바짝 말랐고, 논에 딸린 소형관정을 1달 가동했으나 반경 10여m 정도만 물기가 있을 정도로 가뭄이 심했다.

6월 3일에 갈촌리 1201-0, 1, 2를 논갈이 없이 마른 썩레(초벌 로터리) 작업을 마치고, 6월 10일 고산골 방죽의 대형관정 2대를 만 하루 정도 가동해 물을 가두는 데 성공했다. 6월 11일에 갈촌리 983~4, 5, 6, 7에 유기질 비료(유기왕)를 10a당 6.32포씩 총 114포(1포/20kg)를 살포하고, 유채박은 10a당 214.5kg씩 총 3,900kg/18.18a을 살포했다(그림 1). <그림 2>에서 보는 바와 같이 갈촌리 1201-0, 1, 2는 유채박도 살포하지 않는 무비료로 '석유없이 농사 짓기' 4년 차 실험을 계속하고 있다.

이후 6월 12~13일에 모든 논의 썩레(재벌 로터리) 완료 직후 논 말리기에 들어갔는데, 논 말림 상태에 따라 썩레 완료일 10~15일 이내에 물을 넣고 왕우렁이를 방사했다.

<그림 1> 유채박과 유기질비료 살포 후 썩레 완료



### 3. 담수 후 왕우렁이 방사

가. 2012년 6월 18일 갈촌리 1201-2(2,860m<sup>2</sup>)에 담수 표면 산파(330m<sup>2</sup>)  
와 무논 점파(2,530m<sup>2</sup>)<그림 2>

<그림 2> 담수 표면 산파와 무논 점파 비교 실험포(2012. 6. 18)



가뭄으로 무논 점파와 담수 표면 산파 비교 실험포 분리 독을 조성하지 못한 상태

나. 2012년 6월 27일 무논 점파 9일째 되는 날, 물을 넣지 않은 상태에서  
벼가 7.7cm 자랐다<그림 3>.

<그림 3> 무논 점파 9일째 벼 생육 모습(2012. 6. 27)



다. 2012년 6월 28일 무논 점과 10일째 되는 날, 논에 물을 채우면서 왕우렁이를 방사했다<그림 4>.

<그림 4> 무논 점과 10일째 왕우렁이 방사(2012. 6. 28)



라. 2012년 7월 16일 썩레 완료일(6. 13) 후 32일째. 무논 점과 28일째  
본 연구의 대상 논 절반이 수렁 논으로 농기계 작업이 대단히 어려워 벼 한 포기 더 심기 위해 지난한 노력을 해야 하는 곳이다. 본 연구에서는 수렁자리에 생태둑병을 만들고 무논 점과에 왕우렁이를 방사했는데 여태 풀과의 힘겨운 자리싸움을 어떻게 했나 싶을 정도로 벼만 잘 자라 주었다. 이는 정지 작업이 아주 잘 되었더라도 수렁 속은 더 깊게 물이 잠기기 때문에 이곳에 왕우렁이가 대부분 몰려 있으며 먹을 풀이 없을때 벼를 먹기 때문이다<그림 5>.

<그림 5> 무논 점과 28일째(2012. 6. 28)



마. 담수 표면 산파와 무논 점파 비교포 수확(2012. 11. 3)

생태둑병 자리는 7평 정도의 넓이로 변산의 매화마름 자생지가 개발 예정되어 있어 확정 되면 옮겨 심을 예정이다. 8월부터 9월까지 태풍 3개가 휩쓸고 지나 갔으나 쓰러진 벼는 없을 정도로 잘 자랐다. 논 가장자리와 끄트머리 왼쪽으로 15평 정도의 수렁이 있는데, 생태둑병의 2차 예정지로 만들 계획이다. 담수 표면 산파한 오른쪽 중간부분에 왕우렁이와 인력으로 풀을 잡지 못한 구역이 있는데, 평탄작업이나 생태둑병을 만들면 원래의 효과가 예상된다(그림 6). 담수표면 산파와 무논 점파 비교포에서 수확량은 <표 1>에서 보는 바와 같다.

<그림 6> 비교 실험포 수확(2012. 11. 3)



<표 1> 담수 표면 산파와 무논 점파 비교포 수확량

품종	지번	지적(㎡)	조곡(벼, kg)	수분(%)	건조(%)	쌀 수확량(kg)	비고
신동진벼	1201-0	1,280	1,797	17	15	1,303	석유 없이 농사짓기 4년 차
	1201-1	3,569					
	1201-2	2,860					

## 유기농업의 점파 시 왕우렁이 넣는 시기 정립

### 1. 범씨 점파

6월 12일 씨레 완료 후 3~5일간 논을 말린 후에 점파 방식으로 범씨를 직파했다. 점파 후에는 최소 10일 정도 계속해서 논을 말렸다(그림 7).

〈그림 7〉 무논 점파(6월 17일) 후 3일째(2012. 6. 20)



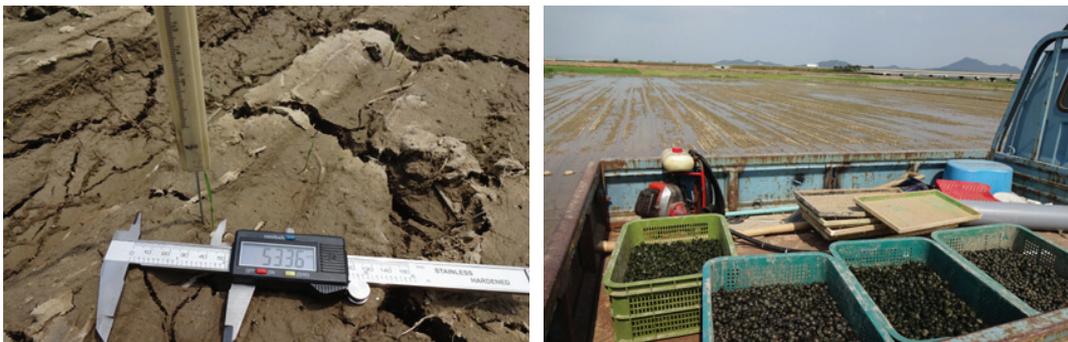
## 2. 우렁이 넣는 시기 조절

2012년 6월 25일 점파 후 8일째 경과하고, 씨레 완료 후 14일째 되는 날 벼는 5.3cm 정도 자랐다. 씨레 완료일 후 15일 전에 물을 넣고 왕우렁이를 방사해야 한다(그림 8).

물을 가득 채우면 벼가 물 속에 모두 잠겨 잘 보이지 않는다. 하지만 왕우렁이들은 논 바닥을 기어 다니며 막 움이 트는 어린 풀들을 먹이로 삼기 때문에 벼 성장에는 지장이 없다. 유기농업의 벼 담수 표면 산파나 무논 점파 시 왕우렁이 넣는 시기는 이앙모일 때와 같아야 한다. 단 씨레 완료일 후 15일 이내여야 한다.

담수 표면 산파 때는 씨레 완료 직후 싹이 2~3mm 크기로 자란 볍씨를 바로 논에 살포하고, 바로 이어서 물고랑을 깊게 내어 논 말리기를 10여 일 동안 한다. 논 말리기가 된 상태에 따라 다르지만 15일 이내에 물을 넣으면서 왕우렁이를 방사하면 되는데 이 무렵 벼는 7cm 내외의 크기로 자라 있으며 대부분 벼는 물에 잠기는데 왕우렁이가 벼를 해하지는 않는다.

〈그림 8〉 무논 점파(6월 17일) 후 8일째(씨레 완료일 후 14일째) 우렁이 방사



무논 점파 때는 씨레 완료일 후 3~5일 동안 논 말리기를 한다. 그후 무논 점파기에 싹이 2~3mm 크기로 자란 볍씨를 넣고 점파하는데 논고랑이 2줄씩 생긴다. 점파가 끝나면 점파기 운행으로 생긴 논 고랑마다 서로 통하여 물이 잘 빠지게 마무리하는 작업도 중요하다. 논 말리기는 10여 일 정도 한 후 물을 넣으면서 왕우렁이를 방사하면 된다. 이때 벼가 7cm 내외의 크기로 자라 있어 논에 물을 다 넣으면 벼가 물에 대부분 잠기지만 문제가 되지 않는다. 왕우렁이 넣는 양은 보통 10a에 4.5kg(1마지기/3kg)으로 우렁이 크기가 2cm 이내이면 먹이 활동이 왕성하다.

2012년 8월 28일 태풍 볼라벤에 이어 덴빈, 산바가 20여일 안에 휩쓸고 지나가 수확은 예상을 훨씬 미치지 못했다. 볼라벤의 피해는 7일 후 백수현상으로 나타났는데 본 연구 실험포도 예외일 수 없었다. 총 25,739m<sup>2</sup>(7,786평)에서 6,000kg의 벼를 수확해 재현율 72.5%에 쌀 54.37가마(백미/80kg)를 얻었으며 나락 값은 1kg당 1,650원이다. 신동진 벼종자는 70.2kg을 사용했다.

〈그림 9〉 무논 점파 논 벼 수확



벼 수확 전(2012. 10. 29)



수확(2012. 11. 2)

## 유기농업의 온실가스 감축

### 1. 온실가스 감축량 산정

본 연구의 중심은 ‘석유 없이 농사짓기’다. 유기농업에서 온실가스는 배출량보다 감축량이 더 많은 22,606.1493kgCO<sub>2</sub>이며, 이는 탈탄소직불제나 저탄소직불제로서 의미를 포함한다.

농업 부분의 온실가스 감축량 산정은 매우 어렵다. 유기농자재의 원천 원료에서 중간 유

통단계와 최종 소비처 등 전주기(Life cycle)로 평가하지 않으면 온실가스 감축량 산정이 확실하지 않기 때문이다.

2005년 영농법인 논에 유채를 재배하고 유채박을 활용해 농기계에 바이오디젤유를 사용하는 실험을 시작했다. 2009년부터 '석유 없이 농사짓기'를 다시 시작하고, 2012년 본 연구에서 담수 표면 산파와 점파를 통해 '석유 없이 농사짓기'를 실천하면서 이를 통한 온실가스 감축효과를 구명하기 위해 노력했다. 본 연구를 통해 나타난 온실가스 감축효과는 <표 2>에서 볼 수 있다.

## 2. 바이오 디젤유와 바이오 에탄올 사용시 온실가스 감축량 산정

### 가. 바이오 디젤유 만들기

(1) 재료 : 폐식용유, 메탄올, 수산화칼륨(KOH) 또는 수산화나트륨(NaOH)

(2) 방법

- 폐식용유를 100℃ 이상 가열한다.
- 식으면서 50℃~55℃일 때 메탄올과 KOH를 용해한 재료를 폐식용유에 넣고 20분 이상 세차게 저어준다.
- 글리세린을 분리하기 쉽게 만들어진 용기에 담는다. 8시간 이상 정치한다.
- 글리세린을 분리하면 저순도 바이오디젤유가 된다.
- 저순도 바이오디젤유를 100℃ 이상 다시 가열한다.(식으면 글리세린 분리용기에 하루 이상 정치한다)
- 겨울철에 바이오디젤유를 사용하려면 등유를 20% 이상 섞어 쓰면 얼지 않는다.(유채를 원료로 한 바이오디젤유는 -15℃에서도 얼지 않으나 콩, 옥수수 기름 등으로 만든 바이오디젤유는 영상 5℃에서 굳는다)

#### [촉매제만들기 - 메탄올]

폐식용유량의 20%, KOH:폐식용유량의 0.9%~1%.

준비된 두 재료를 용해해야 하는데 아주 위험한 물질이다. 피부에 물질이 튀지 않게 방독마스크를 착용하고 옷을 잘 입어야 한다. 실내에서는 금기사항이며 꼭 탁 트인 곳에서 해야 한다.

고체인 KOH가 메탄올에 완전히 용해 되도록 나무막대로 세차게 저어준다.

촉매제를 미리 만들어 놓으면 안 된다.

〈표 2〉 유기농업의 담수 표면 산파와 점파 시 온실가스 감축

(단위 : kgCO<sub>2</sub>/ kg)

벼 : 신동진 / 면적 : 25,739m <sup>2</sup> / 벼 생산량 : 6,000kg / 기간 : 1년(2012. 4. 1~2013. 3. 31)									
항목		에너지	(사용) 량	온실가스					
				배출			감축		
				CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
트랙터	단일	경유	160	41.346					
	단일	BD100	80				176		
콤바인	위탁	경유	90	232.57					
이앙기	BE70	휘발유	10	20.76					
	BE100	23					54.05		
예초기	단일	BE100	6.5				15.275		
중경 제초기	BE50	휘발유	2	4.15					
		BE100	2				4.7		
건조기	위탁	등유	40	97.66					
	위탁	전기	14	6.59					
농사용	소형관정	전기	70	32.93					
	대형관정	전기	1,377	647.88					
가정	태양광 계통연계	발전	3,928						
		소비	1,461						
		잉여	2,467				1,114.34		
	난방	등유	517	1,262.2					
BD100		60				132			
유기질 비료	유채박	논시용	3,900			2,584.66			
	혼합유기질	논시용	2,080			1,463.54			
제초	왕우렁	논방사	130				7.652		
중간물떼기	간단관개							8,666.58	
벗짚		논시용	1,700		1,807.66	74.8			
		조사료	5,600					5,954.66	246.4
탄소고정							19,125		
소계				2,346.086	1,807.66	78.8482	20,629.017	5,963.3265	246.4
합계				4,232.5942			26,838.7435		
순 감축량				22,606.1493					

1. 에너지관리공단, toe 및 온실가스 배출량 계산, [http://CO<sub>2</sub>.kemco.or.kr/toe/toe.aspx](http://CO2.kemco.or.kr/toe/toe.aspx)
  2. 국내외 바이오디젤 소비 현황 및 전망, 월간 농경과 원에 2006년 4월, p58
  3. 바이오에탄올의 CO<sub>2</sub> 저감 효과에 대한 경제성 분석(석유협회보(KPA magazine), 2005.11~12월호, 특집 바이오연료 무엇이 문제인가?)
  4. 국립농업과학원 <http://www.naas.go.kr/>, 탄소성적계산기 <http://www.ast.go.kr/carbon/>
  5. 2004년 농업과학기술개발 주요 연구성과, 농촌진흥청, 2005년 3월, p76
  6. 기후변화협약 대응 농경지 온실가스 배출 및 흡수 평가, 국립농업과학원, 2009년 6월, 표 21, p68
- \* CO<sub>2</sub> : 이산화탄소, CH<sub>4</sub> : 질소, H<sub>2</sub>O : 이산화질소

〈그림 10〉 저순도 바이오디젤유



〈그림 11〉 석유 없이 생활하기 실천



태양열 솔에 밥짓기

## 기대효과 및 적용 사례

### 1. 기대효과

- 중모나 어린모 육묘과정 생략으로 농촌 일손과 생산비를 절감할 수 있다.
- 부안군농업기술센터를 통해 담수 표면 산파 및 무논 점파 기술을 농가에 보급 확산한다.
- 국내산 유채박 시용으로 유기농가의 유전자조작 비의도적 혼입을 해소한다.
- 유기농 벼 재배 시 이산화탄소 절감량에 따라 국내 배출권 거래제 사례를 발굴한다.
- 유기농 벼 재배 농가에 대한 탈탄소 직불금 신설을 요구한다.

### 2. 현장 적용 사례

- 부안의 벼 재배 농가에 담수 표면 산파와 왕우렁이제조방법을 보급했다〈그림 12〉.
- 담수 표면 산파는 논고랑이 없어 풀 뽑는데 불편해 선호하지 않았으나, 무논 점파는 이앙모와 같은 논 고랑이 있어 확대 가능성이 있다.

〈그림 12〉 담수 표면 산파와 왕우렁이 제조방법 보급사례



상서면 박맹술 농가



하서면 강성길 농가

## [참고문헌]

1. 에너지관리공단, toe 및 온실가스 배출량 계산 <http://CO2.kemco.or.kr/toe/toe.aspx>
2. 국내외 바이오디젤 소비 현황 및 전망, 월간 농경과 원예 2006년 4월호, p58, 2006.
3. 바이오에탄올의 CO<sub>2</sub> 저감 효과에 대한 경제성 분석, 「특집 바이오연료유 무엇이 문제인가?」, 석유협회보(KPA magazine), 11~12월호, 2005.
4. 국립농업과학원 <http://www.naas.go.kr/> .탄소성적계산기 <http://www.ast.go.kr/carbon/농촌진흥청>, 「2004년 농업과학기술개발 주요 연구성과」, p76, 2005.
5. 국립농업과학원, 「기후변화협약 대응 농경지 온실가스 배출 및 흡수 평가」, p68, 2009.