

## 두둑을 재활용한 한국형 무경운 농업

### Ⅲ. 시설 무경운 유기재배 고추의 생육 및 생물다양성의 변화

양승구\* · 신길호\*\*\* · 김선국\*\*\* · 김도익\*\*\* · 한연수\*\*\*\* · 정우진\*\*

#### No-Tillage Agriculture of Korean-Style on Recycled Ridge Ⅲ. Changes in Pepper Growth and Biodiversity at Plastic Film Greenhouse Soil in Organic Cultivation of No-tillage Systems

Yang, Seung-Koo · Shin, Kil-Ho · Kim, Sun-Kook ·  
Kim, Do-Ik · Han, Yeon-Soo · Jung, Woo-Jin

Hot pepper growth in no-tillage cultivation on recycled ridge was increased by 22% compared with tillage cultivation. At 3 years after no-tillage cultivation, hot pepper growth was increased by 12% compared with tillage cultivation. Dry weight of unripe hot pepper at 2 years of no-tillage cultivation was 348.4 kg/10a increasing 16% compared with tillage cultivation while dry weight of unripe hot pepper was decreased at 3 years of no-tillage cultivation. Bacteria flora at 2 years of no-tillage cultivation was significantly increased compared with tillage cultivation. Bacteria flora was not significantly different at 3 years of no-tillage cultivation. Actinomyces flora at 2 years of no-tillage cultivation was significantly increased compared with tillage cultivation. Actinomyces flora was decreased at 3 years of no-tillage cultivation. Fungi flora at 2 and 3 years of no-tillage cultivation was increased by 1.3 and 1.7 times respectively, compared with tillage cultivation. Generation amount of carbon dioxide at no-tillage cultivation soil was remarkably decreased by 41% compared with tillage cultivation. Population of animalcule in early stage of hot pepper soil was 2 species and 6 individuals on Collembola and Acari at tillage cultivation. Population of animalcule in hot pepper soil was 5 species and 11 individuals including Chilopode at one year of no-tillage cultivation. Population of animalcule in hot pepper soil was 3 species and 5 individuals

\* Corresponding author, 전라남도농업기술원 친환경농업연구소(sky3878@korea.kr)

\*\* Co-corresponding author, 전남대학교 농업생명과학대학 농화학과 친환경농업연구소(woojung@jnu.ac.kr)

\*\*\* 전라남도농업기술원 친환경농업연구소

\*\*\*\* 전남대학교 농업생명과학대학

including Coleoptera and Chilopode at 2 years of no-tillage cultivation. Population of animalcule was 4 species and 40 individuals including Hypogastruridae and 8 species and 97 individuals including Earwig (*Labidura japonica*) at 46 days after transplanting on tillage cultivation. Population of animalcule was 9~10 species and 101~107 individuals on no-tillage cultivation. Nature status for environmental change as index organism was 19 points and 33 points, at tillage and no-tillage cultivation, respectively. These results indicate that no-tillage agriculture of Korean-style on recycled ridge plays a very important role on pepper growth, biodiversity of animalcule, and greenhouse gases at plastic film greenhouse soil in no-tillage systems.

Key words : *animalcule, biodiversity, carbon dioxide, microorganism, no-tillage*

## I. 서 론

경운은 인류의 문화 형성과 발전에 기여하여 왔으며, 관행 경운(Tilling)은 잡초를 제거하고 작물을 파종하며, 관개를 위하여 사용되고 있으며, 때로는 경운으로 인한 토양의 다짐이 토양과 종자의 접촉으로 이어질 수 있어 식물의 발아와 종묘 성장이 바람직할 수 있다(Cleik, 2011; Radford and Nielsen, 1985). 특히 채소작물의 시설재배는 신선채소의 주년 생산과 다수확 및 병해충 예방을 목적으로 급격하게 발전되어 왔다. 그러나 많은 장점에도 불구하고 과도한 경운은 토양의 다져짐에 의한 용적 밀도의 증가, 다공성의 감소로 통기성이 약화되고, 뿌리 성장을 제한하며, 유기물의 손실, 입단의 감소, mycorrhiza, 절지동물 등 토양 생물상의 감소, 바람과 물에 의한 토양 침식의 증가로 경운을 배제시키는 원인이 되고 있다(Cleik, 2011).

비닐하우스를 이용한 시설재배는 많은 장점에도 불구하고 년 2~6기작 재배의 집약농업과 강우의 차단, 시비량의 증가, 특정작물의 연작으로 토양 물리성의 악화, 특정 물질의 집적 등 문제점이 보고되고 있다. 특히 두둑을 높게 고랑을 깊게 만드는 과정에서 과도한 경운과 대형 농기구의 사용은 많은 문제점을 발생시키고 있다(Kim et al., 1997; Yang et al., 2014; 2015a; 2015b; Yang and Jung, 2016). 이와 같은 경운의 문제점을 개선하고자 시도된 뒷그루 작물 재배 시 기존의 두둑을 재활용하는 전통농업에 기반을 두고 있는 '한국형 무경운 농업'은 토양의 물리성과 화학성이 개선되고 토양에 처리한 탄소의 소모량이 감소되어(Lee et al., 2012) 생산비는 감소되고 농가소득은 증가되는 것으로 보고되고 있다(Yang et al., 2014; 2015a). 이와 같은 원인으로 '한국형 무경운 농업'은 우리나라 농업에 있어서 식량자급의 "녹색혁명", 비닐하우스 하얀들의 "백색혁명"에 이은 제3의 "무경운혁명"으로 평가되고 있다(Yang et al., 2011a; 2012b., Yang and Jung., 2016).

그러나 시설 채소 무경운 유기재배가 토양의 미생물과 토양의 미소동물 및 온실가스 발

생에 미치는 영향에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 논문은 ‘두독을 재활용한 한국형 무경운 농업’의 제 3편으로 고추의 생육과 수량성, 온실가스 발생량과 생물다양성과 자연생태계에 지표생물로서의 역할을 하는(Choi, 1996) 땅속 토양계에 존재하는 토양 미소동물의 분포 및 자연도, 그리고 토양 미생물상의 변화를 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 1984년부터 2016년 현재까지 약 30년간을 시설 채소를 재배하고 있는 전남 나주시 남평읍 평사리 지식강 인근 전남친환경연합회 회장농가의 무농약인증 미사질양토(Jd 중동토, 미사 30.3%, 점토 14.7%, 모래 55.0%)의 비닐 온실(N 35°03.0'02.0"와 126°59.5'02.0", 해발 23 m)에서 유기재배에 준하여 시험을 수행하였다.

유기질비료를(N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O - CaO = 8.47 - 4.62 - 1.58%, 유기물함량 : 81.1%) 경운 전에 ha 당 1,800 kg을 3월 2일 투입하였다. 경운 처리는 농업용 소형 트랙터(대동 L 2202 - 4 WD)를 이용하여 표토에서 12 cm 깊이로 3월 9일 로타리 경운하였다. 고추 모종은 녹광 품종의 플러그 묘를 멀칭하지 않은 상태에서 재식거리 135×38 cm로 ha당 19,490주를 정식하여 봄 작형과 가을 작형 2기작 재배로 시험사업을 수행하였다(Yang et al., 2012a).

관수는 점적관수 라인을 설치하여 생육상태에 따라서 관수하였으며, 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 관리하였다.

2007년 12월에 경운한 무경운 3년차(31개월 전 경운)와 2008년 12월에 경운한 무경운 2년차(19개월 전 경운), 그리고 2009년 3월에 경운한(16개월 전 경운) 무경운 1년차, 2010년 3월에 경운한 관행 경운토양에서 생육량과 미생물상, 온실가스 발생량 및 토양 미소동물의 분포를 조사하였다.

토양미생물의 조사용 배지는 세균의 경우 LB agar (50 ppm cycloheximide 포함), 방선균의 경우 HV agar (50 ppm cycloheximide 포함), 사상균의 경우 PDA 배지(50 ppm neomycin 포함)를 사용하였다. 미생물 수의 조사 및 계수는 토양 미생물실험법(2002)에 준하여 시료 토양을 희석계열로 희석한 후 적정 희석계열에서 희석액을 취하여 각각의 배지에 접종하는 희석평판법을 이용하였다.

온실가스 CO<sub>2</sub> 발생량은 휴경기인 2009년 12월 30일(11:40~12:00) 시료를 채취하여 ECD와 FID가 장착된 가스크로마토그래피(Varian, CP-3800)를 사용하여 분석하였다.

미소동물은 격자 트랩(10×10×10 cm)을 이용 토양을 채취하여 토양속의 미소동물분포와 함정 트랩을(8×10×6 cm) 이용하여 활동성이 좋은 미소동물의 분포를 조사하고 자연도를 측정하였다. 채취한 토양은 실험실로 운반하여 육안으로 보이는 미소동물은 핀셋으로 수거하고, 이 토양을 Berlese & Tullgren Funnel을 이용하여 나머지 동물을 수거하여 70% 에탄올

에 보관하여 해부현미경(30배)하에서 토양미소동물의 대분류를 실시하여 개체 수를 기록하였다. 함정트랩은 작물과 작물 사이에 5개씩 설치하였다. 트랩은 흙바닥과 같은 높이에 설치하였으며 비눗물을 통해 부어 유인되는 토양 동물을 3일 후에 수거하여 종을 동정하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 고추 생육량

두둑을 재활용한 무경운 재배 2년차 토양에서 고추 잎과 줄기의 지상부 생육량은 10a당 85.1 kg 10 a<sup>-1</sup>으로 관행경운 토양 69.6 kg 10 a<sup>-1</sup>에 비하여 22% 증가되었고, 무경운 3년차의 생육량은 78 kg 10 a<sup>-1</sup>으로 관행 경운 토양에 비하여 12% 정도 증가되었다(Fig. 1).

무경운 재배 2년차 토양에서 생산된 풋고추 건물중은 348.4 kg 10 a<sup>-1</sup>으로 관행 경운 토양 299.7 kg 10 a<sup>-1</sup>에 비하여 16% 증가되었으나, 무경운 3년차는 262 kg 10 a<sup>-1</sup>으로 관행 경운 토양에 비하여 감소되었다.

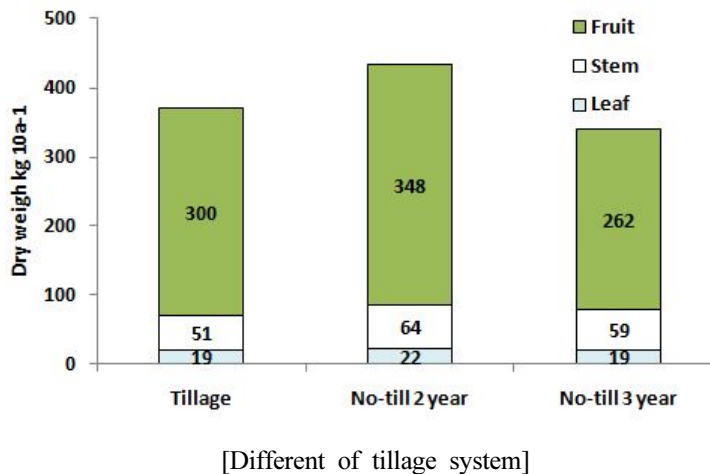


Fig. 1. Growth amounts of pepper on organic cultivation of no-tillage (Transplanting: March 3, 2010; Harvest day: May 24~July 6, 2010).

무경운 1년차와 2년차 토양의 고추의 생육은 영양생장의 감소와 생식생장의 촉진으로 수량은 관행 경운 토양에 비하여 일반적으로 10% 정도 증수되는 경향을 보이고 생산비는 절감되었는데(Yang et al., 2012b) 본 시험의 무경운 3년차에서 지상부 생육량은 관행경운 토양에 비하여 12% 정도 증가되었으나, 풋고추의 건물 중은 오히려 감소되었다. 일반적으

로 지상부의 건물량의 증가는 고추의 수량을 증대시키는데, 본 시험에서 관행 경운 토양에 비하여 무경운 3년차 고추의 줄기와 잎의 건물중의 증가에도 불구하고 풋고추의 건물량이 감소된 원인은 40일간의 짧은 수확기간 때문에 생육증가의 효과가 충분히 발휘되지 못한 원인과 미생물량이 감소된(Fig. 2) 원인으로 판단되었다.

## 2. 토양 미생물상

무경운 2년차 토양의 세균 수는(Fig. 2)  $2.9 \times 10^7$  cfu g<sup>-1</sup>으로 관행 경운 토양  $1.3 \times 10^7$  cfu g<sup>-1</sup>에 비하여 유의한 수준의 증가를 보였으나, 무경운 3년차에서는  $1.1 \times 10^7$  cfu g<sup>-1</sup>으로 관행 경운 토양과 유의적인 차이가 없었다. 방선균도 경운 토양  $1.0 \times 10^4$  cfu g<sup>-1</sup>에 비하여 무경운 2년차 토양은  $2.1 \times 10^4$  cfu g<sup>-1</sup>로 유의적인 증가를 보였으나 무경운 3년차에서는  $7 \times 10^3$  cfu g<sup>-1</sup>으로 감소되었다. 곰팡이 수는 경운토양  $1.0 \times 10^7$  cfu g<sup>-1</sup>에 비하여 무경운 2~3년차 토양에서  $1.4 \sim 1.7 \times 10^7$  cfu g<sup>-1</sup>으로 1.3~1.7배 정도 증가되었다.

한편 Park 등(2008)에 의하면 고추는 재배기간이 길고 전 생육기간에 적절한 양분이 공급되어야 하며, 유기물의 종류에 따라서 토양 미생물상에 미치는 영향이 다르지만(Calbrix et al., 2007; Chang et al, 2008; Park et al., 2008) 고추 재배지는 물리, 화학적 특성 개량을 통하여 토양의 양분 공급력을 높여주기 위하여 유기물을 시용하여야 한다고 하였다. 그러나 무경운 토양에서는 특별히 유기물을 투입하지 않아도 토양의 물리성과 화학성이 개선되기 때문에(Yang et al., 2014; 2015a; 2016; Yang and Jung, 2016), 세균과 곰팡이 및 방선균의 증가 효과가 있는 것으로 생각되었다.

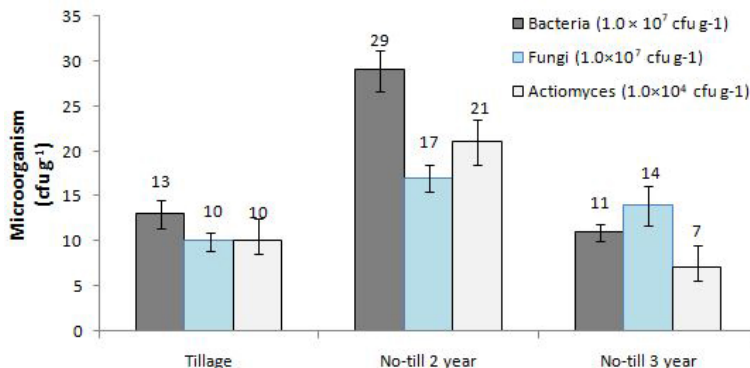


Fig. 2. Changes of microorganism flora with different tillage system [Tillage: March 3, 2010; No-tillage (2 years): December 2008~; No-tillage (3 years): December 2007~].

그리고 Yang 등(2012a)은 무경운 토양의 곰팡이와 Gram 음성균, Gram 양성균, 방선균과

근균의 미생물 군집은 경운토양에 비하여 유의성 있게 증가되었다고 보고하였다. 그리고 무경운 토양은 경운 토양에 비하여 물리적 교란이 적고, 유기물의 분해가 감소되어 미생물의 수명연장에 기여하기 때문에(Balser et al., 2005) 2년차 무경운 토양의 미생물 량이 증가된 것으로 추정되었다. 그러나 무경운 3년차에서 세균과 곰팡이, 방선균의 감소와(Fig. 1) 생육량의 감소된 원인은 투입부분의 유기물량이 감소되어 미생물의 먹이가 되는 유기물량이 줄었기 때문으로 판단되었다.

### 3. 토양 CO<sub>2</sub> 발생량

농업 생태계에서는 식물이 광합성 작용으로 대기 중의 CO<sub>2</sub>를 흡수하여 줄기와 뿌리의 형태로 경작지 토양에 유기탄소를 저장하거나, 토양미생물에 의해 토양의 유기물 분해와 식물뿌리의 호흡을 통해 대기 중의 CO<sub>2</sub>를 C로 전환 배출시키는 역할을 하여 기후 변화를 일으키는 중요한 요인을 제공하고 있다(Kim et al., 2008). Lee 등(2012)은 농업생산과 관련하여 온실가스를 저감하는 방식을 크게 두 가지로 나누고 있는데, 하나는 유류, 전기 등의 사용을 최소화하는 에너지 효율화 방식과, 다른 하나는 토양의 온실가스 배출을 억제하거나, 자연자원의 순환 및 재활용을 극대화하여 기존의 온실가스 배출요인을 제거 또는 최소화하는 녹색농업기술 적용이라고 하였다. 이와 같은 관점에서 시설재배 토양에서 경운방법에 따른 CO<sub>2</sub> 발생량을 조사한 결과(Fig. 3) 무경운 재배 토양의 CO<sub>2</sub> 발생량은 22.0 ppm으로 경운재배 토양 53.3 ppm에 비하여 41% 수준으로 발생량이 현저하게 감소되었다.

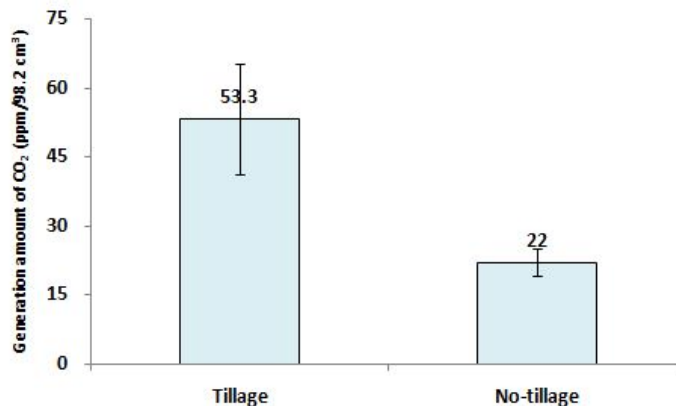


Fig. 3. Generation amount of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) with different tillage system (11:40~12:00, December 30, 2009). [Tillage: July 27, 2009; No-tillage: after March 11, 2008; Generation amount of CO<sub>2</sub> (ppm/98.2 cm<sup>3</sup>)].

한편 Kim 등(2011)은 봄재배 배추의 아산화질소 배출량을 측정한 결과 경운재배에 비해

무경운 재배가 봄재배 작형은 30.9~62.4% 그리고 가을재배는 33.1~45.1% 정도가 저감되었다고 하였다. 그리고 Keren 등(1993)은 밭작물에서 무경운 재배에 의한 온실가스 배출량 감축 효과는 아산화질소 배출이 감소하고 토양 유기탄소는 증가하는데 반하여 경운재배는 아산화질소의 배출이 증가한다고 보고하였다(Kim et al., 2011). 또한 Douglas와 Crawford (1993)는 밭작물 무경운 재배는 경운 재배에 비하여 온실가스 발생량이 감소된다는 기존의 결과와도 같은 경향이였다. 그리고 Lee 등(2012)은 투입부분 농자재의 전과정평가(LCA: Life Cycle Assesment)를 통한 온실가스 배출량 분석결과 국가평균과 비교하여 두둑을 재활용한 노지 고추의 무경운 재배는 10 a당 344.7 kg CO<sub>2</sub> (58%)의 온실가스 저감 효과를 갖는 것으로 평가되었다는 보고하였다. 따라서 두둑을 재활용한 무경운 농업은 투입부분의 탄소 절감 뿐만 아니라 토양에서 발생하는 온실가스 발생량을 줄이는 농업기술로 평가된다. 또한 일반적으로 무경운 토양관리는 시간이 흐를수록 토양의 탄소격리 효과가(carbon sequestration effect) 높아지는 특징을 갖고 있기 때문에(Lee et al., 2012) 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

#### 4. 토양 미소동물

엽록소를 가진 식물은 무기물로부터 유기물을 생산하고 동물은 식물이 생산한 유기물에 의존하여 생활하는 소비자로서 2차 생산자이다. Choi (1996)에 따르면 땅속 토양계에는 매우 다양한 동물군이 무수히 존재하며 토양 동물은 자연생태계에 지표생물로서의 역할을 한다. 이와 같은 관점에서 기존의 두둑과 고랑을 재활용하여 다음 작물을 재배하는 비닐하우스 무경운 토양의 미소동물 분포를 고추 생육 초기인 정식 13일 후에 조사한 결과는

Table 1. Population of animalcule captured by grid trap in different tillage system soil (Transplanting: August1, 2009; Sampling date: August 14, 2009; Grid trap: 10×10×10 cm)

English name	Korean name	Tillage (Individual)	No-tillage, a year (Individual)	No-tillage, two years (Individual)
Acari	응애목	5	5	
Diplopode	노래기강		1	2
Chilopode	지네강		1	2
Collembola	톡토기목	1		
Diptera	파리목		1	
Coleoptera	딱정벌레목		3	1
Total		6	11	5

Table 1과 같다. 관행 경운 토양은 주로 낙엽, 부식질, 균사, 포자, 미소동물의 사체, 변 등을 먹고사는 톱토기목과 응애목 2종 6개체가 포획되었다.

그러나 무경운 1년차 토양에서는 낙엽, 부식질, 균사, 포자, 미소동물의 사체, 변 등을 먹고사는 응애목, 파리목과, 딱정벌레목과 더불어, 소형의 거미나 곤충을 잡아먹는 지네강 등 5종 11개체가 포획되었고, 그리고 무경운 2년차 토양에서는 노래기강과 지네강, 딱정벌레목 3종 5개체가 포획되었다.

고추 정식 46일 후에 조사한 경운재배 토양은(Table 2) 대부분 낙엽, 부엽, 부식질, 균사, 지렁이 및 절지동물의 사체, 파리목의 번데기, 변 등을 먹이로 하는 4종 40개체의 톱토기류를 포함 딱정벌레 반날개과, 주름개미, 파리목유충과 미소곤충을 잡아먹고 사는 큰집게벌레까지 8종 97개체가 포획되었다.

Table 2. Population of animalcule captured by grid trap in different tillage system soil (Transplanting: August 1, 2009; Sampling date: September 16, 2009; Grid trap: 10×10×10 cm)

English name	Korean name	Tillage (Individual)	No-tillage, a year (Individual)	No-tillage, two years (Individual)
Suborder Acaridida	응애(무기운)			1
Amaurobiidae	비탈거미		1	1
wood louse	취머느리		27	
Scolopendromorph	왕지네목		2	
Hypogastruridae	보라톡토기	14	9	57
Isotomidae	마디톡토기	23	5	21
Sminthuridae	알톡토기	1		10
Entomobryidae	털보톡토기	2		
Earwig (Labidura japornica)	큰집게벌레	52	41	6
Diptera larva	파리목유충	1		
Coleoptera	딱정벌레목		3	4
Coleoptera (Staphylinidae)	딱정벌레(반날개과)	1	3	3
Coleoptera larva	딱정벌레 유충			2
Eulophidae	좁벌과		1	
Emery	주름개미	3	9	2
Total		97	101	107



무경운 재배 1년차는 관행경운 토양에 비하여 톡토기류는 2종 14개체로 감소되고 비탈 거미, 왕지네목, 파리목유충, 썩벌과, 딱정벌레유충 5종류가 증가되어 10종 101개체가 포획되었다. 이들 토양 곤충은 대부분 살아있는 녹색식물을 영양원으로 하는 동물로 Primaries 와 Low primaries에 속하는 곤충인데(Choi, 1996; Jacot, 1940) 비하여 무경운 토양에서 새롭게 포획된 곤충은 Primaries를 영양원으로 하는 포식성 또는 기생성 Secondaries 동물군에(Choi, Seong Sik, 1996; Jacot, 1940) 속하는 것들이 출현하였다. 그리고 무경운 재배 2년차에서는 톡토기류가 3종 88개체로 개체수가 증가되고 무기문 응애와 딱정벌레 유충 2종이 추가로 포획되어 9종 107개체가 포획되었다.

한편 Yvonne Baskin (2007)은 분해(decomposer)균류를 먹고 사는 톡토기는 까마득한 옛날 부터 존재하고 있는 다리가 여섯 달린 동물 중에서 지구상에서 가장 개체 수가 많다고 하였다. 그리고 Yang과 Seo (2009)는 멜론 무경운재배 토양이 관행 경운재배 토양에 비하여 토양 미소동물의 개체 수가 현저한 증가를 보였으며, 450 cm<sup>3</sup>의 함정 트랩을 이용 26종의 미소동물을 포획 분류한 결과 포획된 20종 1,096개체 중 톡토기가 3종 983개체로 종수는 15%, 개체 수는 90%를 점유하였고, 격자형으로 포획한(1,000 cm<sup>3</sup>) 토양 내 미소동물도 13종 912개체 중 보라톡토기 등 톡토기류가 3종에 601개체로 66%를 점유하여 톡토기류가 많았다고 하였다. 본 시험의 결과도 톡토기류의 개체수가 포획된 전체 곤충의 개체수의 관행 경운 토양은 42%, 무경운 1년차는 15%, 무경운 2년차는 88%를 점유하여 조사한 곤충에서 가장 많은 분포를 보였다.

정식 13일 후에 격자 트랩에서 포획되었던 응애목, 노래기강, 지네강, 파리목은 정식 46일 후의 조사에서는 포획되지 않았으나, 딱정벌레목은 정식 13일 후와 46일 후의 조사에서 포획되었다(Table 1, 2). 함정 트랩을 이용하여 정식 46일 후에 이동성이 좋은 미소동물의 분포를 조사한 결과(Table 3) 경운재배 토양은 5종 39개체, 무경운 재배 1년차 토양은 6종 39개체 수 순이었으나 무경운 2년차 토양에서는 9종 49개체로 증가되었다. 함정 트랩에서는 격자트랩에서 포획되지 않은 활동성이 좋은 것을 생각되는 날개응애와 집게벌레썩불이가 포획되었다.

한편 Lee 등(2010)은 인삼재배지에 유기물을 시용한 결과 날개응애류 밀도가 가장 높았다고 하였는데 본 시험에서는 톡토기류의 개체 수가 가장 많았고 응애류는 두 번째로 밀도가 높았다. 토양생물은 농업 토양생태계에서 유기물의 분해나 양분의 이동과정과 토양의 비옥도를 유지하는 중요한 역할을 한다(Filser, 2002; Cobo et al., 2002; Lee et al., 2010). 유기물의 집적이 많아지면 유기물을 먹이로 하는 토양 동물상에 직간접적으로 영향을 미치게 되고, 먹이와 장소, 계절에 따라 서식하는 비곤충류 절지동물의 종류와 개체가 달라질 수 있다(Lim et al., 2011). Lim 등(2011)에 의하면 일상적인 환경에서 공급되는 먹이 때문에 시식성 절지동물이나 잡식성 절지동물, 이들을 먹기 위해 모여드는 포식성 또는 기생성 절지동물들과 우연히 모여드는 절지동물 등이 혼재하여 새로운 생물상이 구성된다(Catts and Goff, 1992)고 하였다. 따라서 경운 토양에 비하여 무경운 토양에서 미소동물의 종과 개체

수가 증가된 원인은 경운의 생략으로 토양에 환경(Yang et al., 2016; Yang and Jung., 2016)과 먹이가 달라진 원인으로 판단되었다.

Table 3. Population of animalcule captured by trap in different tillage system soil (Transplanting: August 1, 2009; Sampling date: September 16, 2009; Trap: 6×8×10 cm)

English name	Korean name	Tillage (Individual)	No-tillage, a year (Individual)	No-tillage, two years (Individual)
Suborder Acaridida	응애(무기운)	12	9	2
Cryptostigmata Oribatci	날개응애	8		5
Scolopendromorph	왕지네목			1
Hypogastruridae	보라톡토기	15	22	23
Isotomidae	마디톡토기	1	1	1
Entomobryidae	털보톡토기		2	
Japygidae	집게벌레 쯤붙이			1
Diptera larva	파리목유충	3	1	6
Coleoptera (Staphylinidae)	딱정벌레(반날개과)		4	3
Emery	주름개미			7
Total		39	39	49

생태환경의 구성원들은 서로 상호작용을 하면서 시간의 경과에 따른 천이를 진행하며 그 결과로 현존하는 생태계의 균형으로 나타난다(Lee et al., 2010). 따라서 생물다양성에 관한 정보는 장기적으로 국가 생물자원의 효율적 관리 및 이용 측면에서 뿐 아니라 유용 생물자원의 분포와 시간 및 공간의 변화에 따른 보존에 매우 중요한 요소가 될 수 있다(Lee et al., 2010).

지표생물로서 환경의 변화에 민감하게 반응하는 동물적 특성을 이용하여 시설 무경운 토양의 자연도를(Choi, 1996; Aowki, 1985) 측정된 결과를 Table 4에 나타내었다. 정식 13일 후에 조사한 자연도 점수는 경운 토양은 2점이었으나 무경운 토양은 11~13점으로 5.5~6.5 배 정도 높았다. 그리고 정식 46일 후에 조사한 자연도 점수는 경운 토양은 15점, 무경운 1년차는 19점, 2년차 26점으로 증가되었다. 1차 조사와 2차 조사를 통합한 토양의 자연도 점수는 관행경운 19점에 비하여 무경운 토양은 33점으로 74% 정도 증가되었다. 1차 조사에서 포획되었으나, 2차 조사에서 포획되지 않은 토양 곤충은 응애목, 노래기강, 지네강, 파리목 4종이었으며, 1차와 2차에서 동시에 포획된 곤충은 딱정벌레목 1종이었다. 따라서 같은

환경조건에서도 정식 후 시간의 경과와 작물의 생육에 따라 생물의 다양성이 증가 또는 감소되는 것으로 생각되었다.

Table 4. Nature status of animalcule captured by grid trap and trap in different tillage system soil

English name	Korean name	Index of nature status	Tillage (Individual)	No-tillage, a year (Individual)	No-tillage, two years (Individual)
Acari	응애목	1	+	+	
Suborder Acaridida	응애(무기운)	1	+	+	+
Cryptostigmata Oribatci	날개응애	1	+		+
Amaurobiidae	비탈거미	1		+	+
wood louse	쥐머느리	1		+	
Diplopode	노래기강	5		+	+
Chilopode	지네강	3		+	+
Scolopendromorph	왕지네목	3		+	+
Collembola	톡토기목	1	+		
Hypogastruridae	보라톡토기	1	+	+	+
Isotomidae	마디톡토기	1	+	+	+
Sminthuridae	알톡토기	1	+		+
Entomobryidae	털보톡토기	1	+	+	
Earwig (Labidura japornica)	큰집게벌레	3	+	+	+
Japygidae	집게벌레 쯤붙이	3			+
Diptera	파리목	1		+	
Diptera larva	파리목유충	1	+	+	+
Coleoptera	딱정벌레목	3		+	+
Coleoptera (Staphylinidae)	딱정벌레(반날개과)	3	+	+	+
Coleoptera larva	딱정벌레 유충	3	+	+	+
Eulophidae	썸벌과	1		+	
Emery	주름개미	1	+	+	+
Total of nature status			19	33	33

자연도 측정 결과를 분류하여 보면 환경에 대한 저항성이 강하여 어느 곳에서든지 잘 견디는 자연도 점수가 1점인 C그룹에 속하는 톡토기류와 응애류, 주름개미 등은 경운 방법에

따라 차이가 적었다. 그러나 환경 저항성이 중간으로 자연도 점수가 3점인 B그룹과 환경 저항성이 매우 낮아 자연환경 파괴에 민감하게 반응하여 쉽게 소멸되는 자연도 점수가 5점인 A그룹에 속하는 노래기강, 지네강, 집게벌레좀붙이, 딱정벌레목 등은 관행경운 토양에서 포획되지 않았으나 무경운 토양에서 포획되었다.

이상의 결과에 따라서 두둑과 고랑을 재활용한 한국형 무경운 농업은 관행 경운토양에 비하여 작물의 생육과 토양의 물리성(Yang et al., 2014)과 화학성(Yang et al., 2015a), 온실가스 발생량 감소(Fig. 3) 및 토양 미생물(Fig. 2)과 토양 곤충을 포함한 토양생물 다양성에 긍정적인 역할을 하는 것이 판단되었다.

#### IV. 적 요

두둑을 재활용한 무경운 재배 토양의 고추의 생육량은 관행경운 토양에 비하여 22% 정도 증가되었고, 무경운 3년차는 12% 정도 증가되었다. 무경운 재배 2년차 토양에서 생산된 풋고추 건물중은  $348.4 \text{ kg } 10^{-1}$ 으로 관행 경운 토양에 비하여 16% 증가되었으나, 무경운 3년차는 감소되었다.

무경운 2년차 토양의 세균은 관행 경운 토양에 비하여 유의적인 증가를 보였으나, 무경운 3년차에서는 관행 경운 토양과 유의적인 차이가 없었다. 방선균도 경운 토양에 비하여 무경운 2년차 토양은 유의적인 증가를 보였으나 무경운 3년차는 감소되었다. 곰팡이는 경운토양에 비하여 무경운 2~3년차 토양에서 1.3~1.7배 정도 증가되었다.

무경운 재배 토양의 CO<sub>2</sub> 발생량은 경운재배 토양에 비하여 41% 수준으로 발생량이 현저하게 감소되었다.

고추 생육 초기 관행 경운 토양의 미소동물은 툭토기목과 응애목 2종 6개체가 포획되었으나, 무경운 1년차 토양에서는 지네강 등 5종 11개체가 포획되었고, 무경운 2년차는 딱정벌레와 지네강 등 3종 5개체가 포획되었다. 고추 정식 46일 후에 조사한 경운재배 토양은 보라톡토기 등 4종 40개체를 포함 큰집게벌레 등 8종 97개체가 포획되었다. 무경운 재배 토양은 9~10종 101~107개체가 포획되었다.

지표생물로서 환경의 변화의 기준이 되는 자연도 점수는 관행경운양 19점에 비하여 무경운 토양의 자연도 점수는 33점으로 1.74배 정도 높았다.

따라서 두둑과 고랑을 재활용한 한국형 무경운 농업은 관행 경운토양에 비하여 작물의 생육과 토양 미생물, 토양 곤충을 포함한 토양생물 다양성, 온실가스 발생량 감소에 긍정적인 역할을 하는 것으로 판단되었다.

## References

1. Balsler T., K. K. Treseder, and M. Ekenler. 2005. Using lipid analysis and hyphal length to quantify AM and saprotrophic fungal abundance along a soil chronosequence. *Soil Biol Biochem.* 37: 601-604.
2. Calbrix, R. L., S. Barray, O. Chabrierie, L. Fourrie, and K. Laval. 2007. Impact of organic amendments on the dynamics of soil microbial biomass and bacterial communities in cultivated land. *Appl. Soil Ecol.* 35: 511-522.
3. Catts, E. P. and M. L. Goff. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Ann. Rev. Entomol.* 37: 253-272.
4. Chang, C. Y., C. C. Chao, and W. L. Chao. 2008. Community structure and functional diversity of indigenous fluorescent pseudomonas of long-term swine compost applied maize rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.* 40: 495-504.
5. Choi, Seong Sik, Soil zoolgy. 1996. Wonkwang University.
6. Douglas, J. T. and C. E. Crawford. 1993. The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. *Grass Forage Sci.* 48: 91-100.
7. Keren, J. S. and M. G. Johnson. 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *SCI. Soc. Amer. J.* 57: 200-210.
8. Kim, G. Y., B. H. Song, S. Hong, B. G. Ko, K. A. Roh, K. M. Shim, and Y. S. Zhang. 2008. Evaluation of CO<sup>2</sup> emission to changes of soil water content, soil temperature and mineral N with different soil texture in pepper cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41(6): 393-398.
9. Kim, G. Y., H. C. Jeong, K. M. Shim, S. B. Lee, and D. B. Lee. 2011. Evaluation of N<sub>2</sub>O emissions with different growing periods (Spring and autumn Seasons), Tillage and no tillage conditions in a chinese cabbage field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(6): 1239-1244.
10. Kim, P. J., D. K. Lee, and D. Y. Chung. 1997. Effects of soil bulk density on saturated hydraulic conductivity and solute elution patterns. *J. Korea Soc. Soil Sci. Fert.* 30: 234-241.
11. Lee, G. Z., Y. S. Choi, S. K. Yang, J. H. Lee, and S. Y. Yoon. 2012. Analysis of consumption of homemade organically processed food analysis of the carbon emission reduction effect from no-tillage in pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation. *Korean J. Organic Agri.* 20: 503-518.
12. Lee, S. Y., S. T. Kim, J. K. Jung, J. S. Yoo, and J. H. Lee. 2010. Spider Fauna of Mt. Gajisan in Gyeongsangnam-do, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 28(2): 108~113.
13. Lim, C. S, S. T. Kim, W. K. Lee, D. H. Kwon, D. W. Lee, and H. Y. Choo. 2011.

- Arthropoda (Arachnida, Crustacea and Chilopoda) succession in shicken carcasses depending on sites and seasons of abandonment in Gyeongnam province, Korea. *Korean Journal of Soil Zoology*. 15: 5-13.
14. Park, K. C., Y. S. Kim, O. H. Kwon, T. R. Kwon, and S. G. Park. 2008. Effects of Organic Amendments on Soil Microbial Community in Red Pepper Field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41(2): 118-125
  15. Yang, S. K., G. H. Shin, H. K. Kim, H. W. Kim, K. J. Choi, and W. J. Jung. 2015a. Changes of chemical properties and correlation under no-tillage silt loam soil with ridge cultivation of plastics film greenhouse condition. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 48(3): 170-179.
  16. Yang, S. K., G. H. Shin, H. K. Kim, H. W. Kim, K. J. Choi, and W. J. Jung. 2015b. Effects of No-Tillage and Split Irrigation on the growth of Pepper Organically Cultivated under Plastic Film Greenhouse Condition. *Korean J. Organic Agri.* 23(4): 781-796.
  17. Yang, S. K., G. H. Shin, S. K. Kim, H. K. Kim, H. W. Kim, and W. J. Jung. 2016. No-tillage agriculture of korean-style on recycled ridge II. Changes in physical properties : water-stable aggregate, bulk density, and three phase ratio to retain water at plastic film greenhouse soil in no-tillage system. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 24(4): 719-733.
  18. Yang, S. K., M. K. Kim, Y. W. Seo, K. J. Choi, S. T. Lee, Y. S. Kwak, and Y. H. Lee. 2012a. Soil microbial community analysis of between no-till and tillage in a controlled horticultural field. *World J Microbiol Biotechnol.* 28: 1797-1801.
  19. Yang, S. K. and W. J. Jung. 2016. No-tillage agriculture of korean-type on recycled ridge I. Changes in physical properties : soil crack, penetration resistance, drainage, and capacity to retain water at plastic film greenhouse soil by different tillage system. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 24(4): 699-717.
  20. Yang, S. K., and Y. W. Seo. 2009. Systematization of technology manufacturing quality year-round stability of the melon. Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services. Testing and Research Report. pp. 57-59.
  21. Yang, S. K., Y. W. Seo, J. H. Son, J. D. Park, K. J. Choi, and W. J. Jung. 2012b. Properties of pepper growth and yield, cost down with no-tillage organic cultivation in vinyl greenhouse. *Korean J. Organic Agri.* 20(3): 411-422.
  22. Yang, S. K., Y. W. Seo, S. K. Kim, B. H. Kim, H. K. Kim, H. W. Kim, K. J. Choi, Y. S. Han, and W. J. Jung. 2014. Changes in physical properties especially, three phases, bulk density, porosity and correlations under no-tillage silt loam soil with ridge cultivation of rain proof plastic house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 47(4): 225-234.
  23. Yeonne, Baskin. 2007. Under ground (Se Min Chio, Translation compilation).