

# 무경운 친환경 채소 재배의 생육 및 생산비 절감효과

김광문\* / 영농조합법인 팔당생명살림 이사

최요왕 / 영농조합법인 팔당생명살림 이사

방춘배 / 영농조합법인 팔당생명살림 회원

## 연구 필요성

우리나라 소규모 자영농가는 낮은 생산성을 비롯하여 대내외적으로 힘든 농업여건에 처해있다. 소농이 생존을 위해 생산비를 줄이는 것은 농가 내에서 달성할 수 있는 소득증대 방법 중 하나다. 그러나 생산비 절감이 소득하락이나 노동증가 등 생산성을 낮추는 결과로 이어져서는 안 된다. 생산비 절감과 생산성 유지를 충족할 수 있는 농법인 무경운재배는 대형 농기계를 사용하는 경운작업이 생략되어 기계 구입 및 유지비용과 노동력 절감을 위한 방안이 될 수 있다.

최근 미국을 비롯한 브라질, 멕시코, 유럽 각국에서 무경운재배법이 급속하게 보급되어 재배면적이 꾸준히 증가하고 있다. 미국에서는 무경운을 포함한 보전경운재배 면적이 콩, 옥수수, 밀 등의 전체면적에서 70% 정도를 차지할 만큼 무경운재배가 확대되고 있다.<sup>1)</sup>

\* 김광문: 2004년 경기도 양평으로 귀농하여 15년째 친환경 농업으로 채소를 재배하고 있다. 영농조합법인 팔당생명살림을 통해 주로 생협으로 채소를 출하하고 있으며, 농업에서 이탈해가는 지역 농민의 어려운 상황을 지켜보며 농업생산성 향상과 유통에서의 협동을 중심으로 농업 활로를 고민하고 있다.

1) 원문: Conservation tillage was used on 70 percent of soybean(2012), 65 percent of corn(2016), and 67 percent of wheat (2017) acres.(USDA, 2018)

무경운재배는 토양의 물리성 개선과 침식방지 등 장점이 많으나 낮은 수확과 잡초방제, 영양분 투입방법 등 생산성에 대한 의구심이 제기되고 있다. 텃밭이나 도시 농업에서는 무경운이 다양하게 시도되고 있지만 전업농 규모의 채소 무경운 적용과 성과에 대한 보고는 드물다. 따라서 본 연구는 무경운재배의 의구심을 해소하기 위해 3년간 무경운재배를 수행하여 저비용 농업기술로서 가능성을 타진해보았다.

## 연구 방법 및 내용

무경운재배는 일반적으로 ①생력화 ②토양침식 방지 ③토양수분 보유 ④에너지 절감 등의 이점이 있지만 ①출아 불안정 ②잡초와의 경합 ③지온상승 억제 ④습해 ⑤점질 토의 경우 토양물리성 악화 등에 의한 수량저하 요인이 있다고 알려져 있다<sup>2)</sup>.

〈표 1〉 무경운의 일반적인 장단점

장점	단점
토양 침식 경감	무경운 전환 어려움
물 보전	새로운 농업장비 필요
토양 물리성 개선	제초제 의존 심화
연료와 노동력 절감	잡초 및 병충해의 비정상적 발생
수질 오염 경감	초기 질소 공급요구
탄소 저장	늦은 발아와 수확량 감소

자료: D.R. Huggins and J.P. Reganold(2008)

무경운 효과를 신속하게 알아보기 위해 세 군데 농지에 나무틀<sup>3)</sup>을 대어 두둑을 만들었다. 2015년도에 무경운으로 작물을 재배했던 두둑에 물리성 개선을 위해 이탄을 넣고, 지난해에 경작했던 작물을 같은 위치에 동량을 심어 3년간 재배하였다.

양분 공급은 기비(밑거름)는 표토에 뿌려주고 작물 및 생육상태에 따라 액비를 관주하거나 퇴비를 표토에 추가로 뿌려주었다. 잡초방제 대책인 멀칭은 녹비나 벚짚,

2) 농사로(<http://www.nongsaro.go.kr>)

3) 틀로 사용한 목재는 낙엽송 피죽으로 지역의 제재소에서 3.6m 100본을 150,000원에 구매하였으며, 100평 규모에 통상적인 너비 60cm, 높이 20cm 두둑 5줄로 만들 경우 130여 본이 소요된다. 작물이나 두둑의 높이 등에 따라 시설비는 달라진다.

왕겨 등 유기물을 이용한 멀칭과 비닐멀칭을 작물 및 연차에 따라 다양하게 시도하였다.

〈표 2〉 틀 밭 설치

구분	작물	면적(m <sup>2</sup> )	비고
노지	단호박	2,300	
	상추	170	
비닐하우스	가지	730	
	딸기 <sup>1</sup>	560	대조구 면적 560m <sup>2</sup>

주1: 딸기는 동일한 면적의 무경운 틀 밭 비닐하우스 1개 동과 일반재배 1개 동을 비교함

〈표 3〉 연구 작물

구분	노지	비닐하우스
겨울	-	딸기
여름	단호박, 상추	가지



단호박



상추



가지



딸기

[그림 1] 작물별 틀 밭 제작

## 연구 결과

### 1. 생산

#### 가. 생육

공통적인 생육 특징으로 온도가 낮은 시기에는 경운재배보다 생육이 부진했다. 4~5월에 정식하는 여름작물의 초기 생육과 겨울재배인 딸기가 경운재배보다 생육이 부진하였다.

비닐하우스 내 가지는 경운재배보다 무경운 2, 3년 차에 생육이 더더 첫 출하가 2주 정도 늦는 문제점이 발생했다. 그러나 7~8월 고온기에는 비닐하우스 내 지온이 경운재배보다 낮게 유지하면서 왕성한 생육으로 초기 수확 부족분을 상쇄할 수 있었다.

〈표 4〉 연차별 생육 상황

품목	1년 차(2016년)	2년 차(2017년)	3년 차(2018년)
단호박	양호	비닐멀칭_양호 녹비멀칭_부진	양호
상추	양호	초기 부진 중후기 양호	양호
가지	양호	초기 부진, 중후기 양호	초기 부진 중후기 양호
딸기	초기 양호 중후기 부진	초기 양호 중후기 부진	초기 양호 중후기 보통
딸기(대조구)	양호	양호	양호



2년 차 4월 중순 정식 전 녹비 제거



2년 차 5월 중순 정식 약 3주 후



2년 차 6월 초 정식 약 6주 후



2년 차 7월 말 수확기

[그림 2] 가지 생육

겨울 딸기재배를 하는 무경운 톨 밭 재배지는 대조구보다 일관되게 토양 온도가 낮게 측정되었는데, 무경운과 비닐멀칭을 하지 않은 원인이 복합적으로 작용하여 딸기 생육이 부진한 것으로 판단된다. 특히 흡열기능을 하는 흑색비닐보다 열 전도성이 낮은 목재 사용으로 토양 온도를 높이지 못한 것이 주요한 원인으로 보인다.

또한 멀칭 재료와 방법에 따라 생육과 생산이 큰 차이를 보였다. 대체로 노지에서 유기물로 멀칭한 경우 멀칭량이 부족하고 유기물이 조기 분해되어 잡초 방제에 효과적이지 못하여 생산량이 낮아졌다.

무경운재배는 경운, 정지 작업<sup>4)</sup>이 생략되므로 밭거름이나 추비(웃거름)를 어떻게 공급할 것인가가 문제가 된다. 거름을 땅속 깊숙이 넣어주지 못하면 양분 부족이 발생하지 않을까 하는 것이다. 이번 연구에서 기비와 추비는 표토에 뿌려 주고 액비는 기존과 같이 관주하였다.

4) 작물을 재배하는 데 있어서 토양조건을 개량, 정비한 작업을 일컫는다.

생육이 부진한 경우 원인이 양분 부족인지 다른 요인인지 아니면 복합적인지 정확히 알기는 어렵다. 다행히도 4품목을 재배하며 영양분 부족에 의한 생리장애는 보이지 않았다. 주로 초기와 겨울 재배 동안 발생한 생육부진은 영양분보다는 낮은 지온에 기인한 것으로 판단된다.

무경운의 영양공급은 일반 재배와 동일한 퇴비를 표토에 뿌려주는 것만으로도 부족하지 않은 것으로 판단되나 토양과 뒤섞어 주는 작업이 생략되므로 일반적인 기비투입보다 상당기간(2개월 이전) 일찍 기비를 해야 할 필요가 있는 것으로 보인다.

## 나. 병충해

전반적으로 무경운재배에서 병해와 충해는 다른 양상으로 나타났다. 3년 동안의 재배에서 전반적으로 병해는 감소하는 경향을 보였으나 충해는 오히려 늘어나는 경향을 보였다.

대표적으로 2년 차 딸기 후작기와 3년 차 가지에서 특이점이 나타났다. 2년 차 딸기의 후작기로 심은 오이는 대조구인 경운 토양에서 균핵병 피해주가 약 10% 정도 발생했으나 무경운 토양에서는 피해가 없었다. 그러나 무경운 오이에서 진딧물이 폭증하여 30% 정도 피해를 보았다.

비닐하우스 내 가지의 병해도 이전보다 상당히 줄었으나 3년 차에 담배거세미나방 유충 피해가 심했다. 8월 지속된 폭염과 건조한 날씨의 영향일 수도 있으나 예년까지 미미했던 담배거세미나방 유충이 8월 중순 이후 폭증하여 30% 이상의 피해를 보았다.

한편 들쥐나 두더지 등 설치류에 의해 상추도 다소간의 피해가 있었다. 소형동물에 의한 대공극<sup>5)</sup>이 늘어나 뿌리에 산소 공급은 원활했겠지만 뿌리나 뿌리 주변 토양을 훼손하는 경우가 늘어났다. 다행히도 피해 정도는 심각하지 않았다.

5) 토양 속에 있는 직경이 큰 틈새이다.

〈표 5〉 발생한 주요 병충해

품목	무경운 전	1년 차(2016년)	2년 차(2017년)	3년 차(2018년)
단호박	흰가루병 역병 호박과실파리	역병 호박과실파리	흰가루병 <b>역병<sup>1</sup></b> <b>호박과실파리</b>	흰가루병 호박과실파리
상추	진딧물	진딧물	<b>진딧물</b>	진딧물
가지	진딧물 응애 흰가루병	진딧물 응애	진딧물 응애	진딧물 응애 <b>담배거세미나방</b>
딸기	탄저병 잿빛곰팡이병 흰가루병 응애	탄저병 잿빛곰팡이병 응애	잿빛곰팡이병 응애 <b>진딧물</b>	잿빛곰팡이병 <b>응애</b> 진딧물

주1: 굵은 글씨는 평년 대비 피해가 컸던 병충해임

#### 다. 작물 생산량

무경운 전후의 평균 생산량은 딸기를 제외하고 모두 상승한 것으로 나타났다. 생산량 편차는 기후 등 재배환경뿐만 아니라 재배방법이나 시설개선을 지속적으로 해왔기 때문에 순수하게 무경운에 의한 영향으로 보기는 어렵지만 무경운 토대 내에서 다양하게 재배방법을 개선할 수 있음을 시사한다.

단호박은 연도별로 수확량 편차가 심했는데, 무경운 시작과 함께 종전의 덕 유인 시설을 주간거리(식재거리)와 유인높이를 늘리는 덕 시설로 교체하여 전반적으로 생산량이 늘었다. 2년 차에는 340kg으로 급감했는데, 극심한 봄 가뭄과 무리하게 비닐멀칭을 제거하여 잡초방제에 실패한 영향이 컸다. 3년 차에는 스프링클러를 설치하여 만성적인 봄 가뭄에 대응할 수 있게 된 것이 수확량에 영향을 미쳤다.

상추와 가지 생산량 증가는 재배기술의 향상과 가장 연관이 깊다. 상추는 주로 시비 횟수와 시기 조정에서, 가지는 지속적인 유인방법 개선이 영향을 미쳤다. 3년 차 가지의 생산량 급감은 담배거세미나방 유충이 급증하여 충해를 입었기 때문이다.

딸기 생산량 감소는 무경운과 연관이 깊은 것으로 판단되며, 3년 차에는 기존 수막 외에 온풍기를 추가로 가동하여 생산이 소폭 증가했다.

〈표 6〉 작물별 연도별 생산량

(단위: kg/10a)

품목	평균		연도별 생산량		
	무경운 전	무경운 후	1년 차 (2016년)	2년 차 (2017년)	3년 차 (2018년)
단호박	518(100) <sup>1</sup>	673(130)	705	340	973
상추 <sup>2</sup>	1,920(100)	2,057(107)	1,778	2,052	2,342
가지	4,232(100)	5,085(120)	5,646	5,656	3,953
딸기 <sup>3</sup>	1,340(100)	770 (57)	743	610	956
딸기(대조구)	1,340(100)	1,481(111)	1,743	1,230	1,469

주1: ( )는 수량지수임

주2: 상추는 봄, 가을 2회 재배함

주3: 딸기는 1년 차 2016~2017년, 2년 차 2017~2018년, 3년 차 2018~2019년임

## 2. 노동시간과 생산비의 변화

유인시설이나 관수시설이 있어야하는 하는 작물은 무경운으로 하여도 시설을 설치, 해체하지 않고 그대로 유지하여 노동시간이 절약되었다. 멀칭 방법에 따라 노동시간이 달라지는 데 대체로 유기물멀칭은 제조작업이 추가되고 비닐로 멀칭하고 이를 계속 유지하면 시간이 다소 줄어들었다.

유기물멀칭은 녹비나 잔사를 재배 종료 후 별도로 베어서 갈아 주는데, 비닐멀칭에서 비닐을 씌우고 걷는 노동과 상쇄되는 정도이다. 비닐멀칭은 한번 설치하면 3년간 유지했는데 이때 손 제조 작업이 1~2회 정도 추가되지만 무경운 연차가 진행될수록 노동이 경감되는 경향이 있었다.

또한 가지와 같이 잔사 정리 작업이 별도로 추가되는 작물은 농한기를 이용한 노동 분산이 가능했고, 주작물의 재배 이후 후작기 작물의 연결도 기존 틀 밭 그대로 이용할 수 있어 노동이 경감되었다.

생산비는 초기 틀 밭 제작에 소요된 비용을 제외하면 농기계 비용, 유인시설이나 관수시설의 설치비용이 절감되었다.

〈표 7〉 노동시간과 비용 경감(연간)

작물	면적(㎡)	노동시간(시간)			비용(원)
		감소 <sup>1</sup>	증가	절감	절감된 경비
단호박	2,300	26	10	14	320,000
상추	170	6	3	3	35,000
가지	730	36	8	28	230,000
딸기	560	18	8	10	470,000
합계	3,760	86	29	55	1,055,000

주1: 무경운이므로 일반적인 로터리작업, 두둑성형, 비닐멀칭 작업이 생략됨

### 3. 다양한 멀칭 방법

무경운재배는 경운 작업이 이루어지지 않기 때문에 기존에 발생한 잡초를 제거할 수 있는 잡초방제 체계가 필요하다. 작물의 생육과 제초작업에 소요되는 노동시간은 멀칭재료와 방법에 따라 큰 폭의 차이를 보였다.

〈표 8〉 다양한 멀칭 시도

구분	품목	1년 차(2016년)	2년 차(2017년)	3년 차(2018년)
노지	단호박	비닐멀칭	전년 비닐멀칭(30%) 녹비(70%)_호밀	전년 비닐멀칭(30%) 새 비닐멀칭(70%)
	상추	비닐멀칭(50%) 벗짚(50%)	전년 비닐멀칭(50%) 왕겨(50%)	전년 비닐멀칭(50%) 새 비닐멀칭(50%)
비닐 하우스	가지	녹비 (호밀+헤어리베치)	녹비 (호밀+헤어리베치) 전년 가지 잔사	녹비 (호밀+헤어리베치) 전년 가지 잔사
	딸기	왕겨	왕겨	왕겨

#### 가. 노지

노지에서는 상추와 단호박 재배의 비닐멀칭과 유기물멀칭을 비교하였다. 비닐 외

에 상추는 벧짚이나 왕겨, 단호박은 동계 재배한 호밀을 베어 덮어주었다. 노지에서는 비와 바람에 의한 분해 속도가 빨라 유기물멸칭의 효율은 낮았다. 노지 상추에서 장마 이후 벧짚은 모두 분해되어 잡초가 무성하게 되고 표토가 노출됨에 따라 상추의 품질과 수확 작업에 어려움을 겪었다. 또한 2년 차 봄에는 상추와 단호박 정식에 앞서 이미 봄풀이 두둑을 점령해 있는 상태로 무경운에서는 이 잡초들을 제거하는 데 어려움이 있었다.

노지에서 잡초억제 효과를 보려면 상당한 양의 멸칭재료가 필요한데 비용이나 노동이 과다해지는 문제점이 있었다. 동계 녹비를 재배하여 이용하는 것도 경기도 양평지역 노지에서는 비닐하우스보다 호밀 생육이 현저히 느리고, 정식 전에 베어 덮어줄 수 있는 생체량도 잡초억제 효과를 기대하기에 부족하였다. 노지에서 왕겨멸칭은 상대적으로 분해 속도가 더더 잡초억제에 효과를 보았으나 양이 많이 필요하고 왕겨가 상추에 닿아서 수확작업에 불편을 초래하였다.



[그림 3] 벧짚(좌)과 비닐멸칭(우) 생육 차이(상추)

노지에서 비닐멸칭을 한 경우에도 최초 1회 멸칭한 비닐을 3년간 그대로 유지하였으며, 매년 새롭게 설치, 제거하는 데 들어가는 품보다 노동시간이 절약되었다. 멸칭비닐의 훼손이 약간 있어 잡초가 발생하나 비닐을 걷고 새로 씌우는 노동보다 쉽게 제어할 수 있는 정도였다.

제초문제 외에는 2년 차 노지에서 심한 봄 가뭄으로 비닐멸칭을 하지 않은 부분은 생육이 부진하였다. 노지 단호박과 상추는 관수시설이 설치되지 않은 밭에서 재배하였고, 일반적으로 무경운 토양이 경운 토양보다 습하다고 알려져 있으나 낮은

연차의 무경운 토양은 비닐멀칭보다 보습력이 약해 위조현상<sup>6)</sup>이 더 빨리 일어났다. 또한 노지에서 4~5월 단호박과 상추 정식 직후 비닐멀칭보다 유기물멀칭 온도가 낮게 유지되어 생육이 비닐멀칭보다 부진하였다.

이러한 이유로 노지재배에서 3년 차에는 모두 비닐멀칭으로 돌아올 수밖에 없었다. 무경운재배는 일반적으로 유기물멀칭과 연결하지만 소규모 농업은 비용, 노동시간, 작물생육 등 효율을 고려했을 때 노지에서는 비닐멀칭이 더 효율적인 것으로 판단된다. 6~8월 고온기에 지온이 폭등하는 비닐멀칭의 문제점을 감소하기 위해 노지 단호박과 상추재배에서는 모두 유공비닐을 사용하였다.

## 나. 비닐하우스

딸기 재배에서는 3년 동안 최초 1회 덮어준 왕겨로 멀칭을 유지하였다. 대조구의 비닐멀칭보다 흡열이 제한됨에 따라 지온을 높이지 못하는 데 일조한 것으로 판단된다. 또한 딸기 과실에 왕겨가 닿아 수확작업에 불편을 초래하였다.

낮은 온도는 겨울 딸기재배에 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 일반적으로 두둑을 높이고 흑색 비닐로 두둑 전체를 멀칭하는 것은 빛을 흡수하여 밤 동안 지온을 올리기 위한 것인데, 목재틀과 왕겨멀칭이 이러한 기능을 수행하지 못하여 지온이 비닐멀칭보다 1.5~2.0℃가량 지속적으로 낮게 관찰되었다.



[그림 4] 왕겨멀칭(좌)과 비닐멀칭(우) 생육차이(딸기 1년 차 1월 중순)

6) 수분이 부족하여 식물체 조직이 말라 가는 현상이다.

견학한 아산의 딸기 농가는 무경운으로 재배하면서 일반적인 재배법과 같이 비닐 멀칭하여 10년 이상 지속하고 있었으며, 수막 외 온풍기를 추가로 가동하여 온도를 높여 안정적인 생산을 해내고 있었다. 겨울철 딸기 재배에서는 지온을 상승시킬 방안이 없으면, 틀 밭과 왕겨멀칭은 부적절한 것으로 판단된다.





비닐하우스 가지재배는 겨울동안 재배한 호밀과 헤어리베치, 전년도의 가지의 잔사를 이용했는데 녹비의 생육이 왕성하여 전생육기간 내에 잡초억제가 가능한 녹비의 양을 확보할 수 있었으며, 비바람의 영향을 거의 받지 않아 분해 속도도 느려서 다음 연도 정식 전까지 봄풀이 발생하지 않게 억제하는 것이 가능하였다.

유기물로 멀칭하면 비닐멀칭보다 효율이 낮아 한두 번의 손 제초가 필요하다. 그러나 연차가 지날수록 제초에 필요한 시간이 줄어들었으며, 특히 비닐하우스 내 가지 재배에서는 가지의 잔사가 많고 분해 속도가 더더 녹비와 잔사로 멀칭하는 효과가 높았다. 2년 차에 약 10cm 정도 두께의 멀칭을 지속적으로 유지할 수 있었다.

#### 다. 토양 온도

토양 온도는 무경운 토양이 전반적으로 경운 토양보다 낮게 측정되었다. 이는 무경운의 일반적인 연구 결과와 동일하다.<sup>7)</sup> 경운 여부보다 더 큰 영향을 미치는 것은 멀칭 재료이다. 일반적으로 사용하는 비닐과 같이 통기성이 없는 경우 외부온도 변화에 따라 온도변화가 심하지만 왕겨, 잔사 등 유기물로 멀칭한 토양보다 온도가 높게 나타났다.

7) 경감된 경운의 단점은 낮은 지온과 습윤토양에서 토양 수분의 증가로 이는 수확 감소로 이어질 수 있다.  
원문: Disadvantages with reduced tillage may include reduced soil temperature and increased soil moisture contents in udic soil moisture regimes, which can decrease crop yields.(Coolman&Hoyt, 1993)

구분	비닐멀칭	유기물멀칭
봄		
여름		

[그림 5] 멀칭별 온도차이

#### 4. 토양의 변화

토양분석 결과 무기 영양성분이나 산도, 유기물 함량, 전기전도도 등 친환경 재배에 중요한 요소들에서도 3년간의 무경운으로는 유의미한 변화를 찾기 어려웠다.

무경운 3년 경과 후 체감되는 토양은 멀칭에 따라 다르지만 유기물로 두껍게 멀칭된 경우 토양 동물에 의한 공극이 많고 로터리 작업 직후와 같이 부드러운 상태가 유지되었다. 비닐멀칭도 수확완료 이후에 수거하지 않고 계속 덮어둔 경우 흙의 상태는 맨땅이 드러난 경우보다 부드러웠다.

〈표 9〉 토양 주요 지표

작물	항목	1년 차(2016년)	2년 차(2017년)	3년 차(2018년)
단호박 (노지)	산도(pH)	7.7	7.5	7.3
	유기물(g/kg)	19	31	33
	전기전도도(dS/m)	0.2	0.8	0.5
가지 (시설)	산도(pH)	7.7	8.1	7.4
	유기물(g/kg)	28	29	23
	전기전도도(dS/m)	1.8	1.7	1.7
딸기 (시설)	산도(pH)	7.1	7	6.7
	유기물(g/kg)	20	22	16
	전기전도도(dS/m)	0.6	0.8	0.8

## 결론

본 연구 결과는 일반적인 무경운 토양의 선행연구와 유사하였다. 먼저 비닐하우스 및 노지재배에서 봄철 초기 생육이 다소 부진하나 여름 재배는 모두 양호하였고, 비닐하우스를 이용한 여름작물의 재배에서 가장 좋은 결과를 나타냈다. 그러나 겨울 재배에서 틀 받은 생산이 현저하게 떨어지는 현상을 보였다. 무경운재배를 지속하기 위해서는 저온기에 토양온도 상승방법이나 지온관리가 중요하다고 판단된다.

한편 무경운재배에서 잡초억제 방법으로는 작물별로 녹비, 벧집, 왕겨, 비닐멀칭 등을 다양하게 시도하였다. 무경운재배에서 잡초관리와 작물생육을 위해 재배작물이나 시기에 따라 적절한 멀칭의 재료와 방법을 선택하는 것이 중요한 요소였다.

유기물멀칭은 노지와 비닐하우스에서 효과가 큰 차이를 보였는데 비닐하우스는 비의 영향을 거의 받지 않아 녹비나 왕겨, 벧짚 등이 서서히 부숙되어 생육 전체기간 동안 풀 억제와 유기물 공급에 기여했다. 그러나 노지에서는 그 분해나 풍화가 급격히 이루어짐에 따라 상당량의 멀칭재료가 보충되지 않으면 잡초방제 역할을 하지 못했다. 또한 4~5월 생육 초기에 비닐멀칭보다 온도가 낮게 유지됨에 따라 생육 부진에 일조하였다.

무경운재배의 수단으로써 피죽을 이용한 틀 받은 약간의 뒤틀림이나 노지에서 토압에 의한 봉괴가 있었으나 피해는 크지 않았고, 농한기에 보수하여 주면 관리에

어려움이 없었다. 3년 사용에도 목재나 쇠파이프 말뚝의 부식정도가 양호하여 5년 이상 사용도 충분한 것으로 판단된다. 다만 본 연구와 같이 목재로 틀 받을 만든 경우 농기계의 사용이 제한적이며, 특성이 다른 작물로 변경하기 힘든 점이 있다. 즉 연작이 전제되며, 이번 3년간의 연작(중전 경운 기간을 포함하면 평균 7년 연작)에서 연작장해는 관찰되지 않았다. 노지에서는 풍화에 대비해 두둑을 유지하는 틀 받이 유용한 것으로 판단된다. 그러나 토양의 배수가 원활한 토양이나 작물에 따라 굳이 두둑을 높일 필요가 없을 때는 나무틀을 사용할 필요는 없는 것 같다.

작물의 병은 중전 경운재배시보다 덜했지만 충해는 늘어난 경향을 보였다. 토양 물리성 개선으로 안정적인 토양이 되었고, 건전한 생태계가 조성됨으로써 작물의 병 충해와 생리장애는 경감된다는 의견과 경운으로 병충해 인자를 교란하지 않음에 따라 폭증할 수 있다는 의견이 대립하고 있다. 무경운에 따른 해충 발생과의 연관은 더 관찰할 필요가 있는 것으로 보인다.

무경운으로 재배함으로써 절감된 노동시간과 경비는 계산되는 양보다 더 크게 체감되었다. 특히 무경운으로 노동력을 줄이거나 분산시킬 수 있어 고령화로 노동력이 저하되는 소농가가 농업을 지속하는 데 좋은 대안이 될 것이다. 또한 토양은 물리성면에서 3년간의 무경운으로도 그 변화를 느낄 수 있었다. 지속적인 유기물 공급과 비배관리가 이루어진다면 갈수록 토양이 좋아질 것으로 예상된다.

작물이나 재배시기 등에 따라 편차를 보이지만 친환경채소 농업에서 무경운재배는 소농이 농업을 지속할 수 있는 하나의 대안이 될 수 있는 것으로 보이며, 나타난 문제점들에 대응하면서 무경운재배를 지속할 예정이다.

## 참고문헌

농사로. 작목기술정보-콩-재배·생리-무경운재배. [www.nongsaro.go.kr](http://www.nongsaro.go.kr).

D.R. Huggins and J.P. Reganold. 2008. “No Till : the Quiet Revolution”. 『Scientific American』 299(1): 70-77.

R.M. Coolman and G.D. Hoyt. 1993. “The Effects of Reduced Tillage on the Soil Environment”. 『HortTechnology』 3(2): 143-145.

USDA NASS, 2018. 『Tillage Intensity and Conservation Cropping in the United States』