

딸기 생산-소비 과정에서의 탄소배출 추적 및 절감 방안 제안

손연주, 강보경, 김다운, 맹서영, 배기현, 백가영, 석예원
[식물하는 김에 탄소일주]

1. 서론

1) 연구배경

지구의 온도가 2°C 이상 상승할 경우, 폭염 한파 등 보통의 인간이 감당할 수 없는 자연재해가 발생한다. 하지만 상승 온도를 1.5°C로 제한할 경우, 생물다양성, 건강, 생계, 식량안보, 인간 안보 및 경제 성장에 대한 위험이 2°C보다 대폭 감소한다. 지구 온도의 상승, 즉 지구온난화는 온실 가스의 한 종류인 탄소 배출과 밀접한 관련이 있다. 이산화탄소 배출이 증가할수록 대기 중 이산화탄소 농도는 높아지고, 이는 지구로 들어오는 태양 에너지를 가둬 지구 온난화를 가속화한다. 지구온도 상승을 1.5°C 이내로 억제하기 위해서 2050년까지 탄소 순 배출량이 0이 되는 탄소중립 사회로의 전환이 필요하다(IPCC, 2018). 그런 이유로, 선진국에 의무를 부여하는 '교토의정서' 채택(1997)에 이어, 선진국과 개도국이 모두 참여하는 '파리협정'을 2015년 채택했고, 국제사회의 적극적인 노력으로 2016년 11월 4일 협정이 발효됐다. 국내에서는 탄소중립 추진전략(2020.12.7.), 탄소중립기본계획(2023.3.21.)을 통해 신재생 에너지 활용, 저탄소 산업구조로의 전환 등의 전략을 시행하고 있다. 하지만 2023년 12월에 발표된 국제 연구 단체의 평가에 따르면 한국은 기후변화 대응 평가에서 67개국 중 64위에 그치는 등 여전히 많은 개선이 필요한 상황이다(이율립, 2023).

농업 분야는 전 세계 온실가스 배출량의 약 34%를 차지할 정도로 큰 영향을 미치고 있다(M. Crippa, 2021). 농산물의 생산, 유통, 소비 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량을 포함한 총 온실가스 배출량, 즉 농산물의 탄소발자국의 측정의 필요성이 대두되고 있다. 특히 농산물의 생산 단계에서는 비료 사용, 토양 관리가 주요한 배출 요소가 될 수 있으며, 유통 및 소비 단계에서는 식품 가공, 포장, 운송, 소매 중 탄소배출이 발생한다. 대부분 생산 단계에서의 배출량이 많지만, 유통과 소비가 전체 배출량의 절반 이상을 차지하는 경우도 있다(FAO, 2022). 그러나 농촌진흥청을 비롯한 여러 연구 기관에서 농산물의 탄소발자국에 대한 현재까지의 연구는 주로 생산 과정에 집중되어 있다(장재경 et al., 2023; 김다운 et al., 2020). 농산물은 생산된 이후 다양한 유통 경로를 거쳐 소비자의 식탁에 도달하며, 이 과정에서도 상당한 양의 탄소가 배출된다. 이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 생산, 유통, 소비의 전 과정을 아우르는 농산물의 탄소배출에 대해 다루고자 한다.

딸기는 대표적인 국내 농산물로, 농업생산액 상위 10개 품목에 포함될 정도로 중요한 원예작물이다(KERI, 2024a). 또 겨울철 대체 소비 품목이 많지 않고, 먹기 쉬워 지속적으로 소비가 증가할 가능성이 높다(KERI, 2024b). 또한 다양한 작형을 사용해서 생산할 수 있는 작물이기 때문에 다양한 측면에서 탄소배출을 확인할 수 있다는 점에서, 본 연구에서는 딸기의 탄소배출에 대해서 연구하고자 한다. 딸기의 생산, 유통, 소비 과정을 조사하고, 각 단계별 탄소배출에 대한 연구와 정책을 조사하여 각 단계에서의 탄소 배출 실태와 저감 방안에 대해 알아보려고 한다.

2) 연구 방법

해당 연구를 위해 딸기의 생산·유통·소비에 대한 자료를 문헌조사하고, 인터뷰를 진행했다.

문헌수집을 통해 현 시점에서의 딸기의 생산, 유통, 소비 현황을 파악하였고, 농촌진흥청 및 그 산하의 기관들에서 나온 자료들을 중점적으로 살펴보았다. 그 밖에도 aT한국농수산물유통공사 (Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation)에서 운영하는 농식품수출정보(KATI), 최신의 현황을 반영하기 위한 뉴스 내용을 활용하였다.

해당 연구는 규모가 큰 주제를 다루고 있다 보니, 문헌조사로는 누락될 수 있는 정보가 발생하기 쉽다고 판단하여, 현장 실무자들과의 인터뷰를 통해 생산부터 소비까지의 과정에서 발생하는 탄소 흡수 및 배출의 다양한 요인을 살펴보았다. 인터뷰 방식은 방문 면담으로 진행되었고, 농가별 공통 질문에 더해 생산 현장에 관한 추가적인 질문을 더했다. 생산자와 진행한 질문의 주제는 크게 생산 시설 및 비용, 유통 방식, 에너지를 덜 쓰는 농사 방법에 대한 현장의 고민으로 이루어졌고, 유통업체, 탄소 배출 측정 업체와의 질문 주제는 주로 현 포장 방법이 나온 배경과 친환경 포장의 시행착오, 유기농 인증, 저탄소 인증 등 여러 농산물 인증제가 농가에 적용되며 발생하는 제도적 문제에 대한 부분을 중점적으로 살펴보았다.

<표 1> 인터뷰 대상 정보

연번	구분	이름	비고
1	생산	'ㄱ'농가	시설(하우스)를 활용한 수경재배
2	생산, 유통, 소비	'ㄴ'농가	유기농 시설(하우스) 재배
3	생산, 유통	'ㄷ'농가	재생유기농업 및 마켓가드닝
4	유통, 소비, 생산	'ㄹ'유통업체	포장 및 유기농업제도, 소비
5	유통, 소비, 생산	'ㅁ'탄소 배출 측정 업체	탄소저감 효과 분석

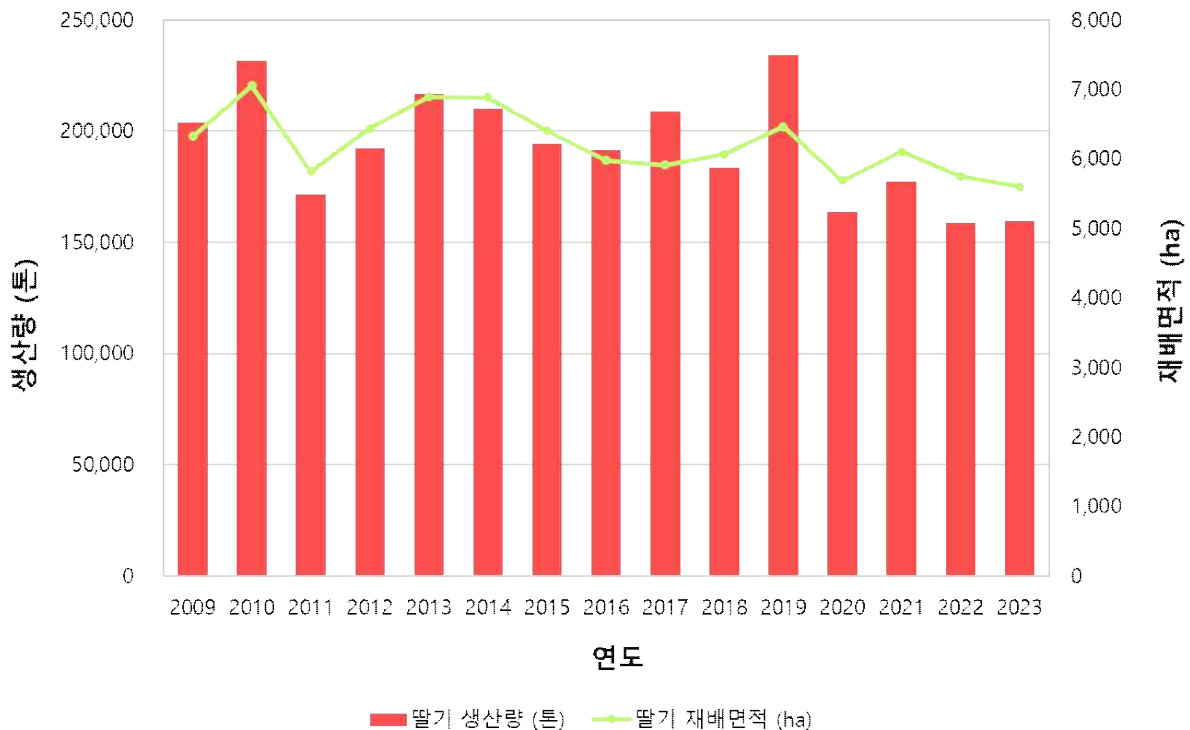
2. 본론

1) 문헌조사

(1) 생산

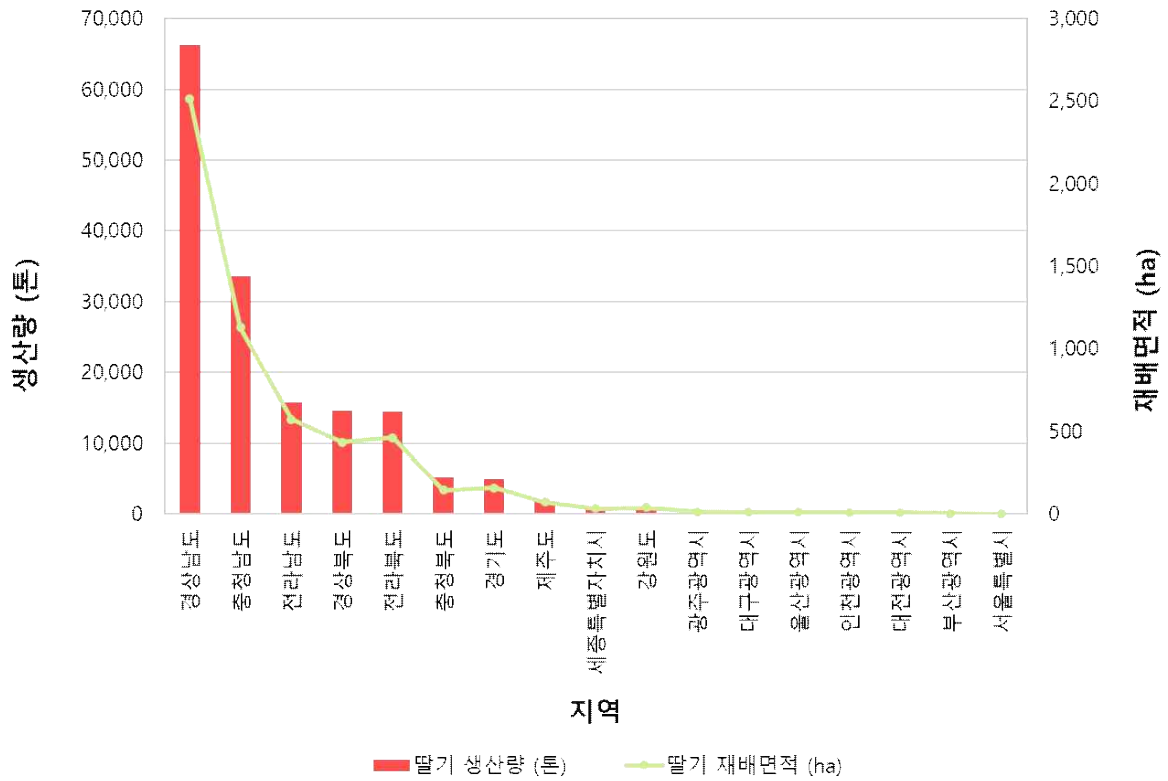
① 국내 딸기 생산 방법과 현황

우리나라 딸기 재배면적은 증감을 반복하고 있긴 하나 2010년 이후 감소세에 있다(그림 1). 재배면적의 감소세는 농가 고령화, 타 작목 전환, 노동력 부족으로 인한 현상으로 판단하고 있다(KREI, 2024b). 2009년~2023년의 재배면적을 확인했을 때 2010년에 7,049ha로 최고치를 기록하고, 2023년 5,600ha로 최저치를 기록했다. 생산량은 2019년에 234,225톤으로 최고치를 기록하고, 2022년에 158,807톤으로 최저치를 기록했다. 2020년 이후 이상고온 현상으로 인한 극심한 병 피해와 단수의 감소로 딸기 생산량은 16만톤 내외로 감소한 상황이다(김주희, 2024).



<그림 1> 연도별 딸기 생산량 및 재배면적(KOSIS, 2024)

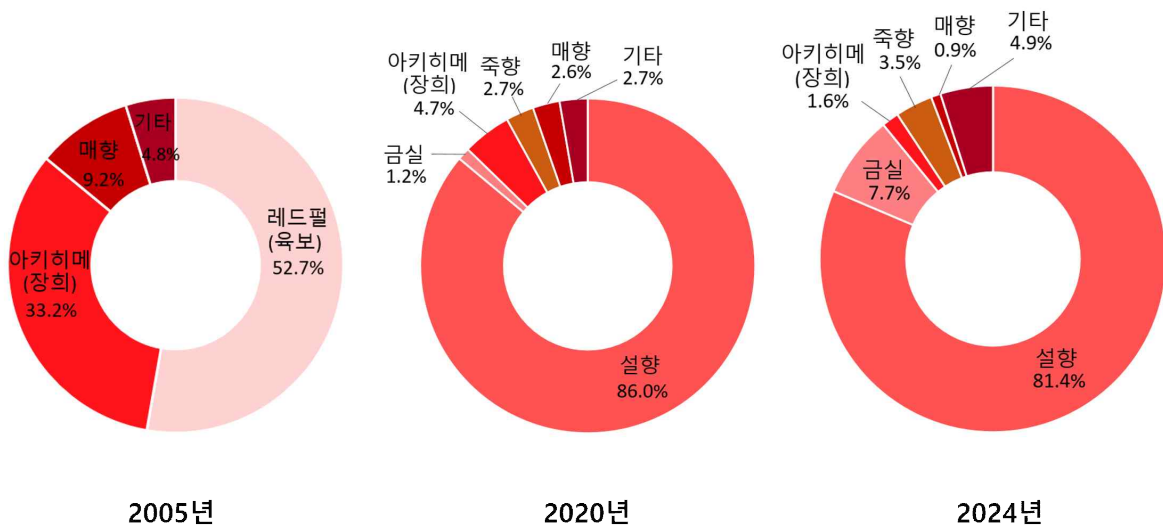
국내 딸기는 경남, 충남이 주 생산지이다. 2023년 기준 경남이 66,317톤으로 가장 많이 생산하고 있으며, 충남이 33,597톤으로 2위를 기록하고 있다(그림 2). 그 외에도 전남, 경북, 전북, 충북, 경기도, 제주도, 강원도순으로 높은 생산량을 보이고 있었다. 이는 대체로 재배면적에 비례하는 결과로, 2023년 기준 재배면적이 경남, 충남, 전남에서 높은 모습을 보였다. 경남 2,514ha, 충남 1,129ha, 전남 573ha의 재배면적을 기록하였다. 특히 경남은 생산량과 재배면적이 모두 다른 지역에 비해 현저히 높은 모습을 보인다.



<그림 2> 2023년 지역별 말기 생산량 및 재배면적(KOSIS, 2024)

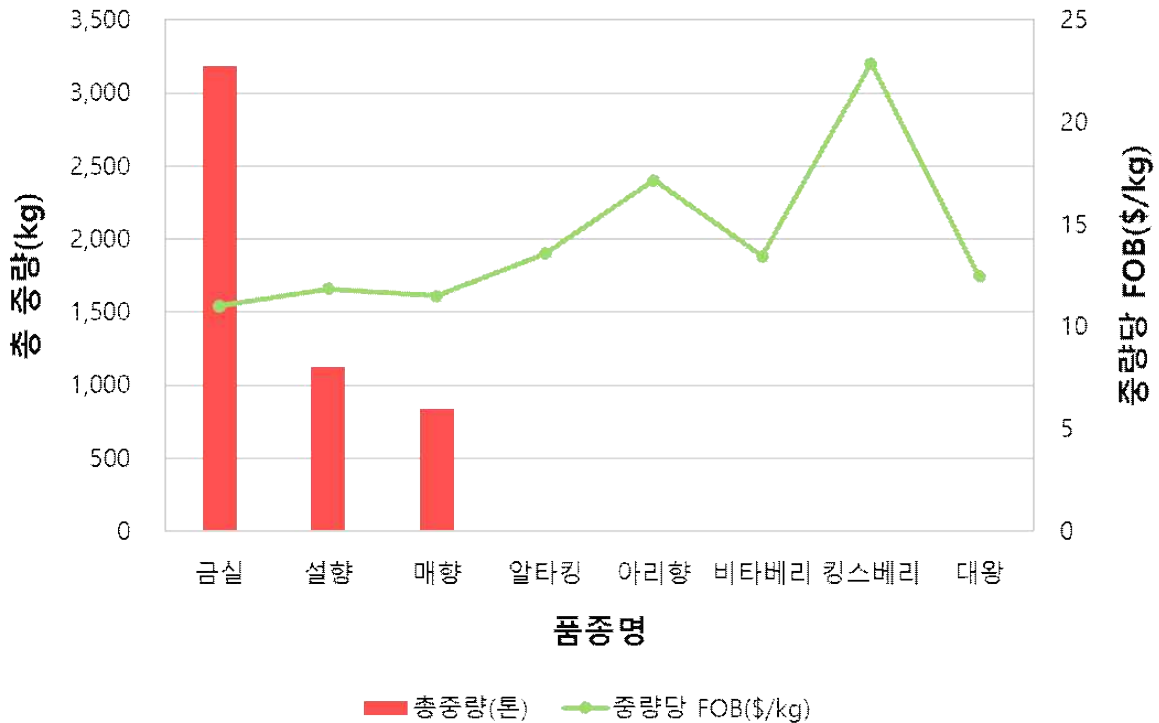
② 말기 품종 현황

2005년 당시 90% 이상의 종자가 레드펠(육보), 아키히메(장희) 등의 일본 품종이었으나, 현재 국내에서 생산되는 대부분의 말기는 국산 품종이다(그림 3). 설향, 금실, 죽향, 매향이 국내 말기 재배의 대부분을 차지하고 있다. 특히 ‘설향’은 내병성이 높고, 수확량이 많아 2024년 전체 말기 품종별 재배면적의 81.4%를 차지하고 있다. 하지만 2020년 이후에 설향의 재배면적은 점차 하락하고 있다. 이는 재배농가들이 금실, 킹스베리 등의 다른 신품종으로 전환하고 있기 때문이다. (KREI, 2024b).



<그림 3> 말기 품종별 전국 재배면적 비교 (이인하, 2019; KREI, 2024b)

현재 국산 딸기는 국내뿐 아니라 해외에서도 소비되고 있다. 2022년 기준 금실, 설향, 매향순으로 높은 수출량을 기록하고 있다(그림 4). 금실 3187톤, 설향 1127.1톤, 매향 836톤, 알타킹 11.2톤, 아리향 5.1톤, 비타베리 1.7톤, 킹스베리 1.3톤, 대왕 0.4톤의 수출량을 기록했다. 금실이 다른 품종보다 확연히 높은 수출량을 보이고 있다. 또, FOB¹⁾(Free on board)의 경우 킹스베리가 가장 높은 22.9\$를 기록했으며, 수출량이 많은 금실, 설향, 매향은 각각 11\$, 11.8\$, 11.5\$로 11달러 내외를 비슷하게 기록하고 있음을 확인할 수 있었다.



<그림 4> 2022년 품종별 수출현황 (수출딸기 신제품 현황, 경상남도농업기술원 윤혜숙)

③ 농업 방식

다년생 초본 딸기의 일생은 러너 발생, 포기 발육, 꽃눈 형성, 휴면, 개화, 결실로 이루어진다(농촌진흥청, 2019). 러너란 기는 줄기, 포복지와 같은 말이다. 말그대로 기는 형태로 나아가는 줄기를 말한다. 생육이 왕성하면 크라운(crown, 관부, 짧은 줄기)에서 발생하며, 러너의 끝에 새로운 식물체가 발생한다. 이때 기존에 존재하고 있던 식물체는 엄마의 역할을 한다고 빗대어 설명하며 어미 포기라 불리며, 어미 포기로부터 새롭게 발생한 식물체를 자식에 빗대어 설명하여 자묘라 부른다. 자묘는 모주로부터 분리시켜 옮겨 심을 수 있고, 이를 이용한 번식은 현재 딸기 농업에서 중요한 작업에 속한다. 밤 온도 17℃ 이상, 낮의 길이 12시간 이상이 되면 어미 포기의 관부에서 러너가 발생하며, 묵은 포기보다 1년생 포기에서 발생이 많고, 수확에 이용한 포기는 러너가 잘 나오지 않고 병해충의 피해 확률이 높다(농촌진흥청, 2019).

딸기 꽃눈(화아)의 분화의 1차적 요인은 온도이며, 일장(낮의 길이)은 2차적 요인이다(농촌진흥청, 2019). 기본적으로 잎이 최소한 3매 이상 전개된 상태에서 식물체의 질소 함량이 낮을 때 분화

1) 화물을 선적항에서 매수자에서 인도할 때의 가격으로 본선적재가격이나 수출항 본선인도가격

가 가능하며, 10~25℃는 화아분화를 촉진하는 온도 범위이며, 화아분화에 효과가 없는 온도 범위는 5~10℃, 화아분화를 저해하는 온도 범위는 5℃ 이하, 30℃ 이상이다(농촌진흥청, 2019). 분화가 끝난 후에도 지나친 고온에 노출되면 과실의 품질과 생산량에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(농촌진흥청, 2019).

딸기는 다양한 품종의 개발과 재배기술의 발달로 다양한 형태의 농업 방식을 가진다. 축성재배에 적합한 작형인 ‘설향’, ‘금실’, ‘매향’이 전국 전체 90%의 면적을 차지하고 있다는 점을 미루어보았을 때, 국내 딸기 재배는 축성 재배가 주를 이루고 있음을 알 수 있다 (그림 3, 표 2). 축성재배는 정식한 묘가 휴면에 돌입하기 전 보온 또는 가온하여 꽃눈의 개화, 결실을 촉진하는 방식으로, 9월 상중순에 정식하여 무휴면 상태로 재배하여 대개 12월 상중순경부터 수확이 가능하다(KAMIS, 2021)(표 3). 이른 시기부터 재배가 가능하기 때문에 타 작형에 비해 수확량이 많아 축성재배를 선호하는 경우가 많다. 반축성재배는 정식한 묘를 겨울에 그대로 추위에 노출시켜 품종에 따라 적당한 휴면 기간을 거쳐 휴면이 어느 정도 타과된 후 이른 봄부터 보온을 시작하여 꽃눈의 개화, 결실을 촉진시키는 작형으로 2월부터 수확한다(농촌진흥청, 2019; KAMIS, 2021). 그 밖에도 사계성 품종을 이용한 여름 재배가 전북 무주, 경남 합천, 강원 평창 등 고랭지 또는 준고랭지를 중심으로 이루어지고 있다(농촌진흥청, 2019;이은원, 2024). 여름 재배는 고온 장일 조건에서 화아분화하여 개화 및 수확이 가능한 사계성 품종을 이용해야 하며, 정식용 묘를 -1.5~2℃ 사이에서 냉동 보관하는 과정이 필요하다. 사계성 품종은 여름 딸기라고도 불린다. 겨울에 생산되는 딸기에 비해 과실 품질이 낮아 케이크 등의 장식용으로 제과업체와 계약재배를 통해 수매되고 있다(농촌진흥청, 2019;이은원, 2024).

딸기의 병해충에는 생육이 위축되고 심해지면 시들어 죽는 시들음병, 크라운 및 잎자루 포복경이 적갈색 또는 암갈색으로 변하며 썩는 탄저병, 과실을 비롯한 식물체에 담갈색 얼룩이 나타나며 결국 부해시켜 잿빛의 분생포자로 덮히는 잿빛곰팡이병, 고온기를 제외한 전 기간에 발생하며 흰가루를 뿌려 놓은 듯한 증상이 나타는 흰가루병, 흡즙으로 인해 잎에 흰색이나 황색의 반점이 나타나고 광합성량을 저해하여 생산량을 저해하는 응애, 잎과 꽃을 가해하며 기형과를 유발하는 총채벌레, 잎을 가해하는 과밤나방 등이 있다(농촌진흥청, 2024)(그림 5).

<표 2> 국내 주요 딸기 품종 정보(이인하, 2019; 윤혜숙, 2020)

품종명	적응작형	육성국가
설향	축성	한국
금실	축성	한국
킹스베리	축성	한국
매향	축성	한국
죽향	반축성	한국
고하	사계성	한국
레드펠(육보)	축성, 반축성	일본
아키히메(장희)	축성	일본

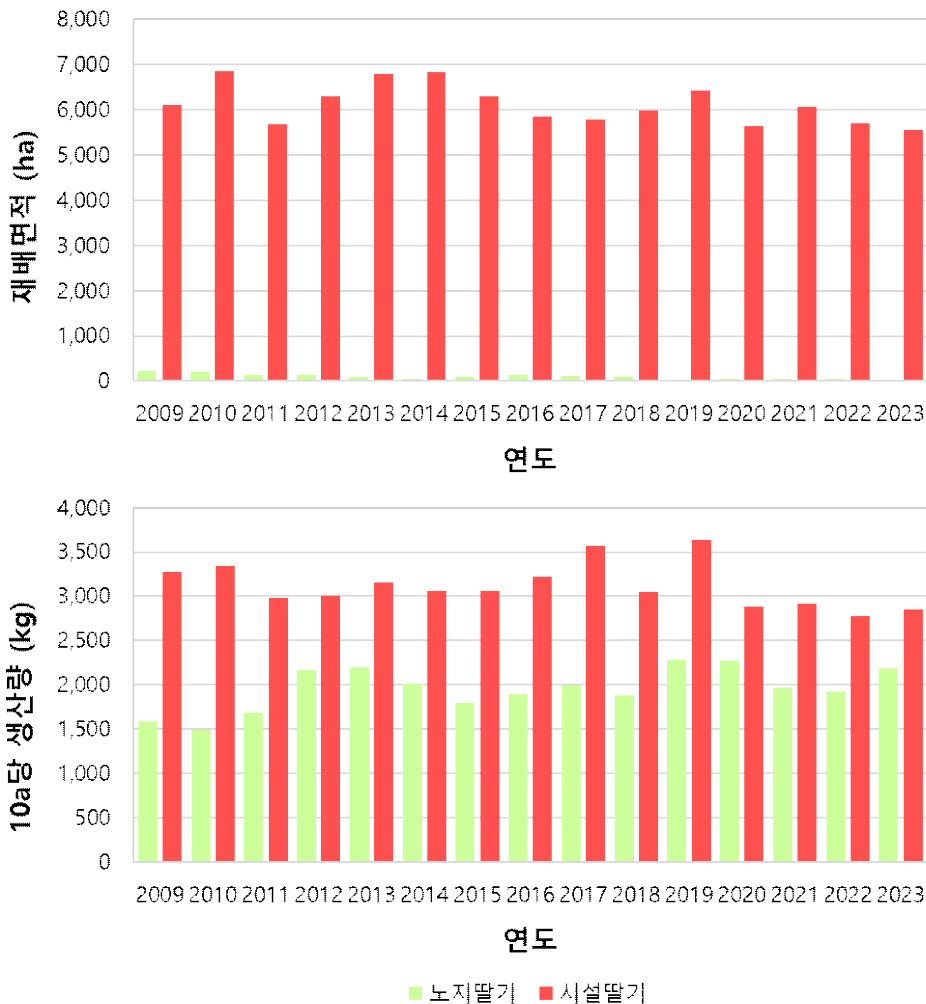
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
축성	보온		모주 정식	자묘증식					정식	보온			
	수확												수확
반축성	보온		모주 정식	자묘증식					정식	휴면	보온		
	수확												
사계성	묘 냉장저장			모주정식	자묘증식				묘 냉장저장				
			육묘 기간	정식 기간	수확								

<그림 5> 농작업 방법별 생육일정 (농촌진흥청, 2024; 농촌진흥청, 2019 자료 변형)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
축성	흰가루병, 응애, 총채벌레, 탄저병, 시들음병, 진딧물, 파밤나방											
반축성	잣빛 곰팡이병, 응애, 총채벌레, 탄저병, 시들음병, 잎선충, 파밤나방흰가루병, 응애											
사계성	잣빛 곰팡이병, 시들음병, 잎선충, 응애, 흰가루병											

<그림 6> 농작업 방법별 병해충 (농촌진흥청, 2024; 농촌진흥청, 2019 자료 변형)

딸기 재배(육묘를 포함하여 지칭)는 비가림막과 같은 시설 사용유무, 고설재배베드 사용 유무, 양액 사용 유무, 차근막 사용 유무 등에 따라 분류된다. 현재 국내에서는 노지재배, 즉 비가림막이 없는 재배형태는 거의 이루어지지 않는다(그림 7). 2009년에 약간 남아 있던 노지재배면적도 2023년에 더 감소한 것을 확인할 수 있다. 이는 노지재배가 시설재배에 비하여 적은 단수를 가지고 있고, 현재 주로 재배되고 있는 품종이 대부분 축성재배품종이기에 난방이 가능한 시설재배가 필요하기 때문이다(그림 7). 시설재배는 크게 토경재배와 수경재배로 나눌 수 있다(이종원&나옥호, 2013). 지속된 지원사업으로 시설재배 중에서도 고설 수경재배면적이 2023년에 전체 고설재배면적의 40% 이상을 차지하고 있다(KREI, 2024b). 고설 수경재배란 작물의 위치를 재배벤치 등으로 높여 작업자가 쪼그리고 앉는 불편한 자세를 피하고 서서 일할 수 있도록 하고, 그리고 재배벤치 위의 배지에 양액을 급액하여 식물을 재배하는 방식을 뜻한다. 2021년 농축산식품부에 따르면, 수경재배 작목 중에서도 딸기는 53.4%(3,009ha)로, 타 작목과 비교했을 때도 수경재배 면적이 넓은 것으로 알려져 있다(국립원예특작과학원, 2023). 수경재배는 스마트팜과 연계하여 많이 활용되고 있다. 스마트팜은 농산물 생산량 증가, 노동시간 감소를 통해 농업 환경을 개선해주는 것으로 알려져 있으며, 농촌진흥청은 스마트팜 최적환경설정 안내서비스를 통해 일사량에 따른 적정 내부 온도, 평균습도, 급액 pH, EC 정보 등을 제공하고 있다(농사로 스마트팜 소개, 2024; 농촌진흥청 스마트팜 최적환경설정 안내서비스, 2024).



<그림 7> 노지딸기, 시설딸기의 재배면적 및 10a당 생산량(단수) (KOSIS, 2024)

(2) 생산에서의 탄소배출

① 저탄소농축산물인증제 도입을 통한 저감 노력

현재 정부는 유럽연합(European Union: EU)의 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM) 및 수출 시장에서 점점 커지는 탄소 가격 중요도에 대비하기 위해 고도화된 탄소 배출량 측정을 위해 LCI(Life Cycle Inventory) DB(Database) 축적에 대한 개발 계획을 세우고 있다(김아영, 2022). 국내에서는 1988년부터 전과정평가(LCA: Life Cycle Assessment) 개념이 도입되었으나, 농업분야는 비교적 늦게 2009년부터 '농식품 부문 탄소이력추적 기반구축 연구'를 진행했다(국립농업과학원, 2019). 2016년 4월까지 농촌진흥청에서는 비료 및 기타농자재 등의 약 60개 LCI 데이터베이스를 구축하여 '농산물 온실가스 배출량 산정을 위한 공통지침'을 공개하였고, 이를 통해 '저탄소농축산물인증제' 운영이 가능해졌다(국립농업과학원, 2019).

저탄소농축산물인증제는 2012년 1차년도 시범사업 후 지속되고 있으며 2023년 기준 9,085호의 농가가 참여하고 있다 (한국농촌경제연구원, 2018; 농림축산식품부, 2024a). 친환경·농산물우수관리(GAP) 인증을 받은 65개 품목 농산물을 대상으로 저탄소 농업기술을 적용하여 생산되었을 경우 신청할 수 있으며, 심사를 거쳐 저탄소농축산물인증제의 인증마크를 사용할 수 있다(농림축산식품부, 2024a). 농가의 경우 품평상담회를 통해 판로 확보 및 소득 향상이 가능하며, 인증심사 전 과정에 대해 컨설팅 및 비용을 지원받을 수 있다. 소비자의 경우 그린카드를 이용한 저탄소 농산물 구매시, 구매 금액의 15%를 적립 받을 수 있다(이평진, 2024). 딸기도 저탄소 농축산물 인증을 받을 수 있는 품목이며, 저탄소 농업기술에는 총 18개의 기술이 포함되어 있다(표 1)(농림축산식품부, 2024b).

저탄소 농업기술 중 폐양액 재사용 시스템은 수경재배에 사용되는 기술로, 양액재배 과정 중 배출되는 폐양액을 회수하여 재사용하는 기술이다. 자원(화학비료, 농업용수) 사용량과 배액 배출량이 적어 저탄소 농업기술로 선정되었지만, 병해 위험률과 시설 투자비가 높고 양수분 관리가 비교적 어렵다는 단점이 있다(국립원예특작과학원, 2023). 농촌진흥청은 탄소배출량저감에 대한 필요성이 점차 높아지자, 전체 수경재배 면적에서 5%에 불과한 순환식 수경재배면적을 늘리기 위해 '순환식 수경재배 품목별 배액 재사용 기술'을 개발했다 (이은용, 2023). 그 밖에도 농촌진흥청에서는 여러 저탄소농업기술을 결합하여 에너지절감 패키지를 개발하는 노력 중에 있고, 민간에서는 딸기의 크라운 근처에(관부) 온도가 일정한 지하수를 흘려 냉해를 막는 농업 방식을 개발하는 모습을 확인할 수 있었다(농촌진흥청, 2019b; 정진성, 2023). 2022년에는 농촌진흥청에서 고설 딸기 부분에서 난방에너지 절감을 위해 크라운(관부) 처리구에서 적정 난방수 및 양액 온도를 연구한 바 있다(농촌진흥청 연구성과보고서 2022, 2024).

② 재배방식에 따른 탄소배출량 차이

농업기술진흥원에서 저탄소농축산물인증제 사업의 일환으로 딸기의 탄소 배출량을 이미 조사된 바 있다 (표 4). 다만, 축성재배와 반축성재배로만 단순화하여 조사했기 때문에, 해당 농작법이 수경재배를 통한 것인지, 토경재배를 통한 것인지, 사계성 딸기 재배, 노지 재배 등 다양한 농업방식에 분류는 이루어지지 않은 상태이다. 또한 2022 농산물소득자료집을 보았을 때 나타나는 종자·종묘비, 농기구 및 영농시설 이용 등에 대한 탄소배출량을 고려한 결과인지 구체적인 사안을 알 수 없다는 한계가 있다. 또한 온실가스 배출량이 면적당 배출량으로 산정되어 있는 상태이다.

<표 3> 저탄소 농업기술((농림축산식품, 2024b).

분류	번호	저탄소 농업기술명
A. 비료 및 작물보호제 절감 기술	1	완효성 비료
	2	퇴·액비 활용기술(자원순환기술)
	3	자가제조 농자재 사용농법
	4	뜻거름 작물재배
	5	폐양액 재사용 시스템
	6	생물 자원 이용
B. 농기계 에너지 절감기술	1	무경운 재배
	2	빗물 재이용
C. 난방에너지 절감기술	1	고효율 보온자재
	2	수막재배시스템
	3	에너지 저장 및 이용
	4	미활용 열에너지 재이용
	5	히트펌프 시스템
	6	바이오매스 난방 장치
	7	부분 냉난방 시스템
D. 탄소포집·저장·이용기술	1	바이오차(Biochar)
E. 논 메탄 저감 기술	1	논 물 관리
	2	논 유기물 관리

축성재배와 반축성재배를 비교했을 때 비료, 자재에 있어서는 축성재배가 더 적은 온실가스 배출량을 보였다. 하지만 에너지 부문에서는 축성재배가 더 높은 배출량을 보였다. 특히 전기의 사용량이 온실가스 총 배출량의 차이의 가장 큰 원인이 되었음을 알 수 있다. 이는 축성재배가 반축성재배와 달리 휴면이 불필요하고, 난방을 개시하는 시기가 더 이른 것이 원인이 되었을 것으로 보인다.

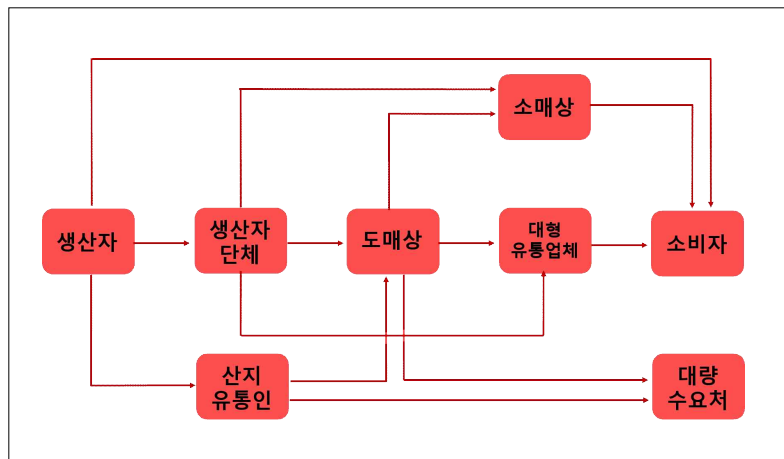
<표 4> 딸기 생산방식별 온실가스 배출량(농업기술진흥원, 2024)

품목	재배 형태	품목명	온실가스 배출량(kgCO ₂ /1,000(m ²) ¹ 기작)					물대기	합계
			비료	작물 보호제	에너지		기타 자재		
					전기	연료			
딸기	시설	딸기(시설, 축성)	480	5	2,520	547	47	-	3,599
딸기	시설	딸기(시설, 반축성)	503	5	1,796	385	126	-	2,815

(2) 유통

① 국내 유통현황

딸기의 유통경로를 보면 크게 도매상을 통해 출하되는 것과 생산농가가 직접 대형 유통업체로 출하하는 경로로 나뉜다(농촌진흥청, 2019). 정부의 집계에 따르면 2021년 기준 우리나라 농산물의 50.8%는 도매시장을 거쳐 유통되고 국내에는 가락시장, 강서시장 등 33개의 공영도매시장이 있으며, 이러한 시장들이 여전히 농산물 유통의 주요 통로로 작용하고 있다(장혁진, 2023). 생산된 딸기의 약 68%는 도매상을 통해 이루어진다(농촌진흥청, 2019). 하지만, 이러한 유통 구조에서 ‘역유통’ 현상이 발생하여 생산지에서 도매시장으로 이동한 딸기가 다시 생산지 인근의 판매점으로 돌아오는 현상이 문제가 되고 있다(한성원, 2023).



<그림 8> 농산물 유통구조 (장혁진, 2023; 농촌진흥청, 2019 자료 변형)

이런 문제를 해결하고, 딸기의 선도를 높일 수 있다는 장점이 있어 과거에 비해 생산 농가가 대형 유통업체로 직접 출하하는 비율이 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(한성원, 2023). 이마트의 ‘새벽 딸기’가 대표적 사례이다. 새벽에 수확한 딸기를 당일 정오까지 매장에 입고, 당일 전량 판매를 원칙으로 하기 때문에 유통 시간이 반나절로 줄어들어 일반 딸기보다 더욱 신선한 상태로 소비자에게 전달된다(장혁진, 2023). 이를 위해 80여개의 이마트 각 매장과 가까운 농가 및 산지를 매칭하고, 규격상자를 사용해 사이즈 선별, 줄맞춤 작업 생략을 통해 인건비를 절감시켜 판매 가격 또한 저렴하게 책정했다(김은지, 2021). 대형마트 사례뿐만 아니라, 도시가 인접하여 유통 인구가 많은 딸기 재배 농가도 직판 및 체험 형태로 직거래되는 비율을 높여 중간유통과정을 줄이는 노력을 하고 있다(농촌진흥청, 2019). 정부에서는 유통 단계를 줄이고, 농수산물 가격을 낮추기 위해 ‘농산물 온라인 거래소’와 주요 산지에 100개의 스마트 농산물유통센터(APC)를 도입하고자 한다(최수진, 2024). 스마트 농산물유통센터(APC)는 로봇·센서·통신 등 첨단기술을 이용하여 농산물의 저장·선별·포장을 자동화하고, 디지털화된 정보를 바탕으로 출하 시기 조절, 소비자 맞춤형 상품 생산, 판매처 다양화와 같은 전략적 의사결정을 돕는 산지유통시설을 뜻한다(농림축산식품부, 2022). 농산물 온라인 거래소는 도매유통 주체들이 시·공간 제약 없이 전국 단위의 거래를 가능하게 해주는 시스템이다(농림축산식품부, 2023).

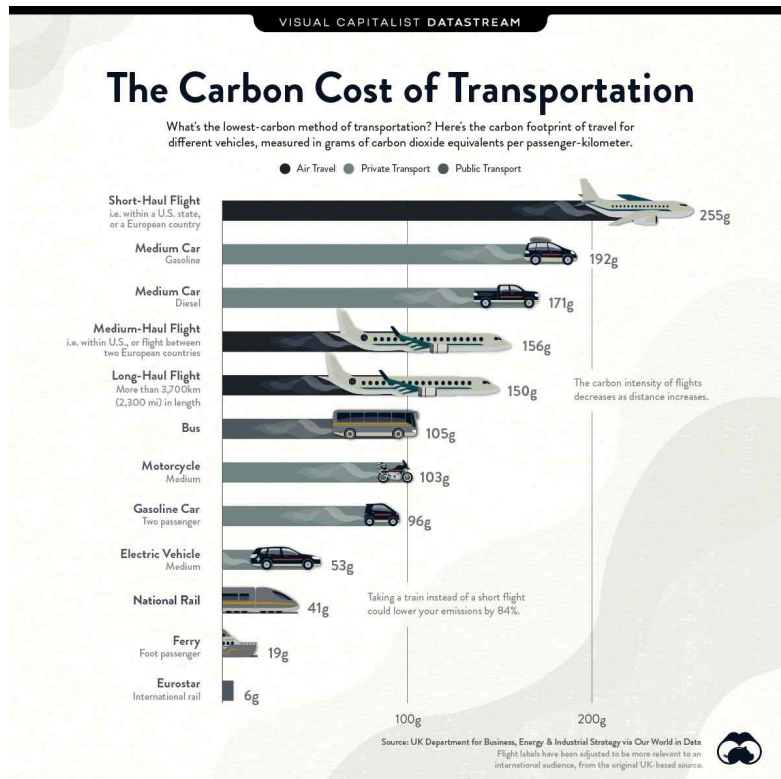
① 수출입 통계

딸기의 2024년 9월 수출물량을 살펴보면 983만 9,000 달러(한화 기준 135억 3846만원), 수출량은 944톤이다. 2024년 기준 딸기의 수확시기인 5월에 가장 많은 수출액과 수출량을 보여주고 있다. 홍콩이 9,198,000달러(한화 126억 9,783만)로 가장 많은 비중의 수출액을 차지했으며, 그 밖에도 싱가포르, 필리핀, 페루로 딸기가 수출된다(농넷, 2024). 또한 한국 딸기는 국산 품종 개발과 물러짐 방지 기술 개발 덕분에 수출액에 2005년 대비 2022년에 13배 이상 증가하였으며, 저장성과 수출 효율을 높이기 위해 다양한 기술 및 전략이 도입되었다(김재학, 2023).

딸기 수출시 운송은 항공과 선박으로 이루어지는데, 딸기의 상품성 하락과 손실율을 최소화하기 위해 대부분 항공수송 방법을 이용하고 있었다(김혜민 et al., 2013). 하지만 세계무역기구(WTO) 협정에 따라 정부의 수출 물류비 지원이 전면 폐지되면서 선박을 이용한 수출을 피할 수 없게 되었다(김은비, 2024). 이에 농촌진흥청은 'CA컨테이너' 선박 수출 기술 연구를 진행하여 딸기의 물러짐, 부패억제 등의 손실을 감소하고 조직감과 향기를 유지하는데 성공했다. CA컨테이너는 CA(Controlled Atmosphere, 공기 조절 장치)저장 기술을 활용해 산소 및 이산화탄소의 농도를 조절해 농산물의 에틸렌 생성 및 호흡을 억제하고 미생물의 성장과 번식을 억제해 신선도를 유지할 수 있다(농촌진흥청, 2023). 최근 이 기술을 적용해 홍콩에 딸기를 성공적으로 수출했다(이은용, 2024)

② 유통에서의 탄소배출

음식물 유통에 소요되는 거리가 증가할수록 식품의 신선도를 유지하기 위해 살충제나 방부제를 많이 사용할 수 있고, 장거리 운송에 따라 이산화탄소를 많이 배출해 지구온난화에 영향을 준다(오충현, 2021). 따라서, 가까운 지역에서 생산되는 딸기를 소비하면 장거리 운송 과정에서 사용되는 연료와 냉장시스템으로 인한 탄소 배출을 줄일 수 있다.



<그림 9> 운송수단에 따른 탄소발자국 비교 (Visual Capitalist, <https://www.visualcapitalist.com/comparing-the-carbon-footprint-of-transportation-options/>)

딸기의 유통 과정에서 플라스틱 포장재 대신 생분해성 또는 바이오액티브 포장재를 사용하면 탄소 배출량을 감축할 수 있다. 예를 들어, PLA(폴리락틱산)로 만들어진 생분해성 포장재는 기존 플라스틱에 비해 환경에 미치는 영향이 적다. PLA는 옥수수 등 식물에서 유래한 소재로, 사용 후 자연적으로 분해되므로 폐기물 문제를 줄인다(Manuela et al., 2009). 국내 친환경 포장재 산업의 경우 아직 기술 수준이 낮고, 중장기적 관점의 투자나, 전문인력 육성이 부족하며, 대중적 수요가 충분히 형성되지 못한 상태이다(농림축산식품부, 2024).

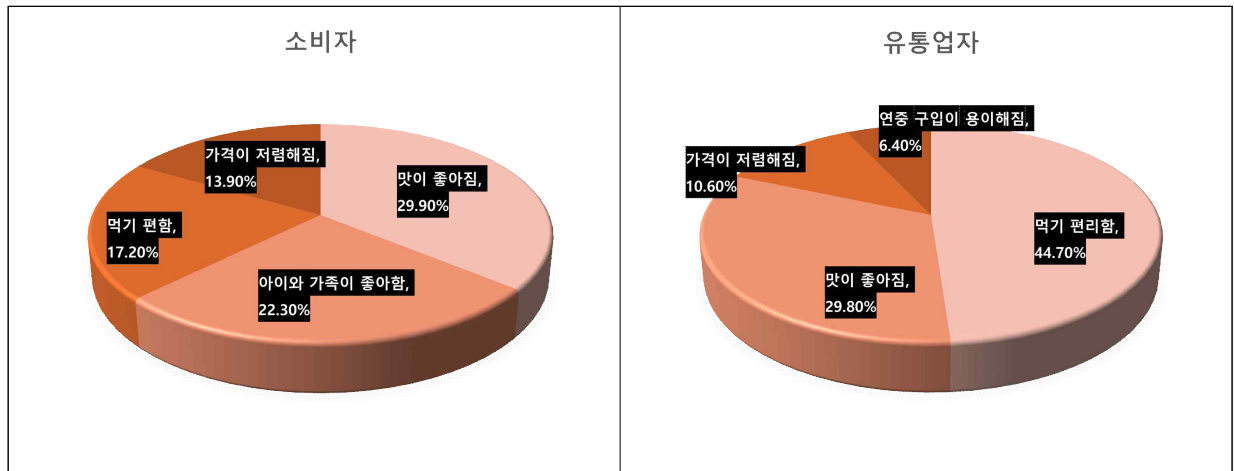
다양한 신선딸기 뿐만 아니라 가공제품은 소비자에게 온전한 상태로 오기 위해 유통에 필수불가결로 포장단계를 거치게 된다. 포장재의 생산 및 폐기는 결국 탄소배출의 가장 큰 요인이다. 물론 로컬매장에서 고객이 직접 가져온 용기 또는 장바구니에 담아 포장되지 않은 딸기를 소비하며 불필요한 포장재 사용을 감소하는 방법도 있고 이를 많이 홍보하고 권유하는 노력을 들이고 있지만 이러한 소비형태는 일부일 뿐이다. 딸기의 신선도를 유지하고 손상을 방지하기 위한 포장은 크게 플라스틱 포장과 친환경포장으로 나뉜다. 플라스틱 포장은 투명 플라스틱 용기가 대표적이며 이는 딸기 모양을 보호하고, 운송 중 손상을 줄이는 데 효과적이라는 장점이 있어 많이 이용되고 있다. 친환경 포장에는 종이포장과 바이오 플라스틱 포장이 있다. 종이상자 또는 종이트레이를 활용한 포장은 재활용 가능 및 생분해되는 소재로 환경 부담을 축소할 수 있다는 특징을 가진다. 하지만 생산농가에서는 유통적인 측면에서 가격이나 포장시의 이점이 종이재질 보다는 스티로폼을 포함한 플라스틱 포장에서 두드러져 친환경 소재임을 떠나 더욱 선호한다. 생분해성 소재로 만든 바이오 플라스틱 용기는 환경에 미치는 영향 축소 및 폐기 후 자연 분해가 가능하다는 특징을 가진다. 하지만 국내에서는 아직 연구단계에 머물러 있어 향후 친환경 포장재의 개발과 보급이 적극적으로 필요하다.

(3) 소비

① 딸기에 대한 인식

우리 식탁에 올라오는 농산물은 다양한 품목, 수많은 물량으로 가득 차 있고, 소비자 요구에 따라 인기 품목은 수시로 변한다. 과거 딸기는 봄철에 대표적으로 나는 채소로 각광을 받았다. 하지만 2019년부터 감귤보다 소비량이 많아지며 딸기 1인당 연간 소비량은 지속적으로 증가추세에 있다(김수용, 2020). 딸기 소비를 즐기는 가족 구성원에 대한 소비자조사 결과(기혼자 기준), 자녀(51%)가 가장 높은 비중을 차지하고, 차례대로 본인(33%), 배우자(14%)로 나타났다(KERI, 2024b). 타 농작물과 달리 껍질을 까서 먹는 등의 행위가 불필요해 섭취가 편하고, 품종 개발에 의해 맛이 개선되었기 때문으로 보이며, 자녀의 선호가 높은 만큼 딸기의 소비는 증가할 것으로 예측된다(KERI, 2024b; 김수용, 2020). 딸기는 12월부터 익년4월까지 전체 소비금액의 93.7%가 소비되고 3월은 소비금액 가장 많은 달로 꼽힌다(김수용, 2020).

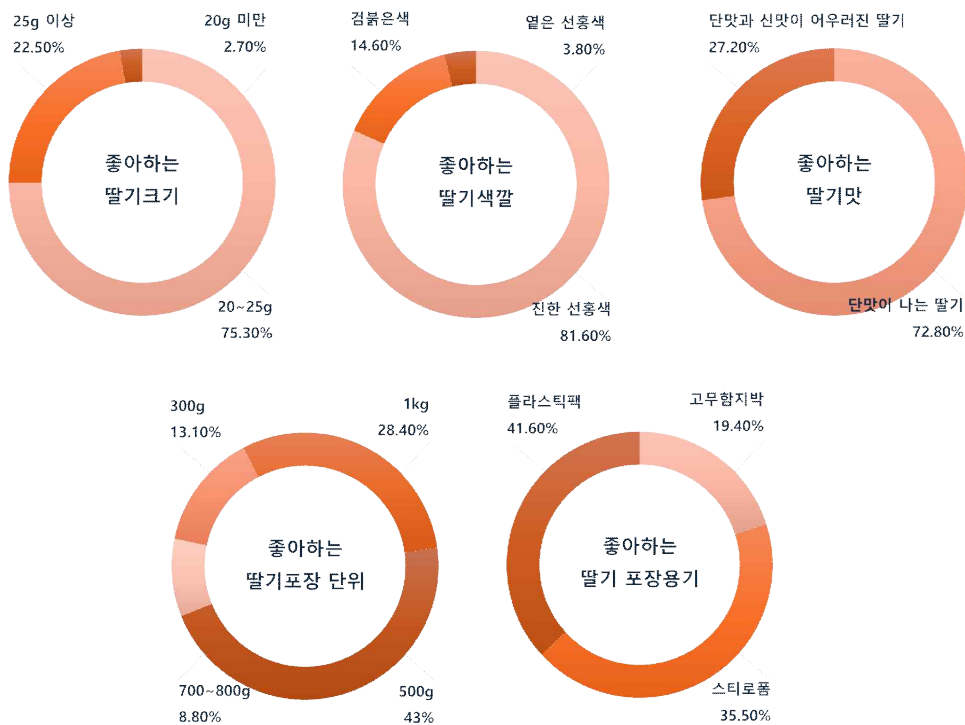
딸기는 세척 후 바로 섭취해야 하고 보관성이 길지 않아 구매 시 안전성과 신선도를 고려한 포장 단위와 용기에 따른 선호도가 존재한다. 소비자들이 가장 좋아하는 딸기 무게는 20~25g(75.3%), 색깔은 진한 선홍색(81.6%), 맛은 단맛이 많이 나는 딸기(72.8%)이며, 가장 일반적인 포장은 500g, 플라스틱팩(41.6%)인 것으로 조사되었다(전남농업, 2021).



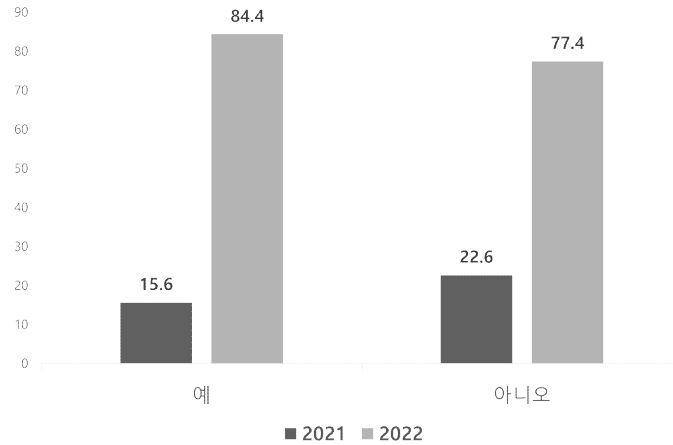
<그림10> 딸기 인식도 조사(농촌진흥청, 2021)

② 소비 트렌드

소비자들은 새로운 품종에 대한 관심을 가지며 특히 설향, 금실, 킹스베리와 같은 고급 품종이 당도가 높고 크기가 큰 프리미엄 상품이라는 인식으로 인기를 받고 있다. 소비자 조사결과 딸기 품종 구분 여부에 대해 구분하지 않는다는 비중이 높게 나타나지만, 구분한다고 응답한 비중이 전년 조사치 대비 상승한 것을 볼 수 있다(그림 13).



<그림11> 소비자 딸기 선호도 조사(농촌진흥청, 2021)



<그림12> 딸기 품종 소비자 인식 변화(단위: %) (딸기 품종 구분 여부, 농업관측센터, 2022)

주요 품종인 설향 이외 다른 품종을 구매한 경험에 대해 조사한 결과, 크기가 달걀보다 큰 킹스베리 구입 경험은 2020년 26%에서 2022년 39%로 증가하였으며, 과육이 단단하고 복숭아 향이 나는 금실은 2020년 35%에서 2022년 47%까지 늘어난 것을 알 수 있다(KERI, 2024b).

<표 5> 설향 외 딸기 품종 구매 경험 (단위: %) (딸기 품종별 구매 경험, 농업관측센터, 2022)

구분	구입 경험 있다			유효 변화값 (C)-(a)
	2020년 (a)	2021년 (b)	2022년 (c)	
킹스베리	25.7	30.6	39.1	13.4
금실	34.8	40.4	47.3	12.5
메리퀸	34.2	33.8	35.6	1.4
아리향	21.1	32.5	31.4	10.3

그리고 소비 문화에 영향을 준 다른 요인으로 딸기를 재료로 한 디저트의 인기 증가이다. 겨울이 되면 따듯한 봄을 기다리는 소비자의 심리를 반영하여 딸기를 활용한 가공식품이 유행으로 등장한다. 딸기를 주제로 한 다양한 음료와 디저트를 선보이고 입맛을 사로잡는 여러 가지 이색 메뉴들까지 시선을 끌며 하나의 인기 테마로 자리 잡았다(임유정, 2024). 딸기 음료, 케이크, 아이스크림 등 다양한 형태의 제품들이 카페와 베이커리에서 선보여지며, 특히 신선과일을 소비하지 않는 젊은 층의 디저트 문화와 맞물려 소비가 확대되고 있다(농림축산식품부, 2022). 이러한 영향으로 2022년 냉동딸기 수입량은 국내 생산량 감소와 소비 증가와 함께 전년 대비 36% 증가하였다(KERI, 2024b).

<표 6> 딸기 수출입 동향 (단위: 톤) (관세청, 한국관세무역개발원, 2022)

구분		2015년	2019년	2020년	2021년	2022년
수출량	신선	3,293	5,259	4,574	4,557	3,738
	냉동	382	445	234	242	296
	기타	3	39	18	23	36
	전체	3,678	5,742	4,825	4,822	4,070
수입량	냉동	7,659	8,479	7,887	9,016	12,217
	주스	230	394	246	300	315
	기타	899	967	782	954	1,234
	전체	8,788	9,840	8,915	10,269	13,766

최근 건강을 중요시하는 트렌드도 딸기 소비 증가에 중요한 영향을 주었다. 딸기는 비타민C가 풍부하고, 항산화 성분이 많아 면역력을 높이는 데 도움을 주는 과일로 알려져 있다. 이러한 건강 효능이 강조되면서 딸기를 활용한 건강 간식이나 스무디, 젤리와 같은 건강식 레시피들이 유행함을 통해 가정 내 소비도 늘어나고 있다. 섭취의 편리성, 품종 개발에 의한 맛 개선 등의 장점이 많아 딸기1인당 연간 소비량은 2032년 4.7kg까지 증가할 것으로 전망된다(한국농촌경제연구원, 2024).

③ 소비 방식

한국의 식품소비 구조는 가공품이 88.7%, 신선식품이 11.3%를 차지한다. 선진국으로 갈수록 가공에 투입되는 에너지는 단연 증가한다(영남일보, 2022). 딸기는 다양한 방식으로 가공되며, 그 방식에 따라 맛과 영양성분이 달라진다. 대표적으로 잼 및 젤리, 냉동딸기, 건조딸기, 주스 및 푸레 등이 있다. 잼과 젤리는 가장 흔한 딸기 가공 방식 중 하나로, 설탕과 함께 고열로 처리하면서 농축하는 방식이어서 장기 보관이 가능하다. 냉동 딸기는 급속 냉동 처리를 통해 신선도를 유지하면서 보관하며, 스무디나 디저트에 활용되고 장기간 저장할 수 있다. 신선딸기와 달리 과숙 및 부패로 폐기할 가능성이 적으므로 음식물 쓰레기를 줄이는 역할을 한다는 장점을 가진다. 건조 딸기는 수분을 제거한 후 스낵 형태로 가공된 식품으로 시리얼, 요거트 등에 첨가하는 방식으로 활용되며, 가볍고 보관이 용이하다는 장점이 있다. 주스 및 푸레의 경우 딸기를 착즙 또는 갈아 만들어 디저트, 아이스크림, 소스 등 다양한 요리에 활용된다.

④ 소비에서의 탄소배출량

스페인과 영국 등에서 이뤄진 연구 결과를 종합해보면 1kg의 딸기를 생산하는데 탄소배출은 평균 약 685g을 배출하는 것으로 나타났다. 폴란드에서 실시한 연구 결과, 1kg의 딸기 페이스트를 생산하는 데는 평균 2.47kg의 탄소를 배출하는 것으로 나타났다. 마트에서 딸기를 사서 딸기향과 맛을 그대로 음미하면서 먹는 것과는 달리 가공한 딸기 페이스트로 먹을 때 탄소배출은 약 3.5배 이상 늘어난다는 말이다. 딸기는 연간 9천 126만톤 가량이 생산된다. 이 중 신선딸기 소비는 약 888만톤을 소비해 10%에도 미치지 못한다. 나머지 90% 이상이 가공된다. 딸기 가공을 절반만 줄여 생딸기로 먹어준다면 7천만t 이상의 탄소배출을 감축할 수 있다는 말이 된다. 세계 과일 생산량은 8억 8천 300만톤이 넘는다. 현재의 과일 가공식품을 절반만 줄이고 대신 생과일로 먹어주기만 한다면 해도 족히 수억톤의 탄소배출을 줄일 수가 있을 것이다(영남일보, 2022).

딸기의 탄소 배출량은 생산 방식과 소비 시기에 따라 크게 달라진다. 딸기는 계절에 맞춰 소비할 때와, 그렇지 않은 시기에 소비할 때 탄소 배출량이 차이가 난다. 주요 요인은 재배 방식과 운송 거리에 있다.

<표 7> 딸기 소비별 탄소 배출 비교

구분	제철 딸기 소비 (봄철, 국내 생산)	비제철 딸기 소비 (겨울철, 국내 온실 재배)	수입 딸기 소비 (비제철, 해외 수입)
재배	추가적인 난방이나 조명과 같은 에너지 사용이 비교적 적음	난방, 조명 등 온실유지를 위한 전기 및 연료 사용됨	주로 남반구의 생산지에서 온실 없이 자연 재배로 생산됨
운송	소비처까지 짧은 거리 이동으로 냉장 및 운송에 필요한 에너지 사용이 적음	소비처까지 이동거리는 다소 짧지만 재배 시 에너지 사용이 많음	항공 또는 선박으로 장거리 이동에 필요한 냉장 및 운송을 위한 상당한 에너지 소요
탄소배출 배출량	상대적으로 적음 낮음	제철 딸기에 비해 높음 중간	제철 딸기에 비해 높음 높음

국내에서 봄철에 생산하는 제철딸기를 소비하는 것은 에너지 사용이 비교적 적으므로 탄소 배출량이 낮다. 비제철인 경우 딸기를 소비하는 방법은 겨울철 국내 온실 재배된 상품을 구입하거나 해외 수입 상품을 이용하는 것이다. 두 방법은 이동에 따른 운송 에너지 또는 온실 유지를 위한 연료 사용에 의해 탄소 배출량이 많으며, 항공운송의 경우 더욱 많은 탄소배출을 야기하므로 수입 딸기 소비가 가장 탄소배출량이 높다.

2) 인터뷰

(1) 시설(하우스) 수정재배 사례 - ‘ㄱ’농가

① 농사 형태

이 사례는 일반 비닐하우스 시설 안에 수정재배 시설을 설치하여 설향 딸기를 생산하는 농가이다. 딸기의 경우 고설수정재배는 기초 시설로 비닐하우스 온실 1개당 가대 지주파이프를 두 줄로 설치하여, 재배 베드를 설치해야 한다. 재배 베드는 스티로폼 혹은 플라스틱을 활용한다. 재배 베드 안에는 피트모스 배지를 넣고, 배양액을 통해 양분을 공급해 키운다. 날씨에 따라 비닐하우스의 온도를 조절하기도 한다.

② 농사 과정에서 발생하는 에너지 자원

딸기 생산 과정에서 발생하는 에너지 자원은 시기에 따라 크게 모종, 시설(하우스와 베드), 수정 과정에서의 벌 관리, 농약, 양액으로 나눌 수 있었다. 가장 많은 비용이 드는 것은 모종과 하우스 비닐 교체 비용이라고 답변했다. 각 자원에 드는 탄소배출량은 농가는 구체적인 정보를 가지고 있지 않았다.

- **모종:** 인터뷰에서는 모종을 구매하여 사용하고 있어서, 모종 생산에 드는 에너지는 구체적으로 산정하긴 어려웠다. 다만 적정량의 양분을 주는 것이 에너지를 줄이는 데에도 도움이 되면서 생산에도 도움이 된다는 것을 확인할 수 있었다.

“모종은 힘이 있는, 즉 뿌리가 강해서 양분을 조금만 주어도 열매가 잘 맺히는 것을 주로 구매해요. 양분을 많이 주고 키운 모종의 경우 오히려 힘이 약해서 계속해서 더 많은 양분이 필요하거든요.”

모종 생산 과정에서 적정량으로 잘 키우는 것이 투입한 에너지에 비해 버리거나 팔리지 않는 모종의 수를 줄이는 방향이기 때문에 에너지를 적절하게 사용하는 데에 중요한 요소라고도 할 수 있다.

- **시설:** 시설은 기본 비닐하우스와 고설재배용 시설이 포함된다. 인터뷰에서는 해당 시설의 교체 주기와 사용 제품의 차이에 관한 정보를 알 수 있었다.

“비닐하우스는 2년에 한 번 비닐을 교체해야 해요. 한국에서 주로 생산되는 비닐은 저렴한 대신 얇아서 금방 찢어져요. 일본에서 생산된 비닐은 한국 제품의 3배 정도이지만 더 튼튼해서, 하우스의 가장 바깥 비닐과 수막을 씌우는 중간 비닐은 태풍에 버틸 수 있도록 두꺼운 것을 활용해요. 맨 안쪽의 보온 비닐은 저렴한 비닐을 활용하고요. 3중 비닐은 수막이 내려가는 부분에 먼지가 계속 끼서 태양광을 차단하기 때문에

매년 갈고, 전체적인 비닐은 2년에 한 번 갈아요.”

하우스 내부 기온 관리는 겨울에 너무 추워지지 않도록 비닐 사이에 따뜻한 물을 흘려보내는 방식인 ‘수막’을 활용하고 있었다. 딸기는 노지, 즉 열린 흙에서 키울 때 여름에 열매를 맺는 작물로 온도가 적절하게 유지되는 것이 중요하다. 수막의 경우 온도를 높이는 데에 농업용 기름을 때운 에너지를 활용한다. ‘ㄱ’ 농가는 기후변화로 인해 기름 사용량이 변했음을 설명했다.

“매년 기온이 높아지면서 겨울이 따뜻해지니 기름을 많이 쓰지 않았어요. 면세유의 금액이 올라가고 있음에도 사용량이 크지 않으니 이에 들어가는 비용도 크게 상승하지 않았고요.”

해당 농가는 2024년 기준 하우스에서 농사를 지은 지 10년 정도 되었으며, 고설 재배 시설을 새로 교체한 지 3년 정도 되었다. 시설의 이용주기는 다음과 같이 답변했다.

“기본적으로 시설의 재배 베드 등은 3~4년에 한 번씩 정리가 필요해요. 매년 새로 갈지 않기 때문에 곰팡이와 병충해에 취약해질 수 있어서 매년 소독하고요.” 이때 사용하는 소독약은 정해진 제품으로 적정량 이하를 살포하지만, 꽤 강한 편으로 비닐이 녹아 지속적으로 소독하다 보면 비닐이 손상되는 경우도 있다고 덧붙였다. (...) 베드에 들어가는 흙의 경우 매년 절반은 그대로 두고, 매년 새로운 흙을 넣는 방식으로 채워줘요. 스티로폼으로 된 베드에 구멍이 나는 경우 물이 새면서 영양분이 유실될 수 있어서 흙 전체를 새로 채워요.”

초기에는 전체 베드만큼 필요하지만, 그 이후 3~5년까지는 1/2 규모만큼 흙이 필요한 것으로 보인다.

- 수정: 딸기는 꽃이 피었을 때 수정을 해주어야 열매가 맺힐 수 있다. 해당 농가는 벌을 구입해서 하우스 안에서 키우면서 설탕물을 주며 키우는 방식으로 관리하고 있었다. 업체에 따라 벌을 임대해서 수정이 필요한 시기에만 벌을 하우스 안에서 키우도록 관리해주는 서비스도 존재함을 알 수 있었다.

③ 유통 관련 에너지 자원

딸기는 주로 가락시장과 같은 큰 공판장에 내보내어 거래하는 방식으로 판매하고 있었다. 개별 포장을 하면 더 가격을 받을 수도 있지만, 생산량이 많은 편이라 플라스틱 규격 포장에 맞춰 포장한다. ‘ㄱ’ 농가의 일을 돕는 가족은 다음과 같이 말했다.

“딸기는 사람 체온에 해당하는 온도가 매우 뜨거운 온도이기 때문에 한 번 만질 때마다 데인 것처럼 금방 상처가 나고 물러질 수 있어요.”

따라서 개별 포장을 하는 것이 딸기를 유통하는 과정에서 물러서 판매되지 않거나 버려지는 딸기의 수를 늘려서 오히려 폐기되는 양을 높이는 데에 영향을 줄 수도 있을 것으로 생각된다.

한 번에 공판장으로 내보내기 때문에 직거래 택배로 내보내는 것보다 한 번에 많은 양을 도매하고 시장으로 보내는 것이 더 이동 거리를 줄이는 방법일 수도 있음을 알 수 있었다. 이는 교통 수단 등 변수가 다양해 구체적인 정보가 필요하다.

④ 기후위기와 친환경 농업에 대한 농가의 의견

탄소배출을 줄일 수 있는 농업 방식을 접하거나 고민한 적이 있냐는 질문에 두 가지의 제안을 언급했다. 한 가지는 높이 설치하는 시설 대신 직접 하우스 내부에 흙, 노지에 농사를 짓는 방법이다.

“일본에서는 딸기보다는 대과를 길게 키우기 위한 용도로 두둑을 활용하는데, 딸기에도 적용 가능하지 않을까요? 비닐하우스만 설치한 후, 흙을 퍼서 논두렁을 만드는 기계로 흙을 두둑으로 높이 쌓아 올려 딸기를 키우는 방법이에요.”

고설 재배엔 시설뿐만 아니라 화학비료 등 추가적인 자원이 많이 필요해 토경재배로 자원에 드는 에너지와 비용을 아낄 수 있을 것이다.

두 번째는 가축 분변을 말려서 땀감처럼 활용하는 방법에 대해 들은 정보를 공유했다.

“얼마 전에 누가 제안하는 듯 이야기했는데, 가축 분변을 재활용해 폐기에서 드는 에너지 대신 가공한 후, 석탄 대신 활용할 수 있다고 하더라고요.”

추가적인 정보를 살펴보면, 축산 환경 기본 관리 방안으로 축산폐기물인 우분을 활용한 고체연료를 개발해 상용화 연구 단계에 이르렀다(이국열, 2024). 2024년도에는 규제특례를 개설하여 우분 50% 이상, 보조연료(톱밥, 왕겨, 줄기류, 전정 가지류) 50% 미만을 혼합한 고체연료 생산을 한시적으로 허용하여 아직 적용 단계에 있는 것으로 보인다(나남길, 2024).

두 가지의 방식 외에 농가에서는 이미 시설을 활용해 생산하는 방식이 있기에 당장 두 방법을 적용하기엔 어려운 부분도 있었다.

“(흙을 올려 쌓는 것은) 하우스 시설 내부에 기계가 들어가기엔 지금 이미 쓰는 하우스와 크기가 맞지 않아요.”

또, 기계를 구매하는 비용이 추가되기 때문에 쉽지 않다. 두 번째 방식은 정보가 있고, 지인을 통한 정보였기에 아직 농가에서 접근하기엔 정보접근성 및 환경적 평가 자료가 더 필요하다. 친환경 농업에 대한 농가의 직접적인 수요나 필요성은 답변에서 드러나지 않았다. ‘농업에서의 탄소배출량을 줄이는 것이 어떤 의미인가요?’와 같은 질문을 다시 하거나, 많은 정보를 알지 못한다는 등의 답변도 있었다.



<그림 13> 고설수경재배농가 현장 모습

(2) 유기농 시설(하우스) 재배 - ‘ㄴ’ 농가

① 농사 형태

해당 지역은 1989년도부터 친환경으로 딸기를 생산하기 시작했다. 당시에는 딸기라는 작물 자체가 땅의 힘과 영양분을 많이 쓰기에, 딸기 수확 이후 논농사를 지어 땅에 질소 성분 등 유기물을 더 넣어주는 방식으로 키웠다.

“이 지역은 제도가 생기기 전 의식 있는 생산자들부터 농약을 쓰지 않고 농사를 지어보려고 해서 1989년도에 친환경 딸기 농사를 시작하게 되었어요. 유기농업은 말 그대로 땅을 유기적으로 돌아가게 만들기 위한 농업이기 때문에 딸기 수확이 끝나면 비닐하우스를 벗긴 후 모를 심었어요. 영양을 다시 넣어주기 위한 과정이었죠.”

해당 농가는 유기농 인증을 받기 위해선 모종부터 유기농업의 방식으로 키워야 한다는 기준에 따라 모종도 직접 키운다. 해당 농가가 속한 협동조합 공동체는 하우스 시설에 화석 연료를 사용한 가운데로 작물을 생육하는 것을 금지했다가, 조금 완화되어 작물이 죽지 않게 최소한의 온도를 맞출 수 있도록 전환되었다. 딸기는 지하수를 펌 올려서 수막을 만들어 온도를 유지하는데, 5℃ 이하로 떨어질 경우엔 자동으로 기계가 보일러를 틀게 되어있다. 과거에는 습기를 날리는 등의 목적으로 초를 켜서 하우스 내부에 놓기도 했다고 한다.

② 농사 과정에서 발생하는 에너지 자원

- **모종:** 딸기 모체에서 나온 런너를 잘라 심어준 뒤, 관리하며 모종을 키운다. 매년 병충해 예방을 위해 진행하는 소독 과정에서 에너지를 사용하게 된다. 벌레가 생겼을 때는 직접 작은 돋보기를 활용해 벌레를 잡는 방식으로 방제하고 있다. 흙의 경우 상토를 사용하면 흙을 털어내 버리

거나 하는 과정 없이도 바로 땅에 심을 수 있어 효율적이다.

- **시설(하우스)에서의 화석연료와 물 자원 사용** : 화석연료는 최소화하여 사용하지만, 온도 유지를 위해 수막을 트는 과정에서 지하수를 많이 사용하게 됨을 지적했다.

“저는 화석연료 난방만이 문제가 아니라, 물 부족 상황에서 지하수를 해마다 몇 십 톤씩 퍼 올려서 수막으로 뿌린 뒤 버려지는 게 더 문제라고 주장해요. 그래서 수막을 금지하는 것이 필요할 것 같아요. 이 지역도 지하수 수위가 낮아지고 있어요. 콩나물도 지하수를 써야 하는데 한 세 군데를 100m 이상 봤는데도 지하수가 안 나오더라고요. 4대강 사업을 하며 강을 준설하면서 전체적으로 지천 주변의 지하수 수위가 내려가기도 했죠. 금강 주변은 정부에서 관정을 파는 것을 지원했어요. (...) 시설에 쓰이는 자재로는 비닐이 대표적인데, ‘ㄱ’ 농가와 비슷한 이유로 비닐을 갈아주고 있다. 하지만 주기가 1년으로 더 짧았다. “하우스 비닐은 1년에 한 번씩 갈아주고 있습니다. 겨울에 키우니 햇빛 투과량이 좋아야 하고, 비닐에 물이 잘 흘러야 습기 조절이 잘 되는데, 1년 이상 사용하면 삭아서 좋지 않아요.”

- **땅 준비**: 친환경 퇴비로 5종 정도를 섞어서 땅에 뿌린 뒤 땅을 한 번 갈아준다.

- **수확 후 하우스 정리**: 딸기를 심었던 하우스를 정리한 다음엔 열 소독을 한다. 물을 가득 담아 하우스를 내려놓으면 70도까지 오른다. 그 이후 하우스를 열어 말리는 과정을 거친다. 이 과정에서는 수자원과 노동력 외의 자원이 들지는 않는다. 4월 정도까지 수확한 이후, 땅에 거름을 넣은 뒤 열소독을 하면 풀이 잘 자라지 않아 제초제를 쓰지 않고도 풀을 관리하기 수월해진다. 또, 사용하는 트레이는 매년 세척 후 소독을 거쳐 보관한다. 10년 이상 사용이 가능하다고 한다.

- **병충해 방제**: 유기농을 실천하는 농가였기에 시설 내 환경관리를 통해 병충해 방제를 노력하고 있음을 알 수 있었다.

“하우스 환경을 쾌적하게 만들거나 직접 잡는 방식으로 해요. 모종을 키울 땐 특히나 통풍이 중요하기 때문에 환풍기, 에어컨을 사용하기도 해요. 날이 뜨거울 때는 오히려 응애가 잘 안 생기더라고요. 응애가 생기면 순식간에 퍼져서 주의해야 하는데 저희는 일일이 보면서 잡아주고 있어요.”

③ 유통 관련 에너지 자원

- **유통방식**: 협동조합 형태로 출하하기 때문에 지역에서 유기농사를 짓는 농가들의 출하 물량을 중간 센터에 모두 보낸다. 그 이후 지역별 가게 혹은 소비자에게 전달되는 형태로 2번 정도의 이동 경로를 거친다.

④ 기후위기와 친환경 농업에 대한 농가의 의견

- **기후변화**: 날씨의 변화로 인해 진딧물이 많이 생기기도 하지만, 이는 농사 기술로 어느 정도 관리가 가능한 영역도 있다고 언급했다. 진딧물의 경우 건조한 환경에서 더욱 많아지기 때문에, 스프링클러로 하루에 10분씩 물을 주는 방식으로 관리가 가능하다. 벌레를 약으로 방제할 때 발생하는 환경적 부담보다 덜한 방식이라고 볼 수 있다.

녹비작물을 통한 땅의 재생 효과: 녹비 작물은 작물과 땅에 영양분을 더해주고 땅의 순환을 돕는 작물로, 최소 3년에 한 번 심고 있다고 한다. 심근성 작물인 옥수수나 호밀, 헤어리베치, 수단그라스를 키우거나, 혹은 콩을 심은 뒤 땅에 다시 돌려주는 것이다.

땅의 자생력: 유기농업은 관행농업을 했던 토양일 경우, 필수적으로 소득이 불안정한 시기가 발생했다.

“친환경 인증 필지(땅)를 친환경적으로 오래 관리할수록 땅에 자생적인 면역력이 생겨 작물을 키울 수 있어요. 기본적으로 염류가 많아지면 땅에 힘이 떨어지고 황폐화돼요. 그런 걸 없애주고 다음 작물로 넘어가야 하는데, 그 기간엔 소득이 없기 때문에 유기농업은 그런 시기를 감수할 수 있어야 해요.”

친환경 농업의 어려움: 농민들이 친환경 농산물 재배 정보에 접근하기 어려움을 알 수 있었다. 친환경 농산물 재배에 대한 연구와 간행물 배포의 필요성이 있었다.

“타 지역 농업기술원에서 친환경 쪽과 재배 매뉴얼을 만든 적이 있는데, 그런 사례가 많지 않아요. 농업기술센터도 친환경 유기농업에서 발생하는 어려움에 대한 명확한 처방이 어려운 게 실정이에요..”

- **친환경 농업 지원 관련:** 지자체별로 친환경 연구나 지원 정책이 상이했다.

“지자체별로 친환경 연구나 지원 정책이 다 다른데, 부여의 경우 친환경 농가에 미생물을 나눠주거나, 병충해 원인인 벌레의 천적을 키워서 나눠주고, 친환경 인증 필지에 대해 평당 지원금을 주기도 해요. 이런 경우 인증받기 전 땅을 되살리기 위해 소득이 나는 작물을 심지 못할 때의 부담을 조금이나마 줄여줄 수 있죠.”

- **친환경 인증 제도의 한계점:** 친환경농업에 대한 엄밀한 조사와 기준이 실정에 맞지 않아 오히려 친환경 농가들의 증가를 저해하는 데 기여하고 있었다.

“한국의 경우 결과 중심으로 움직여서 농약 검출 여부가 유기농 인증 기준에 중요한 지점이에요. 호주나 유럽의 경우 필지에 따라 오랫동안 화학비료와 농약을 사용했다면 환경을 고려해 농가가 약을 친 경우가 아니라면 유통을 모두 허가합니다. 또, 유럽이나 일본은 농약이 검출되면 인증기관에서 원인을 찾는데 한국은 농가가 직접 원인을 해명해야 합니다. 옆 농가에서 약을 뿌리거나, 드론으로 광범위하게 약을 뿌릴 경우 다른 밭에도 영향을 주기도 합니다. 모든 상황에서 예방하기 어렵기 때문에 더 유연한 대처가 필요합니다.”

- **농가의 상황:** 기후변화를 느끼는 순간에 관한 질문에 농가는 이렇게 답했다.

“계속된 기온과 기후변화로 인해 3년 동안 지역 농가들이 곁잡을 수 없이 농사를 망친 경우가 많아요. 시기에 맞춰 기온이 만들어지는 게 아니라 계속 오락가락 하는 거죠. 딸기는 저온성 작물인데 날이 뜨거워지면 문제가 발생해요. 올해의 경우 3월에 엄청 뜨거우니 딸기 수확을 멈췄는데, 4월에 날씨가 시원해지면서 다시 생산되기 시작했어요. 또 봄에 비가 많이 왔는데, 습해지면서 환기를 시키지 못해 병이 들거나 제대

로 자라지 못했어요. 그러다 보니 딸기가 금값이 됐죠. 올해 딸기 생산량이 작년 대비 60%도 안 되었어요.”



<그림 14> 유기농시설(하우스)재배 농가 현장모습

(3) 재생유기농업 및 마켓가드닝 - ‘ㄷ’ 농가

지금까지 생산에 발생하는 탄소배출 연구는 특정 작물을 한 작형으로 재배하는 농가 위주로 이루어졌다. 하지만 저탄소 농산물에서 빼놓을 수 없는 것이 토경 재배를 비롯한 대안 농법을 이용하는 소농들이다. 마켓 가든이라는 개념의 대안농업을 진행하는 농가와 인터뷰를 하였다.

① 마켓 가든의 개념

“농업에 8가지 분야가 있다고 했을 때 채소, 꽃, 허브가 장벽 진입이 낮은 작물이에요. 나머지는 기반 시설이 필요하고 오랜 시간이 걸려서 자기 땅이 필요해요. 그런데 예시는 내가 땅을 소유하지 않아도 1년생이어서 시작할 수 있어요. 그랬을 때 파밍과 가드닝의 차이점이 있어요. 파밍은 소품종 대량으로 재배해요. 가드닝은 다품종을 소량으로 재배하는 방식이에요. 가드닝은 또 홈가드닝과 마켓가드닝으로 나눌 수 있어요. 홈가드닝은 자족적이고, 삶의 중심보다는 일부에 해당한다고 볼 수 있지만 마켓가드닝은 삶의 중심에 있고, 생계로서의 가드닝이에요. 생계이기 때문에 상업적, 마켓으로 채소를 기르는 것이라 생각하시면 돼요. 또 기존보다 작은 규모로 최소비용을 들여 시작돼요.”

국내에는 잘 알려져 있지 않은 마켓 가든의 개념에 대해 설명해주었다. 마켓 가든은 다품종을 소량으로 재배하는 소규모 농업 방식이라고 말했다.

② 관행농과 마켓 가든의 차이점

마켓가든은 관행농과 달리 규모화라는 특성이 없다. 때문에 보다 저비용, 저농약으로 시행될 수 있다. 또한 직거래로 운영되기에 탄소배출량은 관행농에 비해 상대적으로 적음을 알 수 있었다. 하지만 마켓가든을 운영하기 위한 국내 인프라 및 시장이 잘 갖춰져 있지 않다는 한계가 존재했다.

“물리적 규모를 정할 때 관행농업은 규모화라는 거대한 틀이 있어요. 그래서 어쩔 수 없이 경운을 하고, 많은 풀을 관리할 수 없어서 멀칭, 제초제를 뿌립니다. 그래서 병이 더 많이 들고, 약을 더 많이 쓰게 되는, 그런 방향으로 흘러가죠. 규모화를 극복하지 못하면 계속 쓸 수 밖에 없는 요소들이 있어요. 규모화하지 않고 어떻게 농사를 지을 것인가 했을 때 집약화를 마켓가드닝에서 얘기하고요. 현대 농업은 고비용입니다. 스마트팜, 육중한 장비들, 규모화를 위해 고비용이 필요한 거죠. 어떻게 하면 저비용으로 시작할 수 있을지 고민하는 거죠. 1천평에 적절한 기술과 비용은 무엇일까? 관행농은 대개 생산자 - 구매 - 도매 - 소매 - 소비자 순으로 유통구조를 가집니다. 하지만 마켓가드닝은 직거래를 지향합니다. 직거래하는 타겟의 소득, 문화, 취향에 따라 생산하는 품목의 선택이 달라져야 합니다. 하지만 한국에서 마켓가드닝을 실천하기에 인프라, 시장, 땅값을 비롯한 창업비용, 토질, 기후의 조건으로 인해 쉽지 않습니다.”

③ 적정 시스템

“어떻게 더 건강하고 많은 채소를 잘 기를지 고민하는 게 가장 중요합니다. 생태기술, 관리기술, 재배기술, 적정도구가 갖춰져야 하죠. 대표적인 예로 보존식 이랑이 있는데, 경우과 무경운 사이의 지점에 있는 기술입니다.”

저탄소농업기술에 무경운 기술이 있다. 하지만 해당 방식으로는 저탄소농업인증을 받을 수 있는지 불명확한 상태이다. 또한 앞의 내용들을 보았을 때, 마켓 가드닝은 탄소배출량이 상대적으로 더 적을 것으로 예상되지만, 현 시점의 정책에서는 어떠한 인증도 받을 수 없는 상태이다. 탄소배출저감에 더한 더 세부적인 정책이 필요하다.

(4) 포장 및 유기농업제도, 소비 - ‘ㄹ’ 유통업체

① 포장

- **플라스틱 포장의 상용화:** 과거 딸기는 스티로폼에 무게 단위로 현장에서 골라 판매했다. 농가에서는 보기 좋다는 이유로 맨 위에는 큰 딸기를, 안쪽에는 작은 딸기를 넣어서 판매했고, 이 때문에 현장에서는 늘 중간 유통업자와 소비자의 갈등이 빈번했다. 소비자들은 당연히 가장 위에 있는 커다란 딸기를 원했기 때문에 마트에는 자연스럽게 선택받지 못한 작은 딸기만 남았고, 유통상인들은 작은 딸기도 다 팔고 싶은 마음에 새로운 딸기 박스를 뜯지 않으며 소비자와의 눈치 싸움이 있었다고 ‘ㄹ’ 유통업체 대표는 말했다.

“딸기가 이만큼 큰 상자에다 들어오는데 하얀 스티로폼 상자에 4kg인가 8kg인가 들었어. 그럼 이제 1단 2단 3단 이렇게 싸가지고 그러면 이제 맨 위에는 이만한 게(큰 딸기) 들어가 있어. 맨 아래는 이만한 게(작은 딸기) 있어. 그걸 속박이라고 그러는 거 그때는 진짜로 그랬어. 다 그러면 이제 위에 거를 거들어가면 그럼 이제 장사하는 사람들은 위아래를 같이 퍼서 담아주고 싶지 그때는 이런 바구니가 있었어. 그렇게 하다 보니까 이 사람들이(소비자들이) 위에 것(딸기)만 걸어서 달라 하고 사가는 거지.”

그래서 소비자가 속았다는 생각이 들지 않게 큰 딸기와 작은 딸기가 함께 포장에 들어있는 것을 확인할 수 있는 포장, 사람 손이 최소한으로 닿게 하는 포장을 고민해서 농가에서 포장한 것을 유통 상인도 만지지 않고 소비자가 바로 구매하는 오늘날의 포장법을 떠올렸다고 말했다.

“그래서 내가 이제 딱 두 가지 ‘일단 딸기는 사람 손이 닿으면 안 되는 거네요?’ 이 사람에게 물어봤지 그랬더니 ‘그렇죠’ 그다음에 두 번째는 ‘소비자들이 큰 거 작은 거를 어쩔 수 없이 같이 팔아야 된다면 큰 게 작은 게 섞여 있는 걸 알고 사면 기분이 덜 나쁘겠네. 근데 나는 큰 거라고 사 왔는데 이때 막 다 가져와 있으니(섞여 있으니) 기분이 2배로 막 안 좋은거네.’ 그래서 포장이 나온 거예요. 그래서 딸기 플라스틱이 나오고, 소비자나 판매 단위에서 손을 못 대려면 밑에서(농장에서) 바로 넣어 버리고(포장해버리고).”

이렇게 탄생한 플라스틱 딸기는 인터뷰이의 말에 따르면 ‘히트’를 쳤다. 플라스틱 포장을 따라하는 농가는 늘어났고, 스티로폼 포장은 2년 만에 사라졌다고 말했다. 하지만 이런 과정에서 오늘날 우리가 가지런히 줄지어 포장된 딸기 포장이 나왔다. 딸기의 수명은 사람의 손이 닿을 때마다 이틀씩 단축되기 때문에 딸기 수명을 늘리려면 산지에서 바로 포장지에 담아서 팔아야 한다고 한다.

“그래서 그 상품(플라스틱 포장 딸기)에 새벽딸기라고 이름을 지은 거. 그때 새벽딸기가 딱 히트 치니까 딸기 포장이 싹 바뀌는 게 2년 걸리더라고. 2년 만에 스티로폼 딸기가 사라졌어. 그다음에 3년째 되니까 줄을 세우는 거야. 그럼 우리가 밀리지 이제 줄을 안 세우니까. 그리고 큰 거는 큰 거대로 더 파니까. 우리는 큰 거 작은 거 섞여 있었거든. (...) 딸기는 사람 손이 닿으면 수명이 하루 이틀씩 무조건 단축돼요. 그래서 딸기가 오래 팔려면 산지에서 바로 포장지에다 담아서 바로 팔아야 해. 지금 줄 세우고 하지. 사실 이거 다 안 해야 돼 근데 보기 좋으니까 그냥 하는 건데. (...)

해당 인터뷰를 통해 오늘날의 플라스틱 포장이 더 저렴한 스티로폼 포장의 대체제가 된 이유가 소비자와의 신뢰 문제, 사람의 손길을 최소화하기 위함이었음을 알게 되었다. 하지만 역설적이게도 딸기를 농가에서 줄지어 포장하게 된 오늘날, 농가의 인력난과 더불어 딸기에 수명이 더 단축되고 있기 때문에 폐기되는 딸기를 줄이기 위해서 농가에서 개별 포장하여 직거래하는 방식이 아닌 가락시장 같은 유통 업체로 빠르게 보내기를 선택한 농가도 있었다.



<그림 15> 플라스틱 딸기 용기 (해당 사진은 인터뷰이 업체와 관련 없음)

- 종이 포장, 친환경 포장의 시행착오: 플라스틱 폐기 문제를 이야기하며, 친환경 포장에 대한 고민이 없었냐는 필자의 질문에 ‘르’ 유통업체 대표는 여러 시도가 있었으며, 왜 해당 포장들이 실패했는지를 이야기했다.

“처음에는 종이도 (포장재료로 시도들) 했었어요. 옛날에 이렇게 밀어넣는 성냥갑처럼. 실은 플라스틱을 안 하고 싶어서 (시도)했는데 종이에 딸기가 묻는 거야. 그러면서 선도가 확실히 나빠지는 것처럼 보이는 거야. 종이 포장재 분해되는 거 다 바꿔봤는데 다 실패했어. 첫 번째는 물건을 안전하게 관리를 못해. 그러니까 배가 막 기스나고 (포장지가) 부드러워야 되는데, 딱딱하니까. 그다음에 시장이 많이 안 쓰니까 가격이 비싸. 그다음에 초기에 나는 500개면 충분한데 5천 개 만개 (제작을 해야 하고) 돈이 몇 배가 드는 거야. 일단 농산물은 무조건 최대한 안전을 보장해야 된다. 예를 들면 딸기 같은 경우도 밑에다가 뭘 깔아요. 그럼 그거는 쿠션도 있지만 에틸렌가스 좀 잡아주는 역할을 하는 걸 깎다든지 그런 식으로 어떻게 됐든 소비자한테 신선한 상태에서 부서지지 않게 그다음에 중간에 몇 번을 나르는 작업을 하잖아요. 그때 (농산물이) 움직이지 않게 (해야 한다.) 그게 핵심인 거죠. 막 호트러지거나 부딪히거나 눌리거나 이러면 다 끝나 엄청난 손해를 서로 봐야 되니까 포인트는 친환경적인 그러면서 매우 안전하게 울릴 수 있고 일반적인 패키지와 근접한 정도의 가격 이러면 농민들이 안 쓸 이유가 없지.”

그리고 이 포장 문제에 인력난 문제도 빠질 수 없다고 말한다. 친환경 포장에 기존 포장대비 많은 인력이 들어간다면 사용하지 않을 것이라는 이야기다. 이런 문제를 다 통과하고, 정부에서 이를 보조해준다면 친환경 포장재로 바꿀 수 있을 것이라는 게 ‘르’ 유통업체 대표의 의견이었다.

“북합동 지역은 사과하는 사람, 배하는 사람 다 다르면 꽃 따는 시기도 다르고 수확 시기도 다르니까 (농가끼리) 서로 돕는 게 되게 좋아. 근데 딸기는 (한 지역이 모두) 다 딸기야. 그럼 똑같이 예를 들면 꽃을 따준다(따는 시기다) 그러면 똑같이 다 바쁘니까 외국인 노동자를 상시 고용하지 않는 한 계속 인력난에 시달리죠. 그래서 생산에 투입되는 인원도 만만치가 않은데 만약에 친환경적인 포장재를 하면 작업 시간이 더 걸려. (그렇다면 친환경 친환경 포장) 애도 안 돼.그러니까 이런 것들이(해당 문제점들이) 이제 갖춰지고(해결되고) 그다음에 그 몇 년을 처음 쓰게 만드는 유인 작업을 정부에서 해줘야지 도와줘야지. 그 몇 년만 2년이든 3년이든 그 시장에 보급이 됐

고 썼던 사람들이 다시 재구매를 해. 그러면 이 신호는 뭐냐 하면 자리 잡았다는 거 거든.”

해당 인터뷰를 통해 친환경 포장을 위해 재활용 소재가 사용되는 것은 바람직하나, 현실적으로 가장 중요한 요소는 여러 유통 과정 동안 농산물의 손상이 없고, 포장 인력이 적게 들어가며, 값이 저렴한 포장재라고 말한다.

② 농산물 인증제: 저탄소 인증제 이전에는 유기농 농산물 인증제, 무농약 농산물 인증제, 저농약 농산물 인증제가 있었다. 현재 저농약 인증제는 없어지고, 이후 저탄소 인증제가 생겼다. 정부에서 저농약 인증제를 없앤 상황에 대해 ‘ㄷ’ 유통업체 대표는 다음과 같이 말했다.

“저농약 인증제를 없앨 때 (정부의) 논리가 형평성이 없어. (정부에서) 전 세계에 저농약 인증 나라가 없다. 저농약 인증 있는 나라가 전 세계에 아무 데도 없다고 (저농약 인증을 없애는 이유를 말)하는데, 내가 친환경 농산물 우리나라에서 소비하는 것도 부족한데 수출할 것도 아닌데 무슨 의미가 있냐고 했지.”

하지만 그는 저농약 인증은 유기농 인증제를 위해서라도 있어야 한다고 말했다. 생계를 위협받지 않으면서 농민들이 유기농 인증을 받을 수 있는 안전 장치라고 언급했다.

“지금 농민들이 이렇게 사다리를 타고 저농약, 무농약 여기 올라와야 되는데 사다리를 치워버리는 거거든. 처음부터 무농약 유기 재배를 가면 굶어 죽어요. 그럼 저농약 일 때 3년 이상을 해야 무농약 이상에 도전할 수 있는데 그때 외형이 좀 거칠고 한탄 말이야. 그거를 저농약 마크를 붙여주면서 그래도 제값을 근처로 받을 수 있게 해줬는데 이거는 그게 없어요. (...) 일단 농민들의 대부분은 이게 생계를 유지하는 직업이기 때문에 생계를 위협하면 안 돼요. 근데 친환경 농업 도전을 하면서 계속 생계를 위협받고 있거든. 근데 이제 그 위협하는 단계를 진입을 일정 부분 하면서 내가 얘기했던 열 사람의 한걸음이 됐던 게 저농약 인증이다. 왜냐하면 최소한 저농약 인증은 제조제는 쓸 수 없거든.”

하지만 해당 인증제가 없어진 지금, 기존에 저농약 인증을 받은 농가들은 유기농 인증을 받는 것이 아니라 대부분 관행 농법으로 돌아갔다고 말했다. 그래서 친환경 농산물을 유통하고 싶어도, 대형 유통업체에서 찾아도 요청하는 수량을 공급할 수가 없다고 말한다.

“2015년 이전에는 모든 대형 유통업체에서 굉장히 넓게 친환경 배달을 했었습니다. 그럼 이제 매대가 다 있다는 걸 채워야지 채우려면 우리 같은 사람들을(중간 유통업체) 쫓아대지. ‘더 좋은 물건(친환경 농산물) 많이 갖고 와’하고. 근데 지금 다 (유기농, 저농약 농장이) 없어지잖아. 다 없어졌어요. 그냥 뭐 몇 군데 있고 다 없어졌어요. 인증만 놓고 봐도 채소류 그다음에 쌀 버섯은 제외하고 이런 거 빼고 노지 과수는 보기가 어려워졌어요. 맞아요. (...) 저농약이 없어질 때 저농약 인증 농가들 중에 95% 99%가 관행으로 돌아갔거든.”

그리고 관행농으로 돌아간 사람들이 제일 먼저 사용하기 시작한건 제조제라고 말했다. 자본의 논리로는 제조제를 농가에서 쓰지 않을 이유가 없다고 말한다. 그렇기 때문에 저농약 인증제가 필요

한 이유는 제초제를 막기 위해서 라고 말했다. 화학 비료나 살충제 외에도 땅에게 가장 해로운건 제초제라고.

“그럼 그 사람들이 관행으로 돌아가서 제일 먼저 한 게 뭐냐? 제초제 쓰는 거였어. 농민들이 가장 하기 싫어하는 작업 그건 일당을 주고 사람을 사도 제일 비싼 일당을 줘 해. 그 땀벌에 예를 들면 비 오고 습하고 할 때 풀자라고 치고 돌아서면 또 잘하고 약 한 방이면 끝나는데 그럼 돈으로 그냥 단순하게 놓고 볼까요? 제초제에 약을 쓰면 20만원 정도 되는 면적이야. 열 사람의 한걸음이 됐던 게 저농약 인증이야. 왜냐하면 최소한 저농약 인증은 제초제는 쓸 수 없거든. 그게 나는 우리나라에서 가장 문제가 제초제라고 생각을 하 사람이 보통 농약 먹고 죽었다 하면 다 제초제잖아. 사람이 마시면 죽는 걸 땅에다 계속 뿌리는 거잖아요.”

저탄소 인증제는 저탄소 관련 기술이나 시설을 도입해야 하는데, 해당 기술에 자본이 필요하다고 언급한다. 즉, 초기 정착을 위해 정부의 지원이 있어야 해당 인증제가 안정적으로 자리잡을 것이라 했다.

“근데 저탄소 인증도 아마 gap나 친환경 유기농 무농약이 있어야 저탄소를 할 수 있는 조건이 돼. gap는 어렵지 않은데 저탄소를 만약에 받으려면 그런 식으로 할 수 있는데, 그게 엄청 정해져 있어요(저탄소 인증을 받을 수 있는 기술 목록). 보니까 이런 기술 몇 가지 기술을 써서 했느냐 그중에 하나가 자가 퇴비 만드는 것도 포함은 되는데, 바이오차 퇴비 이런 거 근데 그게 제한적이니까 사실 혹은 돈이 많이 드는 거 시설이 필요한 거예요.”

저탄소 인증제를 받은 농산물은 정부의 혜택이 있을 것이라는 대중들의 인식과 달리 실상은 판매망을 제공해준다고 하나, 직접적인 보조금은 존재하지 않는다. 농가 입장에서는 판매에 도움이 될까하여 인증제를 신청하는 실정이다. 하지만 저탄소 인증제를 시도하기 위해서는 해당 기술을 실천할 수 있는 시설이 필요하고, 저농약 농산물제도가 유기농 농산물제도의 징검다리역할을 한 것과 같이, 시행 후 생산량이 감소했을 때를 위한 보상금과 같은 안전장치가 필요하다는 지적이 있었다.

③ 못난이 농산물의 소비자 인식과 사업화의 문제: 인터뷰이는 소비자들이 항상 외적으로 예쁜 과일을 찾기 때문에 유통에서도 못난이 과일을 찾지 않는다고 말하며, 못난이 과일을 유통할 때의 문제점에 대해 아래와 같이 인터뷰했다. 수급이 일정할 수 없는 못난이 농산물을 규칙적으로 수급하기 위해서는 멸절한 농산물을 못난이로 일부러 만들거나, 멸절한 농산물이 들어갈 수밖에 없는 한 사례를 말했다.

“그거를(못난이 농산물 유통망 구축) 도전해서 그 한계를 극복하는 게 우리나라 시스템이 되게 어려운데 일단 도전해 있고 도전하고 있고 그리고 이왕이면 좀 잘 돼서 확산이 되면 좋겠는데 근데 그게 확산이 되면 또 어떻게 되냐면 일부러 비품을 만들더라고요. 예를 들어 낙과 피해본 농가들이 있어. 40개가 나온 거야. 근데 이 사람이(못난이 농산물을 찾는 업체) 나한테 주문을 100개를 해. 다 주문이거든. 못난이 사과를 100개 달라는 거야. (그런데 농가에서 판매할 수 있는 못난이 농산물 수량이) 40개밖에 안 돼. 심한 사람은 어떤 줄 알아? (판매할 수 있는 못난이 농산물이) 40개밖에

없어. (피해가 그것 뿐이라니) 다행이네. 이제 다 파셨네. 이게 정상적인 사람의 생각인데, '60개 어떻게든지 구해서 주셔야죠(못난이 농산물 취급 업체 이야기)'. 그럼 (농가에서는) 정상품을 넣어주는 거야."

처음부터 소비자들이 농산물을 공산품처럼 '상품'으로 인식하기 때문에 겉보기에 하자가 있는 제품을 찾지 않는 현상에 대한 지적과 동시에 소비와 공급, 여러 공급망과 얽혀있는 현재 시스템에서 못난이 농산물을 찾는 경우에는 오히려 공급을 위해 상품성이 있는 농산물을 문제가 있게 만들거나, 상품성이 있는 농산물을 함께 공급하는 아이러니한 상황이 벌어지고 있음을 말하며, 해당 사업의 어려움과 현실에 대한 이야기를 담았다.

④ 저탄소 농산물 인증제의 문제: 저탄소 인증제에 대해 이야기한 인터뷰이가 모두 공통적으로 말한 부분이 있었다. 바로 초기 정착을 위해 정부의 지원이 필요하다는 것이다. 저탄소 인증제는 저탄소 관련 기술이나 시설을 도입해야 하는데, 해당 기술에 자본이 필요하다고 언급한다.

"근데 저탄소 인증도 아마 gap나 친환경 유기농 무농약이 있어야 저탄소를 할 수 있는 조건이 돼. gap는 어렵지 않은데 저탄소를 만약에 받으려면 그런 식으로 할 수 있는데, 그게 엄청 정해져 있어요(저탄소 인증을 받을 수 있는 기술 목록). 보니까 이런 기술 몇 가지 기술을 써서 했느냐 그중에 하나가 자가 퇴비 만드는 것도 포함은 되는데, 바이오차 퇴비 이런 거. 근데 그게 제한적이니까 사실 혹은 돈이 많이 드는 거 시설이 필요한 거예요."

(5) 저탄소 농산물 인증제도 - '㉠' 탄소 배출 측정 업체

① 인증제에서 누락된 세부 단계

- **누락된 유통, 소비와 세부 생산 단계:** 현재 저탄소 인증제에는 생산 단계만 포함되어 있다. 유통과 소비가 누락되어 있을 뿐만 아니라 묘 생산 같은 세부 단계가 누락되어 있는데, 딸기의 묘 생산 시기와 사용 배지에 따라 탄소배출량이 다를 수 있고, 묘목을 직접 생산하는 농가와 구매하는 농가가 모두 존재하기 때문에 저탄소 농산물 인증제의 취지를 생각한다면 이 과정을 모두 항목에 들어가는 것이 옳다고 말한다.

유통과 소비에 대한 항목을 넣기 위해서는 기초 자료가 필요한데, 마늘 등의 LCA(전과정평가)는 있지만, 딸기는 전과정 평가는 연구가 부재하다. 유통과 소비까지 저탄소 인증제에 포함시키는 것은 생산자에게 탄소배출의 책임을 전가하는 것이 아닌 책임 있는 유통과 가공 판매로까지 이어질 수 있기 때문에 중요하고 말한다.

② 농민들의 다양성을 포용하지 못하는 한계: 현장에서 저탄소 인증제를 도입하며 생기는 크고 작은 형평성 문제 중에 하나는 대농과 소농의 환경이 다르다는 점이다. 넓은 면적을 관리하는 대농의 경우, 비료나 작물 보호제의 사용이 상대적으로 더 효율적이기 때문에 동일 기준을 두고 대농과 소농에게 저탄소 인증제를 시행한다면, 소농에게 불리하다는 현실적인 지적이 있었다.

③ 측정 기준의 문제: 현재 한국에서는 생산지의 단위 면적당 탄소배출을 기준에 두고 있다. 면적당 계산을 하면 탄소배출 계산이 용이하다는 장점이 있지만, 농가에서 가장 중요한 것은 면적당 소출량이다. 생산량과 무관하게 탄소배출만 계산하는 것은 문제가 있다는 지적이 있었다.

④ **저탄소 농산물 인증제에 대한 인식 부족:** 저탄소 인증제를 받은 농산물은 정부의 혜택이 있을 것이라는 대중들의 인식과 달리 실상은 달랐다. 판매망을 제공해준다고 하나, (미비하고) 사실 제일 중요한 점은 대중이 탄소 인증제를 알고, 구매로 이어지는 것이 더 시급하다고 말한다. 하지만 현재 그렇지 않다는 것이 인터뷰이의 지적이었다. 농가 입장에서는 큰 이득이 있어 신청하기보다 조금이나마 판매에 도움이 될까하여 인증제를 신청하는 것이 현재 실태라고 한다. 따라서 이를 개선하기 위해 저탄소 농산물 인증제를 알리고, 농가에서는 인증제를 도전하기 위한 자금 (고효율 장비 구매) 및 보상금 같은 안전장치(생산량이 전년도 대비 떨어졌을 때)가 필요하다는 지적이 있었다.

3. 결론

여러 인터뷰와 조사를 통해 내린 결론은 다음과 같다. 생산부문에서 딸기의 재배 작형과 품종은 매우 다양했으나, 대다수 농가가 1~2개의 작형과 품종을 집중적으로 이용하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 소비자의 수요, 농가의 수익 등을 고려하면 수확시기가 길고, 가장 빠른 수확이 가능한 시설재배가 이루어질 수밖에 없었다.

딸기의 유통, 소비 전 과정에서의 탄소배출에 대한 정보는 전무했다. 문헌조사내용과 인터뷰내용을 확인해보았을 때, 에너지, 비료, 자재와 같은 큰 범위에서의 탄소배출량은 확인할 수 있었지만 하우스 비닐 교체 시 탄소배출량, 유기농업을 시행했을 때의 탄소배출량, 특정 농약을 사용했을 때의 탄소배출량과 같은 세부적인 정보가 확연히 부족했다. 세부 정보가 부족하다보니 다양한 재배법, 이를 테면 현재 증가하고 있는 고설수경재배의 탄소배출량에 대해서도 알 수 없었다. 또한 딸기의 경우 항공과 선박을 이용한 수출과 다양한 가공 방식이 존재하는데, 이에 대한 탄소배출량 조사는 전무했다. 생산, 유통, 소비 전과정에서 탄소배출량에 대한 보다 구체적인 조사와 연구가 앞으로 필요하다. 실제로 농가들이 기후 변화의 영향으로 딸기 재배에 어려움을 겪고 있는 상황이기 때문에 탄소배출저감을 위한 기초적인 연구들이 시급히 이루어져야 할 것으로 보인다.

저탄소농축산물인증제는 특정 저탄소농업기술을 사용하고, 이를 인증하는 형태로 정책이 진행된다. 하지만 이는 18개 저탄소농업기술 외의 기술에 대해서는 인증을 받을 수 없고, 물발자국, 토양의 건강성, 생태계에 대한 부분은 누락되어 있다는 근본적인 한계가 있다. 또한 18개의 저탄소농업기술의 인증방식에도 한계가 있다. 비료의 경우, 현재 저탄소 인증제에서는 질소 함량을 통해 탄소 배출량을 계산한다. 탄소 배출뿐만 아니라 온실가스 전반을 측정하기 때문인데, 각 작목별 필요한 질소함량이 다를 수 있고, 토양환경에 따라 다르기 때문에 단지 비료 사용량만을 가지고 저탄소의 기준을 매기기에는 형평성 문제가 제기될 수 있다. 따라서 작목별, 토양 환경별 인증 기준이 잘 마련되었는지 검증이 필요하다. 또한 세부적으로는 대농과 소농의 자원 효율성의 차이 때문에 동일한 기준을 두는 것에 대한 문제제기도 있었다. 또한 바이오차와 같은 농업기술은 초기 비용을 확보하는 것이 중요한데, 이에 대한 지원이 선행되어야 해당 인증제가 활발히 시행될 수 있을 것으로 보인다. 또한 해당 인증제는 소비자와의 신뢰를 통해 인증을 받은 농가에게는 수익이 돌아감으로서 선순환이 필요한 제도이지만, 아직 소비자에게 인지가 미비한 실정이었다. 이를 꾸준히 알리려는 정부의 지속적인 노력이 필요하다.

무엇보다 소비자들에게 농산물 탄소배출량에 대한 정보 제공이 필요하다. 현재 농업부문에서 탄소 배출 저감 노력은 소극적이다. 소비자의 탄소저감에 대한 목적성이 높아진다면, 생산자, 유통자도 변할 것이다. 하지만 해당 과정에 대한 정보가 전무하기 때문에 소비자들은 관심을 기울이기 쉽지 않고, 인식의 부재는 관련 정책들의 효과를 떨어뜨린다. 따라서 탄소배출량에 대한 연구 외에도 일반인이 접근할 수 있는 형태로 가공하는 일이 필요할 것으로 보인다. 이는 딸기뿐 아니라 다른 농축산물에도 해당하는 사안이다. 이에 기여하기 위해 ‘식물하는 김에 탄소일주’팀은 지금까지의 연구내용을 노션(notion)에 올려서 일반인들에게 정보를 공유할 계획에 있다.

참고문헌

- 김나은, 이건호, 이덕현, 칸과와드. 문병은, 최경문, 김현태, 2020, 농업용 난방기 사용 시간에 따른 온실가스 배출량 분석, 한국농업기계학회, 20(2), 183
- 김혜민&황승재, 2013, 수출딸기 '매향'의 수확후 속도, 예냉온도 및 광조사에 따른 품질변화, Protected Horticulture and Plant Factory, 22(4), 432
- 농림축산식품부, 『최신 특허기술을 중심으로 식품기술 트렌드북』, 농림축산식품부, 2024
- 농산물유통정보(KAMIS), 『딸기』, 농산물유통정보(KAMIS), 2021, 1-26
- 농업기술진흥원, 『공고: 제2024-030호 인증대상의 세부사항』, 2024
- 농촌진흥청, 『농업기술길잡이 40(개정판) 딸기』, 농촌진흥청, 2019, 14-197
- 농촌진흥청, 『수출딸기 신품종 현황』, K-딸기 품질 고급화 및 수출 활성화 워크숍, 2023, 10
- 농촌진흥청, 『시설원예 에너지절감 패키지 기술 연구결과와 활용방안』, 2019, 한국원예학회 춘계학술대회 심포지엄 발표자료
- 농촌진흥청, 『환경보전과 자원절감이 가능한 순환식 수경재배 메뉴얼』, 2023, 농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소
- 농촌진흥청, 『CA 컨테이너를 활용한 딸기 선박 수출 실증』, 2023, 농촌진흥청, 3
- 장재경, 강금춘, 류현주, 2023, 딸기 양액 재배 시 발생하는 배액 재이용에 의한 탄소배출 저감 효과, 한국농업기계학회, 28(2), 248
- 윤혜숙, 2020, 특성재배에 적합한 딸기 '금실', 한국육종학회지, 52(2), 184-189
- 이인하, 서정학, 김현숙, 남명현, 유제혁, 최종명, 『충청남도농업기술원 딸기연구소 육성 딸기 품종 소개』, 충청남도딸기산학연협력단, 2019, 3-7
- 이종원&나옥호, 2013, 시설딸기 고설재배시스템의 베드 종류별 상토 내부온도 변화, 한국농공학회 학술대회초록집, 2013권, 93
- 한국농촌경제연구원(KERI), 『농업전망 2024 (2권) : 불확실성시대의 농업·농촌, 도전과 미래』, 농업전망 2024 자료집, 2024b, 657-685
- 한국농촌경제연구원(KERI), 『농업전망 2024 (1권) : 불확실성시대의 농업·농촌, 도전과 미래』, 농업전망 2024 자료집, 2024a, 23
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022, 『Greenhouse gas emissions from agrifood systems - Global, regional and country trends』, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000 - 2020, 1-12
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018, 『Special report : Global Warming of 1.5 °C』, Intergovernmental Panel on Climate Change, 1-616
- M. Crippa, E. Solazzo, D. Guizzardi, F. Monforti-Ferrario, F. N. Tubiello & A. Leip, 2021, Food systems are responsible for a third of global, Nature Food, 2, 198-209
- Manuela Mordini, Thomas Nemecek, Gérard Gaillard, 2009, Carbon & Water Footprint of Oranges and Strawberries, Federal Department of Economic Affairs
- "국산 여름딸기, 맛 좋고 향산화 물질 풍부", 영농자재신문, 2024년 07월 16일, 이은원
- "기후변화 대응과 푸드 마일리지", KDI 경제정보센터, 2021년 11월호, 오충현
- "기후변화대응지수 평가서 한국 최하위권...67개국 중 64위", 연합뉴스, 2023년 12월 08일, 이율림
- "농산물 유통비용 10% 이상 절감"...정부, 구조 개선 나선다", 환경신문, 2024년 5월 1일, 최수진
- "농식품부, 스마트 농산물산지유통센터(APC) 구축 본격 착수", KDI 경제정보센터, 2022년 08월 18일, 농림축산식품부
- "농산물 거래 디지털 전환...유통비 2027년 연 2조6000억 절감 추진", 대한민국 정책브리핑 정책 뉴스, 2023년 01월 10일, 농림축산식품부
- "농진청, 순환식 수경재배 보급 확대한다", 농축유통신문, 2023년 12월 14일, 이은용
- "딸기 '맛춤형 선박' 수출 가능해져", 농축유통신문, 2024년 02월 27일, 이은용
- "딸기, 생산 및 가격 동향", 농림축산식품부 보도참고자료, 2022년 02월 14일, 농림축산식품부
- "딸기 인기는 날로 높아져", 농축유통신문, 2020년 11월 27일, 김수용
- "딸기·포도 갓 탄 듯 신선하게 해외로...비행기보다 80% 싸게 날라요", 이데일리, 2024년 05월 30일, 김은비
- "만 원 딸기 유통비는 4,300원, 온라인 가락시장에선?", KBS뉴스, 2023년 1월 10일, 장혁진
- "[세계로 뻗어가는 K-농업] 저장성 높이고 맛과 품질 향상...한국 딸기 수출액 17년만에 13배 이상 '경증'", 중앙일보, 2023년 05월 12일, 6면, 김재학
- "'역유통'...돌고 도는 우리나라 농산물 유통", KBS뉴스, 2023년 9월 29일, 한성원
- "연간 500L 등유사용 無... 무가운 딸기재배 '탄소중립 실천'", Energyfn - 작물재배, 2023년 05월 12일, 정진성
- "우분 고체연료 품질 개선 성과", 축산경제신문, 2024년 04월 12일, 이국열
- "우분 고체연료화' 연구 박사...1,500억 원 수입 대체 효과", 한국농촌경제신문, 2024년 04월 08일, 나남길
- "유통구조 혁신으로 '신선·가격' 두 마리 토끼잡는다", 전남일보, 2021년 3월 15일, 김은지
- "[이기승의 환경과 사람] 탄소배출과 가공식품...탄소배출 늘고 건강 손실도 급증'가공 공정의 방정식", 영남일보, 2022년01월14일, 36면

- “[칼럼] 농식품 분야의 온실가스 문제, 건조기술로 풀자”, IMPACT ON, 2023년 12월 04일, 임팩트온
- “고품질 딸기 품종 개발과 재배기술 확대에 최선을 다하겠습니다”, <https://www.rda.go.kr/webzine/2022/02/sub1-3.html> (2024년 10월 20일) - 김주희
- “과일에도 소비 트렌드가 있다?!(딸기편)”, <https://post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=30644056&memberNo=52875287>, (2024년 11월 1일), 전남농업
- “농넷”, <https://www.nongnet.or.kr/front/M000000006/stats/totSearch2.do?keyword=0804> - 농넷
- “농사로 농업기술길잡이 딸기 병해충생태및 방제”, https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbk/kidofcomdyDtl.ps?jsessionId=OThCII1IRGFMIyqMtmtPH6irB9YW4BvZNFJTOZdMc2dBDup60o5WZ498h09kdJIn.nongsaro-web_servlet_engine1?menuId=PS00067&kidofcomdyNo=28662 (2024년 10월 11일) - 농촌진흥청
- “농사로 농작업일정 딸기(반축성 재배, 사계성여름재배, 축성재배)”, <https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbl/workScheduleLst.ps?menuId=PS00087&code=210001> (2024년 10월 11일) - 농촌진흥청
- “농사로 스마트팜 소개”, <https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psz/psza/contentMain.ps?menuId=PS65467> - 농촌진흥청
- “농촌진흥청 스마트팜 최적환경설정 안내서비스”, https://smartfarm.rda.go.kr/dtsv/slrctstb_pub.do
- “농촌진흥청 연구성과보고서 2022”, https://www.rda.go.kr/org/gud/gud_rsachoutcomeQuery_2022.do?prgId=gud_rsachoutcomeQuery#none - 농촌진흥청
- “KOSIS 시설 딸기 재배면적 규모별 농가 및 면적”, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1AG204088&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=MT_CTITL E_m_001_004&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE (2024년 10월 10일) - KOSIS
- “NAVER 지식백과 시사상식사전 FOB”, <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=930082&cid=43667&categoryId=43667> (2024년 10월 11일) - pmg 지식엔진연구소
- “Comparing the Carbon Footprint of Transportation Options”, <https://www.visualcapitalist.com/comparing-the-carbon-footprint-of-transportation-options/> - Visual Capitalist