

네덜란드 시설원예산업 동향 *

이 지 원
(농촌진흥청 연구운영과 과장)

네덜란드 원예산업은 첨단기술을 기반으로 강한 경쟁력을 가진 것으로 유명하다. 그 중에서도 클러스터를 중심으로 기술과 물류가 집적된 시설원예와 종자 산업은 네덜란드 원예산업을 유지하는 강력한 두 축이라고 할 수 있다.

네덜란드는 대량 소비지인 영국, 독일, 프랑스의 중앙에 위치하고, 바다와 라인강 등 유럽의 주요 강 하구에 위치한 지형적 특성, 풍부한 천연가스와 피트, 온난한 기후 등을 기반으로 일찍부터 시설원예가 발달하였다. 또한 특유의 근면함과 협동심, 긴밀한 산학연 협력 시스템, 연구개발 투자 등도 시설원예를 비롯한 농산업 발전의 원동력이 되었다. 현재 시설원예는 네덜란드에서 사회·경제적으로 매우 중요한 산업으로 발전하였을 뿐만 아니라 가히 선진 네덜란드 농업의 대표주자 또는 상징으로 인정받고 있다.

네덜란드 시설원예는 1990년대 이전까지는 생산성에 중점을 두고 발전하여 왔으나 그 이후는 지속가능성에 초점을 두고 기술개발이 이루어지고 있다. 네덜란드 시설원예에서 지속가능성은 에너지와 노동력의 투입을 줄이는 것이 중요한 목표다. 특히 화석 에너지 사용, 온실가스 배출, 용수 및 토지 사용을 줄이는 데 초점을 두고 기술을 개발하고 있다. 정부는 2020년부터 신축하는 온실은 탄소중립을 유지하여 이산화탄소 방출을 금지하는 정책을 추진하고 있다. 이를 실현하는 방법으로 태양광 에너지 이용, LED 등 효율적인 보광용 램프 이용, 에너지 효율성을 높이기 위한 생육 조절,

*(ilovevege@korea.kr).

지열 활용, 바이오 연료 사용 등의 혁신적인 기술 개발을 추진하고 있다. 이 글은 첨단기술로 대표되는 네덜란드 시설원예산업의 발전과정, 현황 및 방향에 대한 이해를 돕기 위해 작성되었다.

1. 네덜란드 시설원예의 역사

네덜란드 시설원예의 시작은 2차 대전 직후인 1945년으로 거슬러 올라간다. 1945년부터 1965년까지 20년 동안은 초기 시설원예를 구축하는 단계로 원예작물 생산이 주로 토양재배에 의존하였기 때문에 토양분석 연구와 병해충 방제, 토양 비옥화를 통한 수량 증대, 스프링클러 관개 등의 연구가 진행되었다. 이 시기에 시설원예는 생산성 향상을 위해 도입되었는데 상토 이용, 경매제도 등은 시설원예 발달에 큰 영향을 미쳤다. 특히 공정거래 가격 형성과 생산자 가격 보장을 목적으로 시작한 경매제도는 이후 시설원예 농산물의 수출 활성화에 크게 기여하였다.

1950년대 중반부터는 정부 지원으로 온실이 설치되기 시작했는데 수익성이 좋아 1950년대 후반기에는 온실에 난방시설이 갖추어지기 시작하였다. 이 당시에는 상추(봄)-토마토, 오이(여름)-상추(가을)의 작형이 주를 이루었다.

1965년 이후부터 1980년대까지는 기계화와 환경조절이 본격화된 시기로 기술과 생산성이 비약적으로 발전하였다. 천연가스 사용으로 난방시설이 보편화되었고, 전기 모터를 이용한 환기 관리로 재배환경 조절이 가능하게 되었으며, 유럽의 시장통합으로 인해 절화 및 분화 생산이 빠르게 증가하였고 시설재배 토마토의 생산성은 이미 40kg/m²에 도달하였다.

1980년 이후는 컴퓨터를 이용한 환경조절 및 자동화 기술이 비약적으로 발달한 시기이다. 정밀하고 체계적인 시설 환경조절이 가능하게 되었고, 노동력이 많이 필요한 선별, 물류 등의 작업이 자동화되었다. 이로 인해 결과적으로 생산성과 생력화가 비약적으로 발달하였다. 또한 인공배지와 점적관수를 이용한 수경재배, 이산화탄소 시비, 인공광 보광 등의 도입도 수확량 증가, 인건비 절감, 주년생산 등 생산성 향상에 크게 기여하였다. 2000년에 토마토는 이산화탄소 시비와 장기유인재배로 일부 농가에서는 수량이 60kg/m²에 도달하였다.

네덜란드 시설농업은 시장 변화, 에너지 비용, 생산비 등에 대응하여 지속적으로 재배작물이 변화하여 왔다. 시설채소는 1945년부터 1965년까지 눈에 띄게 증가하다가

이후 1993년까지 정체 상태를 유지하고 있으며, 이후 다소 감소하는 추세를 보이고 있다. 절화류는 1965년부터 1993년까지 증가하다가 이후 정체 또는 감소 추세에 있으며, 1980년대 이후 분화류 재배면적이 지속적으로 증가하고 있다.

2. 네덜란드 원예산업 동향

2.1. 네덜란드 원예산업

2011년 네덜란드의 원예작물 생산액은 86억 유로였고, 원예산물 수출량은 중개 수출을 포함하여 162억 유로였다. 원예산물 생산액은 농업생산액의 39%를 차지하며, 작목별 생산액 비율은 대략 채소류 40%, 절화류 30%, 분화류 30% 정도이다.

원예산물 수출액은 네덜란드 총수출액의 약 4%를 차지하고 농식품 수출액의 34%를 차지한다. 네덜란드 원예산물은 세계 교역량의 24%를 점유하며, 화훼는 세계 교역량의 50%를 차지하고 이 중 구근은 세계 교역량의 80%를 차지한다. 또한 네덜란드는 신선채소에서도 세계 최대 수출국인데 2010년 채소 수출량이 42억 유로에 달했다.

네덜란드는 세계최대의 종자 수출국이다. 종자 수출량은 15억 유로에 달하는데 매년 5%씩 성장하고 있다. 매년 유럽시장에 도입되는 1,800개의 신제품 중 65%가 네덜란드 원산이다.

2011년 네덜란드 원예작물 재배면적 중 93%는 구근 등 노지원예가 차지하고 시설원예면적은 7%인 10,311ha에 불과하지만 시설원예 농가는 4,463농가로 전체 원예작물 농가의 40%를 차지한다. 이는 시설원예가 노지원예에 비해 자본 및 기술 집약적이며, 부가가치 및 고용의 창출 효과가 큰 산업임을 시사한다. 원예산업은 상시고용인원이 약 400,000명으로 총일자리의 약 5%를 창출하고 있어 고용에서도 중요한 산업이다.

표 1 네덜란드 원예작물 재배면적 및 농가 수(2011)

구 분	면적(ha)	비율(%)	농가 수	비율(%)
시설원예 (시설채소)	10,311 (5,041)	7.0 (3.4)	4,463 (1,463)	40.0 (13.1)
(시설화훼)	(5,270)	(3.6)	(3,001)	(26.9)
노지원예	139,057	93.0	6,683	60.0
합 계	149,368	100	11,146	100

자료: CBS(Centraal Bureau voor de Statistiek).

2.2. 네덜란드 시설원에 산업

1990년대까지 네덜란드의 시설원예는 국내외적으로 많은 비난을 받기도 하였다. 1980년대에는 지나치게 생산성에 치중하여 맛이 없는 네덜란드 토마토는 독일 등 수입국에서 ‘물폭탄(water bomb)’으로 불리기도 했고, 1990년대까지 많은 국민들이 시설 재배를 오염을 유발하는 생산방식으로 인식했다. 실제로 당시 온실에서 사용된 많은 비료, 에너지, 농약, 인공배지, 포장재 등이 적지 않은 환경오염을 유발했다

이러한 환경오염에 대한 우려로 1980년대 말부터 환경규제들이 증가하기 시작했다. 즉, 농가, 지역, 국가 등의 수준에서 시설원예의 환경에 대한 영향을 줄이기 위한 다양한 정책들을 수행해 왔는데 대표적인 예가 시설원예 지대의 재편이다. 재편의 방향은 경쟁력을 높이고 환경에 대한 부담을 줄이는 것인데 생산물의 품질뿐만 아니라 생산 과정의 질 또한 높이는 것이다.

네덜란드는 시설원에 생산물의 80%를 수출할 만큼 수출 지향적임과 동시에 의존적이다. 네덜란드 시설원예 면적은 2000년대까지 지속적으로 증가하다가 이후 10,000ha 정도를 안정적으로 유지하고 있다. 채소류의 재배면적은 2000년까지 감소하다가 이후 지속적으로 증가하고 있으며, 화훼류 재배면적은 반대로 2000년을 정점으로 감소하는 경향이 뚜렷하다. 작목별로는 채소가 전체 시설면적의 48%를 차지하며, 화훼류가 46%, 수목류 및 과수류가 나머지 6%를 차지하며, 화훼류 시설재배는 절화류가 60%, 분화류가 40% 정도로 나뉜다.

표 2 네덜란드 연도별 시설원예 재배면적 변화 및 난방재배면적(ha)

구 분	1975	1985	1995	2005	2010
합 계	7,907	8,973	10,154	10,540	10,307
채 소	4,683	4,559	4,405	4,445	4,986
화 훼	3,060	4,275	5,518	5,616	4,774
기 타)	164	139	231	479	547
난방재배면적 (비율)	6,567 (83)	8,024 (89)	9,497 (93)	9,742 (92)	9,473 (92)

주 1) 조경수, 과수, 묘 등.

자료: CBS(Centraal Bureau voor de Statistiek).

네덜란드 시설원예의 또 하나의 특징은 유리온실 및 가온재배시설의 비중이 전체 시설원예의 각각 99%, 92%로 매우 높는데 특히 채소 시설재배에서는 가온재배면적이 94.5%로 더 높다. 유리온실면적 비중은 독일 77%, 프랑스 25% 등과 비교하여도 매우

높은 편이다. 우리나라는 유리온실 및 가온재배면적 비율이 각각 시설재배면적의 0.7% 및 28%로 매우 낮은 수준이다. 유리온실 및 가온재배면적 비율이 높다는 것은 작물에 맞는 환경을 정밀하게 적극적으로 조성할 수 있는 첨단 생산기반을 갖추고 있다는 것으로 네덜란드가 다른 나라와 크게 차별화된 특징이다.

네덜란드 난방재배면적은 천연가스 사용으로 1980년대를 전후하여 비약적으로 증가하였는데, 특히 토마토, 파프리카, 오이 등 고온성 과채류인 시설채소는 난방재배면적 비율이 전체 원예작물보다 높다.

표 3 네덜란드 채소 시설재배면적 및 난방재배면적 변화

연 도	가온재배		무가온재배		합계(ha)
	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	
1975	3,589	76.6	1,094	23.4	4,683
1980	3,858	82.8	800	17.2	4,658
1985	3,880	85.1	679	14.9	4,559
1990	4,007	90.0	446	10.0	4,453
1995	4,044	91.8	361	8.2	4,405
2000	3,879	92.3	322	7.7	4,201
2005	4,165	93.7	280	6.3	4,445
2010	4,711	94.5	275	5.5	4,986

자료: CBS(Centraal Bureau voor de Statistiek).

네덜란드 시설원예는 생산비의 증가와 지속되는 EU 회원국의 시설재배 증가에 대응하여 경쟁력을 갖추기 위해 2000년 이후 농가 수는 점차 감소하고 농가당 경영규모는 점차 확대하는 경향을 보이고 있다. 2000년 이후 전체 시설재배면적은 큰 변화가 없으나 농가 수는 2000년 이후 10년간 거의 절반 수준으로 감소하였다. 2010년 현재 시설원예 농가 수는 5,782농가이고 시설면적은 10,307ha이다

시설채소의 농가당 경영규모는 2000년에 평균 1.8ha이었던 것이 2011년 4.1ha로 증가하였으며, 시설화훼의 농가당 경영규모는 2000년 0.9ha에서 2011년 1.8ha로 2배 증가하여 시설채소의 경영 규모화가 뚜렷하다. 또한 시설채소농가의 규모가 시설화훼농가보다 2배가량 증가하여 규모의 확대 필요성이 더 크다고 할 수 있다. 규모별로 보면 전체적으로 농가 수가 감소하는 중에도 3ha 이상의 농가 수가 증가하였으며, 경영규모가 작을수록 농가 수의 감소 속도가 빠르다.

농가규모별 분포는 3ha 이상 농가가 전체 시설재배면적의 55%를 차지하고 2ha 이상 농가가 70%를 차지한다. 농가 수를 기준으로 보면 2ha 미만 규모 농가가 전체 농가수

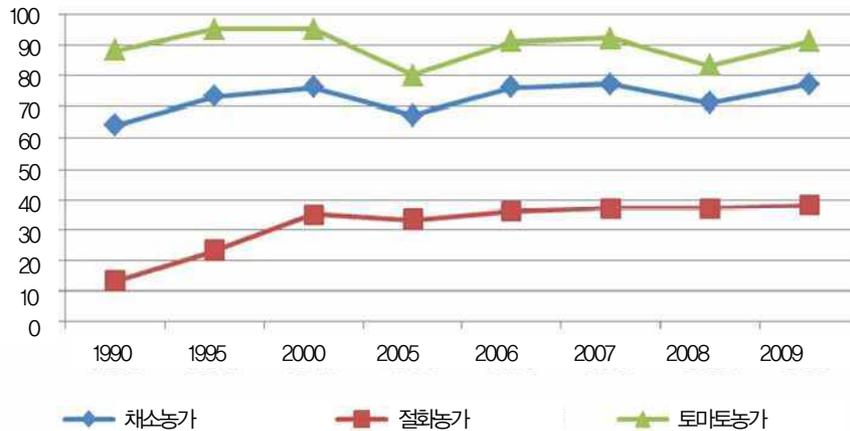
의 75% 차지하여 점차 시설재배 농가의 경영규모가 증가하고 있고, 상하위 농가 간 경영규모의 차이도 심해지고 있다.

표 4 네덜란드 시설원예 규모별 농가 수

구분	규모(ha)별 농가 수							농가 수	시설 면적 (ha)
	<0.25	0.25~0.5	0.5~0.75	0.75~1.5	1.5~3.0	3.0~5.0	>5.0		
2000	3,179	1,537	1,354	2,790	1,638	413	151	11,062	10,526
2001	2,947	1,361	1,212	2,573	1,620	446	178	10,337	10,524
2002	2,837	1,211	1,127	2,396	1,604	471	213	9,859	10,538
2003	2,692	1,166	1,097	2,194	1,597	459	244	9,449	10,539
2004	2,552	1,122	1,041	1,981	1,537	493	258	8,984	10,486
2005	2,438	1,033	974	1,860	1,493	509	289	8,596	10,540
2006	2,271	946	884	1,733	1,364	500	322	8,020	10,381
2007	1,996	886	786	1,568	1,278	523	359	7,396	10,374
2008	1,744	838	744	1,384	1,180	498	391	6,779	10,166
2009	1,561	755	670	1,209	1,122	502	430	6,249	10,324
2010	1,380	683	628	1,086	1,044	507	454	5,782	10,307

자료: CBS(Centraal Bureau voor de Statistiek).

그림 1 네덜란드 시설원예 작물별 수경재배 비율



자료: CBS(Centraal Bureau voor de Statistiek).

네덜란드 시설원예의 또 다른 특징은 대부분 정밀환경조절이 가능하여 규격화된 고품질 상품 생산이 가능한 수경재배 방식의 비중이 높다는 것이다. 2009년 현재 네덜란드의 시설채소 중 약 80%가 수경방식으로 재배되고 있으며, 이 중 토마토는 90%가 수경방식으로 재배되고 있다. 분화류는 100%, 절화류는 약 40%가 수경방식으로 재배되고 있다.

과거 네덜란드 온실은 환경오염 유발과 과다한 에너지 소비로 인식이 좋지 않았으나 이후 화석연료, 물, 비료, 농약 등의 사용을 최소화하고 친환경적인 에너지 등의 사용을 높여가는 노력으로 국민적 지지를 얻고 있다. 예를 들면 1998년 이후 네덜란드는 수경재배에서 폐액의 재사용과 온실 1ha당 500m³의 빗물 수집을 의무화하여 수자원의 친환경적 이용을 촉진하고 있는데 이러한 결과로 순환식 수경재배 기술이 발달하게 되었다. 오늘날 네덜란드 시설원예는 네덜란드에서 가장 혁신적인 산업분야의 하나로 인식되고 있으며 심지어 이러한 기술력을 바탕으로 '시설재배는 물과 에너지 사용에서 매우 효율적이며, 따라서 식량이 부족한 시기에 중요한 해결책이 될 것'이라고 주장하며 세계로 진출하고 있다.

2.3. 네덜란드 시설채소산업

네덜란드 시설채소 면적은 2000년 이후 다소 증가하는 경향을 보이나 증가 추세는 크지 않은 반면 농가 수는 2000년 대비 50% 이하 수준으로 저하하여 시설채소 농가의 규모화 추세가 뚜렷하다. 2000년 농가(경영체)당 경영 규모가 1.79ha이었던 것이 2011년에는 4.12ha로 2배 이상 증가하였다. 이것은 점점 저하하는 국제 경쟁력을 유지하기 위해 생산비를 절감하기 위한 것이다.

네덜란드에서는 1980년대 초반 전산기술, 환경조절기술, 암면재배 등의 도입으로 시설원예의 산업적 생산의 토대가 마련되었고, 인공광, 종합 방제 및 생물학적 방제, 정밀관비 등의 기술이 균일한 고품질의 과채류를 연중 생산하는 기반이 되었다.

2010년 현재 네덜란드 시설채소 농가는 전체 시설원예 농가의 20%인 1,260농가이며, 시설채소 면적은 전체 시설원예 면적의 50%에 가까운 4,986ha이다. 주된 재배작목은 대부분 과채류로 토마토가 1,680ha로 시설채소면적의 34%, 파프리카 27%로 압도적이며, 오이 13%, 가지 2% 등이며, 나머지는 딸기, 엽채류 등이다.

작물별로 2000년 이후 시설면적 변화를 보면 토마토, 파프리카 면적은 지속 증가하였고, 오이와 가지의 시설재배 면적은 크게 변화하지 않고 있다. 따라서 네덜란드 시설채소 산업은 토마토와 파프리카가 대표한다. 이는 부족한 일조, 에너지 비용, 노동력, 시장성 등을 지속적으로 반영한 것으로 시장 경쟁력 향상을 위한 자연스러운 선택과 집중 전략으로 볼 수 있다. 따라서 네덜란드 시설채소 산업은 뚜렷한 4계절과 제한된 내수 시장 안에서 많은 소규모 농가가 다양한 작형으로 많은 종류의 작목을 생산하여야 하는 우리나라의 시설원예 여건과 크게 다르다고 할 수 있다.

네덜란드 시설채소의 농가당 경영규모도 작물에 따라 차이가 크다. 농가당 시설 규모가 토마토와 파프리카는 각각 4.52ha, 4.36ha로 가장 크고, 다음이 오이이다. 토마토와 파프리카는 소비도 많고 비교적 광에 둔감하고, 노동력도 적게 드는 장점이 있어 네덜란드 시설원예, 특히 기업화된 대규모 경영에 적합한 품목으로 인식되고 있다. 토마토의 경우 수확에 노력이 많이 드는 대과종이나 체리형보다는 송이형의 재배면적이 압도적으로 많은 것이 단적인 예라 할 수 있다. 딸기의 경우는 생력화, 기계화 등이 어렵고 수확 노력이 많이 들뿐만 아니라 생산시기도 매우 짧아 소농에 유리한 작물로 인식되고 있다.

표 5 네덜란드 시설채소 품목별, 농가수, 면적 및 농가규모(2010)

구 분	농가 수	시설면적(ha)	경영규모(ha/농가)
토마토	371	1,676	4.52
(대과종)	(140)	(418)	(2.99)
(송이형)	(190)	(1,149)	(6.04)
(체리형)	(41)	(109)	(2.66)
오 이	276	664	2.41
딸 기	351	255	0.73
파프리카	322	1,403	4.36
가 지	53	104	1.96
기 타)	797	884	1.11

주: 1) 채종, 영양번식 채소 등.
 자료: CBS(Centraal Bureau voor de Statistiek).

네덜란드의 채소 시설재배는 크게 서쪽의 Westland와 독일과의 국경에 인접한 동쪽의 Venlo에 집중되어 있다. 정부 차원에서도 시설채소의 경제적 중요성, 특히 두 지역

표 6 네덜란드 시설채소 품목별 농가 수 및 시설면적 변화

구 분	2000	2010
농가 수	2,510	1,260
시설채소면적(ha)	4,200	4,986
평균농가규모(ha/농가)	1.79	3.96
토 마 토	1,130	1,676
파프리카	1,150	1,403
오 이	663	664
가 지	76	104
기 타)	1,181	1,139

주: 엽채류, 영양번식 채소, 채종, 딸기 등.
 자료: CBS(Centraal Bureau voor de Statistiek).

의 중요성을 인식하고 이 지역을 ‘그린포트(greenport)’로 지정하였다. ‘그린포트’는 네덜란드에서 특정 농업 분야에 연관된 산업과 연구소가 지리적으로 집중된 클러스터를 일컫는다. 네덜란드에는 Aalsmeer, Barendrecht, Venlo, Westland, Noord-Holland North 등 5개의 ‘그린포트’가 있는데 2개는 채소 생산에, 다른 3개는 절화 및 분화 생산 클러스터로 총 시설원예면적의 65% 이상이 ‘그린포트’에 위치한다.

그린포트의 큰 특징 중의 하나는 대규모 시장이나 물류에 좋은 항구, 공항 등과 인접해 있다는 것이며, 집중화를 통해 기술, 자재, 물류, 수송, 가공, 시장성 등 연관 전후방 산업이 발달하여 효율성과 경쟁력을 보다 키울 수 있으며, 환경 문제를 효율적으로 관리할 수 있다는 것이다.

그림 2 네덜란드 주요 그린포트 지역



3. 네덜란드 시설원예의 기술개발 방향

3.1. 에너지 및 환경관리 기술

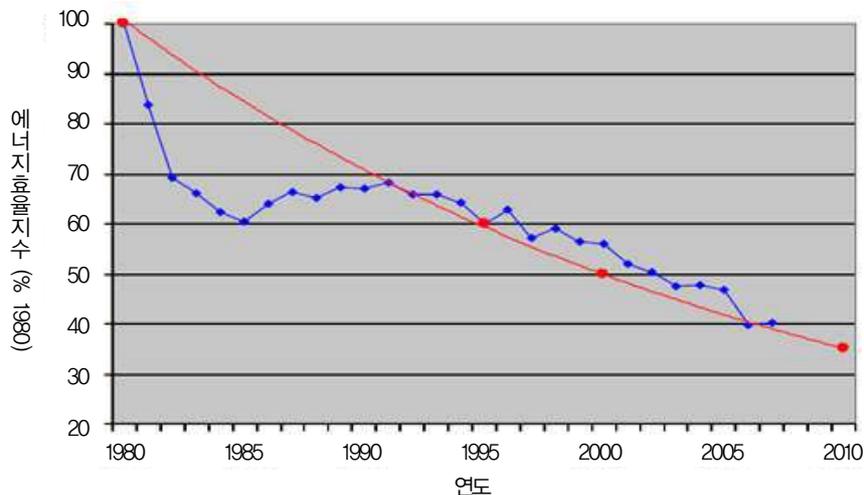
향후 네덜란드 시설원예의 자원 투입 및 환경 관리기술 방향 중 첫 번째는 친환경적 물 관리이다. 네덜란드 시설원예는 대부분 순환식 수경재배 시스템으로 물을 여과하고 자외선으로 소독하여 재사용하며, 용수도 지하수를 사용하지 않고 주로 온실에서 받은 빗물로 자급한다. 이럴 경우 작물체 외에 다른 곳으로 물이 낭비되지 않아 토마토 1kg 생산에 1리터 물이 사용될 정도로 수자원 낭비를 최소화하고 있다.

2027년부터 네덜란드에서는 온실에서 사용하는 물과 비료의 온실 외부로의 배출 금

지가 의무화된다. 온실에 사용된 물과 비료는 재활용 기술을 통해 온실 내에서 완전히 작물에 사용되는 것이다. 이것은 점차 부족해지고 공급이 불안정해지는 물 공급에 대비하고 환경오염을 줄이며 생산비를 낮추는 데 목적이 있다.

둘째는 에너지 사용을 최소화함과 동시에 신재생 에너지의 사용 비중을 늘리는 것이다. 네덜란드 온실의 에너지원은 최초 석탄에서 석유를 거쳐 1970년 천연가스로 변화하였다. 이 과정에서 네덜란드도 1979년 2차 에너지 파동으로 얻은 교훈을 토대로 전체 생산비의 20~30%를 차지할 만큼 큰 에너지 비용인 화석에너지의 경감을 위한 노력을 지속적으로 전개하고 있다. 따라서 2010년까지 온실의 에너지 사용을 1980년 대비 40% 이하로 낮추는 정책을 꾸준히 추진하여 왔고 2002년부터는 새로운 개념의 “에너지원으로서의 온실(Greenhouse as source of energy)” 프로젝트를 시작하였다. 이 프로젝트는 2020년까지 수행되는데 에너지 절감을 위해 재배법 개선과 인공광 이용기술 개발이 이루어지고, 태양광, 지열, 바이오연료 등 신재생 에너지의 활용률, 그리고 화석에너지와 이산화탄소 이용 효율을 높이는 등 다각적인 접근을 시도하고 있다.

그림 3 네덜란드 시설원에 에너지 절감 계획 및 추진 성과



자료: Van Ruiten, N. Programme 'Greenhouse, source of energy' (2009).

현재 가장 활발한 에너지 이용 및 개발 분야를 소개하면 다음과 같다. 가장 일반적인 것은 ‘열-전기 복합 발전기(CHP)’이다. 대표적인 절감 기술로 천연가스를 원료로 열-전기-탄산가스를 동시에 생산하는 발전기다. 많은 네덜란드 온실이 이러한 소형 발전 시설을 갖추고 작물과 전기를 동시에 생산하여 판매하고 있다. 발전기에서 발생한 열

은 온실의 난방에 사용하고, 전기는 보광 등에 사용하고 남은 전기는 전기회사에 판매한다. 또 발전 중 생기는 이산화탄소는 농축하여 작물 생육 촉진을 위해 활용한다. CHP를 갖춘 온실에서 생산되는 전기는 네덜란드 전체 전력 사용량의 10%를 담당한다. 그러나 이러한 기술의 정착을 위해서는 적정한 난방연료, 집단화되고 규모화된 재배시설, 경제성 등의 요건이 해결되어야 가능하다. 그럼에도 불구하고 앞으로 분명히 지속가능성이 기술개발에서 더욱 중요한 부분을 차지할 것이다.

다음은 반폐쇄형 온실(semi-closed greenhouse)이다. 이 시설은 에너지 절감을 위해 축열 시스템을 활용하여 최소한의 공기만을 외부와 교환하는 온실이다. 여름동안 더운 온실의 열을 히트펌프로 잡아 지하 물탱크에 저장하고 이 열을 난방이 필요한 겨울에 끄집어내어 사용하는 시스템이다. 이 시스템은 환기를 최소화할 수 있으므로 공기 중의 이산화탄소 농도를 높일 수 있어 작물 생산성도 높일 수 있다. 지금까지의 연구에 의하면 관수에 의해 사용된 물의 약 85%가 재사용되고, 온실로 들어오는 광량의 73%를 냉각기로 농축하여 열로 전환할 수 있다고 한다. 다만 이 시스템은 일반온실에 비해 시설비가 많이 들고, 보다 정밀한 환경관리가 요구된다. 때문에 시설 이용률이 높고 부가가치가 높은 작물에 적용할 경우 난방비는 물론 용수와 방제비용을 낮출 수 있는 장점이 있다.

다음은 경제성의 문제로 아직 널리 활용되지는 않고 있지만 장기적 관점에서 진행되는 '지중열 이용 난방'이다. 온실 가온을 위해 지열을 사용하는 것인데 보통 3km 깊이의 75℃ 정도 물을 난방 열원으로 이용하고, 식은 물은 다시 지하로 되돌려 재가열하며, 이때 펌프 작동에 사용하는 전기는 풍력발전으로 가동하여 온실의 신재생 에너지 사용을 극대화하는 기술이다. 에너지가 남으면 전기회사에 판매하므로 재배농가는 에너지 생산으로 부가적인 소득을 창출한다. 이 밖에 여름에 냉방 중 발생한 열을 지하에 저장하였다가 겨울에 난방으로 사용하고, 반대로 겨울철 난방 중 발생하는 냉기를 지하탱크나 대수층에 저장하였다가 여름철 냉방에 이용하는 기술도 상용화되고 있다. 물론 새로운 소재 등의 개발로 2 또는 3겹의 이동식 보온커튼 기술도 에너지 이용과 투광 효율을 높이기 위해 일반적으로 사용된다.

세 번째는 인공광 기술의 개선이다. 네덜란드는 일조가 부족하여 생산을 극대화하기 위해 시설원예에서 보광에 많은 에너지를 사용한다. 현재 광과 관련하여 가장 활발한 연구는 LED광의 활용인데 작물에 가장 유효한 파장을 만드는 LED광을 사용하고, 온실 옆에 설치한 풍력발전기로 LED광을 위한 전기를 공급하는 개념이다.

이 밖에 화학농약의 사용을 최소화하여 친환경적 방제 비율을 높이는 것도 중요한 방향이다. 천적을 이용한 병해충 방제 등 다양한 생물방제기술이 일반화되어 있다. 또한 수송 및 유통 비용을 줄여 탄소배출을 최소화한다는 것도 중요한 정책 방향이다.

3.2. 시설원예 생력과 기술

네덜란드는 인건비가 매우 높은 나라이기 때문에 시설원예는 노력비용을 줄이기 위한 자동화 기술개발에 중점을 두고 이루어지고 있다. 거의 대부분의 분화재배는 파종부터 출하까지의 작업이 자동화되어 있다.

첫 번째는 중요 작업에서 작업효율을 높이기 위해 욕구를 지원하는 기술이다. 쉽게 말하면 지루하고 어려운 농작업에 게임적인 요소를 결합하여 생산성을 높이는 것이다. 최신의 기술이나 전자기기 도입, 실시간 환류, 교육의 자동화 및 게임화 등을 들 수 있다. 두 번째는 노동력을 지원, 증강 또는 경감하는 기술이다. 기능성 작업복, 작업 지원 지능형 감지기 및 소프트웨어, 지능형 수확기 및 운반 장치 등의 개발이 이루어지고 있다. 대표적인 것은 이동식 재배장치를 들 수 있는데 이 장치는 생산비를 낮추고, 사람의 출입을 최소화하여 병해충의 전파를 막고, 작업을 편리하고 효율적으로 수행할 수 있게 한다. 세 번째는 노동을 대체하는 로봇 개발이다. 수확기, 삼목기, 이식기 등이 대표적이다.

4. 네덜란드 시설원예의 강점과 약점

생산, 물류, 기술, 역동성, 지속가능성 등으로 구분하여 분석한 결과에 의하면 네덜란드 시설원예의 장점은 강한 기업정신을 가지고 잘 갖추어진 물류와 기술 기반 위에서 효율적인 클러스터를 구축하고 있다는 것이다. 거기에 정부 차원에서 혁신과 기술 개발을 지원하고 산학관연 간 강한 유기적 관계를 형성하고 있다는 것도 큰 장점이며, 이를 바탕으로 이미 시장에서 생산물의 품질과 안전성에서 좋은 평가를 받고 있다.

반면 약점으로는 국내적으로 산업의 이미지가 약하거나 나빠 양질의 젊은 후계인력이 부족하고 많은 노동력을 외국인에게 의존하며, 내수 시장이 취약하고 경쟁국의 출현으로 시장 지향적 발전 가능성이 불확실한 점을 들 수 있다. 또한 유통 면에서 농업인의 입지는 약해지는 반면 대형 소매유통체인의 힘이 증가하고 있고, 높은 임금, 낮은 금융투자 등으로 경영수익이 불확실한 것도 단점으로 분석되고 있다.

표 7 네덜란드 시설원예 분야의 강점과 약점

구 분	강 점	약 점	불확실성
생산	<ul style="list-style-type: none"> • 발달된 그린포트 • 강한 기업성 	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 산업 이미지 	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 외국 노동력 의존
물류	<ul style="list-style-type: none"> • 양질의 물류기반 	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 혼잡 	
기술	<ul style="list-style-type: none"> • 기술 혁신과 적용 • 높은 지식수준 	-	-
역동성	<ul style="list-style-type: none"> • 강한 유기적 구조 • 생산물 품질 및 안전성 	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 소매유통회사의 영향력 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 시장지향성 발전 가능성 • 취약한 내수 기반
용지 및 기반	<ul style="list-style-type: none"> • 그린포트 지정 • 시설원예 용지 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 용지 및 기반 개발 속도 	<ul style="list-style-type: none"> • 클러스터링 성공 여부
혁신 환경	<ul style="list-style-type: none"> • 적극적 지식 혁신 및 개발 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 금융투자 유치 	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신 성공의 불확실성
지속가능성	<ul style="list-style-type: none"> • 재정적 지원, 진취적 제도 	-	-
노동력 및 고용	-	<ul style="list-style-type: none"> • 다른 분야에 비해 낮은 임금 	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 사회보장 • 교육과 산업의 연계

자료: Breukers, A., O. Hietbrink, M. Ruijs, 2008.

5. 요약 및 시사점

네덜란드는 시설원예 분야에서 첨단기술을 기반으로 세계의 기술농업을 선도하고 있다. 네덜란드는 지형적 특성, 풍부한 천연가스와 피트, 온난한 기후 등으로 일찍부터 시설원예가 발달하였고, 이제 시설원예는 네덜란드 농업의 상징이 되었다.

네덜란드 시설원예 기술개발은 1990년대까지 수량성에 중점을 두었으나 그 이후에는 생산성은 물론 지속가능성에 초점을 두고 이루어지고 있다. 네덜란드 시설원예의 지속가능성은 에너지와 노동력의 투입을 줄이는 것이 중요한 목표다. 정부는 2020년부터 신축하는 온실은 탄소중립을 유지하여 이산화탄소 방출 금지 정책을 추진하고 있다.

네덜란드 시설원예는 수준 높은 시설 인프라와 첨단 기술력을 바탕으로 높은 생산성을 가지고 있고, 시장 환경도 매우 개방적이다. 반면 국내적으로 젊은 후계인력 부족, 노동력의 외국 의존 증가, 내수시장 취약, 대형 소매유통체인 확대, 경영수익의 불확실성 증가 등의 약점도 상존한다. 기술력과 기반, 그리고 최근의 시장개방 환경에서 네덜란드 시설원예는 우리에게 시사하는 바가 적지 않지만 우리나라의 여건과 비교하면 인적·물적 인프라, 자본 투입 여력, 재배 작목, 기후 및 시장 환경 등에서 차이가 적지 않다. 우리나라 시설원예도 시장 확대와 경쟁력 제고를 위해 규모화, 현대화, 첨단기술개발 등에 적

극적으로 투자가 이루어져야 하지만 투자가 많은 농업인만큼 작목과 지역의 선택, 기술 개발 방향, 전문성 확보, 시장 전략 등에서 면밀한 검토가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- Breukers, A., O. Hietbrink and M. Ruijs. 2008. The power of Dutch greenhouse vegetable horticulture: An analysis of the private sector and its institutional framework. LEI report. Den Hague.
- Berkers, E. and F.W. Geels. 2011. System innovation through stepwise reconfiguration: the case of technological transitions in Dutch greenhouse horticulture(1930 - 1980). *Technology Analysis & Strategic Management* 23(3) : 227 - 247
- Gerritsen, A., A. Groot, and W. Nieuwenhuizen. 2014. Glasshouse horticulture in the Netherlands : governance for resilient and sustainable economies. The European conference of the regional studies association, Izmir, Turkey.
- LEI and CBS. 2012. Land- en tuinbouwcijfers 2012. Wageningen UR.
- Pekkeriet, E. 2010. Towards a worker-friendly production environment in greenhouse horticulture. www.industrial-technologies 2010.
- Runkle, E. 2010. Sustainable production technologies - a Dutch perspective. GPN
- Teitel, M., H.F. de Zwart, F.L.K. Kempkes, 2011. Water balance and energy partitioning in a semi-closed greenhouse. *ISHS Acta Horticulturae* 952
- Van Ruiten, N. 2009. Programme ' Greenhouse, source of energy'. Energy summit, London.

참고 사이트

- CBS (<http://www.cbs.nl/>)
- Government of the Netherlands(<http://www.government.nl/issues>)
- <http://www.hollandtrade.com/sector-information/horticulture/>