

농업기계화 분야의 연구동향과 발전전망

조 영 길

목 차

- I. 서 언
 - II. 농업기계 산업 및 연구동향
 - III. 연구개발 방향과 전망
 - IV. 요 약
- 참고문헌

농업기계화 분야의 연구동향과 발전전망

I. 서 언

농업기계학이 대학에서 독자적인 학과로 정착된 지 33년이 지났고, 농업기계학회가 창립된지도 올해로 27년을 맞았다. 그동안 우리나라가 이룩한 농업기계화는 비록 벼농사에 국한되기는 하지만, 국내외로부터 짧은 기간동안에 세계에서 가장 성공적이었다고 평가받고 있다. 이 같은 배경에는 무엇보다도 1978년도에 제정된 농업기계화촉진법의 역할이 컸다고 볼 수 있다. 즉 이를 계기로 대학에 학과가 증설되고 농촌진흥청 농업기계화연구소가 발족되었을 뿐만 아니라, 지난 25년 동안 시대상황에 알맞은 정부의 농업기계화 정책의 수립과 산학연의 농업기계 연구개발·생산·보급·유통·사후봉사 등 노력의 결과로 현재와 같은 농업기계화 기반이 마련되었다.

우리나라의 농업기계화가 괄목할만한 성장을 한 것은 사실이지만, 아직도 선진국에 비하면 노동성이 크게 떨어지고, 벼를 제외한 원예, 축산, 임업 등 대부분의 작목에 대한 기계화율은 매우 저조한 실정이다. 지금까지의 기계화는 주로 벼농사 위주로서 경운에서 수확까지 생산관리작업에 치중해 왔고, 수확이후의 관리에 대한 기계화는 크게 미흡하였다.

현재 우리의 농업·농촌은 대내외적으로 심각한 도전에 직면하고 있다. 2000년부터 시작된 도하아젠다(DDA) 농업협상과 한·칠레간 자유무역협정(FTA) 타결, 중국산 마늘에 대한 긴급수입제한조치(SG) 종료 등으로 농산물 시장개방 폭은 더욱 확대될 전망이다. 이같은 일련의 상황은 농업을 시장지향적 농산물 생산과 무역체제로의 전환을 요구하고 있지만, 우리의 농업 현실에는 낮은 경쟁력 때문에 시장지향적 목표로 다가갈 수 없는 여러 요인이 존재하고 있다. 대내적으로도 계속되는 농촌 인력의 감소와 노령화·부녀화, 청장년층의 농업기피현상 심화 등으로 농업의 지속적 유지를 걱정해야 하는 상황에 직면하고 있다. 이와 같은 어려운 여건하에서 우리의 농업·농촌을 지키고, 농업을 21세기의 경쟁력있는 산업으로 발전시키기 위해서는 새로운 패러다임의 농업기계화 정책과 기술개발이 요구되는 시점이다.

농기계산업은 정부의 주도적인 농업기계화 정책에 힘입어 그동안 성장가도를 달려왔으나, 1997년 IMF 외환위기를 계기로 농기계 공급의 급감 등 장기침체를 맞고

있다. 특히 2000년대에 들어와서 농업기계화사업이 농업지원정책에서 밀려나기 시작하여 최근에는 농업기계화촉진법의 일부 조항이 개정되는 등 정책변화가 예상된다. 다행히도 지난 몇년동안 산업체의 노력으로 수출이 크게 증가하는 다소 고무적인 현상이 나타나고는 있지만, 내수는 여전히 침체를 벗어나지 못하고 있다.

따라서 급변하는 농업여건 변화에 대응할 수 있는 농업기계기술의 개발방향 정립이 시급한 실정이며, 이를 위하여 본문에서 우선 농기계 산업의 현황과 전망을 고찰하였고, 국내외 농업기계분야의 연구개발 동향 분석을 통한 문제점과 개선방향, 그리고 핵심기술영역과 추진전략을 모색하였다. 또한, 효율적인 기술개발을 위한 산·학·연·관의 바람직한 역할분담 등을 제시하였다.

II. 농업기계 산업 및 연구동향

1. 농업기계화 여건변화

가. 농가수의 급격한 감소 및 자본·기술집약적 작목으로의 전환 확대

1990년 177만호에 달하던 농가호수는 연평균 2.4% 정도의 비율로 감소하여 2001년 135만호로 크게 줄었다. 재배작목별 농가호수는 벼와 전작은 연평균 각각 4.1%, 3.8% 수준의 감세 추세를 보임으로써 전체 농가호수의 감소율 2.4%를 초과하였다. 그러나 화훼, 채소, 과수, 특용작물의 재배 농가수는 1990년대 전반기에는 매우 큰 폭으로 증가하였으나, 후반기부터는 정체 또는 약간 감소하는 현상을 보였다. 지난 10년 동안에 화훼는 연평균 5.0%, 채소 3.6%, 과수 2.9%, 특용작물 1.3%가 증가하였다(표 1).

한편 축산농가는 1990년부터 1995년까지 큰 폭으로 증가하였으나, 우루과이 라운드(UR) 협상이후 쇠고기시장 개방 등의 영향으로 1995년을 기점으로 오히려 감소추세를 나타냈다.

나. 농업노동력의 고령화와 농민층의 양극화 확대

농업인력의 노령화와 부녀화가 확대되고, 농업노동력 부족현상이 갈수록 심화되고 있다. 농가인구 비중은 1990년 15.5%에서 2000년 8.7%로 감소되었다. 농가 경영주중 40세 미만의 비중은 1990년 15% 수준에서 2000년 7% 수준으로 감소한 반면에, 65세 이상의 비중은 <표 2>에서 보는바와 같이 같은 기간중 17.8%에서 33.1%로 증가하여 청장년층의 농업기피현상이 뚜렷하게 나타났다.

또한 <표 3>에서 보는바와 같이 전체 농가중 3ha 이상 대농의 비중은 1990년 2.5% 수준에서 2000년 6.1% 수준으로 증가하였고, 0.5ha 미만 영세농의 비중은 같은 기간중 27%에서 32% 수준으로 확대되는 등 농민층의 양극화 현상이 확대되고 있다.

다. 농산물시장 및 농기계시장의 개방 확대

DDA 협상으로 수입개방 확대·관세인하가 불가피할 예정으로서, 이에 따른 수입농산물의 가격하락 및 국내 농산물과의 경쟁력심화 등 국내 농업생산과 가격에 미치는 영향이 클 것으로 전망된다. 또한 수출보조와 국내보조의 실질적 감축을 협상의 방향으로 하고 있어 과거와 같은 가격지지나 생산비 중립적 소득보조도 어려울 전망이다.

국내 농기계 시장은 지난 3년 연속 급감하고 있는 가운데, 지난해부터 일본의 대형 농기계 업체가 고성능·편이성의 우수함을 내세워 대농가와 임작업을 많이 하는 농가를 대상으로 트랙터, 콤팩트, 이앙기 등 대형 농기계를 직판함으로써 시장점유율을 높이고 있다.

<표 1> 영농형태별 농가호수 변화 추이

구 분	총농가수	벼	전 작	특 용 작 물	과 수	채 소	화 훼	축 산	기 타	
1990	1,767,033 (100.0)	1,231,839 (69.7)	114,132 (6.5)	38,585 (2.2)	107,262 (6.1)	172,350 (9.8)	6,404 (0.4)	88,522 (5.0)	7,939 (0.4)	
1992	1,640,853 (100.0)	1,105,557 (67.4)	96,393 (5.9)	35,279 (2.2)	121,162 (7.4)	192,172 (11.7)	8,324 (0.5)	78,129 (4.8)	3,838 (0.2)	
1994	1,557,989 (100.0)	910,034 (58.4)	80,661 (5.2)	52,095 (3.3)	133,137 (8.5)	239,815 (15.4)	10,773 (0.7)	128,571 (8.3)	2,902 (0.2)	
1996	1,479,602 (100.0)	850,629 (57.5)	69,149 (4.7)	37,507 (2.5)	149,960 (10.1)	244,190 (16.5)	10,787 (0.7)	114,579 (7.7)	2,800 (0.2)	
1998	1,413,017 (100.0)	820,360 (58.1)	65,866 (4.7)	39,519 (2.8)	150,908 (10.7)	251,931 (17.8)	9,822 (0.7)	71,818 (5.1)	2,792 (0.2)	
2000	1,383,468 (100.0)	787,451 (56.9)	91,930 (6.6)	37,647 (2.7)	143,362 (10.4)	238,291 (17.2)	8,091 (0.6)	72,173 (5.2)	4,523 (0.3)	
2001	1,353,687 (100.0)	766,428 (56.6)	62,229 (4.6)	38,642 (2.9)	145,709 (10.8)	250,724 (18.5)	8,942 (0.7)	75,930 (5.6)	5,083 (0.4)	
연평균 증감률	90~94	-3.1	-7.3	-8.1	9.3	5.6	8.7	17.1	11.6	-20.0
	95~01	-1.7	-1.2	0.7	-1.7	0.3	0.4	-1.2	-10.3	5.7
	90~01	-2.4	-4.1	-3.8	1.3	2.9	3.6	5.0	0.5	3.8

〈표 2〉

연령별 농가인구

구 분	총농가인구	60세 이상					
		계		남		여	
1990	6,661 [100]	1,187 [17.8]	100	531	44.7	656	55.3
1992	5,707 [100]	1,237 [21.7]	100	552	44.6	685	55.4
1994	5,167 [100]	1,304 [25.2]	100	583	44.7	721	55.3
1996	4,692 [100]	1,342 [28.6]	100	604	45.0	738	55.0
1998	4,400 [100]	1,343 [30.5]	100	603	44.9	740	55.1
2000	4,031 [100]	1,333 [33.1]	100	603	45.2	730	54.8
2001	3,933 [100]	1,423 [36.2]	100	641	45.0	782	55.0

〈표 3〉

경지규모별 농가호수의 변화추이(1990~2001)

(단위 : 천호)

구 분	농가호수	0.1ha미만	0.1~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	3.0ha이상
1990	1,767	15	468	544	352	191	129	44
1992	1,641	9	460	496	308	169	124	52
1994	1,558	11	443	448	282	160	124	65
1996	1,480	10	430	422	259	146	118	70
1998	1,413	15	468	395	223	124	100	66
2000	1,383	30	410	379	219	132	114	85
2001	1,354	18	441	369	211	121	100	75

라. 농산물의 소비구조 변화

국민의 소득향상으로 소비구조가 곡류 위주에서 축산물·과일류 위주로 변화하였고, 유기농산물 등 고품질 안전 농산물에 대한 선호도가 한층 높아졌다. 그리고 과거의 획일적인 소비추세를 탈피하여 연령대별, 계층별, 라이프스타일별로 소비가 다

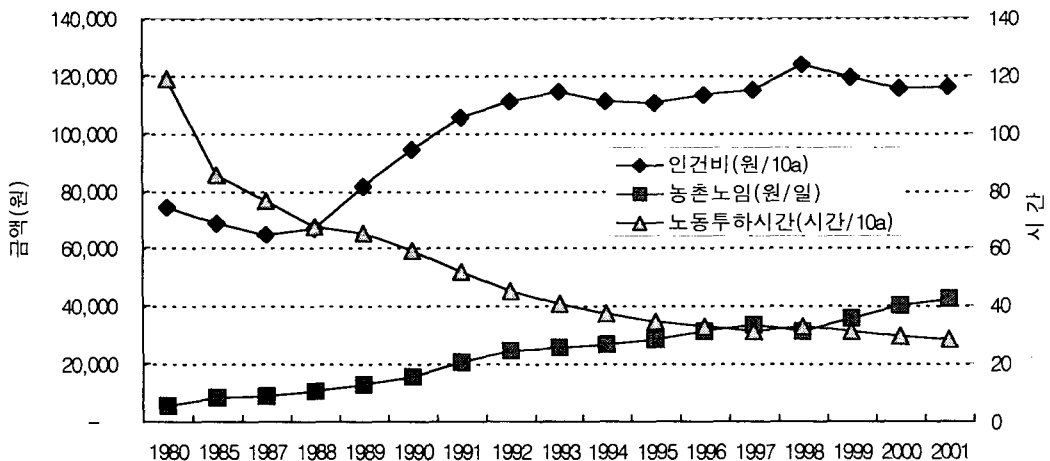
양화되었다. 또한 농산물 유통채널이 분산 확대하고 수입농산물이 크게 증가함에 따라 객관적인 품질판정과 검사·검색기능 강화가 요청된다.

1996년 유통시장 개방과 더불어 국내외 유통업체들이 급속히 대형화, 체인화되고 있으며, 이들 대형업체를 통한 농식품의 소매매출액은 2000년에 전체의 23.7%를 차지하는 등 급상승 추세에 있다. 특히 소비자의 대형소매업체들은 산지에서 직접 농식품을 조달하는 등 자체 도매기능을 강화함에 따라 산지에서도 이에 대응한 규모화된 출하·유통의 거점조직, 즉 농산물 산지 전문조직이 확대되고 있다. 따라서 고품질 신선 농산물이 소비자의 식탁까지 유지될 수 있도록 예냉, 저장, 선별, 포장 등 수확 후 품질관리에 대한 수요가 매우 높아지고 있다.

마. 그동안의 농업기계화 효과

농업기계화의 효과에는 노동시간 절약에 의한 노동생산성 향상과 적기작업으로 나타나는 토지생산성 향상, 중노동으로부터의 해방과 같은 여러 지표가 있다. 벼농사의 경우 기계화 기술의 발달과 보급확대로, 10a당 연간노동투하시간은 1980년 118.7시간에서 2001년 28.6시간으로 약 76%가 감소함으로써 노동의 편이성과 원가 절감에 크게 기여하였다.

<그림 1>은 벼농사의 10a당 소요되는 인건비 및 노동투하시간, 농촌노임의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면, 농촌노임은 매년 상승했지만 10a당 인건비는 1990년도 이후 변동폭이 적음을 알 수 있다. 이는 벼농사 작업이 기계화됨으로써 노동투하시간 감소폭이 농촌노임 상승폭보다 크게 나타나 궁극적으로 인건비의 상승을 크게 완화시킨 결과라 할 수 있다.



<그림 1> 기계화에 의한 인건비 절감효과

2. 농기계 산업의 현황과 전망

가. 농기계 수급현황

농기계는 농산물의 생산·수요의 변화에 민감하고, 소득이 상대적으로 낮은 농업인을 수요자로 하기 때문에 수요의 탄력성이 작은 산업이다. 농기계 수급현황은 <표 4>에서 보는 바와 같이 1997년말 IMF 외환위기 이후 내수시장은 연평균 5.6% 수준으로 급감 추세를 보였고, 지난 5년동안 수입은 연평균 12.3% 감소한 반면에 수출은 35.4% 증가하였다. 동시에 2000년을 기점으로 수출이 수입을 초과하였다.

그러나 1998년 이후 농기계 반값공급 중단, 보조 및 융자지원을 감소 등의 정책 변화와 농산물시장 개방에 따른 농업전망에 대한 불투명은 국내 농기계 공급을 크게 위축시키는 결과를 가져왔다. 현재 농기계는 신규수요보다는 대체수요에 크게 의존하고 있고, 이같은 경제상태는 당분간 지속될 전망이다.

국내 농기계의 수요급감과 감소세의 지속전망, 업체간 과당경쟁에 따른 경영난 봉착과 같은 어려움을 해소하기 위한 방안으로는 수출 유망기종의 발굴과 집중육성, 국내 기업간 유사모델 생산억제, 적정생산능력 확보, 적극적인 전략적 제휴 및 해외수출을 들 수 있다.

<표 4> 농기계산업의 수급현황

구 분	1997	1998	1999	2000	2001	2002	연평균증가율 (1997~2002)
생 산(억원)	15,850	15,130	18,150	18,490	15,260	15,000	-1.1%
수 입(백만달러)	250	83	93	132	134	130	-12.3
총수요(억원)	19,388	16,132	19,252	20,140	16,989	16,690	-0.3
내 수(억원)	18,765	15,142	18,150	18,450	15,106	14,090	-5.6
수 출(백만달러)	44	82	93	135	146	200	35.4

자료 : 산업자원부

나. 농기계 산업의 SWOT

농기계는 열악한 작업환경(Off-road, 무논, 경사지 등)에서 이용되므로 기술적으로 높은 내구성과 조작의 용이성을 필요로 한다. 더욱이 트랙터, 콤바인, 이앙기 등 대형농기계는 자동차와 마찬가지로 고도의 생산기술을 요구하는 기술집약 산업이고, 동시에 대규모의 시설투자를 필요로 한다.

다. 농기계 산업의 발전전망

기계산업은 국가 기간산업이자 제조업 경쟁력의 원천으로써 기술과급 효과가 크기 때문에 기계류의 수출은 꾸준한 증가세를 유지해 왔다. 또한 후발개도국들의 단기간 Catch-up이 상대적으로 어려운 산업이므로 정부도 기계산업을 지속적으로 지원 육성하고 있다.

농기계 산업은 <표 6>에서와 같이 생산규모나 수출규모 면에서 국내 다른 기계산업에 비해 크게 뒤져 있지만 생산기반을 잘 갖추고 있어 발전가능성이 높다.

세계 농기계 수출시장에서 가장 큰 비중을 차지하는 품목은 트랙터로서, 국내에서도 농기계의 수출액 중 44%를 점하고 있는 주력품목이다. 최근에는 정원용 등 중 소형 트랙터 시장을 놓고 일본 기업들과 수출 경쟁을 하고 있으며, 일본보다 낮은 가격으로 일본기업 점유시장을 잠식해 가고 있다.

또한, 정부도 농기계(트랙터) 산업을 수출전략 품목으로 집중 육성할 계획을 수립하고 있다. 즉, 국내 4대 농기계 종합메이커가 중 소형 트랙터에 소요되는 핵심부품의 공동개발을 위해 컨소시엄을 구성하여, 개발인력, 장비 및 연구개발비 등을 분담할 계획에 있으며, 이를 위해 산업자원부에서도 수출용 트랙터의 핵심부품 개발비를 지원하고 있다.

- 지원사항 : 242억원(2년)
- 개발품목 : 그린엔진, HST, 전자제어 유압시스템

<표 6> 기계산업 육성방안

구 분	전 체	공작기계	건설기계	승강기	농기계
생 산	세계10위	세계8위	세계10위	세계8위	세계28위
생산규모 (세계시장점유율)	440억\$ (2.2%)	16억\$ (4.4%)	24억\$ (2.8%)	8.5억\$ (5.7%)	12억\$ (0.8%)
세계시장규모	2조\$	360억\$	870억\$	150억\$	1,420억\$
수출규모	131억\$	6억\$	14억\$	1.3억\$	2.5억\$
주력상품	NC선반 머시닝센터 금형 지게차 굴삭기	NC선반 머시닝센터	굴삭기 지게차	기어식엘리베이터 에스컬레이터	트랙터

주) : 한국표준산업분류(KSIC)상의 일반기계(29) 기준임
 자료 : 산업자원부

3. 국내외 연구개발 동향

이 절에서는 농업기계분야의 금후 연구방향과 전망에 앞서 그동안의 국내외 연구개발 동향을 분석하였다. 이를 위해 한국농업기계학회지와 유관학회(식물환경조절학회, 축산시설환경학회, 산업식품학회, 식품저장유통학회) 등 5개 학회지에 게재된 논문, 농촌진흥청 농업기계화연구소에서 수행된 시험연구과제, 일본농업기계학회 및 미국농공학회에서 발표된 논문을 분야별·작목별로 분류하였다. 그리고 이를 토대로 미흡한 점과 금후 대응방안에 대하여 기술하였다.

가. 국내동향

(1) 농업기계학회

1976년부터 2002년까지 한국농업기계학회지에는 총 796편의 논문이 발표되었다(표 7). 이를 분야별로 논문편수를 정렬하면 곡물 수확후관리(112편) > 재배관리(91) > 농업동력(85) > 비파괴계측(75) > 수확작업기(66), 에너지 및 바이오매스(66) 순으로 나타났다. 농업동력과 에너지분야의 논문은 전체의 10% 내외를 지속적으로 유지하였으며, 경운·정지기, 수확작업기, 곡물 수확후 관리, 농기계 이용관리는 시대변화에 관계없이 꾸준히 논문이 발표되고 있으나 90년대 이후 그 비율이 크게 줄었다.

원예작물과 관련이 높은 재배관리, 청과물 수확후관리, 비파괴계측 연구는 최근 10년 동안에 크게 증가하였다. 특히 Emerging technology라 할 수 있는 비파괴계측, 메카트로닉스 및 정밀농업 분야는 1998년 이후 괄목할만한 증가를 보였는데 이는 국내 첨단공학기술의 발전과 친환경농업에 대한 중요성이 반영된 것으로 판단된다.

작목별로 분류해보면, 벼(192편) > 채소(50) > 과수(48) > 전·특작(34) > 축산(29) 순으로 나타나, 최근까지도 벼농사와 관련한 연구의 비중이 현저히 높았다. 특히 벼농사의 경우는 1980년대를 기점으로 감소하였으나 여전히 가장 높은 비율을 나타냈다. 1993년 이후 맥류는 한편의 논문도 발표되지 않았으나 전·특작은 증가추세를 보였다. 특히 과수는 1993~1997년도에, 채소와 축산은 1998~2002년도에 논문 발표수가 많았다. 전체적으로 1990년대 이후 원예 및 축산분야의 연구가 증가하고는 있지만, 벼농사에 비하면 매우 낮은 비율을 나타내 금후 중점적인 연구가 필요하다고 할 수 있다.

<표 7>

한국농업기계학회지 논문의 분야 및 작목별 분류

분 야	1976~1980		1981~1987		1988~1992		1993~1997		1998~2002		계	
농업동력	3	5.5%	23	19.7%	17	11.5%	19	10.2%	33	11.4%	95	10.7%
경운·정지기	7	12.7	13	11.1	13	8.8	9	4.8	12	4.2	54	6.8
재배관리기	5	9.1	3	2.6	14	9.5	35	18.7	34	11.8	91	11.4
수확작업기	4	7.3	16	13.7	23	15.5	15	8.0	8	2.8	66	8.3
농업환경 및 시설	-	-	-	-	4	2.7	9	4.8	12	4.2	25	3.1
곡물 수확후관리	21	38.2	28	23.9	25	16.9	11	5.9	27	9.3	112	14.1
청과물 수확후관리	-	-	2	1.7	11	7.4	28	15.1	18	6.2	59	7.4
메카트로닉스	-	-	1	0.8	7	4.7	3	1.6	21	7.3	32	3.1
비파괴계측	-	-	-	-	16	10.8	23	12.3	41	14.2	80	9.4
정밀농업	-	-	-	-	-	-	1	0.5	7	2.4	8	1.0
에너지 및 바이오매스	-	-	14	12	11	7.4	15	8.0	26	8.9	66	8.3
농기계 이용관리	12	21.8	9	7.7	5	3.4	9	4.8	10	3.5	45	5.7
기 타	3	5.4	8	6.8	2	1.3	10	5.3	40	13.8	63	10.7
계	55	100	117	100	148	99.9	187	100	289	100	796	100
작 목	1970~1980		1981~1987		1988~1992		1993~1997		1998~2002		계	
벼	34	61.8	43	36.8	47	31.7	31	16.7	37	12.8	192	24.1
맥 류	3	5.5	3	2.6	2	1.4	-	-	-	-	8	1.0
전작·특작	-	-	1	0.9	4	2.7	10	5.3	19	6.6	34	4.3
과 수	-	-	-	-	12	8.1	23	12.3	13	4.5	48	6.0
채 소	-	-	2	1.7	8	5.4	12	6.4	28	9.7	50	6.3
화 훼	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	1	0.1
축 산	-	-	3	2.6	3	2.0	4	2.1	19	6.6	29	3.6
사료·초지	1	1.8	5	4.2	-	-	3	1.6	4	1.4	13	1.6
임 업	-	-	-	-	-	-	4	2.1	2	0.7	6	0.9
작 목 외	17	30.9	60	51.2	72	48.7	100	53.5	166	57.4	415	43.1
계	55	100	117	100	148	100	187	100	289	100	796	100

주) • 농업동력(원동기, 주행성 포함)

- 재배관리기(시비, 파종, 이식, 방제, 관개 포함)
- 농업환경 및 시설(환경제어, 구조해석 포함)
- 청과물수확후관리(저장, 예냉, 선별, 포장 포함)
- 비파괴계측(영상처리, 근적외선, 센서 포함)
- 에너지 및 바이오매스(퇴비화, 사료화 포함)
- 기 타

• 경운·정지기(토양물성, 역학 포함)

- 수확작업기(곡물, 청과물, 사료 포함)
- 곡물수확후 관리(건조, 저장, 도정, RPC)
- 메카트로닉스(로봇, 자동화, 자율주행 포함)
- 정밀농업(농업·농작업정보, GPS, GIS 포함)
- 농기계이용관리(작업체계, 정책, 인간공학 포함)

(2) 농업기계화연구소

농업기계화연구소는 1965년 이후 총 1,020과제의 연구를 수행하였다. 과제수에 따라 분야별로 분류하면 재배관리 > 농기계 이용관리 > 청과물 수확후 관리 > 수확작업 > 농업환경 및 시설 > 에너지 순으로 나타났다(표 8).

<표 8> 농업기계화연구소 수행과제의 분야 및 작목별 분류

분 야	1965~1980		1981~1987		1988~1992		1993~1997		1998~2002		계	
	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)
농업동력	1	0.5%	3	2.1%	1	0.7%	-	%	2	0.6%	7	0.7%
경운·정지기	12	5.9	12	8.3	6	4.2	8	3.6	7	2.3	45	4.4
재배관리기	52	25.5	34	23.6	31	21.8	33	14.9	37	12.0	187	18.3
수확작업기	18	8.8	22	15.3	14	9.9	12	5.4	25	8.1	91	8.9
폐기물처리	-	-	1	0.7	1	0.7	7	3.2	11	3.6	20	1.9
농업환경 및 시설	1	0.5	-	-	4	2.8	30	13.6	26	8.4	61	6.0
곡물 수확후관리	6	2.9	8	5.6	4	2.8	13	5.9	11	3.6	42	4.1
청과물 수확후관리	1	0.5	4	2.8	10	7.1	29	13.1	59	19.1	103	10.1
메카트로닉스	-	-	-	-	-	-	11	5.0	14	4.5	25	2.5
비파괴계측	-	-	-	-	3	2.1	6	2.7	28	9.1	37	3.6
정밀농업	-	-	-	-	-	-	4	1.8	10	3.2	14	1.4
에너지 및 바이오매스	21	10.3	2	1.4	8	5.6	7	3.2	22	7.1	60	5.9
농기계 이용관리	13	6.4	30	20.8	43	30.3	28	12.7	31	10.0	145	14.2
기 타	79	38.7	28	19.4	17	12.0	33	14.9	26	8.4	183	18.0
계	204	61.3	144	80.6	142	88	221	85.1	309	91.6	1,020	82
작 목	1965~1980		1981~1987		1988~1992		1993~1997		1998~2002		계	
	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)	과제수	면적(%)
벼	55	26.9	22	15.3	21	14.8	18	8.1	26	8.4	142	13.9
맥 류	8	3.9	10	6.9	3	2.1	-	-	16	5.2	37	3.6
전작·특작	14	6.9	12	8.3	11	7.8	23	10.4	23	7.4	83	8.1
과 수	-	-	2	1.4	11	7.8	20	9.0	16	5.2	49	4.8
채 소	2	1.0	9	6.3	9	6.3	20	9.0	31	10.0	71	6.9
화 껍	-	-	-	-	1	0.7	3	1.4	7	2.3	11	1.1
축 산	-	-	-	-	1	0.7	7	3.2	17	5.5	25	2.5
사료·초지	7	3.4	4	2.8	3	2.1	3	1.4	5	1.6	22	2.2
임 업	1	0.5	3	2.1	4	2.8	3	1.4	-	-	11	1.1
작 목 외	117	57.4	82	56.9	78	54.9	124	56.1	168	54.4	569	55.8
계	204	42.6	144	43.1	142	45.1	221	43.9	309	45.6	1,020	44.2

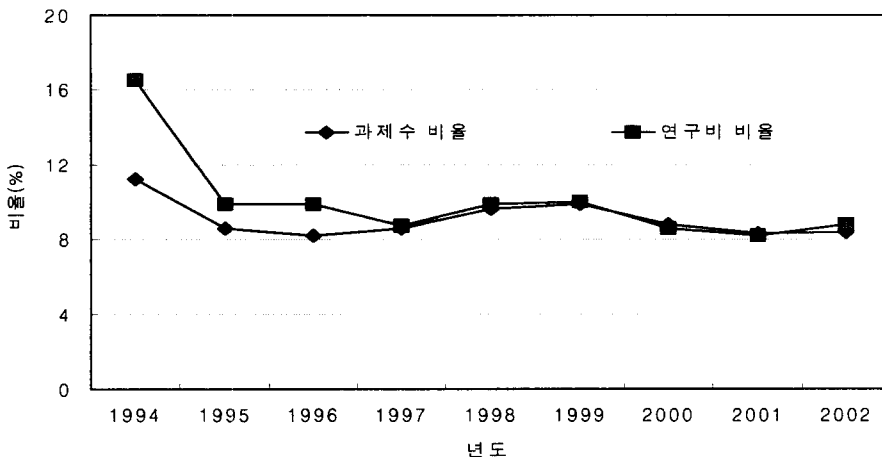
농업동력 연구는 0.7%로서 농업기계학회지의 10.7%에 비해 훨씬 낮은 비율을 보였는데, 연구소의 경우 엔진, 트랙터주행성 및 설계 등 기초연구의 비율이 낮은 것을 의미한다. 경운·정지기, 재배관리기, 수확작업기, 농기계 이용관리는 지속적인 감소 추세를, 곡물 수확후 관리에 비슷한 비율을 유지한 반면에, 이 밖의 기술은 증가추세를 나타냈다. 농업환경 및 시설, 청과물 수확후관리, 메카트로닉스 분야는 1993년 이후 크게 늘어났고, 비과과계측, 정밀농업, 에너지분야는 최근 5년 동안에 가장 큰 증가를 보였다.

작목별로는 벼 > 전·특작 > 채소 > 과수 > 맥류 순으로 나타났다. 작목별 과제 비율은 벼는 점차적인 감소경향을, 맥류와 전작·특작은 비슷한 수준의 유지, 그 외의 작목은 증가경향을 나타냈다. 1993년 이후 전작·특작, 채소, 과수, 화훼, 축산이 증가하는 현상을 보였다. 축산의 경우 1980년대까지는 거의 연구되지 않았지만 최근 5년 동안 크게 늘어난 분야이다. 그러나, 아직도 매우 낮은 비율을 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

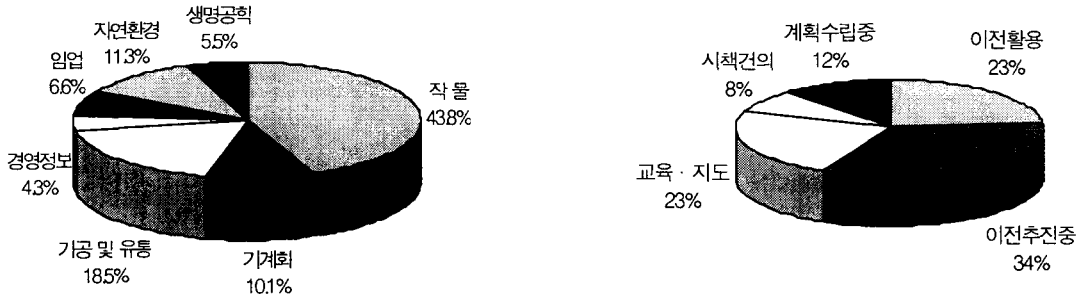
농업기계화연구소의 수행과제는 벼에 비해 전작·특작, 채소, 과수, 맥류의 비율이 상대적으로 높은 비율을 차지하여 농업기계학회 보다는 작목별로 균형을 이루었다.

(3) 농림기술관리센터 지원연구

농림기술센터(ARPC)는 경종작물, 원예, 축산, 기계화, 임업, 가공, 유통, 생명공학, 경영정보, 자원, 환경 등 11개 분야로 나누어 기술개발 사업을 지원하고 있다. 1994년부터 2002년까지의 기계화분야 과제수와 연구비는 <그림 2>에서와 같이 대체로 10% 내외를 유지하고 있다. <그림 3>은 분야별 과제비율과 연구결과의 활용현황을 나타낸 것이다.



<그림 2> 농림기술센터지원 농기계분야 과제수 및 연구비 비율



〈그림 3〉 농림기술개발사업 분야별 선정비율 및 결과 활용현황

(4) 유관학회

농업기계학회 회원이 활동중이거나 농업기계분야와 밀접한 관계를 갖고 있는 한국식물환경조절학회, 한국축산시설환경학회, 한국산업식품학회, 한국식품저장유통학회 등 4개 학회를 선정하여, 우리학회 회원이 기고하였거나, 계측제어나 기계장치 개발 등 농업기계장치에 관련한 논문을 농업기계 영역으로 선정하고, 이를 앞의 표 7에서와 같이 분야별로 분류하였다.

○ 한국생물환경조절학회

한국생물환경조절학회는 생물생산과 관련된 시설 및 환경조절에 관심을 가진 연구자, 산업체, 생산자들로 구성되어 있고, 지난 11년 동안 총 309편의 논문이 학회지에 게재되었다(표 9). 농업기계 또는 농공학과와 관련된 논문이 약 90%로 다른 학회에 비해 매우 높았고, 작물생리 등(표에서는 기타로 구분하였음)은 31편으로 약 10%에 불과하였다.

발표된 논문가운데 농업환경 및 시설(242편)과 에너지분야(17)가 각각 78%, 6%를 차지하였다. 작목별로는 채소(182편) > 전·특작(20) > 화훼(14) > 과수(12) 순이고, 이 중 채소가 전체의 59%로 가장 높은 비율을 차지하였다.

〈표 9〉 한국생물환경조절학회지 논문의 분야 및 작목별 분류

분 야	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	소계
재배관리기					1	1		2				4
폐기물처리			1									1
농업환경 및 시설	14	11	12	27	24	33	27	23	23	30	18	242
청과물 수확후관리								1	1			2
메카트로닉스						2	1		1	1		5
비파괴계측	1		2	1	1		1		1			7
정밀농업												
에너지 및 바이오매스	1	1		1	1	1	3	5	2		2	17
농기계 이용관리												
기 타						2	3	2	4	6	14	31
계	16	12	15	29	27	39	35	33	32	37	34	309
작 목	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	소계
전작·특작	1		1			1	5	2	5	2	3	20
과 수						2	3		1	4	2	12
채 소	14	11	13	25	19	21	11	21	11	20	16	182
화 훼						3	2	1	1	2	5	14
축 산	1	1	1				1					4
임 업						2					1	3
상기 작목외				4	8	10	13	9	14	9	7	74
계	16	12	15	29	27	39	35	33	32	37	34	309

○ 한국축산시설환경학회

한국축산시설환경학회는 1995년에 창립된 이래 총 144편의 논문이 게재되었다. 농업기계분야로 분류된 논문은 80여편으로 전체의 56%를 나타냈고, 메카트로닉스(36편) > 비파괴계측(27) > 농업환경 및 시설(10) > 에너지 및 바이오매스(7) 순이었다(표 10). 표에서 기타(64편)는 가축생리 및 처리효과와 관련된 연구로 전체의 44%로 분석되었다.

<표 10>

한국축산시설환경학회지 논문의 분야별 분류

분 야	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	소계
농업환경 및 시설	1	1	1	1	2	1	1	2	10
메카트로닉스	2	2	1	3	3	12	4	9	36
비파괴계측	3	4	3	2	7	4	1	3	27
에너지 및 바이오매스	1	1	1	2	2				7
기 타	9	6	8	10	10	7	9	5	64
계	16	14	14	18	24	24	15	19	144

○ 한국산업식품공학회

한국산업식품공학회지에는 1997~2001년 동안에 190편의 논문이 게재되었다<표 11>. 이 가운데 농업기계 및 농공학과 관련이 있는 논문은 49편으로 전체 논문의 26%를 나타냈고, 기능별로는 비파괴계측(24편) > 청과물 수확후처리(12) > 곡물 수확후관리(9) > 메카트로닉스(4) 순으로 나타났다. 특히 비파괴계측은 주로 NMR, NIR 등을 이용한 농식품의 품질판정기술에 관한 것이었다.

<표 11>

한국산업식품공학회지 논문의 분야별 분류

분 야	1997	1998	1999	2000	2001	소 계
곡물 수확후관리	2	1	1	2	3	9
청과물 수확후관리	5	2	2	1	2	12
메카트로닉스	2	1		1		4
비파괴계측	8	2	7	3	4	24
기 타	25	33	27	25	31	141
계	42	39	37	32	40	190

○ 한국식품저장유통학회

한국식품저장유통학회지는 1994년부터 2002년까지 총 440편의 논문이 게재되었고, 이중 농업기계분야와 관련되는 논문은 36편(전체의 8%)으로서 유관 4개 학회중 가장 낮은 비율을 나타냈다<표 12>. 이를 기능별로 구분한 결과, 청과물의 장기유통을 위한 포장, 저장 등 수확후 관리에 집중되어 있는 것으로 분석되었다.

〈표 12〉 한국식품저장유통학회지 논문의 분야별 분류

분 야	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	소 계
곡물 수확후관리								1	1	2
청과물 수확후관리	3	3	2	4	6	3		3	3	27
메카트로닉스	2								1	3
비파괴계측						2	2			4
기 타	12	17	21	38	57	83	35	71	70	404
계	17	20	23	42	63	88	37	75	75	440

나. 국외 연구동향

(1) 미국농공학회

미국의 농과대학들은 전통적으로 고수해오던 농과대학의 명칭을 변경하여 농업과학의 새로운 기능과 역할을 정립하고 있다. 근래에는 천연자원과 환경보호라는 사회적 요구에 따라 농식품, 농업시스템 등을 응용한 신기술에 초점을 맞추어 왔다.

지난 10년간 미국 농공학회에서 발표된 논문을 주제별로 분류해 보면 〈표 13〉과 같다. 표에서 보는바와 같이 토양/물 분야는 계속적으로 감소 추세를 보인 반면에, 생명공학, 에너지/정밀농업/가축(쓰레기처리) 분야는 증가 추세를 보였다. 그리고 동력/기계, 구조/환경, 식품가공, 정보기술 분야는 큰 변화 없이 꾸준한 경향을 나타냈다.

미국 농공학회는 연간 1,000여편의 논문이 발표되고 있으며, 최근의 가장 큰 특징으로는 정밀농업분야의 논문편수 증가를 들 수 있다. 3~4개에 불과하던 정밀농업분과는 불과 2~3년 사이에 20여개 이상으로 늘어났을 뿐만 아니라 연구 영역도 세분화되었다.

〈표 13〉 미국농공학회 발표논문의 분야별 분류

(단위 : %)

	1993	1997	1998	1999	2001	2002
Power and Machinery	11.8	11.8	19.8	15.1	7.4	13.2
Soil and Water	23.3	23.3	20.1	16.7	17.0	13.8
Structures and Environment	7.8	7.8	5.4	7.9	7.0	8.7
Food and Processing	16.4	16.4	16.6	15.7	15.9	14.3
Biological Engineering	5.0	5.0	3.0	4.3	15.2	11.3
Information and Electronics	13.4	13.4	16.1	9.7	7.4	10.8
Energy, Preci. Agr., Animal	22.3	22.3	19.1	30.7	30.2	27.8
No. of Total	858	858	797	1,086	948	1,164

(2) 일본농업기계학회

일본 농림수산성에서 수립(2001년 3월)한 식료·농업·농촌기본계획 달성에 필요한 중요기술 「키 테크놀로지 10과제」는 생력·저비용화, 환경문제의 대응에 중점을 두고 있으며, 그 사업명과 주요내용은 <표 14>에서 나타낸 바와 같다.

또한 그동안 막대한 예산을 투입하여 수행한 21세기형 농업기계 등 긴급개발사업이 2002년도에 종료됨에 따라 2003년도부터 새로운 프로젝트 「차세대 농업기계 등 긴급개발사업」을 구상하고 있다. 이 사업의 핵심은 농업소득 감소, 비효율적 생산구조, 농산물의 신뢰성 저하, 환경문제에 대한 대응 등 현재 일본 농업이 처해있는 문제 해결에 역점을 두고 있다.

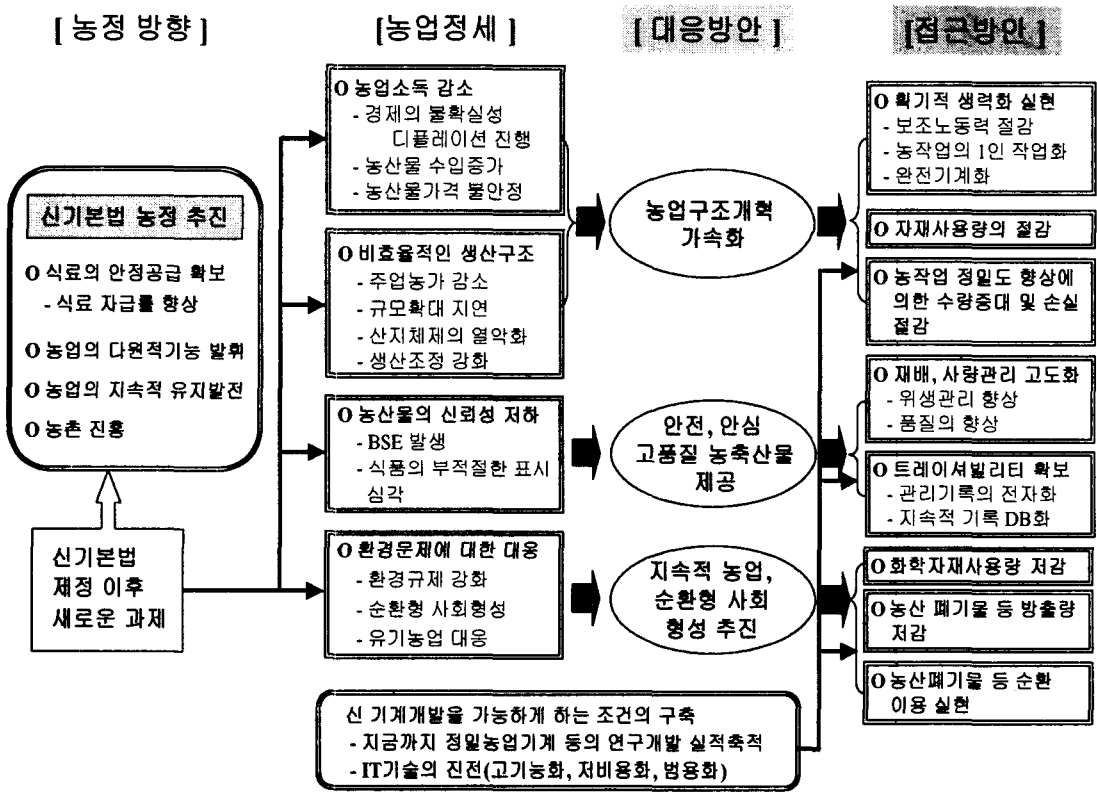
<표 14> 신농업 키 테크놀로지 10과제 (일본농림수산성, 2001~2004)

사 업 명	목표 및 주요내용
1. 규모확대에 대응한 수도직파 등 생력·저비용화 기술	- 기존대비 생산비 7%이상 절감
2. 보리 고품질·안정재배 기술	- 품질 3% 향상 - 생산안정화(조파 재배기술 확립에 의한 수확시기를 1주일 앞당김으로서 비 피해 방지)
3. 콩 무중경, 무배토 재배기술 등 초생력 재배기술	- 노동시간을 30% 절감
4. 과수원 정비·기계화·생력 재배기술의 일체적 추진	- 노동시간을 30% 절감 - 기계작업 가능한 과수원지의 정비를 향상
5. 중량채소 중심의 기계화 일관체계	- 양배추, 배추 등 기계화 일관체계 확립·보급 - 노동시간을 약 20% 절감
6. 화훼의 바켓식 생산유통기술	- 바켓저온수송에 의한 품질 및 신선도 유지 - 생산·유통비용의 10% 감소
7. 번식 신기술을 활용한 소의 개량·증식	- 체내 수정란 동결수태율: 현재 46% → 50% - 체외 수정란 동결수태율: 현재 32% → 40%
8. 자급사료 생산 신기계화 체계	- 사료비용 커트 롤베일러 도입에 의한 수확·조제기술체계의 확립 - 옥수수용 커트 롤베일러 및 베일 리퍼의 개발·실용화에 의한 옥수수 수확 1인 작업체계 확립
9. 지속성 높은 농업생산기술	- 화학비료·농약의 대체기술 체계화 - 지속농업법에 기초한 인정노동자(에코팜) 지원 계획
10. 취화메틸(臭化메틸, 토양훈증제) 대체기술	- 대체기술·대체약제의 기술도입·보급을 70%(2002), 100%(2004)

자료출처 : 기계화농업 2001년 8월호

농업기계 분야가 공헌할 수 있는 항목은 <표 15>에 나타난 바와 같으며, 구체적으로는 획기적인 생력화의 실현, 농작업 정밀도 향상에 의한 수량향상 및 손실감소, 재배·사양관리의 고도화, 생산정보 추적(Traceability), 화학 농자재 사용량의 감소, 농산폐기물의 배출량 감소 및 순환이용의 실현 등이다. 가장 큰 특징은 지금까지 연구개발로 축적된 정밀농업관련 성과를 발전시켜 농업기계 개발에 반영하고 있다는 점을 들 수 있다.

<표 15> 차세대 농업기계 등 긴급개발사업의 기계개발 방향(일본 농림수산성)



<표 16>은 최근 5년 동안 일본 농업기계학회 학술대회에서 발표된 논문을 기능별로 분류한 결과로, 논문편수는 정밀농업 > 청과물 수확후관리 > 메카트로닉스 > 재배관리기 > 에너지 및 바이오매스 > 비파괴계측 순으로 나타났다. 정밀농업과 청과물 수확후 관리 분야가 크게 증가한 것은 친환경농업과 농산물 부가가치 향상의 중요성이 연구개발에 반영된 결과이다.

〈표 16〉

최근 5년간 일본 농업기계학회 발표논문

구 분	1999	2000	2001	2002	2003	소 계
원 동 기	34	14	15	14	5	82
경운·정지기	10	15	16	21	23	85
재배관리기	30	3	20	35	26	114
수확작업기	1	14	16	17	13	61
농업환경 및 시설	8	8	5	15	3	39
곡물 수확후관리	30	14	19	12	18	93
청과물 수확후관리	23	33	27	42	23	148
메카트로닉스	23	29	40	25	18	135
비파괴계측	32	13	4	12	41	102
정밀농업	6	41	40	47	32	166
에너지 및 바이오매스	20	13	27	25	18	103
농기계 이용관리	6	7	5	5	4	27
기 타	29	57	32	36	8	162
계	252	261	266	306	232	1,317

다. 연구개발에 대한 평가

앞 절에서 분석한 결과를 보고, 그 동안의 농업기계 연구개발에서의 문제점과 금 후 개선되어야 할 사항을 기술하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

☒ 연구대상이 벼농사 기계화 연구에 집중

1998년 이후 원예, 축산기계화와 관련한 연구의 비중이 다소 늘고는 있지만, 원예·축산이 전체 농업생산액의 60% 이상을 차지하고 있는 점을 감안할 때 이 분야의 연구비중은 상대적으로 매우 낮은 편이다.

물론, 원예용 기계의 경우 작목이 다양하고 규모가 영세한 관계로 이에 대한 투자가 어렵고, 개발된 기술도 농가의 구매력이 낮아 산업체 역시 상용화에 적극적이지 못하다. 경운, 정지, 방제와 같이 작업이 용이한 부분은 기계화되었으나, 적과, 수확, 포장(packaging) 등과 같이 대부분의 작업공정이 생물체와 직접 접촉해야 하므로 기계가 인력을 대체하는데 한계가 있다. 축산의 경우 소, 돼지, 닭 등으로 단순하고, 작업공정이 적용 대상내에서는 동일하므로 선진국으로부터 기계류와 장치 등을 직접 수입하여 활용하고 있다.

따라서, 경쟁력있는 작목을 선택하고, 이에 대한 연구비와 인력의 집중투자로 기술을 개발함으로써 해당작목의 국제경쟁력을 높여야 할 것이다.

☑ 소형 농기계 및 작업기 개발연구가 다수를 차지

벼농사의 경우 전 작업이 기계화된 관계로 대학이나 연구소에서 트랙터, 이앙기, 콤바인 등에 관한 연구가 크게 미흡한 반면에 주로 소형농기계나 작업기 개발에 치중하였다.

1990년부터 2000년 사이에 이루어진 트랙터에 관한 연구는 34편, 이앙기 5편, 콤바인 15편 등 총 54편으로, 이 기간 동안에 발표된 총 논문의 11%에 불과하였다. 이들 3기종이 전체 농기계시장의 70%를 차지하고 있는 점을 감안하면 비율이 매우 낮다고 할 수 있다. 트랙터를 비롯한 농기계의 세계시장 진출이 눈에 띄게 증가하는 시점에서 국내 고유 모델의 확보 없이는 수출 촉진을 기대할 수 없기 때문에, 금후 수출유망 기종에 대한 기술개발의 수요가 증가할 것으로 전망된다.

☑ 산업체와의 공동연구 크게 저조

그동안 수행체계를 보면, 연구소는 기관 자체에서 확보한 연구비를 재원으로 하고 농업기술센터나 농업인의 제안, 현장애로사항 또는 정부시책 등을 연구과제로 선정하였다. 대학의 경우에는 정부 각 부처의 지원 연구비로 수행하며, 현장애로사항을 과제에 반영하기도 하지만 연구자의 전문성 또는 아이디어에 따라 크게 좌우되었다. 그 동안 과제 선정시에 산업체의 요구보다는 농업현장의 애로사항을 많이 반영하여 왔다고 볼 수 있으며, 대학이나 연구소가 산업체로부터 기술개발 용역을 받아 수행한 과제는 극히 일부에 지나지 않았다. 이는 국내 산업체가 영세하고 연구개발비 등 투자여력이 미흡한 점과도 상통한다.

하지만 1994년 농림기술개발사업이 시작된 이후로 산업체, 대학, 연구소와의 공동연구가 크게 활성화되고, 동시에 시책건의, 기술이전 등 결과활용 비율도 매우 높게 나타났다. 특히, 산업체와의 공동연구로 시장성이 있는 과제가 선정되고, 산업체의 강점인 시작품의 제작참여 등으로 연구효율이 향상되는 결과를 가져왔다고 판단된다. 일부 연구가 지나치게 실용기술 개발에 인구인력을 소모하는 부정적인 측면이 있지만, 전반적으로 개발기술의 실용화와 보급촉진을 높일 수 있다는 측면에서 산업체와의 공동연구는 긍정적이라 할 수 있다.

☑ 학제간 공동연구가 미흡

현재 각 연구분야별로 연구영역의 확보가 치열하다. 농업기계분야는 학문 특성상 대상 작목의 생력화, 노동시간 절약에 의한 경쟁력 제고를 목적으로 하므로 보조적인 측면이 강하다. 더욱이 대상작목 분야에서는 농업기계를 하나의 수단으로 인정하여 공동연구보다는 Outsourcing을 선호하는 경향이 강하다. 농업기계 연구자 또한

작물재배양식, 물성, 작업방식, 소비자의 기호(특히, 수확후 관리기계의 경우), 현장에 대한 이해부족으로 성숙된 기술개발이 이루어지지 못할 뿐만 아니라 개발된 기술의 실용화 및 현장보급이 늦어지는 문제가 있다. 따라서 기술개발 영역의 확대와 더불어 기계장치의 개발, 계측제어, 시설구조, 저장구조 설계 등에 해당 작목 연구기관 또는 연구자와의 공동연구를 적극 추진함으로써 서로 Win-Win할 수 있는 새로운 연구개발 전략의 수립이 필요하다.

☒ 원천기반기술 개발이 크게 미흡

많은 연구가 단기간에 실용화 또는 응용기술 개발에 그치고 있다. 1997년부터 1999년까지 농업기계화연구소에서 수행된 연구과제를 분석한 결과, 1년 완결과제의 비율은 26%, 2년 28%, 3년 25%, 4년 14%, 5~6년 7%로 전체 과제수 가운데 79%가 3년 이내에 완결하는 것으로 나타남에 따라 전문성과 기술의 성숙도가 낮았고, 기초연구과제의 비율이 30% 수준을 나타내 많은 연구가 응용 또는 실용화에 치우치는 등 기반기술 개발에 크게 미흡한 것으로 분석되었다.

또한, 단일기술로 개발을 완료하고 패키지화되지 못한 경우가 많다. 최근 농업기계화연구소에서 대학, 산업체와 공동으로 개발한 마늘 기계화일관시스템과 배추 일관기계화시스템은 파종에서부터 수확까지의 전 공정을 기계화하고 이를 현장 적용 시험을 통한 실용화에 성공하였다. 마늘 관련 농기계는 금년부터 정부 지원기종으로 채택 현재 보급중인데, 좋은 기술개발 사례라고 할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 방향과 전망

1. 국내 연구역량

1980년대 이후 11개 4년제 대학에서 농업기계공학과가 설립되어 농업기계 전문기술인력이 양성 배출되었고, 특히 미국, 일본 등에서 박사학위를 취득한 고급인력들이 많이 배출되었다. 현재 대학, 연구소, 기업체에서 기술개발에 참여하고 있는 연구인력은 총 316명으로서, 이 중 석사 혹은 박사학위 소지자는 63%로 매우 높은 편이다<표 17>. 현재, 17개 대학에서 정규 농업기계학을 개설하고 있다.

그리고 하드웨어적 측면에서 보면, 농업기계화연구소가 갖추고 있는 연구장비와 시설은 최근 5년 동안 매년 10억원 이상을 첨단 시험장비의 구입에 투자함으로써 괄목할만한 발전을 보였고, 이는 세계 유수의 연구소 수준에 도달하고 있다. 따라서

대학의 기반연구, 농촌진흥청 농업기계화연구소의 연구 인프라 및 실용화 연구, 그리고 산업체의 제조기술이 결합하면 국가 경쟁력있는 농업기계기술을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

국내 연구 역량에 대한 SWOT을 분석하면 <그림 4>에 나타낸 바와 같이 여러 약점과 위협요소가 있음에도 불구하고, 그동안 투자된 생산시설과 연구기반, 잘 훈련된 연구인력을 효율적으로 활용하면 일부 분야에서는 선진국 수준으로 도약할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 17> 농업기계분야 연구인력

	계	대 학	연구소	산업체	박 사	석 사	학 사
인 원	316	90	90	136	134	65	117
비 율(%)	100	28	28	43	42	21	37

출처 : 농업기계인명록

강 점(Strength)	약 점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고급연구인력 확보 가능 ○ 연구시설 등 Infra 구축 ○ 생산기반 및 제조기술 우위 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 민간의 연구비 투자 부족 ○ 국내 원천기반기술 확보 취약
위 험(Threat)	기 회(Opportunity)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 농산물 수입 개방에 의한 농업 전망 불투명 ○ 농기계 수입크게 증가 ○ 농림분야의 중요성 감소 및 투자 가치 경시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국 대비 기술격차 해소로 경쟁력 조기확보 가능 ○ 고품질 안전 농산물 요구 증가 ○ 환경보전, 식량안보 등 농업의 공익적 기능 인식 확산

<그림 4> 농업기계 연구역량 SWOT

2. 최근의 기술변화 동향

우리나라가 그 동안 고도성장을 이룩해온 것은 다음과 같이 시대별로 주력산업이 출현하고, 이들이 경제성장을 견인해왔기 때문이다.

- 1960년대 : 저숙련·노동집약적 경공업(섬유, 합판, 가발 등)
- 1970년대 : 자본집약적 중화학공업(철강, 기계, 화학 등)
- 1980년대 : 조립가공산업(가전, 조선, 자동차 등)
- 1990년대 : IT산업(메모리반도체, 컴퓨터, 통신기기 등)

〈표 18〉은 2001년 기준으로 국내 주력산업들의 세계위상을 요약한 것이다. 현재 국내 산업현황을 보면, 고가첨단제품은 선진국과 기술격차가 크고, 저가범용제품은 중국에 추격을 당하는 Nut-Cracker 현상에 직면해 있다고 볼 수 있다. 따라서 우리 경제의 지속적인 성장을 위해서는 과거와 같이 학습과 모방에 의한 따라잡기전략(Catch-up)을 선도전략(Front-runner)으로 역할을 수정해야 하고, 주력산업의 경쟁력 강화는 물론 미래전략산업 육성을 통한 새로운 성장 동력의 발굴이 필요하다.

〈표 18〉 주력산업의 세계위상 (2001년 기준)

조 선	반도체	섬 유	석유화학	자동차	철 강	농기계
세계2위 (32.4%)	세계3위 (5.7%)	세계4위 (5.2%)	세계4위 (4.9%)	세계5위 (5.2%)	세계6위 (5.2%)	세계28위 (0.8%)

산업자원부에서는 성장성이 높고 산업적·경제적 파급효과가 큰 차세대 성장동력 산업으로 디지털전자, 바이오, 환경에너지, 항공우주산업 등 10대분야 40개 품목을 선정하여 집중적으로 육성할 계획이다〈표 19〉.

〈그림 5〉는 최근의 세계산업 환경변화 동향을 표현한 것이다. 즉 전통산업들은 주로 Stand-alone의 형태로 발전해 왔으나, IT, BT, NT 등 신기술 등장으로 이종(異種)산업간 또는 동종(同種)산업내의 융합이 매우 활발하다. 기계산업(Machines)과 전자산업(Electronics)이 결합되어 메카트로닉스(Mechatronics)가 탄생되고, 전자산업 내에서도 가전, 컴퓨터, 통신 등 사업간 영역구분이 의미가 없어지고 있다.

결국 농기계 개발에서도 이같은 세계산업의 흐름에 맞추어 성장성과 산업적 파급효과가 큰 차세대 성장동력인 미래 전략산업을 발굴하고, 주변 첨단기술을 신속히 도입 접목한 고부가가치 기술의 개발이 시급하다.

3. 농업기계분야 핵심기술영역

과학기술부를 비롯한 범부처 차원에서 국가기술지도(Roadmap)를 개발중이다. 농업분야에서도 농촌진흥청과 농업과학기술협회가 주관하여 한국형 농업과학기술 Roadmap을 개발하고 있다. 작물, 원예, 동물, 환경, 농촌기반 및 자재, 생명공학 등 6개분야로 구분하여 작성중인데, 농업기계는 농촌기반 및 자재기술 개발의 한 분야에 포함되고, 현재 서울대 류관희, 노상하 교수팀이 초안을 마련 보완중이다.

따라서 여기에서 기술하고자 하는 농업기계분야 핵심기술영역 및 요소기술의 많은 부분이 위 Roadmap과 중복되지만, 필자의 입장에서 금후 중요하다고 판단되는 기술을 중심으로 기술개발 추진전략과 중장기 기술개발 내용을 기술하였다.

농작업 자동화·로봇화 기술 개발

산업자원부는 지난해 세계시장에서의 성장성과 우리의 경쟁가능성을 고려하여 단백질(바이오분야), 디지털가전·무선통신기기·광섬유(정보통신분야), 전지(환경·에너지분야), 로봇(사회·복지분야)을 로드맵 대상분야로 선정하였다. 이에 따르면 2007년 이후에는 로봇의 지능화 단계가 이루어져 청소, 안전관리, 경비, 심부름, 주방, 육아, 집안관리 로봇이 개발되고, 2010년에는 청소나 경비업무에서 로봇이 사람을 대신할 것으로 예측하고 있다. 이같은 추세에 비추어볼 때 농작업용 로봇의 출시도 멀지 않을 것으로 예상된다.

농업용 로봇의 실용화는 호주, 네델란드 등에서 개발한 양털깎기 로봇, 착유로봇이 이미 실용화되어 활용중이고, 이밖에 과채류의 수확 및 운반로봇, 배양체 접종로봇, 접목로봇 등이 개발 또는 연구중이다. 그동안 국내에서도 대학과 연구소에서 수확용 로봇, 착유로봇 등의 개발연구가 수행되었거나 진행중인데 초보단계이고, 그나마 실용화에 대한 부담과 연구비 미확보로 지속적인 연구가 이루어지지 못하고 있다. 하지만 로봇분야는 농작업을 대신할 수단으로서, '농민이 없는 농산물 생산시대'의 구현과 농촌의 사회복지 수요증대로 막대한 시장이 형성될 분야이고 기술적으로 응용범위가 매우 넓은 강점 때문에 이에 대한 연구개발이 필요하다.

□ 기술개발 방향

인간의 노동력을 대신하여 농작물을 재배할 수 있는 농작업용 로봇을 개발하기 위해서는, 주변 환경을 정확히 인지할 수 있는 기계시각 등의 센서기술, 인공지능 기술, 로봇 액추에이터 및 로봇역학 분야의 종합화가 필요하다. 또한, 농작업 로봇이 개발되더라도 인간과 똑같은 작업환경에서 농작업을 하는 것이 어려우므로, 예

를들면 로봇에 적응하기 위한 가축의 훈련, 농작물의 로봇화 재배방법의 개발을 위한 로봇농업 재배단지 조성 등 우리 실정에 맞는 로봇의 이용 방법과 로봇의 개발 방향을 찾아야 할 것이다.

□ 중장기 주요 연구내용

현재 로봇에 관한 많은 연구들이 수행되었다. 이중 대다수가 실내에서 사용되는 로봇이고, 농작업 로봇과 같이 실외의 환경에서 작업을 하기 위해서는 실내에서 사용하는 로봇에 비하여 튼튼하고 견고한 로봇, 사람의 노동력에 비하여 저렴한 로봇, 사람과 같이 환경에 적응할 수 있는 적응형 로봇, 포장의 돌발사태에서도 안전하게 사용할 수 있는 로봇의 개발이 요구된다.

이러한 목표를 달성하기 위해서는 환경에 영향을 덜받는 각종 센서의 개발, 가볍고 견고한 로봇 소재의 개발, 저가의 인공지능을 내장한 로봇 컨트롤러의 개발, 경제적인 로봇 액추에이터의 개발이 요구된다.

연구과제		핵심요소기술
중 기	포장작업을 위한 무인주행장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○로봇이동 측정장치의 개발 ○로봇의 포장내 이동 기구의 개발 ○포장인식 및 이동을 위한 전자지도 작성 ○작업경로 생성 알고리즘 개발
	포장작업을 위한 로봇용 센서 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○광 적응형 기계시각 시스템 개발 ○적외선 기계시각 시스템의 개발 ○적응형 이미지 인식 알고리즘의 개발 ○작물감지용 초음파 센서의 개발
	환경인식 및 작업제어를 위한 인공지능 컨트롤러 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○환경 적응형 인공지능 컨트롤러 및 알고리즘 개발 - 파종, 작물관리, 수확, 측사관리, 착유 등
장 기	농작업에 적합한 로봇 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○농용 로봇메카니즘의 개발 - 농작업의 분석을 통한 파종, 작물관리, 수확 등 ○농용 로봇에 이용 가능한 액추에이터 개발
	로봇재배에 적합한 재배 및 사양기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○농용 로봇 이용 작물의 효율적 재배기술 개발 ○농용 로봇을 이용하기 위한 재배 및 사양 방법 개발 - 파종, 작물관리, 수확 등

친환경 정밀농업 기술 개발

정밀농업이 국제적 주목을 받게 된 것은 농업에 있어서 환경보전에 대한 강력한 압력때문이라 할 수 있다. 예를 들면 질소에 의한 지하수오염, 블루베이비증후군, 포장에 살포하는 화학비료와 농약에 의한 환경오염 문제가 사회적 문제로 대두된 점을 들 수 있다.

정밀농업은 “농산물의 생산에 영향을 미치는 변이정보를 탐색하여, 그 정보를 바탕으로 한 의사결정 및 처리과정을 거쳐, 생산물의 공간적 변이를 최소화하는 농업 기술”로 정의되고, 이를 구현하는데는 기술적으로 Data의 정보화·전산화와 기계화를 필요로 한다.

□ 기술개발 방향

정밀농업은 하나의 특정기술이나 개발된 기계를 일컫는 것이 아니라 작물생산을 위한 농법인 만큼 농업의 전 분야에 걸쳐 연구개발이 이루어져야 한다. 정밀농업기술과 기계개발을 효과적으로 추진하기 위해서는 농업기계공학, 토양학, 작물학 등의 관련 연구기관, 농기계 및 센서 생산업체가 공동으로 하는 학제간 연구를 필요로 하고, 개발된 기술에 대해서는 정밀농업 시범단지 조성, 평가를 위한 예산지원 시책이 있어야 한다.

□ 중장기 주요 연구내용

1999년 미국연구협회의 정밀농업연차모임(NCR-180)에서 실시한 “금후 연구개발이 이루어져야 할 분야”에 대한 조사결과에 따르면, 기계기술 > 포장관리 > 자원의 위치별 변이 > 경제성평가 > 환경관리 > 개발기술보급 순으로 나타났다. 그리고 연구되어야 할 항목으로 가장 많이 지목된 것은 토양과 작물에 대한 실시간 계측센서 개발, 원격탐사 기법을 이용한 토양과 작물상태의 검출 및 관리, 환경에 대한 정밀농업의 영향, 샘플링에 대한 표준규약 개발 등이었다. 즉 센서와 제어기술에 대한 요구도가 매우 높게 나타났다.

연구 과제		핵심요소기술
중 기	벼농사를 위한 포장정보 검출 기계화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 벼 수확량 검출센서 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 곡물 유량 및 함수율 측정 ○ 실시간 벼 생육진단 실시간 측정기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 벼의 초장, 분얼, 번무정도 측정 ○ 토양환경의 신속 분석기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시료 채취 밀도의 최적화, 토양 샘플러 등
	농업용 측위시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농업용 지원용 항법 보조시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 GPS 항법시스템 개발 - 농업용 관성항법장치 개발
	포장정보의 분석 및 매핑 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 포장정보 DB 구축 및 업데이트 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 포장정보의 분류, 계층화, DB구축 및 매핑 - 벼 생육분석을 위한 전문가 시스템
장 기	대단위 포장정보의 신속 검출 분석 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 위성영상 또는 항공사진을 이용한 작물 영상분석기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 작물의 종류, 생육상태, 수확량 예측 ○ 인터넷 기반 포장정보 분석기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Web-GIS에 의한 농업정보 원격 분석 - 농업 DB의 실시간 Up-date 기술
	변량형 농작업기계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 위치기반 공간변이 인식기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 농작업 제어용 항법시스템 - 농작업기계 - 농업 DB의 표준 인터페이스 모형 - 농업용 CAN-BUS 시스템 ○ 변량형 살포기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 입제·분체의 비료 및 농약의 변량 살포제어기술 - 액제 비료 및 농약의 변량 살포제어기술 - 생육환경에 따른 종자의 변량 살포제어 기술 ○ 정밀농작업용 농업차량의 주행 제어시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 경운로봇, 무인이앙기, 무인관리기 등

비파괴 품질·안전성 평가기술 개발

농식품의 안전이 오늘날 세계 농업의 키워드로 부상하고 있다. 특히, 유럽, 일본에서는 식품안전관리시스템의 대대적인 개편이 추진되고 있는데, 이의 직접적인 계기는 90년대말 광우병으로 식품에 대한 소비자들의 불신과 불안이 높아졌기 때문이다. 따라서 '농장에서 식탁까지' 푸드시스템 전체를 포괄하지 않으면 식품의 안전성이 보증될 수 없다는 인식을 분명히 하고 대책이 강구되어야 한다. 지금까지는 최종 산물의 검사만으로 안전확보가 가능하다고 생각했다. 그러나 이제는 생산·가공·제조·유통·소비 각 단계의 오염 차단이 중시되며, 나아가 전체 과정의 정보를 추적 제공하는 추적가능성(traceability)이 강조된다.

□ 기술개발 방향

맛과 안전성, 기능성 등 농식품의 품질에 관여하는 여러 인자 중에서 용도와 목적에 따라 우선 순위를 정하고 기술 개발의 방향을 결정해야 한다. 품질 인자에 대하여 관능적으로 이루어져 오던 방법을, 신속하고 간편하게 측정할 수 있는 방법으로 대체하여 생산과 유통 현장에서 효과적으로 활용할 수 있도록 할 수 있어야 한다. 단기적으로는 품질 및 안전성 등 단위 인자의 평가 기술 개발을, 그리고 장기적으로는 이러한 기술들이 생산 현장으로 피드백되어 생산성을 향상시키는 물론 생산에서 소비까지의 전체 정보를 관리할 수 있는 기술로까지 승화시킬 수 있어야 한다.

□ 중장기 주요 연구내용

색택이나 중량, 형상 등의 겉보기의 기준에 따라 품질을 판정하던 기술 개발의 시대에서 맛과 관련된 당도, 산도, 치감, 육질 등의 판정과 식품의 안전성을 복합적으로 신속하게 판정할 수 있는 기술 개발이 요구된다. 실험실 수준에서 이루어지던 화학 분석에 의한 파괴 검사는 표본 추출에 의존한 검사일 수밖에 없었으나 신속하고 비파괴적으로 검사할 수 있는 방법의 개발은 고품질 안전 농식품의 전수 검사 시대로 나아가게 할 것이다. 따라서 이러한 연구는 시스템의 크기 면에서 지금보다 더욱 더 소형이거나 아니면 대형 시스템으로, 실험실이 아니라 생산지에서 소비지까지 현장에서 직접 계측 가능한 시스템의 연구가 주류를 이룰 것이다. 또한, 시스템에서 나오는 모든 데이터들은 추적되어, 생산자의 입장에서는 생산성을 높일 수 있는 기본 정보로 활용하게 되고, 소비자의 입장에서는 농식품의 유통이력을 확인할 수 있는 정보로서 활용되는 시스템이 구축되어야 할 것이다.

연구 과제		핵심 요소 기술
중 기	농축산물 비파괴 내외부 품질 판정기술 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 농산물 비파괴 내부품질 판정기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 적용기술 : 근적외선, 초음파, X-선법 등 - 적용대상 : 과일, 과채류, 인삼, 쇠고기 등 - 품질인자 : 당산도, 식미, 내부결합, 육질, 안전성 등
	보급형 비파괴 품질판정 시스템 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장이용형 휴대용 비파괴 품질검사 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 휴대형 비파괴 배 속도, 당도판정센서 - 토양, 양액의 성분 실시간 검출시스템
장 기	농축산물 비파괴 내외부 품질 판정기술 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주변 첨단기술의 비파괴 품질판정 도입 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 하이퍼스펙트럴 영상처리 - AOTF 및 레이저 분광법 - 전자코/전자혀 - 음파/초음파 기술 등 ○ 단위 센서융합(Sensor fusion)기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 당도, 속도, 안전성 → 당도 + 속도 + 안전성
	농산물 간이·신속형 안전성 판정시스템 기술개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ○ NIR/가시광선 다중영상처리를 이용한 축산물의 상·병해 판정 시스템 개발 ○ 전자코를 이용한 축산물 안전성 검사시스템 개발 ○ 전자혀를 이용한 잔류농약 검출시스템 개발
	우량 종자의 육성 및 원산지 판별	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우량종자 선별시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 응용기술 : 레이저, AOTF, 근적외선 분광법 ○ 농산물 원산지 판별기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 응용기술 : 전자코, AOTF, 근적외선
	고품질 농축산물 생산정보 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농업 생산성 향상을 위한 비파괴 품질판정 결과의 생산자 Feedback 시스템 구축 및 활용 ○ 농산물 Traceability system 개발

바이오센서 기술 개발

농산물의 고품질과 안전성에 대한 관심이 높아지면서 품질 및 안전성을 신속하고 정확하게 측정할 수 있는 측정방법에 대한 요구가 증가하고 있다. 의료 및 환경 분야에서 저렴한 가격, 안정성, 신뢰성, 사용 용이성, 반복성, 신속성, 높은 정밀도 등을 제공하는 분석방법인 바이오센서의 개발과 사용이 폭증하고 있으며, 식품 및 농산물 분야에서도 품질 및 안전성 평가를 위한 바이오센서 기술 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 기존에 수행되던 식품 및 농산물의 안전성 분석은 대부분 실험실에서 고가의 장비를 이용하여 최소 1~2일에서 일주일정도의 기간이 소요되었지만, 바이오센서 기술을 이용할 경우 현장에서 간단한 절차를 통하여 신속히 분석 결과를 알 수 있을 것으로 기대된다.

□ 기술개발 방향

바이오센서에 관한 연구가 효과적으로 이루어지기 위해서는 생물학, 화학, 식품공학, 기계공학, 전기공학, 전자공학, 재료공학 등의 세부 전문 연구자들 간의 공동 연구가 필요하며, 이와 같은 학문분야들의 다학제간 협력 연구체제 구축이 필수적이다. 여러 학문 분야의 기초지식을 갖추고 과학의 원리를 생물 또는 생물과 관련된 분야에 공학적으로 응용할 수 있는 능력을 지닌 생물공학 전공자들을 중심으로 유기적으로 협조하여 기초원리 구명, 개발, 제작, 평가 등을 수행해 나가야만 성공적인 바이오센서 기술을 개발해 낼 수 있다.

□ 중장기 주요 연구내용

바이오센서는 기존의 물리, 화학센서의 표면에 생물학적 감지요소(biological detection element)를 결합시킨 형태로서 특정물질(analyte)이나 기질(substrate)과 선택적으로 결합 및 반응하는 생물학적 감지요소의 고선택성과 고감도의 특성을 이용하기 위한 구조로 되어있다. 성공적인 바이오센서 기술 개발을 위해서는 생물학적 감지요소와 신호변환기 그리고 이 둘을 연결시키기 위한 고정방법(immobilization method)의 3가지 핵심요소기술을 개발하여야 한다.

연구목표		세 부 과 제
중 기	생체반응물질 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항원, 항체, 호르몬 반응 구명 ○ 압인 고분자 물질 개발 ○ 단백질공학을 이용한 인공감지자 개발 ○ 분자 전자 기술
	신호변환기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 잡음 제거 및 전기화학 신호처리 기술 ○ SAW 신호처리 ○ SPR 신호처리
장 기	생체분자 고정기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 박막 접착력 향상 ○ 동식물 조직 접합기술 ○ 효소 고정기술
	센서의 소형화기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 바이오 나노기술 접목 ○ 센서의 고집적화 ○ 단클론항체 기술
	Lab-On-A-Chip 기반기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다성분 동시측정기술 ○ 신호 패턴처리기술 ○ 인공신경망 분석

식물생산공장시스템 개발

농촌노동력의 감소와 고령화·부녀화에 따라 농업후계자가 극히 부족한 실정에서 식물생산공장시스템은 좋은 환경에서 쉽고 편하게 농사를 짓고 노동생산성을 높여 농업을 다른 산업과 같은 매력있는 산업으로 발전시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 또한 고품질·안전 농산물을 이상 기후와 계절에 관계없이 연중 계획 생산함으로써 인구증가와 농경지 감소에 따른 식량부족을 대비할 수 있는 미래형 농업기술이다.

□ 기술개발 방향

식물공장생산시스템은 작물의 재배기술, 공조 등 환경조절기술, 파종·방제·수확 작업의 자동화 로봇 등 기계기술과 유통 등의 마케팅 기술까지 포함하는 종합적인 기술을 필요로 한다. 따라서 대상작물, 규모, 재배방식, 공조 및 작업공정에 대한 개념설계, 식물공장생산시스템의 설계 및 시뮬레이션, 작물생산시스템 운영 등 실증시험, 작물재배 및 품질향상기술을 개발하고 생산단가를 줄일 수 있는 기계·기술적인 노하우를 축적해 나감으로서 한국형 식물공장생산시스템으로 발전시켜야 한다.

□ 중장기 주요 연구내용

식물공장생산시스템에서 고품질 농산물을 적은 비용으로 생산하기 위해서는 크게 작물생산재배기술, 공정생산일관기계화기술, 생자원·생에너지기술, 정보화기술 개발이 필수적이다. 작물생산재배기술은 식물공장생산시스템에 적합한 품종 육종 및 선발, 잠재적 생산능력을 최대로 발휘할 수 있는 재배환경, 양액제어, 재배관리방법 등에 대한 기술을 말하며, 공정생산일관기계화기술은 파종에서 수확, 생산물의 포장과 저장까지의 전체공정에 대한 자동화기술을 말하며, 식물공장 내부공간을 최적으로 활용하기 위한 스페이싱 기술이 포함된다. 생자원·생에너지 기술은 광원 및 조명시설, 공기조화 등 환경조절시스템, 공정자동화시스템 등 하드웨어적인 기술을 의미하며, 정보화기술은 작물재배 및 생산공정시스템 등에 필요한 정보계측, 전문가시스템 구축 및 경영합리화를 위한 경영정보, 유통정보 등을 제공하는 시스템 기술을 의미한다.

연 구 과 제		핵심요소기술
중 기	식물공장생산시스템 표준화 모델 개발	○식물공장생산시스템 모델 설정 ○식물공장생산시스템 설계기준 설정
	식물공장생산시스템의 재배관리기술 개발	○적합한 엽채류 품종 및 기능성 채소 선발 ○온도·습도·가스·광 등 지상부환경 최적관리기술 ○순환식 환경친화형 배양액 관리기술 ○식물공장용 적합포트 및 배지 선발
	식물공장생산시스템의 생산공정 자동화시스템 개발	○파종·발아·녹화장치의 일관공정시스템 ○재배용 배드 및 순환식 배양액제어시스템 ○평면 작물스페이싱·이송 자동화시스템 ○엽채류 수확 및 포장 자동화시스템
	식물공장생산시스템의 최적 환경 제어기술 개발	○에너지 절감형 국소 냉난방시스템 ○광원 및 가스환경 최적제어기술
장 기	식물공장생산시스템 표준화 모델 개발	○한국형 식물공장생산시스템 표준화 모델 개발
	식물공장생산시스템 재배관리기술 개발	○작물별 성장모델 개발 및 데이터베이스화 ○작물별 재배관리전문가시스템
	식물공장생산시스템 생산공정자동화시스템 개발	○육묘공정 및 대량증식 자동화시스템 ○이식공정 자동화시스템 ○입체식 및 겐트리식 스페이싱시스템
	식물공장생산시스템의 최적 환경 제어기술 개발	○인공광원, 쿨링광원 및 LED광원 기술 ○인터넷과 무선 원격계측제어시스템 ○작물 생체정보계측 및 제어시스템

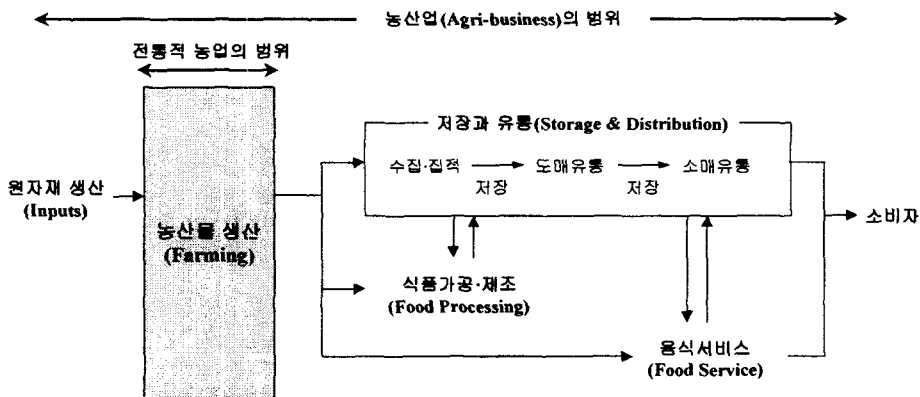
4. 기술개발 추진전략

농촌진흥청에서 수립한 우리나라 농업과학기술 목표는 식량·환경·에너지문제를 해결하는 농업생명과학기술의 확보, BT·IT·NT·ET·CT가 접목된 첨단농업기술로의 도약, 고품질 고부가가치의 종합 생물산업화 및 우리 농산물의 세계화이다. 이를 위한 연구개발의 중점방향으로 고품질 농업, 고부가가치 농업 및 수출농업에 역점을 두고 있다. 따라서 농업기계기술 분야에서도 농산물의 생산비를 획기적으로 절감하고 부가가치와 상품성을 극대화하기 기술 개발에 역량을 집중해야 할 것으로 생각된다.

□ 연구개발의 영역 확대

그 동안의 농업기계 기술개발이 전통적으로 농업이라 불리는 농산물 생산분야에 역점을 두었다면, 금후에는 농기계, 비료 등 원자재 생산분야, 저장과 유통분야, 식품가공·제조분야 및 음식 서비스분야까지를 포함하는 농산업(Agri-business)으로 확대되어야 한다<그림 6>.

국민소득 향상과 더불어 소비자의 품질에 대한 인식은 이미 선진국 수준으로 높아졌고 또한 고품질·안전·믿을 수 있는 농산물에 대한 요구가 매우 높다. 그러나 국내 수확후 관리기술의 미개발과 산지 유통시설의 낙후, 비효율적인 유통관행으로 인한 손실규모는 농산물 총 출하금액의 25~30%로 아직 선진국에 높은 수준이다. 관련 시설 및 장비의 산업규모 역시 영세하여 기술향상의 걸림돌이 되고 있다. 한편 식자재 산업 및 외식업체의 증가에 비해 이를 지원하는 농식품 관리기술이 미비하여 대부분 가공식품만을 주로 취급하며, 신선 농식품이나 최소가공식품의 공급은 노동집약적 수작업에 의존하는 비효율적인 구조이다.



<그림 6> 농업기계화기술 영역

□ 경쟁력있는 작목을 대상으로 하는 기술 개발

농산물의 경쟁력은 가격, 품질, 안정적 생산, 경영체의 능력, 지원여부 등에 영향을 받기 때문에 경쟁력있는 작목의 결정은 쉽지 않다. 그러나 그동안 많은 연구자들의 결과에 따르면, 농산물 생산액이 큰 작목이 경쟁력이 높은 것으로 평가받고 있다. 국내에서 상품화를 위해 재배, 사육되고 있는 농산물은 총 203개 품목으로 추정되며, 이 중 생산액이 100억 이상인 품목은 62종이다.

〈표 20〉은 국내 농산물생산액을 기준으로 한 10대 주요작물이다. 2000년 농축산물의 품목별 총생산액은 31조 8,300억으로 식량작물(35%) > 원예산물(31%) > 축산물(25%) 순으로 구성된다. 작목별 총생산액 규모에서 쌀을 제외하면, 축산과 원예작물이 상위를 차지하고 있으며, 쌀이 33%, 상위 2~10위 작목이 31%로 나타났다. 즉 상위 10개 작목의 비중이 64%에 달하고 있다. 더욱이 WTO 체제로 인한 농작물의 국제적 경쟁체제에서 대부분이 곡물류와 같이 운송이 용이한 작목의 경쟁력을 확보하기란 쉽지가 않을 것이고, 국제 경쟁하에서 경쟁력을 확보하지 못한 작목은 재배 대상에서 사라질 수 있음을 염두해야 한다. 따라서 생산량과 재배면적이 적은 소품목용 작목 생산의 기계화는 과감히 지양해야 할 시점이다.

축산물의 경우 다른 농산물에 비해 생산액 규모가 큰데 비해 농가호수가 적어 호당 규모가 클 뿐만 아니라, 4개 품목(돼지, 한육우, 닭/계란, 우유/젖소)의 비중이 전체 생산액의 88%를 차지하고 있어, 농기계의 경제성이 다른 작목에 비해 상대적으로 높다.

하지만 앞선 분석에서 기술한 바와 같이 그 동안의 기계기술 개발이 벼농사에 치중하였다. 따라서 금후 원예, 축산관련 기계기술 개발의 비중을 크게 높여야 할 것으로 판단된다.

〈표 20〉 농산물 생산액(경상가격 기준) (단위 : 억원)

순 위	1980	1985	1990	1995	2000
1	쌀 21,883(34)	쌀 44,406(36)	쌀 65,379(37)	쌀 67,577(26)	쌀 105,046(33)
2	고 추 5,690(9)	돼 지 10,432(8)	돼 지 11,737(7)	한육우 17,756(7)	돼 지 23,720(7)
3	돼 지 3,783(6)	한육우 9,525(8)	한육우 9,224(5)	돼 지 14,066(5)	한육우 18,788(6)
4	한육우 2,969(4)	고 추 8,497(7)	마 늘 8,363(5)	마 늘 12,189(5)	우 유 13,517(4)
5	배 추 2,342(3)	마 늘 4,522(4)	우 유 6,377(4)	고 추 11,996(5)	고 추 10,439(3)
6	닭 1,614(2)	우 유 3,238(3)	닭 4,458(3)	사 과 8,961(3)	닭 8,208(3)
7	계 란 1,571(2)	과 실 3,218(3)	사 과 4,397(2)	우 유 8,555(3)	수 박 6,747(2)
8	무 1,415(2)	닭 3,025(2)	고 추 4,272(2)	수 박 8,488(3)	계 란 6,512(2)
9	우 유 1,203(2)	배 추 2,931(2)	계 란 4,076(2)	닭 7,727(3)	감 껍 6,336(2)
10	사 과 1,095(1)	계 란 2,587(2)	배 추 3,966(2)	감 껍 7,093(3)	배 추 5,727(2)
합 계	43,565	92,381	122,249	164,408	205,040
총생산액	64,151	123,436	177,281	258,553	318,290
비율*(%)	68	74	69	64	64

* 비율(%) = (합계/총생산액)×100

()는 각 작목이 총생산액중에서 차지하는 비율.

□ 첨단공학기술의 과감한 도입

지금까지의 기술개발이 Stand alone형 기술개발이었다면, 최근에는 각종 첨단기술의 융합으로 기술개발에서 시너지효과를 높이는 추세에 있다. 전통적인 기계기술로는 갈수록 고기능, 고성능 기계를 선호하는 수요자의 기대에 부응할 수 없을 뿐만 아니라 산업체의 생산성 향상에도 한계가 있다.

농업기계/농공학의 주요 역할은 공학적 기술을 농업에 도입함으로써 농업의 생산성을 높이는 것이다. 근래 하루가 다르게 급변하고 있는 혁신적인 기술개발 시대에 농업기계기술 과학자의 역할은 더욱 확대될 전망이다. 메카트로닉스, IT, NT, BT 등을 이용한 고부가가치의 농업기계기술 개발에 역점을 두어야 할 것으로 생각된다. 그러나 기술발전속도가 워낙 빠르고, 현실적으로 이들 분야의 고급기술 인력이 절대적으로 모자랄 뿐만 아니라 이들을 받아들이기도 용이하지도 않다. 따라서 첨단기술분야와의 공동연구추진 또는 기술개발 컨소시엄과 같은 체제를 구축함으로써 이를 타파할 수 있는 방법을 모색해야 할 것이다.

□ 학계, 업체 및 정부의 충실한 역할분담

국내에서 선진국과 경쟁하고, 한정된 예산과 연구인력으로 연구성과를 극대화하기 위해서는 연구개체간의 특성을 충분히 고려하여야 한다. <표 21>에서 보는 바와 같이 조직의 특성과 역할이 서로 다르므로 각자의 역할이 달라야 하지만, 그 구분이 명확하지는 않다.

대학은 기초기술 연구를 중심으로 수행하고, 산업체는 실용화 기술 중심의 연구를 수행하고, 국가 연구소는 응용기술 연구를 중심으로 하되 대학과 민간의 부족한 부분을 보완하는 체계가 이상적이다. 과도기적으로 대학이 응용연구 일부를 담당하고, 국가 연구소가 실용연구 일부를 담당하는 체계의 도입도 고려해볼 수도 있다. 그러나 대학과 연구소가 산업체처럼 신제품을 개발함으로써 핵심기술보다는 실용화 기술을 개발하는데 많은 시간과 노력을 소비하는 경우는 결코 바람직하다고 볼 수 없다.

다시말해 대학은 원천기술 중심으로 특성화함으로써 장기적으로 기초 기술분야의 연구를 강화하고, 국가 연구소는 미래지향적이고 많은 연구장비와 연구인력이 필요로 하는 연구, 대학이나 기업체에서 수행하기 어려운 대규모 프로젝트 연구(예를 들면 정밀농업기술 등), 장기간 측정이 요구되는 시험, 기초데이터 도출·DB화, 농기계 및 관련 시험기준이나 절차의 수립, 공인시험의 수행 등 역할분담이 바람직하다.

<표 21>

대학·연구소·산업체의 연구특성 및 장점

구 분	연구 특성	주 요 역 할
대 학	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구자 개인의 능력과 전문성 우수하지만, 조직차원에서 연계가 체계적이지 못함. ○ 특정분야 한정된 연구에 유리 ○ 조직의 유연성이 좋고, 연구자의 창의성을 높일 수 있음. ○ 조직의 안정적인 유지가 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학문적 발전을 위한 핵심기초 기술 개발 ○ 국가기관이나 민간에서 수행이 곤란한 순수 기초기술 개발 ○ 국가기관이나 산업체에서 응용 및 실용화 촉진을 위한 기술
국 공 립 연구 소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구분야 및 조직간에 유기적 체계유지 가능하고, 조직 차원의 지식축적에 유리 ○ 연구와 지도가 효과적으로 결합된 조직체계 유지 가능 ○ 조직의 유연성은 떨어지나 장기적이고 안정적인 유지가 가능 ○ 시험시설 및 장비 확보에 유리 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가 농업 유지발전을 위해 공익적이고 장기적으로 수행되어야 할 기술 개발 ○ 민간의 기술개발 구조가 취약한 부분 ○ 연구인력과 투자비가 많이 소요되는 기술(정밀농업기계, 자동화기술, 로봇활용기술 등)
산 업 체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시장의 수요가 높고 연구개발 결과의 독점이 가능한 분야 ○ 특정분야 한정된 연구에 유리 ○ 조직의 유연성이 좋고, 연구자의 창의성을 높일 수 있음. ○ 조직의 안정적인 유지가 곤란. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시장성이 높고 수익이 예상되는 분야의 기술 개발

□ 농업기계학회의 역할 강화

농업기계학회의 역할은 농업기계학의 학술적인 토대 마련 및 산학연의 유대강화로 궁극적으로 국내 농업기계산업을 발전시키는데 있다. 그 동안 논문발간, 국제학술대회 개최, 국가 농업기계화정책 지원 등 외형적인 발전은 국내 어느 학회에 못지 않게 비약적으로 발전하였다.

그러나 지금은, 농업시장 개방과 1990년 후반 농업기계산업의 침체로 학회의 새로운 역할을 모색해야 할 시점이다. 내용적으로는 앞에서 기술한 바와 같이 연구영역의 재조정, IT, BT, NT, ET, ST 등 첨단공학기술의 접목에 의한 고부가가치의 농업기계 개발, 유관학회와의 학제간 공동연구 교류 강화, 산학연 기술협의 등을 활성화시켜야 할 것이다. 특히, 국내외적으로 농업기계분야에 대한 변화를 위한 시도가 다각적으로 시도되고 있는 점에 대한 연구가 필요하다. 농업기계학회에서 중점을 두고 추진해야 할 분야를 요약하면 다음과 같다.

- 농업기계 분야별 핵심기술 로드맵 개발
- 유관학회들과의 학술회의 공동개최
- 학회 학술분과위원회의 활동강화
- 산학연 기술협의회 활성화
- 첨단기술의 도입창구로서의 역할 강화 등

IV. 요 약

지금까지 농업기계 연구개발이 우리 농업에 엄청난 기여를 해 온 것은 부인할 수 없는 사실이다. 우리 실정에 알맞은 새로운 농기계의 개발, 개량 보급으로 벼 농사의 경우 거의 기계화가 달성되었고, 시설농업의 발전으로 주년재배에 의한 농산물의 공급시기가 확대되고, 농산물 수확후 품질관리 기술개발로 상품화율과 품질이 크게 향상되었다. 그러나 여전히 높은 생산비 부담과 농산물 시장의 수입 개방으로 국내 농업생산기반은 갈수록 위축되고 있다.

현재 우리 농업은 위기를 맞고 있다. 이같은 농업문제를 농업으로 해결하기란 쉽지 않다. 오히려 농업을 문화, 사회복지, 환경보존, 주변 산업 등 다른 분야들과의 관계속에서 Solution을 얻어야 할 것으로 생각한다. 더욱이 오늘날 기술도 고유영역이 의미가 없어지는 기술 융합시대이다. 각 분야마다 주변첨단기술을 도입 융합하여 한 차원 높은 고부가가치 기술개발에 노력을 경주하고 있다. 우리 농업의 국제경쟁력 제고를 위해서도 IT, BT, NT, ET 등과 같은 첨단기술 적극적으로 활용하여 농산물을 고부가가치화하고 획기적으로 생산비를 줄일 수 있는 새로운 패러다임의 농업기계화 기술개발이 필요하다.

기술개발전략 측면에서는 농업 연구인력이 지속적으로 감소하고, 민간의 연구역량이 상대적으로 취약한 상황에서 모든 작목에 대해 연구하는 것은 현실적으로 불가능할 것이다. 더욱이 연구자원의 한계 및 시장개방으로 인한 경쟁심화 등의 이유로 인해 연구대상 작목의 선택과 집중이 매우 중요하다. 그리고 연구개발에 있어서도 농업인, 소비자, 생산자, 산업체 등 수요자들의 기대에 부응할 수 있는 연구결과가 제공되어야 한다. 이를 위해서는 연구의 성공이 '연구실에서의 성공'이 아니라 '시장에서의 성공'으로 까지를 연계될 수 있도록 산학연이 결합하는, 즉 '판매성공=보급성공=연구성공'이란 통합적 접근이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 농림부, 농림통계연보, 2002. 11.
2. 농림부, 21세기 농업기계화사업의 장기비전과 발전전략, 2001. 5.
3. 농업기계화연구소, 농업기계화·자동화분야 중장기 연구개발계획, 2002. 7.
4. 농촌진흥청, 연구 및 기술보급체계 혁신방안 연구보고서, 2002. 9.
5. 한국농업기계학회, 한국의 농업기계화, 1998.
6. 한국농업과학협회, 한국농업의 진로와 농업과학기술 로드맵, 2003 한국농업과학 심포지엄 자료집, 2003. 6.
7. 한국농업과학협회, 새천년 한국농업과학의 방향, 2000 한국농업과학 심포지엄 자료집, 2000. 11.
8. 한국농어민신문, 2003 농산업 포럼, 2003. 3.