

## 고추수확기의 개발방향 설정<sup>+</sup>

### Determination of Development Strategy for a Pepper Harvester

이종호\*   박승제\*   김철수\*   이중용\*   김명호\*   김용현\*  
 정희원   정희원   정희원   정희원   정희원   정희원  
 C. H. Lee   S. J. Park   C. S. Kim   J. Y. Rhee   M. H. Kim   Y. H. Kim

#### ABSTRACT

Pepper is the most important horticultural plant in Korean farm. Pepper harvesting has been known to be the most difficult process in pepper cultivation so that demand for mechanization is strong.

In a research to develop a pepper harvesting machine, performance and capacity of the harvester should be determined based on both economical feasibility and machine design concept.

In order to accomplish an economical analysis of the pepper harvester, a mathematical model for comparing manual harvesting cost to machine harvest cost was developed. Validity of the model depends on the data used in the model. Economical information for the model variables was acquired from the result of farm survey on pepper cultivation technique and economics of pepper farmer. Technical information on pepper harvester were also collected through literature review and analyzed.

Based on the economical analysis and synthesis of the technical information on pepper harvesters, its performance and capacity were determined. The operating performances of the harvester such as cutting, conveying, flipping, pepper removing and post-processing (sorting) were determined. Daily capacity of the machine was determined to be 0.41 ha. A pepper harvester with the suggested capacity was economically feasible if the price of pepper harvester, pepper recovery ratio and service life of harvester were about 6 million won, 80%, and 4 years, respectively.

**주요 용어(Key Words)** : 고추 수확기(Pepper Harvester), 수확 비용 분석 모형(Model for Comparing Harvest Cost), 개발방향설정(Development Strategy)

#### 1. 서론

고추는 農家收入에서 큰 비중을 차지하는 作物이다. 國內의 고추가격은 國際가격에 비하여 3~5배나 되기 때문에 생산비를 더욱 절감할 필요가 있다 (이중호 외 4인, 1993). 고추재배의 생산비 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는

부분은 인건비로서, 노동수요가 큰 收穫작업과 育苗-移植작업에 대부분의 인건비가 투입되고 있다 (이중호 외 2인, 1992).

우리나라 고추재배 농가의 경영규모를 살펴보면 2,000평 이상을 재배하는 농가 수는 4,000호 이상이며 대규모 고추재배 농가는 고추集産地에 밀집되어 있다. 따라서 고추수확기계가 농가의

<sup>+</sup> 본 연구과제는 과학기술처의 특정과제 연구비 지원으로 수행되었음.  
\* 전북대학교 농과대학 농업기계공학과

수익증대에 기여한다는 것만 입증된다면 수천대 규모의 고추수확기가 고추생산 농가에 導入될 수 있을 것으로 판단된다 (이종호 외 5인, 1994). 고추수확작업의 기계화 필요성은 이미 여러 조사보고서에 나타나 있으며 고추재배에 있어서 機械化 要求度가 큰 작업은 이식-비닐피복-수확-건조작업 순이라고 보고되었다 (이영렬, 1991; 박경규, 1993).

생력재배의 수단으로 고추수확기 개발의 필요성이 인정되어 이에 대한 연구가 진행 중에 있으나 (이종호 외 4인, 1993; 이종호 외 5인, 1995) 연구의 최종 목표인 수확기계 개발의 방향이 먼저 합리적으로 설정될 필요가 있다. 기계의 성능 즉 作業幅이나 作業速度를 어느 정도로 할 것인지는 기계의 크기나 가격에 직접적인 영향을 미치므로 적절한 범위를 선택할 필요가 있다. 이외에도 走行方式, 작업기가 수행하는 작업의 범위 및 정밀도 등을 설정하는 것도 매우 중요하다.

본 연구는 고추수확기의 농가설문조사 결과에 근거하여 얻어진 負擔面積과 고추수확기의 수확부에 대한 실험결과를 기초로 하여 고추의 기계수확비용과 관행 인력수확비용을 비교하여 고추수확기가 농가수익 증대에 기여하는 지 여부를 분석함으로써 고추 수확기계의 개발방향과 성능에 관계되는 변수의 크기를 구체적으로 설정하기 위하여 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

고추수확기의 성능은 省力效果를 좌우할 뿐만 아니라 經濟性에도 영향을 미치기 때문에 고추수확기의 개발방향이라 함은 어떤 성능을 갖춘

어떤 형태의 기계를 개발하느냐를 결정하는 것이다. 따라서 고추수확기 개발방향을 설정하기 위해서는 기술적인 측면과 경제적인 측면이 함께 고려되어야 한다. 費用分析은 기계의 개발방향 설정에 있어서 매우 중요한 지표이나 고추수확기는 현재 국내에서 이용되고 있지 않기 때문에 구체적인 자료가 미비하여 분석에 많은 가정이 필요하였다. 비용 분석 모형의 타당성은 모형 자체보다는 모형에 적용한 假定이나 資料의 信賴性이 더 중요하다.

본 연구에서는 객관성 있는 자료를 구하기 위하여 農家 設問調査를 실시하였다. 고추를 재배하는 형태(作型)에는 연속재배, 축성재배, 반축성재배, 터널재배 및 조숙재배로 모두 5 가지가 있으나 본 연구에서는 붉은 고추 생산을 목적으로 하는 조숙재배나 터널재배 농가만을 調査對象으로 하였다. 개발될 고추수확기는 대규모로 고추를 재배하는 고추集産地에서 이용될 것으로 전망되므로 경북, 전북, 충북의 고추집산지를 선택하여 1994년 6~8월에 걸쳐 조사를 실시하였다. 본 설문조사에서는 농민들의 기계화 요구도와 현재 느끼는 애로사항, 고추재배의 경영자료 등을 조사하였으며 고추재배 농가를 栽培面積을 기준으로 소규모(500-1199평 규모), 중규모(1200-1799평), 대규모(1800평이상)로 구분하였다. 총 조사샘플은 48농가였으며 대중소 각각의 標本數 比率은 2:1:1 정도로 나타났다. 표 1은 조사농가의 일반적인 경영특성을 나타낸 것이다.

고추수확기에 대한 技術的인 側面을 고려하기 위하여 고추수확기에 대한 技術現況을 조사하였다. 문헌조사를 통하여 각종 기계의 개발과정과 문제점을 파악하였으며, 고추수확기를 개발한 경험이 있는 미국 미시간주립대의 Dale E. Mar-

Table 1. General Cropping Information of the Farms Surveyed

Farm Size	Paddy Land(ha)	Upland(ha)	Pepper Cultivation Area (ha)	Average Age of Farmer
Large	1.262	1.260	0.935	50
Medium	0.512	0.851	0.463	45
Small	0.528	0.696	0.233	48
Average	0.769	0.919	0.519	48

shall과 뉴멕시코주립대의 Dr. Paul W. Bosland 를 1993년 8월에 방문하여 試作機의 개발과 이용에 따른 문제점 등을 조사하였다. 또한 고추수확기 개발을 위한 연구 결과 (이종호 외 5인, 1995)를 이용하여 기계 개발 방향 설정에 관한 기술적인 참고자료로 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 고추재배의 현황과 기계화 기반에 대한 조사

고추는 작물 중에서 농가소득에 차지하는 비중이 쌀 다음을 차지하는 대표적인 園藝作物로서 (박효근, 1992) 표 2에 나타난 바와 같이 해마다 재배면적이 변화하고 있으며, 가격도 큰 폭으로 변화하고 있다. 이는 고추생산의 수익성이

반이 취약한 실정이다. 밭의 進入路 有無, 밭의 형상과 크기, 필지 내 傾斜度의 均一性 등은 기계화의 커다란 제약요인이 될 수 있다. 따라서 비교적 구조가 간단한 平地用 고추수확기를 우선적으로 개발·보급한 다음 경사지에 적응성이 있는 기계로 개선할 필요가 있다.

고추주산단지에서 고추의 耕種概要는 표 3과 같다. 표에서 보듯이 현행의 재배방법에서는 비닐멀칭을 하고 支柱를 세우고 있기 때문에 기계화가 어렵다. 또한 고추가 크게 자라도록 되어있는 현행 재배방식은 고추가 倒伏되기 쉽기 때문에 기계수확에 부적합하다고 판단되므로 기계수확에 적합한 재배방식이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

#### 나. 설문조사 결과

##### 1) 경종 및 고추재배의 일반적인 사항

Table 2. Yearly Cultivation Area, Yield and Price of Dry Red Pepper

Year	Pepper Cultivation area (1,000 ha)	Yield per Unit Area (kg/10a)*	Total Yield (1,000ton)	Average Price (won/600g)
1984	99.8	117	116.9	2,665
1985	117.9	140	165.3	3,100
1986	128.9	153	197.8	1,958
1987	88.9	155	137.9	2,359
1988	97.4	215	208.9	1,979
1989	71.7	207	148.7	1,003
1990	62.8	212	132.7	1,931
1991	70.9	199	141.3	2,814
1992	77.2	223	171.8	3,636

Source : Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries

없을 경우, 고추 생산량이 급격히 감소할 수 있다는 것을 의미한다. 현재의 고추재배는 單位面積當 收益性이 높기 때문에 다른 작목에 비하여 상대적으로 수익성이 좋으나, 노동수요가 크기 때문에 최근에는 농촌노동력이 재배규모를 결정하는 制限要因이 되고 있다.

고추는 일부 집산지를 제외하고는 주로 밭에서 재배되고 있다. 그러나 밭은 지금까지 耕地整理가 되어있지 않기 때문에 기계화에 대비한 기

설문조사 결과는 위에서 설명한 경종개요와 대부분 일치하였으나 몇몇 사항은 다른 점이 있었다. 대표적인 예로서 두둑의 높이는 설문집단의 90% 정도가 20cm 이상이였으며, 농약살포횟수는 5회 미만인 15.6%, 5~8회 24.4%, 9~12회 20%, 13회 이상이 40%로서 표 3에서 제시한 경종개요에 비해 농약살포횟수가 많았다. 농약살포에 사용한 기계로는 88.9%가 동력분무기를 이용하였으며 나머지는 인력분무기를 사용한 것

Table 3. Pepper Cultivation Practice in Korea

Practice	Unit	Contents with Percentage
Cultivar	number	about 30
Seedling Method		direct(1), cold bed(61), sun heat(28), electric heat(10)
Seedling Days	days	70-80(15), 81-90(41), 91-100(30), above 101(14)
Ridge Height	cm	below 10(11), 11-15(52), above 16(37)
Population Density	No/10a	below 4,000(43), 4,000-5,000(43), above 5,000(14)
Fertilizer	kg/10a	below 1,000(24), 1,000-2,000(48), above 2,000(28)
Multching		no(2), transparent PE(77), black PE(16), white PE(5)
Chemical Application	times	below 5(31), 6-10(46), 11-15(23)
Year of Continuous Cultivation	years	below 5(33), 6-10(34), above 11(33)

Source : 1987. Horticulture Experimental Station, Rural Development Administration

으로 나타났다.

두둑 폭은 57.4cm, 고랑 폭은 40.16cm, 條間거리 는 97.6cm, 株間거리 32cm로 나타났다. 비닐 멀칭은 100% 실시하며 기계로 작업하는 경우는 25%에 불과하고 주로 黑色無孔비닐을 사용하는 것으로 나타났다. 支柱는 평균 1.8m 마다 설치하는 데 이 중에서 58.3%는 두 줄을 치고, 25%는 한 줄, 16.7%는 세 줄을 치는 것으로 나타났다. 조사대상자의 93.8%가 직접 모를 자가생산하고 종묘회사 모를 사용하는 경우는 4%에 불과하였다. 3.75kg의 생고추를 말리면, 건조되는 동안에 부패하는 고추를 제거하였을 때 최종적으로는 약 0.74kg의 乾고추를 얻는 것으로 분석되었다.

고추재배에서의 큰 문제점으로는 심한 價格變動을 가장 많이 지적하였고, 그 다음으로는 수확 시 노동력의 부족과 고추의 病蟲害를 지적하였다. 고추재배면적의 변동이 심한 이유로는 노동력의 부족과 고추가격의 심한 변동을 들었다.

## 2) 경영적인 사항

농가당 家族勞動量은 남자 1.13 명, 여자 1.06 명으로 부부중심의 가족노동에 의존하는 것으로 나타났다. 인부를 구하는 경우는 대부분 수확작업이었으며 비닐멀칭과 방제 등에 인부를 투입하고 있었다. 인부를 가장 구하기 힘든 작업에 대한 질문에 대해 수확작업이라고 답한 경우가 가장 많았으며 그 다음으로는 방제작업이었다. 1994년 농가에서 판매한 건조추의 연평균 가격

은 4,702 원/600g이었으며 풋고추는 2,800 원/600g에서 6,000 원/600g까지 커다란 변화가 있는 것으로 조사되었다.

인부를 구하는 경우 남녀의 임금 차이가 크게 나타났으며 남자는 하루 10 시간 (8 시간 작업 2 시간 휴식)에 23,984원의 임금과 3,993원의 接待費用을 지급하여 총 27,977원의 비용이 들며 여자의 경우는 각각 15,829원, 3,533원이 지급하여 총 19,362원의 비용이 지출되는 것으로 조사되었다. 한 사람이 56 kg 한 포대를 채우는 데 약 4.3 시간이 소요되어 시간당 약 13kg의 생고추를 수확하는 것으로 조사되었다.

## 3) 고추수확기와 농기계에 관한 사항

작업단계별 기계화 요구도를 조사한 결과 수확-세척 및 건조-방제-육묘-이식(모종) 순서로 높게 나타났다. 일시수확형 고추수확기에 대하여 설명한 후 기계의 개발방향을 조사한 결과 별도의 專用機를 바라는 경우가 50%, 경운기 附着型 33.3%, 트랙터 부착형 16.7%로 나타났다. 고추수확기의 예상가격을 부착기의 경우 700 만원일 때, 구입의사를 물어본 결과 40%가 당장 사겠다, 51%가 고려하겠다는데 비하여 1,500 만 원 정도의 전용기를 제시한 경우에는 사겠다고 말한 농가가 없었으며 고려하겠다는 20%로서 수확기의 부착형태 보다는 기계가격을 더 중요시하고 있음을 보여주었다. 고추수확기의 소유 형태는 개인소유가 55.6%이고 공동이나 營農會

社 소유를 바라는 경우가 각각 20%, 24.4%를 나타내었다. 수확기의 작업성능은 하루 2,000평 이상의 高能率을 원하는 경우가 55.6%를 차지하였고 1,000평 미만을 원하는 경우도 20%를 차지하였다. 고추를 기계수확하는 경우 고추대를 방치하는 간단한 기계보다는 고추대를 壓碎하거나 일정량씩 集屬하기를 원하는 경우가 97.7%였다.

노동력 수요가 큰 수확작업이 기계화 되는 경우에 재배면적을 확대할 것인가에 대한 설문은 70%가 면적을 확대하겠다고 대답하였으며, 고추수확기 보급에 있어서 예상되는 문제점으로는 경지가 경사지라는 점을 가장 많이 지적하고 그 다음으로는 기계를 이용하는 경우 재배방식이 달라진다면 농민들이 변화를 싫어할 것이라는 점을 들었다.

#### 다. 기존 고추수확기에 관한 기술현황 조사

문헌 조사에 의하면 고추수확기는 세계적으로 59개 이상의 연구기관에서 총 130대 이상의 試作機를 개발한 것으로 알려져있으나(Marshall, 1983) 실용화 된 것으로 보고된 경우는 헝가리 한 곳에 그치고 있다(박재복, 1993). 그러나 헝가리에서 개발된 수확기도 낮은 회수율 등과 같은 문제점이 있는 것으로 알려져 엄밀한 의미에서 상업화 생산단계에는 이르지 못한 것으로 판단된다.

고추를 수확하기 위한 기계장치는 다양한 형태로 개발되었다. 고추를 수확하는 원리를 구분하여 보면 그림 1과 같이 4가지 형태가 주종을 이루고 있다. a)는 스프링 타인을 이용하여 고추를 훑는 방식(Gentry et al., 1978)으로 그림에 나타낸 방법 외에도 여러 가지 형태(Fullilove and Futral, 1972)로 제작되었다. 이 방식은 反復收穫用으로 사용시에는 가지에 대한 손상이 크고 一時收穫用으로 사용시에는 회수율이 낮은 단점이 있다. b)는 도리깨에 의한 충격력으로 고추를 따는 방식(Thomas and Rollason, 1980)으로 고추의 손상을 줄이기 위하여 도리깨를 두꺼운 고무판으로 제작한 것이다. 처음에는 도리깨

가 없는 직선 강봉으로 만든 두개의 원통을 이용하여 고추를 수확하려 시도했으나 결과가 나빴기 때문에 개량한 방법으로서 과도한 脫實作用으로 고추 잎과 가지가 부러지는 문제가 있었다. c)는 二重螺旋圓筒을 이용한 방식(Fullilove and Futral, 1972)으로 가장 많이 시도된 방법이다. 이 방법은 고추줄기 사이로 나선봉이 회전하면서 고추를 훑는 작용과 나선봉과 고추대의 충돌에 의한 충격력을 복합적으로 이용한다. 또한 지면에 대한 나선원통의 설정각에 따라 고추 열매가 앞으로 튀어 나가거나 고추대를 뽑아 올리는 현상이 발생하는 것으로 알려져 있다. d)는 두개의 픽업벨트에 의하여 고추를 따는 방식(Lenker and Nascimento, 1980)으로 벨트에는 여러 개의 돌기가 있어서 이들이 고추를 압박하면서 훑어 올리며 탈실되어 지면에 떨어진 고추를 회수하는 별도의 장치가 장착되어있다. 이 기계는 고추를 밀식한 경우에 사용하기 위해 개발된 대형 수확기이다.

이외에도 물을 분사하여 물의 운동량과 고추의 慣性을 이용하여 고추를 따는 방식(Poole, 1971)도 시도된 적이 있으나 많은 물이 필요하여 실용화되지 못하였고 振動으로 고추를 따는 방식도 있었으나 이 방법은 고추꼭지가 익으면 쉽게 떨어지는 遺傳的 性질을 갖춘 품종(果托分離型 品種)에서만 적용이 가능하였으며 결국 실용화되지 못하였다.

현재 개발 중인 고추수확기는 나선으로 만들어진 圓筒을 이용하는 방식(그림 2. 다)으로서 앞에서 지적한 문제점을 극복하기 위하여 고추대를 베어서 기계 안에서 탈실하는 방법을 채택하고 있다. 고추대를 거꾸로 매달아 탈실을 하기 때문에 고추줄기가 거의 파손되지 않는다는 장점이 있으며 고추를 회수하는 비율은 나선 원통의 회전속도 및 고추대의 이송속도와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다(이종호 외 4인, 1993).

기존에 개발되었던 고추수확기계를 조사한 결과 고추수확기는 여러가지 측면으로 나누어 볼 수 있다. 예를 들면, 일시수확과 반복수확, 자주식과 부착식, 푸른고추수확과 붉은고추수확, 고

Table 4. Type of pepper harvesters and their functional characteristics.

Classification		Country Developed the Harvester	Functional Characteristics
Numbet of Harvest	Once-over	USA,Italy,Israel, Hungary	Low recovery per area No proper cultivar
	Repeatable	USA	Severe damage on branches
Travelling	Self-propelled	USA,Italy,Israel, Hungary	Expensive, Relatively small machine size
	Attatched	USA	Cheap but poor steering performance
Post-Proce-ssing Unit	Equipped	USA, Israel	Expensive, Large machine size, Lobar saving, High recovery
	Not Equipped	Italy,Hungary,USA	Cheap and small machine size
Harvesting Red Peppers Only	Does	USA, Israel	Color sorting is not available yet. Expected to be highly labor saving. All prototype using the differences of physical properties between green and red peppers were not successful.
	Does not	Italy,Hungary, USA	Cheap
Stem Cutting	Does	Korea (under development)	Labor saving, High recovery, Complicated mechanism
	Does not	USA, Israel, Italy, Hungary	Loss on ground, Poor quality harvest

추대 예취의 여부로 볼 수 있다. 붉은 고추와 풋 고추의 물성 차이를 이용하여 붉게 익은 고추만 수확하려는 시도도 있었으나 결과가 만족스럽지 못하였고 색채선별에 의한 선별적 수확은 아직까지 시도된 바 없다. 고추수확기에 관한 기술현황 조사 결과를 정리하여 표 4에 나타내었다.

라. 고추수확기를 이용한 수확비용 분석

고추수확기의 성공은 수확기계를 이용함으로써 農家經營에서 이익이 있을 때만이 가능하다. 그러나 經營分析이라는 과제는 그 자체만으로도 방대할 뿐더러 우리 나라의 경우 기존의 복합적인 영농관행이 대부분 남아 있으며 고추재배를 전문으로 하는 商業農家의 수가 매우 적어서 신뢰성 있는 자료를 구하기가 힘들다. 따라서 농가

의 전반적인 경영분석보다는 고추 수확작업을 관행으로 하는 경우와 고추수확기를 이용하는 경우의 수확작업 비용만을 비교하였다.

고추수확기의 비용 분석 목표는 비용 분석 모형에 포함된 變數들의 感度(sensitivity)분석을 통하여 어떤 변수가 중요하며 기계화하기 위해서는 재배면적이 최소 얼마 이상이어야 하는지를 분석하고 이 자료를 역산하여 기계개발 방향을 설정하는 것이다. 예를 들면 농민들이 원하는 고추수확기의 성능을 만족하기 위해서는 수확기 성능의 중요 지표인 고추회수율이 어느 정도가 되어야 하는가 등을 정하는 것이다.

1) 고추수확기의 수확비용 분석 모형

우리 나라에는 고추수확기계가 아직 개발되어 있지 않으므로 비용 분석 모형에 필요한 변수의

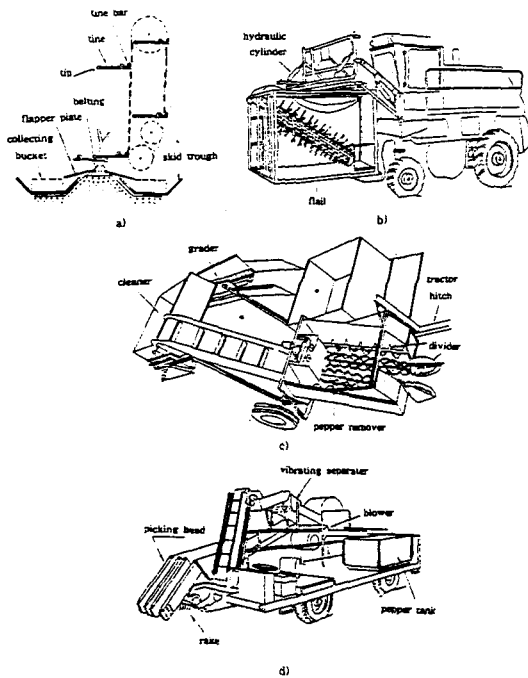


Figure 1. Various pepper harvesters and their pepper removal mechanisms

크기를 설문조사 자료와 고추수확기에 대한 기초 실험 결과를 이용하여 구하였다.

표 5는 기계의 성능과 관계된 변수와 부호 및 설정한 크기를 나타낸 것이다. 고추수확기의 성능을 나타내는 가장 기본적인 변수는 작업폭과 작업속도이다. 작업폭을 0.9 m로 정한 이유는 우리 실정에서 하루 작업능력이 수 ha일 필요가 없으며 기계의 가격이 구입 결정에 중요한 변수

라고 판단되어 기계가격이 저렴할 것으로 판단되는 1조식으로 정했기 때문이다. 작업속도는 0.1 m/s가 최적의 결과 (이중호 외 4인, 1993)를 나타낼 뿐만 아니라 0.3 m/s에서는 기계의 회수율이 최적에 비하여 17% 감소되므로 0.3 m/s 이상 증가시킨다는 것은 무의미해진다. 작업속도를 회수율이 최고가 되는 0.1 m/s가 아닌 0.3 m/s로 정한 이유는 고농을 수확기를 농민이 원하기 때문에 가능한 범위에서 최고치를 택하였기 때문이다.

표 5의 자료를 일반적인 負擔面積 산정공식인 식 (1)과 식 (2)에 대입하면 하루 작업가능면적 ( $C_D$ )이 0.41 ha(약 1,200평)가 되며, 고추 수확 기간을 20 일로 가정하면 연간 부담면적 ( $C_Y$ )은 6.53 ha가 된다.

$$C_D = 0.36\eta_f\eta_rSVH = 0.36 \times 0.5 \times 0.7 \times 0.9 \times 0.3 \times 12 = 0.41\text{ha} \dots\dots\dots (1)$$

$$C_Y = 0.36\eta_f\eta_r\eta_wSVDH = 0.36 \times 0.5 \times 0.7 \times 0.8 \times 0.9 \times 0.3 \times 20 \times 12 = 6.53\text{ha} \dots\dots\dots (2)$$

표 6은 비용 분석에 있어서 기계운영 또는 관행작업의 비용과 관련된 변수와 부호 및 설정한 크기를 나타낸 것이다. 연도별로 변화가 심한 수치는 최근 5년간 (1989년~1993년)의 자료를 평균하여 사용했으며 계속적으로 증가하고 있는 수치는 최근치를 사용하였다. 기존에 발표된 농작업기계의 경제성 분석 모형(Seecharan et al., 1988)에서는 수확방식을 기계화함으로써 발생

Table 5. Pepper Harvester Performance-Related Variables and Deduced Presumptive Magnitude

Variables	Symbol	Presumptive Magnitude	Remarks
Harvest Width	S	0.9m	—
Travelling Velocity	V	0.3m/s	—
Available Working Day	D	20days	late Aug. to mid Sept.
Available Working Hours a Day	H	12hours	—
Field Efficiency	$\eta_f$	0.5	same as that of combine
Operation Time Efficiency	$\eta_r$	0.7	same as that of combine
Working Day Probability	$\eta_w$	0.8	dry season
Pepper Recovery Ratio	R	0.8	at present the ratio is 0.7

하는 수확량의 감소를 고려하지 않았으나 본 모형에서는 기계수확으로 인한 수량감소를 고려하였다. 일반적으로 기계의 가격이 고가이기 때문에 투자에 대한 이자비용을 고려해야하나 다른 항목에 비하여 그 크기가 작고 우리나라에서는 농업기계 구입시 資金融資나 政府支援金 등 경제적 지원이 있기 때문에 본 모형에 포함하기에 복잡하여 이자에 대한 항목은 생략하였다. 기계의 減價償却費는 가장 일반적인 直線法을 이용하여 추정하였다.

損益分岐面積( $A_E$ )은 식 (3)으로 주어진 年間慣行收穫作業費用( $C_A$ )과 식 (4)로 주어진 年間機械收穫費用( $C_B$ )을 등식으로 놓고 표 5와 6에 주어진 변수값을 대입한 후  $A_E$ 에 관해서 풀어서 얻는다.

$$C_A = \left( \frac{W_M + W_W}{2} \right) \left( \frac{P_A A_E}{C_M} \right) \text{ (won/year)} \dots (3)$$

$$C_B = (W_M + W_W + FL) \left( \frac{A_E}{C_D} \right) H + \left( \frac{P_{II}}{L_{II}} + \frac{P_T J_T}{L_T} \right) + P_P \eta_P (A_E P_A) (1-R) \dots (4)$$

식 (3)에서 시간당 인건비는 남자와 여자의 평균 인건비를 적용하였으나 식 (4)에서는 2인 1조가 되어 수확작업을 하며 남자는 主運轉者, 여자는 補助運轉者로 생각하여 주운전자와 보조 운전자에게 각각 다른 인건비를 적용하였다. 수확면적이 주어진 경우에는 연간 관행수확비용과 연간 기계수확비용의 差額을 기계수확을 통한 經營利益이라고 간주하였다. 그러나 고추수확기가 도입될 경우에는 정부보조 또는 기계구입 자

Table 6. Pepper harvester economically-related variables and their magnitude

Variables	Symbol	Magnitude	Remarks
Price of Dry Red Pepper	$P_P$	4,000 won/kg	1999-1993 average(2)*
Hourly Wage Manual Harvest	$W_M$	for man : 3794 won/hr	1993(3) 8 working-hour base
	$W_W$	for woman : 2658 won/hr	man 30,350 won/8 hr woman 21,267 won/8 hr
Manual Work Capacity	$C_M$	2.56 kg/hr	From survey
Daily Effective Harvester Capacity	$C_D$	0.41 ha	Eq (1)
Additional Recovery Ratio of Unremoved Pepper	$\eta_P$	0.5	Assumed
Yield per Unit Area	$P_A$	2,111 kg/ha	1989-1993 average(2)
Hourly Fuel and Lubricant Cost	FL	1,056 won/hr	25PS power consumption, fuel cost : 220 won/l, lubricant cost = 20% of fuel cost(3)
Price of a Pepper Harvester	$P_{II}$	6,000,000 won	Assumed
Life of a Pepper Harvester	$L_{II}$	10 year	Assumed, same as a tractor
Price of a Tractor	$P_T$	10,000,000 won	25PS level
Service Life of a Tractor	$L_T$	10 year	Assumed
Job Partition of a Tractor for Pepper Harvester	$J_T$	15 %	Assumed

\* Number in the parentheses represent reference number.



금융자 등이 가능할 것이므로 실제의 기계비용은 식 (4)로 계산된 값보다 낮아질 것으로 판단된다.

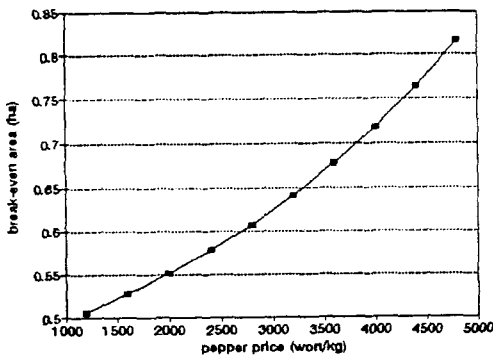
2) 변수별 감도분석

고추수확과 관련된 중요 변수들이 고추수확기의 경제성에 어떠한 변화를 주는가를 파악하기 위하여 앞에서 개발된 모형을 이용한 시뮬레이션을 통하여 고추수확기의 손익분기면적과 고추價格, 貨金, 고추收穫機 價格 및 고추回收率과의 관계를 분석하였다. 표 5와 6에 나타낸 변수 값을 표준치로 사용하여 손익분기면적을 구하면 0.72 ha로 계산되었다. 손익분기면적을 구하는데 필요한 변수는 모두가 獨立的이었다. 따라서 손익분기면적에 대한 感度는 그림 2에 나타낸 그래프의 기울기로 볼 수 있다. 그림 2는 독립변수로 정한 자료만을 변화시키고 나머지 변수는 표준치로 고정하여 손익분기면적의 변화를 나타낸 것이다. 독립변수의 변화에 대한 손익분기면적의 변화가 클수록 감도가 커지며, 같은 변수라 할지라도 독립변수의 크기에 따라서 감도는 달라진다. 고추수확기의 회수율과 고추수확기의 耐久年限은 변수의 크기에 따라서 感度 變化가 크므로 감도가 작아지는 臨界值 이상이 되어야만 고추수확기의 경제성이 안정적으로 확보될 수 있다. 즉 회수율은 70% 이상은 되어야하며

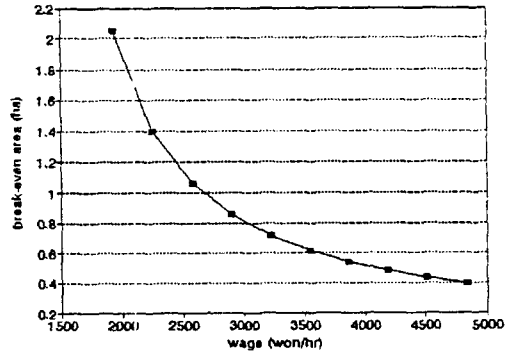
기계의 수명은 5년 정도는 되어야 할 것으로 나타났다. 감도가 큰 변수는 고추수확의 기계화에 있어서 중요하게 다루어야 할 것이다.

그림에서 보듯이 손익분기면적에 큰 영향을 주는 변수는 고추의 회수율, 고추수확기의 耐久年限(壽命), 貨金 順이었다. 특히 고추의 가격과 기계의 가격에 대하여 손익분기면적의 변화는 陽의 기울기를 나타내어 그 크기가 클수록 손익분기면적이 늘어났다. 고추가격이 양의 기울기를 보이는 이유는 식 (4)에서 수확손실 항이 다른 항에 비하여 커지기 때문이다. 수확손실액을 보상하기 위해서는 더 많은 면적을 작업해야 할 필요가 있다는 것을 보여주고 있다. 고추수확기는 品種과 栽培方法의 개선을 통하여 단위면적당 고추收量を 늘리는 것을 기본으로하고 있다. 만약 단위면적당의 수량이 증가하여 최종적인 수확량이 관행재배와 같아지거나 증가한다면 고추가격은 그림 2에 보인 것과는 반대의 현상을 보일 것이다. 임금의 변화는 기계화에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 그림에서 보듯이 임금이 오를수록 기계의 손익분기면적이 작아진다. 수확기의 가격은 그 크기에 상관없이 일정한 감도를 나타내며 고추의 가격, 미탈실 고추의 추가 회수율은 감도변화가 비교적 작게 나타났다.

그림 3은 고추수확기의 회수율과 수확면적을

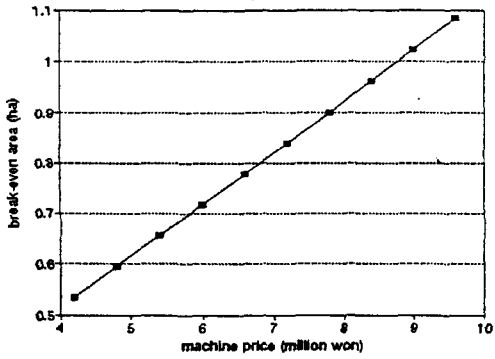


a)

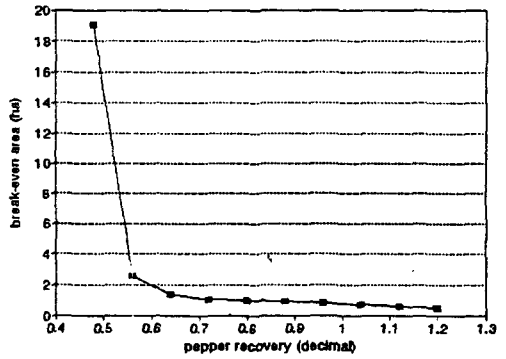


b)

고추수확기의 개발방향 설정



c)



d)

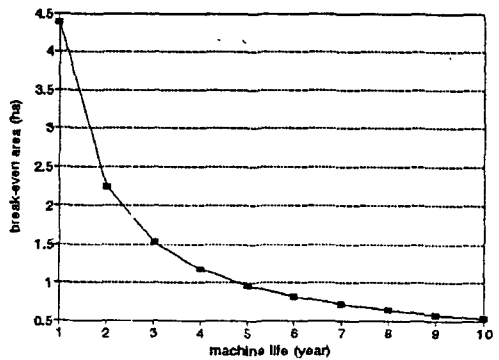
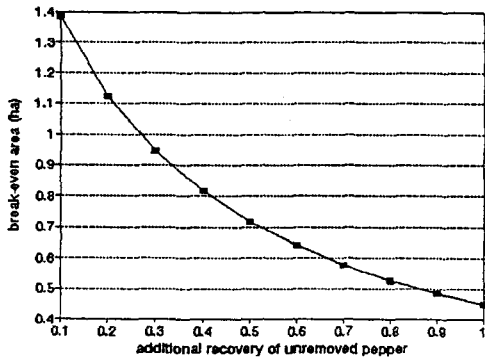


Figure 2. Effect of pepper price, wage, machine price, pepper recovery ratio, life of a harvester and additional recovery ratio of unremoved pepper the break-even area for a pepper harvester

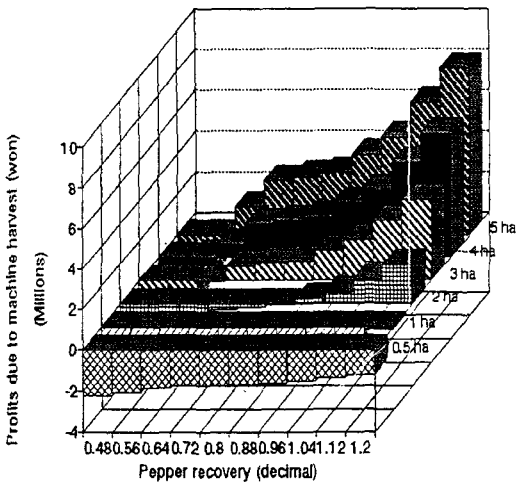


Figure 3. Effect of harvest area and pepper recovery ratio on profit due to machine harvest

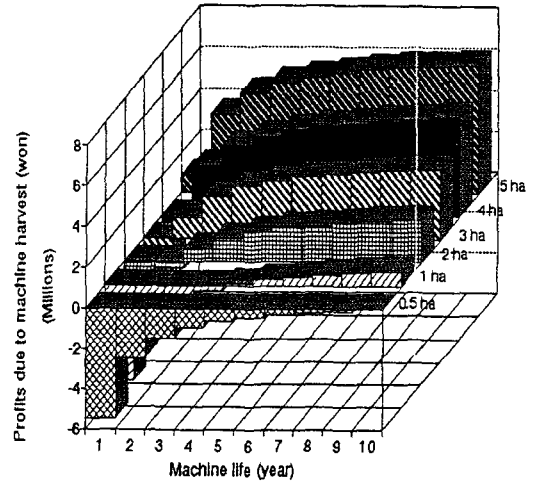


Figure 4. Effect of harvest area and machine (harvester) life on profit due to machine harvest

변화시키면서 수확작업을 기계화함으로 얻는 經營利益을 나타낸 것이며 그림 4는 고추수확기의 수명과 수확면적을 변화시키면서 기계화함으로써 얻어지는 경영이익을 나타낸 것이다. 수확면적과 회수율을 제외한 모든 변수는 표 5와 6에서 제시한 값을 사용하였다. 경영이익을 검토해보면 회수율 70% 이상, 수확면적 1 ha 이상에서 이익이 나타났으며 수확면적이 증가할수록, 회수율이 높을수록 경영이익이 증가하였다. 물론 수확면적이 1 ha를 넘어도 경영이익이 없는 경우가 존재한다. 예를 들어 기계의 수명이 4년 미만인 경우 시간당 남는 평균 임금이 3,000원 이하가 된다든지 또는 고추의 회수율이 65% 이하가 되는 경우가 그것이다. 그러나 고추수확기의 회수율은 시작기 상태에서 이미 70% 정도를 나타내고 있으며, 평균 임금은 다시 낮아지기가 힘들고 기계의 수명은 최소 4년 이상은 될 것으로 앞에서 제시한 조건들은 우려할 필요가 없으며, 만일 충분한 수확면적만 확보가 된다면 고추수확기에는 충분히 경제성이 있다고 판단된다.

### 3) 고추수확기 비용분석 모형의 한계

개발된 비용분석 모형은 앞에서 언급한대로 수확부분만을 모형화한 것이므로 결과를 해석하는 데 제한이 따른다. 우선 기계수확을 하는 경우 재배방법의 변화 즉 단위면적당 고추포기수의 변화가 있을 수 있고, 두둑의 폭을 좁게 또는 더 넓게함으로 인한 작업능률의 변화 등이 예상된다. 따라서 이러한 변화는 다른 作業工程에서 많은 비용을 들게할 수도 있다. 그러나 收穫後處理過程은 일시에 집중적인 작업이 수행되므로 오히려 감소될 수도 있다.

개발된 모형은 경영주의 經營形態와 경영상의 限界要因을 고려하지 않고 있다. 구체적으로 말하면 경영자가 고추재배를 專門으로하는 專業農인지 여부가 고려되지 않았다. 전업농인 경우 고추재배를 통한 경영이익은 물론 본인의 노임을 極大化하는 것이 농가수익에 최선책이 될 것이다. 그러나 고추재배외에 다른 농사나 다른 직업이 있다면 고추재배를 통한 경영이익만으로도

만족할 수 있을 것이다. 경영상 投入要素 예를 들어 人力이나 收穫面積의 限界가 고려되어 있지 않다. 수확면적을 확보하지 못하면 기계의 성능을 발휘할 기회가 없어지므로 최소한 기계의 손익분기면적 이상을 확보할 수 있을 경우에만 기계수확의 경제성이 문제가 될 수 있을 것이다.

## 마. 고추수확기 개발방향 설정

### 1) 전용기 개발의 여부

고추수확기에 대한 설문조사에 의하면 농민들은 부착기보다는 전용기를 원하는 것으로 나타났다. 그러나 전용기 개발의 경우에는 기계의 設計 및 製作의 범위가 넓어지고 높은 기계가격이 예상된다. 물론 전용기가 되면 경사지에 적응력이 높은 기계를 설계할 수 있는 기회가 주어지나 현재로서는 수확 작업부 자체의 성능도 확인되지 않은 상태에서 전용기 개발을 위해 주행부 및 기계를 설계한다는 것이 어렵다고 판단된다. 또한 농민들도 고추수확기의 가격이 콤팩트 가격에 필적하는 경우에는 구입의사가 거의 없는 것으로 조사되어 기계의 가격과 개발능력을 고려할 때 부착기로 개발하는 것이 바람직하다고 판단된다. 설문조사 결과 농민들은 트랙터보다는 경운기 부착형을 원하고 있으나 고추수확기는 외국에서 이미 개발되었던 경우나 현재 개발하고 있는 구조로 볼 때 대형화가 불가피하여 트랙터 부착형으로 개발하는 것이 바람직하다고 판단된다. 牽引式으로 설계되는 경우 운전자가 작업상황을 판단하기 힘들고 기계의 回轉半徑도 커지기 때문에 트랙터의 측면과 후면에 장착하는 형식이 유리하다고 판단된다.

### 2) 고추수확기의 성능

고추수확기의 기능으로 현재 고려하고 있는 것은 刈取-搬送-脫實-後處理(선별) 과정이지만 설문조사 결과 농민들은 고추대의 처리까지도 기대하고 있다. 본 연구는 일단 수확작업을 충실히 수행할 수 있는 작업기를 개발하는 것을 목표로 하고 있으므로 기타 부가적인 기능은 고려되지 않았다. 기계의 수확능력은 표 5와 6의

자료를 근거로 할 때, 하루 1,200 평 정도로 설정하는 것이 타당하다고 판단된다. 이 계산에 근거가 되는 기계의 작업속도는 현재의 條間 間隔으로 하였으며, 작업속도는 탈실장치의 탈실율에 영향을 미치기 때문에(이종호 외 4인, 1993) 가능한 범위에서 최대치로 정하였다. 이러한 성능을 갖춘 고추수확기는 이미 앞에서 분석된 바와 같이 경제성이 있는 것으로 판단된다. 비용분석 모형에 의하면 경제성은 기계 가격보다는 내구년 한에 더 민감하므로 기계가격보다는 耐久性 있는 제품개발이 중요함을 알 수 있으며, 이 모형에 의하면 기계가격이 600 만원(표준치) 이하에서는 경제성이 있는 것으로 나타났다.

고추수확기 개발을 위한 기초연구(이종호 외 4인, 1993) 결과 탈실장치로 채택한 나선 원통은 최고 90%까지 회수율을 올릴 수 있는 것으로 판단되어 탈실장치를 중심으로 한 고추수확기의 작업공정을 설정하였다. 수확기계의 作業工程을 블록다이어그램으로 표시하면 그림 5와 같다. 여기서 제시된 공정중에서 “\*”표가 있는 공정은 품종에 따라서 생략될 수 있음을 뜻하며 “#” 표는 인력에 의해 수행됨을 뜻한다. 고추수확기를 사용하는 데 있어서 높은 두둑이나 비닐멀칭, 지주와 지지끈은 기계의 운전에 커다란 장애요인이 될 것으로 판단된다. 수확기가 이러한 재배 형태에 구애받지 않고 작동할 수 있으면 이상적이나 현행의 재배양식이 통일되어 있지 않고 지주의 재료나 크기, 지지끈의 설치횟수나 재료 등이 일치되어 있지 않으므로 현재 수확기를 개발하는 과정에서는 이들을 제거하는 방법은 배제되었다.

경제성 분석 결과에 의하면 고추수확기의 경제성은 회수율에 매우 민감하며, 미탈실고추의 추가적인 회수율도 회수율과 마찬가지로 경제성에 큰 영향을 주었다. 풋고추는 일반적으로는 건고추보다 가격이 높으나 기계로 고추를 수확하는 경우 일시에 대량 수확되므로 제 값을 받기 힘들 것이 예상된다. 따라서 고추수확기 개발에 있어서 기술적으로 가장 중요시 해야 할 것은 고추수확기의 회수율을 높이는 일이며, 기계수확 여건 조성을 위하여 중요한 것은 풋고추의

用途를 개발하여 그 가치를 높이는 일과 재배양식의 변화나 품종의 개발로 단위면적당 수량을 늘림으로써 기계수확에 따른 손실을 최소화하는 것 등이라고 할 수 있다.

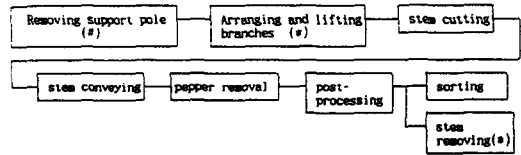


Figure 5. Block diagram for working mechanism of a pepper harvester

#### 4. 결론 및 요약

고추수확기는 국내에 소개되지 않은 기계로서 외국에서 개발되었던 고추수확기의 문제점을 극복하기 위한 기술적인 개발방향은 이미 설정된 상태였다. 구체적인 방법은 두개의 나선 원통을 이용하되 고추대를 베어서 탈실부로 반송하여 고추대를 거꾸로 매달아 탈실하고 고추를 선별해 내는 것이다.

고추수확기를 설계하는데 있어서 기계의 성능을 어느 수준으로 정할 것인지에 관한 객관적인 자료와 방법이 필요하였으며 고추수확기의 개발목표가 생력화를 통한 농가소득향상이었으므로 고추수확기의 성능은 경제적인 측면에서 분석될 필요가 있었다. 따라서 본 연구에서는 고추수확기 단지의 고추재배 농민들을 대상으로 설문조사를 실시하여 수집한 비용분석에 필요한 자료와 농민들의 기대를 토대로하여 경제성을 분석하였으며 기계의 개발방향과 성능 수준 등을 설정하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 고추수확기에 대한 설문조사를 실시하여 기계화와 관련된 고추재배의 전반적인 사항과 경제성 분석에 필요한 자료를 수집하였다. 조사 결과 기존에 알려진 경종개요에서 변화된 것은 조간간격이 넓어지고, 고추의 두둑 높이가 높아졌으며, 고추의 방제회수가 늘어났 것으로 파악되었다. 고추의 농가 受取價格은 건고추의 경우

4,700 원/600g이었으며, 풋고추는 2,800-6,000 원/600g의 범위를 나타내었다. 인력수확의 작업 능율은 생고추의 경우 13 kg/hr으로 나타났으며 임금은 농협자료보다는 다소 낮은 값으로 남녀의 경우 일당 27,977, 19,362 원으로 나타났다. 고추재배에 있어서 작업별 기계화 요구도는 收穫-洗滌 및 乾燥-防除-育苗-移植(모종)의 순으로 나타났다. 현재 고추재배면적을 확대하지 못하는 이유로 노동력부족이 주원인으로 나타났으며, 고추수확기가 있다면 재배면적을 늘리겠다고 답한 경우가 70%를 나타냄으로써 고추수확기에 대한 機械化要求度가 높다는 사실을 확인할 수 있었다.

2. 고추수확기에 대한 기술자료를 수집분석하여 기존의 고추수확기의 문제점을 조사하고 가장 우수하다고 판단되는 방법을 선정하였으며 그 방법이 가지고 있는 문제점 즉 탈실된 고추가 지면에 떨어지는 것을 방지하고 고추대가 뿌리채 뽑히는 것을 예방하는 대안으로 고추대를 탈실부로 예취반송하여 거꾸로 매달아 탈실하는 방법을 설정하였으며, 회수율을 높이기 위하여 후처리 장치를 갖춘 고추수확기 작업공정을 설정하였다. 설정된 작업공정 중에서 고추 支柱나 지지끈을 제거하는 작업이 기계화되지 못하였으며 이 문제는 장치 재배양식의 통일이 이루어진 후에 기계화가 가능할 것으로 예상된다.

3. 고추수확기의 경제성을 분석할 수 있는 고추 수확 비용분석 모형을 제시하였다. 기존의 경제성 모형은 대부분 기계를 이용하는 경우와 관행작업의 비용만을 기준으로 삼고 있으나 제시된 모형은 기계화로 인한 손실을 함께 고려하였다. 곡물과 같이 생산물의 가치가 비교적 낮은 경우 기계의 收穫效率(回收率)은 큰 문제가 되지 않으나 고추의 경우는 가격이 비싸기 때문에 기계화하는데 있어서 중요한 변수로 부각되었다.

4. 종합적인 분석 결과 작업속도 0.3 m/s, 작업폭 0.9 m, 회수율 80% 정도의 수확기계를 개

발하는 것을 목표로 할 때, 기계의 가격과 현재의 기술수준을 고려하여 트랙터의 측면과 후면을 이용한 부착방식으로 개발하는 것이 타당하다고 판단되었다. 비용분석 모형에 의하면 수확기의 가격이 600만원, 기계의 수명을 10년으로 가정할 때, 기계의 부담면적이 6.5 ha인데 비하여 손익 분기면적이 0.72 ha으로 나타나 수확면적이 그 이상인 경우에는 고추를 기계로 수확함으로써 農家經營에 利益이 되는 것으로 분석되었다.

5. 고추수확기 개발에 있어서 기술적으로 가장 중요한 것은 고추수확기의 회수율을 높이는 일이며, 기계수확의 여건이 조성되기 위해서는 풋고추의 용도를 개발하여 그 가치를 높이고 단위면적당 수량을 늘림으로써 기계수확에 따른 손실을 최소화하는 것이 중요한 것으로 판단되었다.

## 5. 참고문헌

1. 박재복. 1993. 헝가리의 고추 생산 및 가공현황. 한국고추연구회지 2(1) : 70~75.
2. 박경규외 5인. 1993. 전작기계의 개발방향과 수요예측. 한국농업기계학회 연구보고서. 경상대학교 농업기계공학과.
3. 박효근. 1992. 한국 고추산업의 현황, 문제점 및 개선방안, "한국고추산업의 경쟁력 강화방안"에 관한 심포지엄 (1992.5.9), 한국고추연구회.
4. 윤진영. 1994. '고추 수확노력 절감을 위한 품종 및 기계개발연구'에 관한 특정연구개발 과제 평가자료. 원예시험장
5. 이영렬. 1991. 농업기계화현황과 추진방향-전작을 중심으로- "전작·시설원예의 기계화 현황 및 추진방향" 한일합동 심포지엄. 한국농업기계학회(1991. 7. 12.) 경상남도, 창원, 대한민국
6. 이종호, 박승제, 김철수, 이종용, 김용현. 1993. 고추수확기 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회지 18(2) : 110~121.

7. 이종호, 박승제, 김철수, 이중용, 김용현, 최병민. 1994. 고추수확기 개발. "고추수확노력 절감을 위한 품종 및 기계개발" 1차 보고서. 과학기술처.
8. 이종호, 박승제, 김철수, 이중용, 김용현, 최병민. 1995. 고추수확기 개발. 고추수확기개발. "고추수확노력절감을 위한 품종 및 기계개발" 2차 보고서. 과학기술처
9. 이종호, 윤진하, 이중용. 1992. 고추재배-수확의 생력화방안, "한국고추산업의 경쟁력 강화 방안"에 관한 심포지엄 (1992.5.9), 한국고추연구회.
10. Fulliolove, H. M. and J. G. Futral. 1972. A mechanical harvester for Pimiento peppers. ASAE Paper No. 72~148.
11. Gentry, J. P., J. A. Miles and W. W. Hinz. 1978. Development of a Chili pepper harvester. *Transactions of the ASAE* 21(1) : 52~54.
12. Lenker, D. H. and D. F. Nascimento. 1982. Mechanical harvesting and cleaning of Chili peppers. *Transactions of the ASAE* 25(1) : 42~46.
13. Marshall, D. E. 1983. Machanized pepper harvesting and trash removal. *Proceedings of the International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Harvesting Mechanization*, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel.
14. Ostrozlik, Milan. 1980. Mechanizovany zber papriky (Mechanized harvesting of peppers). *Mechanizace Zemedelstvi* 30(10) : 383~386.
15. Poole, Wiley D. 1971. A progress report on a mechanical harvester for tabasco peppers. Southern Agricultural Workers Meeting, Jacksonville, Florida, Feb 1, 2, and 3.
16. Rodriguez, H. 1992. Mechanized non-destructive crop harvesting machines. U.S. patent 5.174.093
17. Seecharan, R., M. Colwell, and G. Hergert. 1988. Estimated costs of mechanical strawberry harvesting. *Canadian Agricultural Engineering* p.221~226
18. Thomas, C. H. and S. H. Rollason. 1980. A mechanical harvester for Tabasco peppers. ASAE Paper No. 80~1534.