

# 일시수확형 고추 수확 및 수확후 일관기계화 연구

## Study on Integrated Mechanization System for Harvest and Postharvest Operation of Once-over-harvest Pepper

홍종태*	조광환*	조남홍*	박희만*	홍성기*	최 용*	신승엽*	최칠구**
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원	정희원	정희원	
J.T.Hong	K.H.Cho	N.H.Cho	H.M.Park	S.K.Hong	Y.Choi	S.Y.Shin	CK.Cho

### 1. 서 론

고추재배작업 중 수확작업에 투하되는 노력은 연간 6~7회에 걸친 수확으로 총 노동투하시간의 40%를 점유하고 있어 생산비 절감을 위해서는 가장 노력이 많이 드는 고추 수확작업의 기계화가 절실한 실정이며, 일시에 수확하여 대량으로 반입되는 고추를 정선선별, 세척, 절단, 건조작업 일관기계화로 수확 및 수확후 처리노력 절감과 품질향상이 필요하다.

최근 국내에서도 일시에 착과 되며 1회 수확으로 기존의 6~7회 수확시의 수확량을 확보할 수 있는 일시수확형 고추 품종이 원예연구소에서 개발되어 농가 시범보급 중에 있으며, 일시 수확이 가능함으로 수확노력을 줄일 수 있을 것으로 예상되나 현재 육성된 일시수확 품종의 경우 크기가 작으며, 과피가 두껍고, 과실 내에 수분함량이 높아 건조시 건조표면이 심하게 쭈글 거리는 문제가 있다. 이러한 특성 때문에 현재의 통고추 상태로 건조유통방법으로는 유통이 곤란하므로 가능하다면 일시에 기계로 수확하여 건조한 후 고춧가루로 유통시킬 수 있는 방법에 대한 검토가 필요하며, 일반품종 중에서도 수확노력 절감을 위해 수확시기 집중착과로 수확횟수를 2~3회로 줄이는 개량연구가 진행되고 있어 고추 수확 및 수확후 처리 기계화 요구도가 한층 높아지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고추 수확 및 수확후 처리노력 절감과 품질향상을 위해 일시수확형 고추를 대상으로 수확부터 수확 후 정선·선별, 세척, 절단, 건조까지 일관기계화가 가능토록 새로운 기계기술 개발과 기존 이용가능 기계를 선별하여 고추수확 및 수확 후 일관작업 체계를 확립 하고자 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 일시수확형 고추 수확 및 수확후 처리기계화 작업체계 설정

고추 수확 및 수확후 처리작업체계 설정은 고추 기계수확을 용이하게 할 수 있도록 일시수확형 고추품종을 둥근두둑에 1줄 재배하고, 국내의 소규모재배와 경사지 재배가 많은 점 등 고추재배 환경을 고려하여 수확작업은 예취와 탈과 분리형으로 하였다. 또한, 일시수확형 고추 재배농가 수확실태와 농협 및 작목반에서 운영하는 홍고추 처리장의 이용체계를 조사 분석한 결과를 토대로 표 1과 같이 고추 수확부터 수확 후 정선·선별, 세척, 꼭지제거, 세절, 건조까지 일관기계화 작업체계를 설정하였다.

\* 농촌진흥청 농업공학연구소

\*\* 농촌진흥청 농업경영담당관실

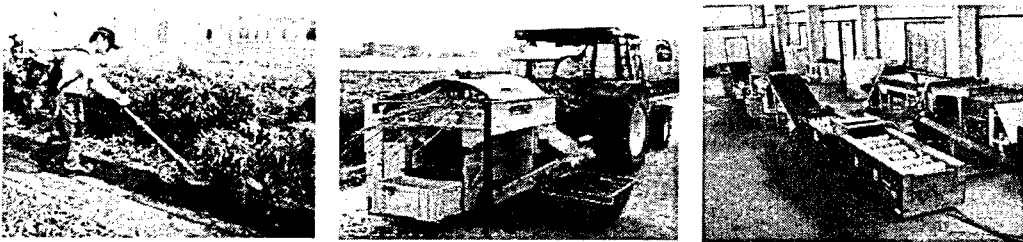
Table 1. Process of the integrated mechanization system for harvest and postharvest operation of once-over-harvest Pepper.

작업공정	관행	기계화 작업체계
수확	인력 수확	기계수확(예취기 + 탈과기)
정선·선별	건조후 꼭지제거 동시 인력선별	정선·선별기
세척	무세척, 인력세척 또는 세척기	고추세척기
꼭지제거	건조 후 인력꼭지제거	롤러압축 + 꼭지제거(인력)
세절	무절단(통고추)	고추 세절기
건조	하우스 건조, 농산물건조기	농산물 건조기

나. 일시수확형 고추 수확 및 수확후 처리시스템 검증시험

(1) 시스템 구성

고추 수확 및 수확후 처리 일관기계화를 위하여 개발하고 있는 예취기, 탈과기, 정선·선별기와 세척부터 건조작업까지는 기존 개발하였거나 보급되고 있는 기종 중에서 적합기종을 선별하였다. 세척기는 '94년도 연구소에서 개발하여 농가에 보급되고 있는 세척기를 연속 작업할 수 있도록 배출컨베이어를 개선하였고, 세절기는 '03년 연구소 개발기종을 시스템 성능에 맞도록 개선하였으며, 꼭지제거(압착롤러+수평컨베이어) 및 건조기는 기존 보급되고 있는 기종을 활용하였고, '04년도 예비시험을 거쳐 미비점을 보완하여 그림 1, 2와 같이 시스템을 구성하였다.

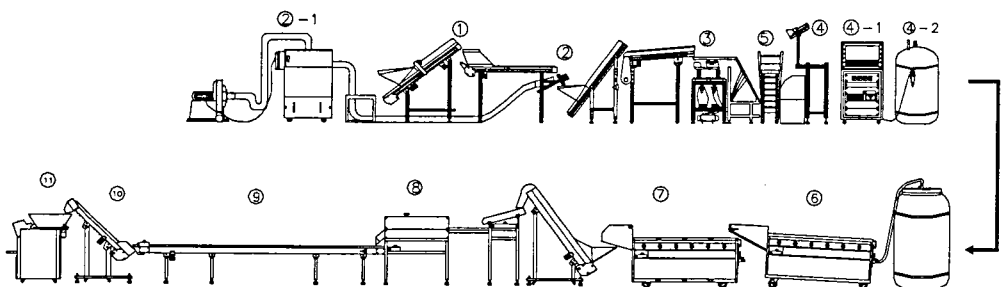


<고추예취기>

<고추 탈과기 >

<고추 수확후 처리시스템>

Fig 1. Photo of the integrated mechanization system for harvest and postharvest operation of once-over-harvest Pepper.



- ① 원료호퍼 및 이송컨베이어
- ② 고추잎 정선부
- ②-1 정선팬 및 덩트
- ③ 진동확산판
- ④ 선별장치
- ④-1 선별컨트롤러
- ④-2 선별컨트롤러
- ⑤ 홍고추 이송컨베이어
- ⑥ 1차 세척장치
- ⑥-1 세척수 탱크
- ⑦ 2차 세척장치
- ⑧ 고추압축장치
- ⑨ 인력 꼭지제거작업 컨베이어
- ⑩ 고추 세절장치
- ⑪ 세절고추 이송컨베이어

Fig. 2. Schematics of the red pepper postharvest processing system

## (2) 공시재료 및 포장조건

본 수확시험에 공시한 고추는 원예연구소 시험포장에서 재배한 일시수확품종인 생력 211호, 생력 213호와 일반고추(왕대박)이며, 공시포장은 조건거리 1,000mm, 주간거리 250mm, 두둑높이 190mm의 등근두둑에 1줄 피복재배한 사양토 포장이었다. 수확 후 정선·선별시험은 일시에 탈과하여 상자에 수집된 홍고추, 청고추, 잎줄기가 포함된 고추를 공시재료로 하였고, 고추 세척부터 건조까지 검정시험은 농업공학연구소 가공실험실에서 고추재배농가에서 구입한 생력 211호, 생력 213호, 일반고추(진미)를 공시재료로 활용하였다.

## (3) 성능시험

고추 수확부터 수확후 건조시험에 투입된 기종에 대하여 공시품종과 포장적응성, 적정작업조건 구명 및 후속작업과의 연계성 등에 관한 시험을 수행하여 미비점을 보완하여 적정작업조건에서 성능시험을 실시하였다.

### 다. 노동투하시간 및 경제성 분석

경제성 분석은 일시수확형 고추 수확, 정선·선별, 세척, 꼭지제거, 절단, 건조 작업까지 일관기계화 표준작업모델을 제시하고자 개발한 일관기계화 시스템과 농가에서 주로하고 있는 인력 수확하여 세척기를 이용 세척하고 농산물건조기를 이용 통고추 상태로 건조한 후 인력으로 꼭지를 제거 하고 있는 관행작업과의 투입된 노동투하시간과 비용절감 효과 등을 비교 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 일시수확형 고추 수확 및 수확후 처리시스템 검정시험

#### (1) 고추 예취기 및 탈과기 시험

고추예취기의 작업능률은 일시수확형 품종은 수고가 낮아 0.8 % 까지 작업이 가능하여 작업능률은 10a당 0.38시간이 소요되었으나, 일반고추품종은 수고가 높고 줄기가 무성하여 0.97시간이 소요되었다. 작업정도에 있어서 손상과율은 일시수확형 품종 중 생력 211호는 손상과율 0.23%, 생력 213호는 손상과율 0.21%, 일반품종인 왕대박은 손상과율 0.33%로 대체로 양호하게 나타났다. 예취상태는 생력 211호와 생력 213호는 양호하였으나 일반고추(왕대박)는 고추 줄기가 무성하여 가지런하게 배출되지 못하였다.

고추탈과기의 작업능률은 생력 211호와 생력 213호는 5.70 시간/10a 왕대박은 6.16 시간/10a로 나타났으며, 왕대박 고추의 탈과 소요시간이 높은 것은 왕대박고추의 경우 고추대가 무성해서 운반과 후처리 작업에서 약간 더 소요되는 것으로 나타났다. 작업정도에 있어서 1번구에 배출된 과실 중 정상과는 생력 211호는 82.7%, 생력 213호는 74.6%, 왕대박은 73.0%로 생력 211호가 가장 양호하였으며, 손상과율은 생력 211호는 4.4%, 생력 213호는 8.7%, 왕대박은 12.2%로 나타났다. 이는 생력 213호는 급치에 의한 손상과 꼭지와 과실의 탈과력이 다른 품종에 비해 크기 때문으로 판단된다. 또한 상향으로 착과되어 있어 탈과장치의 타격이나 접촉에 의한 탈과가 용이하지 않아 고추 중에 가장 낮은 정상과율과 가장 높은 미탈과율이 나타났다.

#### (2) 고추 정선·선별기 시험

고추 정선·선별기의 정선작업정도시험은 탈과 된 고추와 잎, 줄기 등이 섞인 혼합물이 컨베이어로 이송하여 낙하시 정선이 되도록 컨베이어 하부에 흡입후드를 설치하여 흡입부의

풍속 분포를 조사한 결과 상·중·하에서 12~15 m/s 로서 고춧잎을 흡입하는데 충분하였으며, 정선작업정도를 분석한 결과 정선률은 공급속도 0.057m/s에서 생력211호는 95.1%, 생력213호는 95.0%, 일반품종은 96.1%로 양호하였다. 선별작업정도를 분석한 결과 고추 선별률은 공급속도 0.033m/s에서 평균 선별률은 생력211호 94.2%, 생력213호 95.1%, 일반품종은 92.5%로 나타났다. 선별작업능률은 공급 속도별로 조사한 결과 일시수확형 고추에서는 0.33m/s에서 시간당 308.6~315.0kg, 일반 품종은 378.9kg로 나타났다.

### (3) 고추 세척기 시험

고추세척기 시험결과 고추공급량을 최대 14.7kg/min로 공급할 경우 작업능률은 880 kg/h이나 후처리작업과 연계한 일관작업을 위하여 공급량을 5.0kg/min로 하여 300 kg/h 정도로 세척시 세척횟수별(1회, 2회), 세척제별(물세척, 염소수 세척) 세척정도를 조사한 결과, 세척횟수는 1회에 비해 2회 세척 시 세척정도가 높게 나타났고, 물 세척에 비해 염소수 세척하는 경우 미생물총균수가 감소되는 것으로 나타났다. 품종별 세척 전·후 미생물총균수가 일시수확형 고추에 비해 일반고추가 적게 나타난 것은 일시수확고추에 비해 일반고추가 끈고 표면이 매끄럽기 때문인 것으로 판단된다.

### (4) 고추 꼭지제거시험

고추품종별 꼭지제거방법별 시험결과 직접 꼭지를 제거하는 것보다 물러로 압착한 후 꼭지를 제거하는 것이 꼭지제거가 용이하였다. 따라서 물러로 압착 후 시험한 결과 1인당 작업시간은 생력 211호 24.9 kg/h, 생력 213호는 16.8 kg/h, 일반고추 30.3 kg/h로 나타났다. 따라서 일관작업을 위하여 10인을 투입하여 작업하는 경우 고추크기가 작고 꼭지제거가 용이하지 않은 213호를 제외하면 249~300 kg/h 정도로 작업이 되어 가장 작업능률이 낮은 꼭지제거 작업을 기준으로 하여 일관시스템의 처리능률을 설정하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

### (5) 고추 세절기 시험

고추세절기의 세절성능 향상을 위해 절단날 폭을 300mm에서 450mm로하고 절단날 간격은 8mm로 고정토록 개선하여 품종별 세절시험결과 품종에 관계없이 세절작업능률은 300 kg/h로 나타났으며, 세로절단비율은 개선된 정렬장치부착 양날회전형 고추세절기가 81.3~91.2%로 나타나, 기존 1날 회전형 세절장치 60.1~80.2%보다 약 9~20%정도 높은 것으로 나타났다.

### (6) 고추 건조시험

일시수확형 고추의 건조시험은 '04년 구명된 결과를 토대로 건조시간은 항온건조온도 60℃로 고정하고 품종별, 재료형태별로 시험한 결과 품종에 차이 없이 절단시료의 경우 11시간으로 원형건조 27시간에 비해 약 2.5배 건조시간을 단축 할 수 있었다. 건조품위로 ASTA 값, 캡사이신, 당도, 비타민C 등을 측정한 결과 통고추에 비해 세절하여 건조하는 경우 신속하게 건조되므로 양분손실이 최소화 되어 건조품위가 가장 좋게 나타난 생력 211호의 경우 비타민 C는 세절고추 1199.2 mg/100g로 통고추 42.7 mg/100g에 비해 28배 높게 나타났으며, 캡사이신 함량, 당도도 높게 나타났다.

Table 2. Drying results depending on the cultivar and the properties

품종	재료 형태	건조시간(h)	최종합수율 (% w.b.)	ASTA	캡사이신 (mg/100g)	당도 (%)	비타민 C (mg/100g)
211	통고추	27	16.3	158.09±2.74	138.84±5.64	15.73±0.21	42.7
211	세절	11	16.5	152.95±1.36	162.61±3.46	17.25±1.28	1199.2
213	통고추	27	15.5	209.55±1.74	4.41±0.56	15.51±0.87	51.7
213	절단	11	15.8	222.67±1.91	n.d.	15.57±1.15	638.3
일반(진미)	통고추	27	15.2	135.43±2.56	61.41±3.29	13.10 ±0.36	63.5
일반(진미)	세절	11	15.0	129.10±1.36	68.48±1.59	17.25 ±0.30	626.5

나. 노동투하시간 및 경제성 분석

관행수확작업은 홍 고추만 수확에 걸쳐 인력으로 수확하고 있어 95.4시간/10a(59.63 h/톤)이 소요되었으나, 기계화 작업체계의 경우 일시에 고추(생력 211호 기준)를 수확하여 잎, 줄기를 정선하고 홍고추와 청고추를 선별하는 정선·선별작업에 투입된 노동투하시간(고추 예취기+탈과기+정선선별기)은 22.2시간/10a(7.1 h/톤)로 관행수확에 비해 77% 노력절감과 약 8%의 비용절감 효과가 있었다.

또한, 정선·선별한 후 홍 고추를 세척하고 꼭지제거 및 세절하여 건조하는 홍 고추처리기계화에 투입된 노동투하시간은 1톤 처리하는데 75.5시간이 소요되어 대부분의 농가에서 주로하고 있는 인력으로 세척하여 통고추상태로 건조한 후 꼭지를 제거하는 관행작업과 비교

Table 3. Labor requirement and economic analysis of integrated mechanization system.

구 분		수확 + 정선·선별 (일시수확고추 대상)			세척+꼭지제거+세절고추 건조 (일시수확고추 + 일반고추)				계
		예취	탈과	정선 선별	세척	꼭지 제거	세절	건조	
기계화 일관체계	투입기종	예취기	탈과기	정선 선별기	세척기	압착롤러 +인력	세절기 지게차	건조기 (1.5평형)	82.6 h/톤 (49.4)
	투입인원	1	2	2	1	9(8~10)	2	1	
	작업성능	0.38 h/10a	5.7	5.2	880 kg/h	250~300 kg/h	300 kg/h		
		일관시스템 : 250kg/h 기준			11시간				
	노동투하 시간	0.38 <0.24>	11.4 <3.5>	10.4 <3.25>	<4h/톤>	<36>	<8>	<27.5>	
		22.2h/10a(23.3) <7.1 h/톤>			75.5h/톤(70.2)				
소요비용 (천원/톤)	3	169.5	101.7	세척·압착·세절기 296.4 기타부대시설 109.2			327.9	1007.7 (62.1)	
	274.2(91.7)			733.5(55.4)					
관행	작업성능	95.4 h/10a <59.63 h/톤>			150kg/h (2인)	37.5	-	27시간 건조	167.2 h/톤 (100)
	노동투하 시간	95.4 h/10a(100) <59.63 h/톤>			13.4h/톤	26.7	-	67.5	
					107.6h/톤(100)				
	소요비용 (천원/톤)	299.0(100)			167		1,156		
				1,323.3(100)					

할 때 약 30%의 노력절감효과가 있었으며, 이 시스템의 처리용량 250kg/h를 기준으로 1라인 설치하여 1일 8시간 작업기준으로 하고, 저온저장고를 구비하여 연간 80일 정도 홍고추를 가공한다고 보면 생고추 160톤 처리가 가능하여 약45%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 고추수확부터 수확 후 건조작업까지 생고추 1톤당 노동투하시간으로 환산한 결과 기계화체계 82.6시간으로 관행 167.2 시간에 비해 51% 노력절감과 38%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

#### 4. 요약 및 결론

이 연구에서는 일시수확형 고추 수확 및 수확후 일관기계화를 위하여 최근 연구 개발되어 농가실증단계에 있는 일시수확형 고추를 대상으로 고추수확부터 수확 후 정선·선별, 세척, 세절, 건조까지 일관기계화 작업체계 확립을 시도한 연구로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 고추수확 및 수확 후 처리작업에 투입된 노동투하시간 및 경제성을 비교한 결과는 기계화체계가 관행에 비해 51% 노력절감과 38%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.
- 나. 일시수확형 고추(생력 211호 기준)를 수확후 세절하여 건조두께 40mm, 건조온도 60℃로 신속하게 건조함으로써 일반적으로 농가에서 하고 있는 관행 통고추 건조에 비해 건조소요시간을 59% 단축 할 수 있었으며, 건조품위에 있어서도 신속하게 건조함에 따른 영양성분 손실 최소화로 비타민C 함량은 1199.2 mg/100g로 통고추 건조 42.7 mg/100g에 비해 28배 높게 나타났으며, 캡사이신 함량, 당도 등도 높아 품위가 향상되는 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 김영근, 홍종태, 최용, 전현중, 박환중, 조영목. 2002. 일시수확형 고추수확기 개발에 관한 연구(I)-고추 탈과 기초요인시험. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집7(1) : 54~59.
2. 박제복. 2002. 고추의 유통품질 규격화 방안. 한국고추연구회지 8권 : 67~77.
3. 박희만, 이원옥, 오성근, 조남홍, 김유호. 1994. 고추 세척기 개발. 농업기계화연구소시험 연구사업보고서. 367~372
4. 이채식, 조광환, 김충길, 김학진, 강태경, 이중용. 2002. 고추 재배 일관기계화 실태조사. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집7(1) : 48~53.
5. 정승룡. 2002. 일시수확형 고추 품종 육성 현황과 방향. 국내 고추산업 활성화를 위한 심포지엄. 한국식품개발연구원 주최.
6. 한국식품개발연구원. 2003. 국내 고추산업의 경쟁력 제고를 위한 주산지 고추종합처리장 설립방안 워크샵.
7. Steven B. Shooter and Keith W. Buffinton. 1999. Design and Development of the Pik Rite Chili Pepper harvester : A Collaborative Project with the University, Industry, and Government. 29th ASEE/IEEE Rrontier in Education Conference. Session 12b4 : 19~24.