

비닐수거기 개발에 관한 연구(I)

- 비닐수거 설계요인시험 -

Study on Development of A Vinyl Collecting Machine(I)

- A Design Factor Test for Vinyl Collection -

홍중태*	박환중*	최 용*	전현중*	김영근*	이중용**
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
J.T.Hong	H.J.Park	Y.Choi	H.J.Jun	Y.M.Cho	J.Y.Lee

1. 서론

우리나라의 발작물 재배시 잡초발생의 억제, 토양온도 및 수분 유지, 수량증수 등의 목적으로 약 274천ha가 비닐피복재배를 하고 있으나, 한국자원재생공사에 의하면 2000년도 폐비닐 발생량중 약 48%만이 회수되고 있어 폐비닐에 의해 농토와 주변환경의 오염이 심각한 지경에 이르고 있다. 또한 폐비닐의 수거작업은 인력에 의존하고 있어 많은 노력이 들기 때문에 환경오염을 줄이고 수거노력 절감을 위해 기계화가 절실히 요구되고 있다.

국내외 비닐수거기술현황을 보면 일본의 飛松(1996)은 고구마의 경엽처리·비닐제거 동시작업기 개발시험에서 비닐의 끌어올림은 기계로부터 3m이내에서 벗기는 것이 인장저항이 적고 작업성도 양호하다고 하였으며, 桃野(1996)는 단옥수수의 피복비닐제거기 개발시험에서 비닐을 감는 롤러의 토크는 회전수 91.5rpm에서 초기에는 4.5kgf·m, 120m 권취시는 7.5kgf·m 였다고 보고하였다. 국내에서는 이, 신 등(1993)이 마늘, 양파 기계화 작업체계시험에서 인력비닐수거시간 조사분석 하였으며, 김 등(1995)이 트랙터부착형 비닐수거기 개발 연구결과 레이크 수거방식은 수거된 비닐과 흙의 분리가 미흡하고, 회전릴 권취방식은 수거한 비닐을 쉽게 제거할 수 있도록 구조보완이 필요하며, 체인컨베이어 방식은 비닐의 후방배출은 원활하나 인력으로 농작물의 잔유물과 비닐을 분리 회수해야 하는 것으로 보고하였다.

현재까지 국내에는 하우스내의 터널재배한 비닐을 회전릴에 감는 방식의 회전릴식 비닐수거기가 농가에 보급되고 있으나, 포장에 피복된 폐비닐을 수거하는 비닐수거기는 비닐피복재배 작물 및 재배양식의 다양성, 비닐의 고정을 위한 흙 복토 및 농작물 등의 협잡물 유무, 수거시기에 비닐의 경화 등으로 아직까지 실용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 농작물을 수확 후 피복비닐 위에 덩굴, 흙 등 협잡물이 있는 상태에서 비닐을 걷어올리면서 협잡물은 분리하고 비닐만 수거할 수 있는 트랙터부착형 비닐수거기 개발을 위한 적정 비닐수거방법을 구명하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

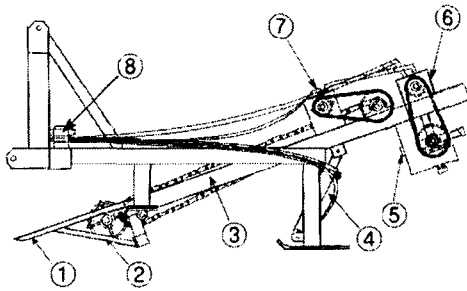
가. 비닐수거 시험장치 제작

비닐수거 시험장치는 적정 비닐수거방법 구명을 위해 그림1과 같이 피복된 비닐을 걷어올림

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 생물생산기계과

** 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

컨베이어 위로 끌어올리면서 흙, 덩굴은 후방으로 이송하여 분리하고 비닐만 회전릴에 감는 구조로 설계 제작하였다. 비닐 걷어올림 컨베이어와 회전릴의 속도조절이 용이하고 어느 각도에서나 임으로 동력을 취출 할 수 있도록 동력원은 트랙터자체 유압을 이용하였고, 비닐 걷어올림 컨베이어의 각도조절은 메인프레임의 양쪽 스키드와 비닐 걷어올림 컨베이어 프레임 사이를 유압실린더로 연결하여 컨베이어의 각도를 임의 조절할 수 있도록 하였으며, 굴 취깊이는 착탈식 스키드와 미륵의 상하조절에 의해 깊이조절이 가능하도록 제작하였다.



- ①Guide bar
- ②Lifting reel of vinyl
- ③Lifting conveyer of Vinyl
- ④Cylinder for controlling of conveyer inclination angles
- ⑤Collecting reel of vinyl
- ⑥Driving motor for collection reel
- ⑦Driving motor for chain conveyer
- ⑧Hydraulic control valve

Fig 1. Schematic diagram of the test equipment for vinyl collection.

나. 공시포장 조건

본 연구에 공시한 구내포장조건은 수박 주산지인 전북 고창, 전남 나주의 수박밭 비닐수거 실태조사에서 조사 분석된 농가포장 조건과 비슷한 조건을 맞추기 위하여 표1과 같이 두께 0.03mm 비닐폭 120, 240cm의 투명비닐 위에 흙을 7 kg/m²정도를 뿌리고, 벧짚도 1.6 kg/m²를 덮었다. 또한 수박덩굴 절단유무 및 잔유물 유무별 비닐수거시험은 수원시 권선구 입북동에 있는 연구소 시험포장을 이용하였고, 주행속도별 비닐수거시험은 화성시 팔탄면 노하리 수박재배 농가포장에서 수박을 수확후 실시하였다.

Table 1. Characteristics of watermelon cultivation field and mulching vinyl

Variety		Suwon (NAMRI)	Suwon(NAMRI test field)	Haw sung, Kyunggi	
Cultivating patterns	Ridge width×open furrow width(cm)	260×40	260×40	220×46	
	Ridge height(cm)	13	13	13.3	
	Row space×hill distance (cm)	-	300×55	266×55	
Statuts of watermelon vines and mulching vinyle	Vines length(cm)	-	252	273	
	Vines per hill(ea)	-	4.7	3.1	
	Weight of vines and straws(kg/m ²)	1.6	3.4	1.6	
	Weight of covered soil(kg/m ²)	7.0	5.6	9.6	
Property of the vinyl	Width(cm)×thickness(mm)	120, 240×0.03	255×0.025	240×0.02	
	Tensile strength(kg/cm ²)	252	177.7	155.8	
	Extension rate(%)	-	343.8	200	
	Tearing strength(kg/cm)	width direction	-	138.8	73.3
		length direction	-	123.6	66.5

다. 시험방법

비닐수거방법 구명을 위한 주요인자로는 비닐걷어올림부 형상, 걷어올림 컨베이어 경사

각, 비닐폭, 주행속도와 컨베이어 이송속도비, 덩굴절단유무, 비닐위 잔유물 유무 등이 있다. 이 중에서 비닐의 걷어올림상태를 알아보기 위해 비닐걸어올리는 부분에 비닐안내봉을 부착한 것과 부착하지 않은 것, 수평날 부착의 3수준으로 하였고, 컨베이어의 경사각에 따른 협잡물의 이송상태를 알아보기 위해 경사각을 25°, 30°, 35°로 하였으며, 주행속도에 대한 컨베이어의 적정속도를 알기 위해 주행속도와 컨베이어 이송속도비는 주행속도를 대동46ps 트랙터의 2단속도인 0.26m/s로 고정하고 컨베이어의 속도를 0.21m/s, 0.29m/s, 0.39m/s로 하였고, 비닐폭은 120cm, 240cm을 사용하여 비닐수거상태, 잔유물 이송상태 등을 조사하였다. 또한 수박을 재배하여 수확한 후 덩굴줄기의 절단유무별, 잔유물 유무별, 주행속도별로 비닐제거상태 비닐수거율 및 협잡물 혼입상태를 조사하였다. 비닐제거시기에 비닐의 인장강도시험 및 인열강도 시험은 한국공업규격의 농업용 폴리에틸렌 필름 시험규격(KSM 3503)에 의해서 실시하였다.


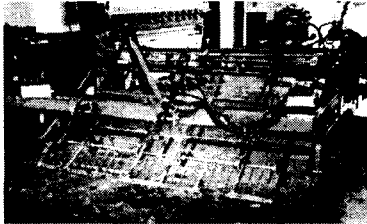
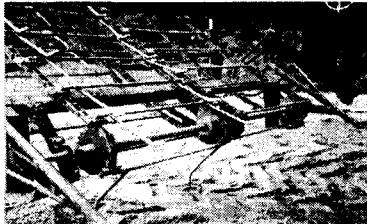
3. 결과 및 고찰

가. 비닐수거 설계요인시험

(1) 비닐 걷어올림부 형상별 작업상태

비닐 걷어올림부 형상별 작업상태는 표2에서 보는바와 같이 컨베이어 앞쪽에 직경 150mm 폭 300mm의 작은 띠를 3개 부착하고 그 앞쪽에 300mm간격으로 길이 550mm의 안내봉을 부착했을 때 띠에 비닐이 감기는 현상이 발생하여 작업을 계속할 수가 없었으며,

Table 2. Working condition by the types of vinyl lifting and conveying device.

Types	Specifications	Working condition
	<ul style="list-style-type: none"> ○Form : Guide bar + lifting reel + conveyer -Guide bar: Space 300mm, Length 550mm -Lifting reel : Diameter180mm, Width 150mm -Conveyer: Width 120mm, Bar space 152mm 	○It is difficult to work because the vinyl is rolled up at lifting reel.
	<ul style="list-style-type: none"> ○Form : Digging blade + Conveyer - Digging blade : Width 2,500mm, Length 70mm - Bar interval : Space 100mm, Length 270mm, Bar thickness 10mm - Conveyer : Space 152mm, Bar thickness10mm 	○It is difficult to work because the soil is piled up in front of the digging blade.
	<ul style="list-style-type: none"> ○Form : Conveyer Attached lugs - Attached lug : Length 100mm, thickness 10mm - Conveyer : Space 152mm, Bar thickness 10mm 	○Conveying about the vinyl and the residual things is good

컨베이어의 앞쪽에 토양 절삭날을 부착한 경우에는 흙이 절삭날 위에 쌓이면서 비닐도 함께 밀려서 비닐을 컨베이어 위로 끌어올릴 수 없었으나, 체인컨베이어에 100mm 길이의 러그를 부착한 경우에는 비닐 위에 흙, 짚 등의 잔유물도 원활하게 이송되어 비닐수거가 용이하였다.

(2) 컨베이어 경사각도별 작업상태

컨베이어의 경사에 따른 비닐 위의 협잡물 이송상태를 보기 위해서 표 3과 같이 컨베이어 경사를 25°, 30°, 35°로 변화시키면서 비닐수거시험을 한 결과 컨베이어의 경사각이 35°일 때는 흙과 짚이 흘러 내렸으나, 경사각 30° 이하 일 때는 흙과 짚 등이 후방으로 이송되어 분리가 잘되는 것으로 나타났다.

Table 3. Working condition by the inclination angle of conveyer.

Inclination angle of conveyer(°)	Collecting condition of Vinyl	Conveying condition of the residual things
25	Good	Good
30	Good	Good
35	Good	Impossible

(3) 주행속도와 컨베이어 이송속도별 작업상태

트랙터의 주행속도와 컨베이어의 이송속도비에 따른 비닐의 수거상태와 잔유물의 이송상태를 알아보기 위해 주행속도 0.26m/s, 경사도 30°에서 시험한 결과 표 4와 같이 1 : 0.8 일 때는 비닐 이송이 원활하지 못해 컨베이어 위에서 잔유물과 함께 정체되었다가 물려서 이송이 되었으며, 속도비가 1 : 1.5 일 때는 주행속도에 비해 컨베이어 속도가 너무 빨라 비닐이 찢어지고 잔유물의 이송상태가 불량하였으나, 속도비가 1 : 1.1 일 때는 비닐수거 및 잔유물의 이송상태가 양호하였다.

Table 4. Working condition by speed rate between traveling and conveying.

Speed rate	Collecting condition of vinyl	Conveying condition of the residual things
1 : 0.8	Impossible	Bad
1 : 1.1	Good	Good
1 : 1.5	Bad(vinyl torn)	Bad

(4) 비닐폭 별 작업상태

재배양식이 다양한 작물에 적용가능성을 알아보기 위해 표 5와 같이 비닐폭별 시험결과 240cm의 비닐을 수거할 때는 트랙터의 바퀴가 지나간 곳의 비닐이 절단되어 수거가 잘 되지 않았으나, 비닐폭 120cm로 작업하였을 때는 양호하게 수거되었다.

Table 5. Working condition by vinyl widths.

Vinyl width(cm)	Collecting condition of vinyl	Conveying condition of the residual things
120	Good	Good
240	Bad(rest vinyl remains)	Incomplete

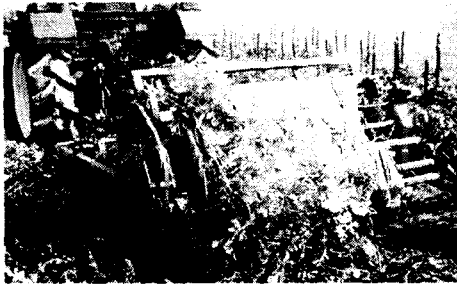
나. 수박밭 비닐수거 요인시험

(1) 덩굴줄기 절단유무별 작업상태

덩굴줄기 절단유무별 작업상태를 알아보기 위하여 시험한 결과 표 6과 같이 덩굴줄기를 절단하지 않으면 덩굴이 비닐구멍에 끼어 덩굴이 분리되지 않은 상태에서 비닐과 함께 수거되어 작업이 곤란하였으나, 덩굴을 미리 절단한 경우는 분리가 잘되어 비닐수거가 용이하였다.

Table 6. Work condition by existence of vines cutting.

Existence of cutting	Work condition		Remark
	Collecting condition of vinyl	Conveying condition of the residual things	
Non-cutting	Bad	Moderate	Vines are rolled at the collecting reel.
Cutting	Good	Moderate	



< Non-cutting of vines >



< Cutting of vines >

Fig 2. View of vinyl collecting by existence of vines cutting

(2) 잔유물 유무별 작업정도

잔유물 유무에 따라 비닐 수거상태를 보기 위하여 잔유물을 제거하고 시험한 결과 제거유무에 관계없이 100%의 수거율을 보였다.

Table 7. Working condition by existence of the residual things on vinyl.

Existence of residual things	Collection rate of vinyl (%)	Weight of residual things in collected vinyl (kg/m ²)		
		Soil	Vines and straws	Total
Existence	100	0.04	0.07	0.11
Non-existence	100	0.06	-	0.06

(3) 주행속도별 작업정도

수박밭에서의 주행속도별 작업정도 시험은 비닐수거율에 있어서는 주행속도에 관계없이 100%로 나타났으며, 협잡물 혼입률에 있어서는 주행속도가 빠르면 혼입율이 약간 증가하는 경향을 보였다.

Table 8. Working condition by driving speeds.

Traveling speeds (m/s)	Collection rate of vinyl (%)	Weight of residual things in collected vinyl(kg/m ²)		
		Soil	Vines and straws	Total
0.23	100	0.04	0.04	0.08
0.28	100	0.11	0.09	0.20
0.42	100	0.06	0.08	0.14
0.55	100	0.17	0.08	0.25

3. 요약 및 결론

본 연구는 작물재배포장의 폐비닐 수거기계화로 노력절감 및 환경오염방지를 위한 비닐 수거기 개발에 앞서 적정 비닐수거방법 구명을 하고자 시험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 적정 비닐수거방법 구명을 위해 비닐 걷어올림부 형상, 이송컨베이어 각도, 주행속도와 컨베이어속도비, 비닐폭별 시험결과, 비닐 걷어올림부 형식은 이송컨베이어에 걷어올림 러그를 부착한 것이 양호하였고, 경사각 30°, 주행속도와 컨베이어 속도비 1 : 1.1에서 가장 양호한 것으로 나타났다. 사용비닐은 0.02mm이상 저밀도 필름을 사용하고, 비닐폭은 트랙터 운거내인 120cm의 경우 비닐전체가 걸렸으나, 비닐폭이 넓은 경우 중간을 인력 또는 비닐수거기에 부착된 절단날로 절개한 후에 비닐수거가 가능하였다.
- 나. 수박밭에서 잔유물 유무별, 덩굴줄기 절단 유무별, 주행속도별로 시험한 결과, 잔유물 유무에 관계없이 수거는 가능하였으나, 덩굴줄기를 자르지 않을 경우 수거일에 함께 감기는 현상이 발생되어 비닐을 수거하기 전 반드시 덩굴줄기를 자른 후 작업이 요구되었고, 주행속도가 빠르면 협잡물 혼입이 증가하는 경향을 보여 주행속도는 0.23m/s 내외가 적당하였으며, 비닐 수거길이는 1회 100m 정도까지 수거가 가능하였다.

5. 참고문헌

1. 신승엽 외 5인, 1993, 양파재배 기계화 작업체계 시험, 농기계연 시험연구보고서 pp 109-127
2. 이성현 외 4인, 1993, 마늘재배 기계화 작업체계 시험, 농기계연 시험연구보고서 pp90-108
3. 김종구 외 4인, 1995, 비닐 수거기 개발, 농기계연 시험연구보고서 : 141-148
4. 한국자원재생공사, 2001, 한국자원재생공사 사업처 내부자료
5. 桃野 寛. 1996. スイートユーンのマルチ栽培で省力化を図るマルチフィルム除去機. 省力機器による野菜生産技術 : 112-113
6. 飛松 義博. 1996. サツマイモの莖葉處理・マルチフィルム除去同時作業機. 省力機器による野菜生産技術 : 110-111