

트랙터用 감자收穫機의 開發⁺

Development of a Potato Harvester for Tractors

姜和錫* 辛英範** 金相憲* 咸泳昌*
W. S. Kang Y. B. Shin S. H. Kim Y. C. Hahm

Summary

The purpose of this study was to develop a potato combine which can be attached to and controlled by three-point hitch of tractors. A vibrating mechanism was designed and constructed to dig potatoes, and to evaluate the effects of vibration on the potato harvesting performance of the test machine, potato separation from soil, harvesting loss, and damage to the potatoes. Three types of potato pick-up mechanisms were constructed and tested.

Digging performance and material flow on the blade were improved as the vibrating amplitude and frequency increased and as the travel speed decreased. The sum of unrecovered and damaged potatoes was up to 7.8%.

Three pick-up devices were not found to be useful by failing to elevate about 30% of dug potatoes to a given height.

1. 서론

현재 우리나라 농촌에서의 노동력 부족현상이 심각한 농업문제로 대두된지 오래다. 이러한 노동력 부족현상은 농촌노임의 상승과 농업생산비를 증가시키는 요인이 되어왔다. 이에 대처하여 토지의 생산성을 향상시키고 농산물 생산비용의 절감효과를 얻을 수 있는 방안의 하나가 농업의 기계화이다. 그러나 현재까지 우리나라의 농업 기계화는 수도작 중심으로 이루어져 왔으며, 맥류나 서류등의 전작이나, 원예, 축산의 경우에는 아직도 작업의 기계화가 잘 이루어지지 않고 있

는 상태이다. 따라서 현재의 우리나라 농업기계화의 시급한 과제중의 하나는 농촌노동력의 부족현상을 해소하고 수도작 이외의 영농작업을 기계화할 수 있는 다양한 작업기의 개발이라고 사료된다.

전작 중에서도 중요한 식량자원 중의 하나인 감자는 재배면적이 전국적으로 21,000ha²⁾(1991년), 연간 생산량이 42만 ton¹⁾으로서 농가 소득원으로 상당한 비중을 차지하고 있다. 이러한 감자의 대부분은 고랭지에서 생산되고 있는데, 수확시기는 9월 중순부터 10월 하순까지이다. 이 시기는 벼의 수확시기와 중복되기도 하여 감자

⁺ 本 研究는 韓國科學財團의 1989年度 研究費支援에 의하여 遂行되었음. (과제번호: 891-1501-056-2)

* 江原大學校 農業機械工學科 ** 江原大學校 農學科

재배 농가에서는 적기 수확작업을 하기 위한 노동력 확보에 커다란 어려움을 겪고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 감자재배에 필요한 노동력 중에서도 수확작업에 필요한 노동력의 비율은 30% 정도로서 감자재배에 있어서 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

따라서 이 연구에서는 감자수확작업에 필요한 노동력 부족현상을 해소하고 감자의 수확비용을 절감시키는데 목표를 두고, 트랙터의 3점연결장치에 부착시켜서 좁은 공간에서 작업이 용이하고 크기가 작은 감자수확기를 개발하고자 하였다.

이 연구의 구체적인 목적은 첫째, 진동을 이용한 트랙터용의 감자굴취부의 설계 및 제작, 둘째, 굴취된 감자를 수집하기 위한 견어올림장치부의 설계, 제작 및 작업시험 등에 있다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기의 설계 및 제작

1) 굴 취 부

Fig. 1은 이 연구에서 이용된 시작기의 굴취부 및 견어올림장치(장치 1)의 측면사진이다.

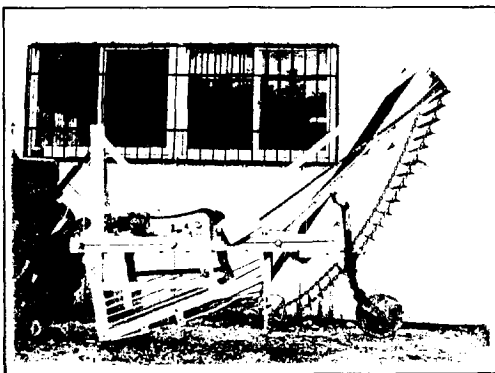


Fig. 1. Side view of experimental digger and pick-up device No.1

여기서 원동링크는 기구에 진동을 발생시키기 위하여 편심캠으로 제작되었다(Fig. 2 참조). 출력링크(BCDO)의 C-D부분이 굴취부로서 토양속에서 진동하면서 토양을 파쇄시켜 파쇄된

토양은 걸러버리고 감자와 돌 등을 분리해 내게 되어있는 체 모양을 하고있다. 이 굴취기구의 작동 및 특징은 근본적으로 '강' 등의 동력경운기용의 감자굴취기구와 같다.

2) 견어올림 장치

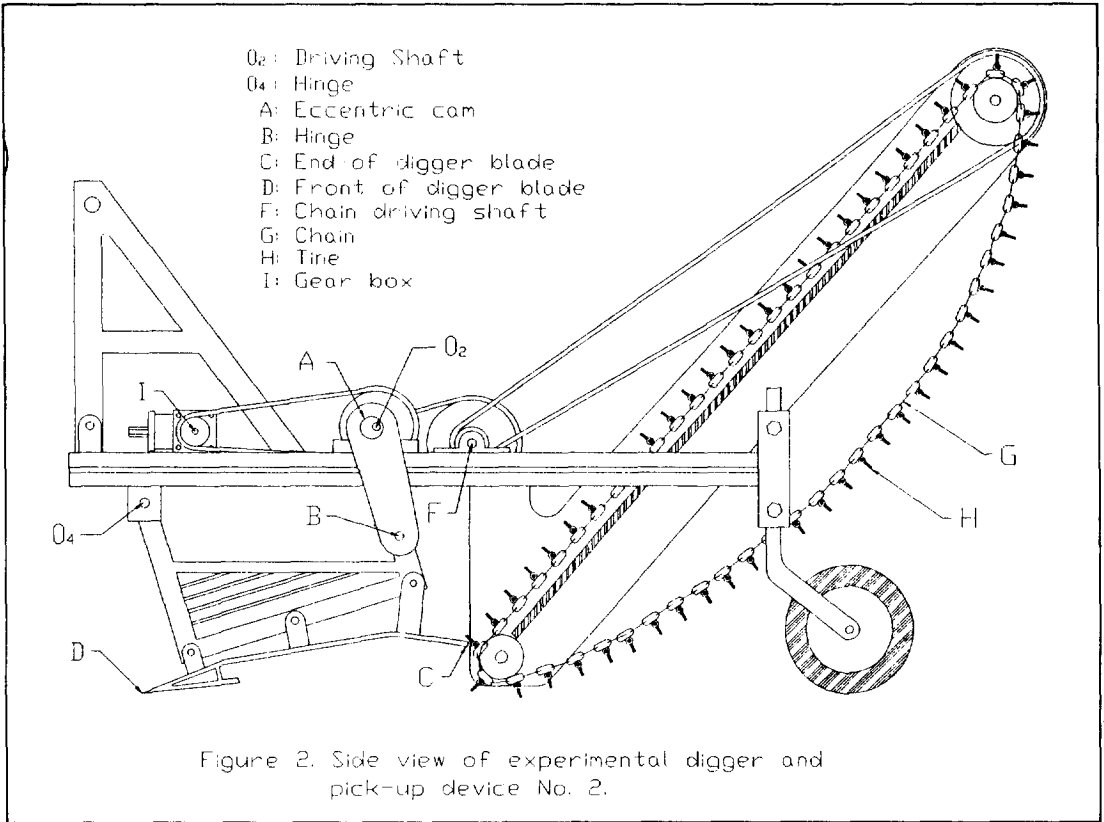
견어올림장치는 굴취부에서 토양과 분리된 감자를 견어올려서 수집상자에 수집할 수 있도록 지면으로부터 일정한 높이까지 끌어올리는데 그 목적이 있다.

이러한 견어올림 장치는 3가지를 설계 제작하였는 바, 그 구조적 특징은 각각 다음과 같다.

장치 1: 이 장치의 주요부는 견어올림 사슬이 작동할 수 있는 프레임과 견어올림 사슬로 이루어져 있다(Fig. 1의 오른쪽 부분). 프레임 부분은 두께 2mm인 철판(914×1,829 mm)의 가로방향의 양쪽을 접어서 가로 690mm, 세로 1,829mm의 크기로 제작하여 작업시에 트랙터 진행방향의 수평면과 45° 기울기로 설치하였다. 견어올림사슬은 감자를 견어올리는 과정에서 굴러 떨어지는 것을 방지하기 위하여 120mm의 간격으로 폭 630mm, 높이 30mm, 두께 3mm인 철판을 시판용의 체인 사이에 수직으로 부착시켰다. 이렇게 제작된 견어올림사슬을 무한케도 형태로 연결한 다음, 그 내부에 사슬 구동축과 프레임을 조립하여 견어올림장치를 제작하였다. 견어올림사슬의 작업방향성분의 속도는 굴취기의 작업속도 보다 작지 않게 설계하였다.

장치 2: 이 장치의 주요부는 견어올림 사슬과 토양을 걸러내는 체로 이루어져 있다(Fig. 2). 체는 토양의 분리를 돕기 위하여 장치 1을 위에서 보았을 때 2mm 철판의 중앙부분을 가로 550mm, 세로 1,530mm로 절단해 내고, 그 자리에 직경 6mm인 환봉을 세로방향 22mm 간격으로 배치하였다. 견어올림사슬은 장치 1과 동일하다.

장치 3: 이 장치는 장치 1, 2와는 독립적인 것으로서, 굴취부의 후미에 피커 휠(Picker wheel)을 장치하여 토양과 분리된 굴취부 위의 감자 지면에서 30cm 정도의 높이로 끌어 올릴 목적으로 설계 제작하였다. 피커 휠의 선단부의 속도



는 시작기의 진행속도 보다 작지 않게 V-벨트와 풀리를 이용하여 제작하였다. 제작된 장치는 Fig. 3과 같다.

나. 동력 전달

시작기의 구동에 필요한 동력은 트랙터의 동력취출장치를 이용하였다. Fig. 2 에서 보는 바와 같이 기어 박스를 시작기의 본체 위에 설치하고 동력취출장치와의 사이에는 자재이음(Universal Joint)으로 연결하였다. 동력취출장치에서의 동력은 기어 박스를 통과한 후 직경 38mm의 굴취기의 구동축으로 체인과 스프로킷을 이용하여 연결시켰다. 굴취기 구동축의 양끝에는 동일한 편심을 가진 캠을 부착시켜 굴취날을 진동시켰으며, 캠을 교체하면 원하는 진폭을 얻을 수 있도록 하였다. 진동수의 변화는 트랙터에 설치되어 있는 동력취출장치용의 변속기를 이용하였다. 걸어올림장치의 구동력은 굴취기 구동축으

로부터 체인과 스프로킷을 이용하여 얻었다.

다. 실험 방법

1) 실험 포장

시작기의 시험을 위한 포장은 강원대학교 실험포장으로서, 1989년 4월 중순에 감자를 파종하여 7월 중순에 굴취기 및 걸어올림장치 1, 2, 3에 대한 시험을 실시하였다. 감자채배 두둑의 크기는 높이 13cm, 폭 60cm였다. 감자굴취기는 두둑의 상단부로부터 25cm의 깊이에서 작동시켰다.

시작기를 이용하여 시험할 당시 포장의 토양 함수율을 측정하기 위하여 포장내에서 임의로 10개의 표본을 채취하여 오븐(Dry oven)에 105° ± 5°C로 24시간 건조시켰다. 겉보기밀도(Bulk density)를 측정하기 위한 토양표본채취는 지름 73.8mm, 높이 100mm의 원형채취통을 이용하여 10개의 토양표본을 임의로 채취하였다. 토양의

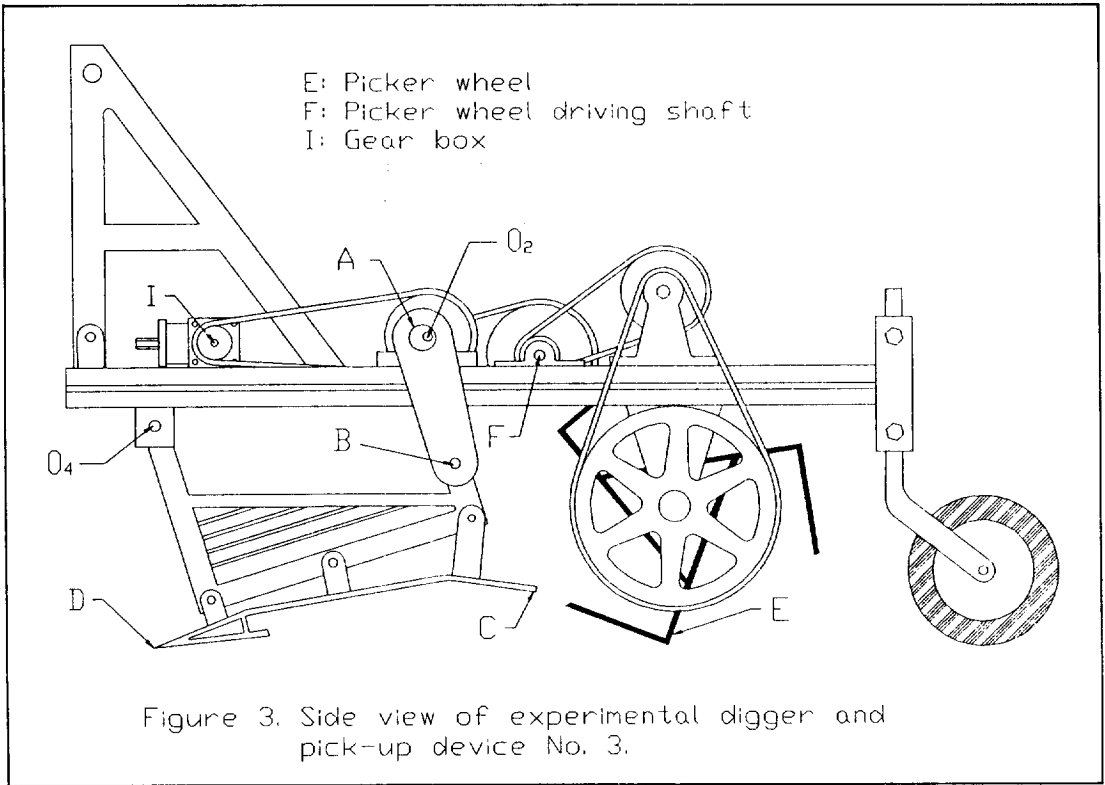


Figure 3. Side view of experimental digger and pick-up device No. 3.

관입저항(Cone index)을 측정하기 위하여 직경 16mm, 밑면적 6.45cm², 원뿔의 꼭지각 30°인 토양관입저항 시험기를 사용하였다. 관입저항 측정은 감자재배가 되고 있는 두둑의 중앙부 부근에서 무작위로 20개소에서 측정하였다. 관입저항 측정을 위한 관입깊이는 두둑의 상단으로부터 10cm까지 일정하게 유지하였다. 실험포장의 토성은 화강암 풍화토이며 평균 함수율은 12.0±1.7%,(w.b.), 겉보기밀도는 1.54±0.42 g/cm³, 관입저항력은 18.639±0.38N/m² 이었다. 실험의 한 구간은 8m로 하였으며 동일처리에 대하여 2회 반복하여 실험값을 얻었다.

2) 굴취손실률 및 굴취손상률

굴취손실률은 시작기로 감자를 굴취한 후 표면에 노출된 감자를 손으로 주워 모아서 중량을 측정하고 토양 속에 묻혀서 표면에 노출이 되지 않은 감자는 삽을 이용하여 회수한 다음, 총 중량에 대한 손실된 감자의 중량백분율로 환산하였다.

굴취손상률은 감자수확시 시작기의 진동에 의해 손상된 감자와 돌이 있는 곳에서 돌과 함께 진동하므로써 손상된 감자의 중량을 총 중량에 대한 중량백분율로 환산하였다.

3) 진폭, 진동수, 작업속도

진폭은 직경 74mm, 편심량 3.6, 9mm의 편심캠을 각 1쌍씩 제작한 후, 필요한 경우에 캠을 교환하여 원하는 진폭으로 실험을 하였다. 진동수는 트랙터에 설치되어 있는 동력취출장치 변속용 변속기를 이용하였다. 작업속도는 트랙터 주변속장치의 변속기를 조작하여 변화시켰다.

Table 1. Amplitude, frequency, and travel speeds of the experimental potato digger blade.

Variables	Levels		
Amplitude(mm)	3.0	6.0	9.0
Frequency(Hz)	4.4	5.5	7.3
Travel speed(Km/hr)	0.89	1.18	1.50

감자의 굴취실험은 진폭, 진동수, 작업속도를 각각 3개 수준씩 조합하여 2회 반복으로 실시하였다. 실험에 이용된 진폭, 진동수 및 시작기의 작업속도는 Table 1에 나타낸 바와 같다.

4) 관행 수확작업의 손실률, 손상률 및 작업능률

시작기에 의한 수확작업시의 손실률, 손상률 및 작업능률을 관행작업과 비교하기 위하여 관행 수확작업이 이루어지고 있는 포장에서 손실률, 손상률 및 작업능률을 조사하였다. 손실률 및 손상률은 다. 2)에서 정의한 바와 같고 관행 작업능률은 5명이 22.8분간 연속 작업한 길이에 이랑폭을 곱한 작업면적의 평균으로 계산하여 1인당 단위 시간당의 작업면적으로 환산하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 굴취부의 작업상태 분석

Table 2는 굴취부의 진폭, 진동수, 작업속도를 각각 3개씩 조합했을 때 토양의 분리와 감자굴취의 성능정도를 나타낸 것이다. 이 성능분석표는 관찰에 의하여, 감자굴취와 토양분리가 양호하여 감자굴취기로서의 작업이 양호한 경우, 굴취기능은 양호하나 감자분리기능이 양호하지 않아서 굴취된 감자의 절반 이상이 분리되지 않는 경우, 감자의 분리가 전혀 이루어지지 않는 경우, 등으로 분류하였다.

진폭이 3mm일 경우에는 진동수와 작업속도가 어떠한 경우라도 토양이 굴취판 위에 누적되어 굴취작업이 불가능하였는데, 이러한 현상은 진폭이 너무 작아서 토양을 파쇄할 만큼의 충분한 진동이 가해지지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 이것은 진동을 이용한 농작업기의 성능을 평가하기 위한 척도로서의 작업속도와 진동속도의 비율 $\lambda^{(3)(6)(9)}$, 즉, 편심 캠의 각속도 ω (rad/s)와 진폭 A (Zero-to-peak)의 곱을 작업속도 V_i (m/s)로 나눈 값이 진폭 6mm나 9mm에

비하여 작기 때문에 (0.55 이하) 굴취한 토양을 미처 분리하지 못하기 때문인 것으로도 사료된다. 진폭이 6mm일 경우에는 3mm의 경우보다 토양의 분리와 굴취작업성능이 약간 좋아졌다. λ 값의 범위는 0.40에서 1.09로서, λ 값이 1.09 (MHL)일 경우에는 굴취작업과 토양분리성능이 양호하였고, 0.83 (MML)일 경우에는 토양과 감자의 분리는 잘 되지 않았으나 굴취판 위에서의 토양의 흐름은 잘 이루어졌다. 이 두가지의 처리조합 중에서도 λ 값이 0.83인 경우보다 1.09인 경우에 토양의 분리와 굴취작업이 양호한 것으로 나타나서 진동의 효과가 뚜렷이 좋은 것으로 생각된다. 동일한 λ 값 0.83을 가지면서도 굴취 및 감자선별능력이 불량한 MHM의 경우, λ 값을 가지고는 굴취성능을 해석할 수 없었다.

진폭이 9mm일 경우, λ 값의 범위는 0.59에서 1.64로서, 9개의 처리조합 가운데서 감자의 수확작업이 양호했던 처리의 조합은 λ 값이 가장 큰 1.64(HHL)와 그 다음의 1.24(HML)인 경우였다. HHM 처리조합은 HML과 같은 λ 값을 가지나 작업자체가 불가능하였다. λ 값은 HLH의 0.59를 제외하면 6mm 진폭의 λ 값 보다 크거나 비슷한 수준이었지만 HHL과 HML의 조합을 제외하면 굴취 및 분리성능은 모두가 불량하였다.

진폭이 9mm일 경우 평균손실률은 4.91%로서, 진폭이 6mm일 경우의 평균손실률 7.01%보다 손실률이 2.1% 정도 줄었는데, 이것은 진폭이 크므로해서 작은 진폭의 경우 보다 토양의 분리가 잘 되기 때문인 것으로 사료된다.

진동수가 7.3Hz일 경우의 평균손실률은 3.86%였고, 진동수가 5.5Hz일 경우의 평균손실률은 8.06%였다. 이것은 진동수가 증가하므로해서 작은 진동수의 경우 보다 토양의 분리에 미치는 진동의 영향이 큰 때문인 것으로 사료된다.

따라서 진폭이 크고 진동수가 클 경우 토양의 분리가 양호하며 손실률이 적음을 알 수 있었다. 이것은 A1-Jubouri³⁾ 등의 보고와 일치하는 것이다. 또한, 시작기를 이용한 작업과 관행작업을 비교할 경우, 시작기를 이용한 작업이 관행작업보다 0.87% 더 적은 손실이 발생하는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 고찰하여 볼 때, λ 값이 1 이상 일 때 감자굴취부의 굴취 및 토양분리 성능은 일반적으로 향상되는 것으로 사료된다^{5),6)}, HHM, HLL, MML 등의 처리조합은 λ 값으로 평가하기에는 어려운 점이 있어서 굴취기의 성능

을 좀 더 정확하게 평가할 수 있는 방법이 필요한 것으로 사료되고, 본 연구에서의 진폭과 진동수의 처리조합은 대부분 너무 낮은 수준에서 이루어진 것으로 사료된다.

Table 2. Observed results of the digger blade performance.

Amplitude	Frequency	Speed	Results	$\lambda = \omega A / V_i$
H	H	H	×	0.98
H	H	M	×	1.24
H	H	L	○	1.64
H	M	H	×	0.74
H	M	M	×	0.94
H	M	L	○	1.24
H	L	H	×	0.59
H	L	M	×	0.75
H	L	L	×	1.00
M	H	H	×	0.65
M	H	M	×	0.83
M	H	L	○	1.09
M	M	H	×	0.49
M	M	M	×	0.63
M	M	L	△	0.83
M	L	H	×	0.40
M	L	M	×	0.50
M	L	L	×	0.66
L	H	H	×	0.33
L	H	M	×	0.41
L	H	L	×	0.55
L	M	H	×	0.25
L	M	M	×	0.31
L	M	L	×	0.41
L	L	H	×	0.20
L	L	M	×	0.25
L	L	L	×	0.36

Note : Amplitude Frequency Speed Results
 H : 9mm H : 7.3Hz H : 1.50Km/h ○ : Acceptable operation
 M : 6mm M : 5.5Hz M : 1.18Km/h △ : Poor digging but good
 L : 3mm L : 4.4Hz L : 0.89Km/h material flow
 × : Impossible forward travel

나. 굴취손실률

Table 3에 관행작업시와 트랙터작업시 진폭과 진동수의 변화에 따른 굴취손실률을 나타내었다.

진폭이 3mm인 경우와 진동수가 4.4Hz인 경우의 처리조합의 경우는 시작기의 작업이 불가능했기 때문에 굴취손실률 및 손상률의 분석에서는 제외시켰다. Table 3에서,

Table 3. Harvesting loss(%) of potatoes harvested by the digger blade.

Frequency(Hz) Amplitude(mm)	7.3	5.5	Mean	Traditional Harvest
	9	1.78	1.10	
	2.69	7.58		
6	9.20	5.18	7.01	
	1.75	11.90		
Mean	3.86	8.06	5.96	

다. 굴취손상률

Table 4는 관행작업시와 트랙터작업시 진폭과 진동수에 따른 손상률을 나타낸 것이다. 진폭이 9mm일 경우 평균손상률은 3.53%였고 진폭이 6mm일 경우는 평균손상률이 0.11%로서, 진폭이 9mm일때 보다 진폭이 6mm일 때 손상률은 3.42% 더 적게 나타났다. 진동수의 변화에 따른 굴취손상률의 차이를 보면, 진동수가 5.5Hz일 경우 평균손상률은 0.43%였고 진동수가 7.3Hz일 경우 평균손상률은 3.21%로서, 진동수가 7.3Hz 보다 5.5Hz인 경우에 2.78% 더 적은 손상률을 보였다. 이러한 진동과 손상률의 관계는 강¹⁾ 등의 연구결과^{3),9)}와 일치한다.

시작기를 이용한 작업과 관행작업을 비교할 경우, 트랙터용의 시작기작업이 관행작업보다 8.02% 더 적은 손상률을 발생시키는 것으로 나타났다.

라. 작업능률

관행작업능률의 조사에서 여자 5명이 호미를 이용하여 각각 한 줄씩의 감자이랑을 굴취할 경우, 1인당 13m 진행하는데 소요되는 평균작업시간은 22.8분으로서 작업능률은 24.26±3.37m²/h(7.35±1.02평)였다. 트랙터에 장착된 시작기는 감자굴취시 작업속도를 0.89 km/h, 진폭 6mm, 진동수 7.3Hz로 작업 할 경우 작업능률이 평균 531.39±18.94m²/h(161.18±5.74평)이었다. 시작기와 사람의 순간작업능률을 비교하면 시작기는 관행작업에 비하여 약 22배 높은 것으로 나타났다.

Table 4. Harvesting damage(%) of potatoes harvested by the digger blade.

Frequency(Hz) Amplitude(mm)	7.3	5.5	Mean	Traditional Harvest
	9	12.84	1.28	
	0	0		
6	0	0	0.11	
	0	0.44		
Mean	3.21	0.43	1.82	

또한, 농작업을 수행하는데 작업기, 기상등의 제약과 주어진 농장의 조건하에서 기계의 능력을 충분히 활용할 때의 1년간 작업할 수 있는 면적 즉, 연간부담면적은 약 6.7 ha 정도로 분석되었다.

마. 걷어올림장치

걷어올림장치는 굴취부에서 토양과 분리된 감자를 다시 받아 올려 상자에 수집하기 위하여 토양 표면에서부터 일정한 높이까지 걷어올릴 목적으로 설계 제작된 것으로서, 시작기의 굴취부 후방에 설치하였다.

장치 1의 프레임은 처음에 2mm 철판을 이용하여 제작하였는데, 굴취부에서 넘어온 감자와 토양이 함께 쌓여서 걷어올림장치가 예측한 대로 역할을 하지 못했다. 이러한 원인 때문에

철판의 중앙부분을 직사각형 모양으로 절단한 후, 6mm 환봉을 22mm 간격으로 설치하여 토양의 분리를 돕도록 장치 2를 제작하였다.

그 결과, 감자와 토양의 분리기능이 훨씬 양호해졌으며 감자를 위로 올리는 작동도 원활해졌다. 그러나 이송장치에 수직으로 부착된 평강의 높이와 간격이 좁고 기계의 진동 때문에 대부분의 감자가 이송되는 도중에 굴러 떨어졌으며, 견어올림장치부의 전방 아래 부분이 파쇄된 토양의 표면과 접촉하여 이송방향과 반대로 젖혀지기 때문에 절반정도의 감자가 굴취관으로부터 견어올림장치로 이송되지 못했다. 또한, 견어올림장치부의 전방 아래 부분에 설치된 축베어링이 토양속에 파묻혀서 장치의 작동에 나쁜 영향을 미치는 경우가 발생하였다. 장치 3은 아직 시험작동을 실시하지 못하였다.

위와같은 이유 때문에 본 실험에서는 견어올림장치부를 제거하고 굴취부만을 가지고 감자굴취시험을 실시하였다.

4. 요약 및 결론

트랙터의 3점링크 기구에 직접 장착할 수 있고 조작이 간편하며 크기와 무게가 작고, 굴취된 감자를 수집하여 용기에 담을 수 있는 감자수확기를 개발하였다. 굴취하는데 필요한 기구는 이미 개발된 진동기구를 응용하였으며, 시작기는 굴취부의 진폭이 3, 6, 9mm, 진동수 4.4, 5.5, 7.3 Hz, 트랙터의 작업속도 0.89, 1.18, 1.50km/h로 작동이 되도록 설계 제작하였다. 굴취부에 대한 실험은 이 3개의 변수를 각각 3개 수준씩 조합하여 적정 작동조건을 찾아내고, 관행작업과 트랙터작업에 의한 작업능력, 손실률 및 손상률 등을 비교하였다. 수집부의 견어올림장치는 견어올림체인을 이용한 두가지 방식과 피커 휠을 이용한 방식의 3가지 형태의 기구를 제작하여 시험을 하였다.

시험포장은 화강암 풍화토로서 수확작업시의 평균함수율은 11.9 % (W.b.), 겉보기 밀도 1.549 /cm³, 관입저항력 18.639N/cm²였다.

굴취부는 진폭과 진동수가 증가함에 따라 트랙터의 작업상태 및 토양과 감자의 분리상태가 양호하였고, 낮은 수준의 진폭과 진동수에서는 트랙터 바퀴의 슬립 현상이 현저하게 증가하여 작업이 불가능하였다. 적정 작동상태로 판단되는 진폭 9mm, 진동수 7.3 Hz, 작업속도 0.89 km/h에서 굴취작업능률은 531.4 m³/h로서 관행작업의 1인당 시간당 평균작업면적 24.3m²와 비교하였을 때, 약 22배의 능력을 가지는 것으로 분석되었다. 또한, 시작기를 이용한 감자 손실률은 약 6.0 %로서 관행작업의 손실률 6.8 %보다 적게 발생하였으며, 감자 손상률은 기계작업이 1.8 %로서 관행작업의 9.8 %보다 현저하게 적었다.

사슬을 이용한 2가지 견어올림장치에 대한 포장실험결과 2가지 장치 모두가 감자를 일정한 높이까지 끌어올리는 과정에서 30 % 이상의 손실 및 손상을 초래했기 때문에 실용성이 없는 것으로 판단되었다.

5. 참고 문헌

1. 강화석, 김상헌, 함영창. 1989. 진동을 이용한 감자수확기계의 개발. 한국농업기계학회지. 14(1) : 16-23.
2. 한국농업기계학회. 1992. 농업기계연감. p. 72.
3. Al-Jubori. K. and P. B. McNulty. 1980. Vibratory potato digging. Proc.of the 5th Int. Con. on the mech of field energy(IAMFE). Wageningen. pp 264-268.
4. ASAE Standard. 1985. ASAE s313.2. Soil cone penetrometer.
5. Brixius, W. W., and J. A. Weber. 1975. Soil failure characteristics for oscillating tillage tool and bulldodger blade models. Trans. of the ASAE. 18(4) : 633-637.
6. Butson, M.J. and D. MacIntyre. 1981. Vibratory soil cutting. I. Soil tank studies of draught and power requirements. J. of Agric. Engg. Res. 26(5) : 409-418.

7. Gill, W. R. and G. E. Vanden Berg. 1968. Soil dynamics in tillage and traction. Agricultural Handbook No 316. ARS, USDA, Washington, DC., pp 279-283.
8. Johnson, L. F. 1974. A vibrating blade for the potato harvester. Trans. of the ASAE. 17 (5) : 867-870,873.
9. Kang, W. S. and J. L. Halderson. 1991. Development of a vibratory potato digger for small farms. American Potato Journal 68(9) : 557-568.
10. Saqib, G. S., M. E. Wright and T. R. Way. 1982. Clod size reduction by vibratory diggers. ASAE Paper No. 82-1546. ASAE, St. Joseph, MI.

학 회 광 고

한국농업기계학회지에 게재할 원고를 다음과 같이 모집하오니 많은 투고 있으시길 바랍니다.

-아 래-

1. 원고의 종류 : 논문, 자료, 신간소재, 강좌 등
2. 원고작성요령 : "아래한글"을 사용하여 워드프로세스하여 디스켓에 수록하고 사용한 한글의 소프트웨어를 명기하여 우송함.
3. 원고접수 : 수시접수(원고 제출부수는 원본포함 3부와 디스켓, 18권 2호에 게재할 원고는 5월 20일까지)
4. 제 출 처 : 441-744, 경기도 수원시 권선구 서둔동 103
서울대 농업생명과학대 농공학과내 한국농업기계학회.