

振動을 利用한 감자收穫機械의 開發⁺ Development of an Oscillating Potato Harvester

姜 和 錫*, 金 相 憲*, 咸 泳 昌*
W. S. KANG, S. H. KIM, Y. C. HAHM

Summary

An oscillating potato digger for power tillers was designed and constructed to evaluate the effects of vibration on potato digging. Changing the levels of amplitude, frequency, and travel speed, 16 combinations of such parameters were tested in the potato field. The measured variables were harvesting loss and damage, and storing loss of the mechanically harvested potatoes.

It was observed that the operation of the digger blade was good with amplitude of 12 mm, frequency of 9.67 Hz, and travel speed of 0.87 km/hr. Under these conditions the harvesting loss and damage were 3.18 % and 0.67 % that are very lower than those of 6.83 % and 9.83 % of traditional harvesting method. The operating efficiency of the experimental digger under optimum operating conditions was about 552 m² per hour which was about 20 times higher than 27.2 m² per man per hour of traditional harvest.

1. 緒 論

우리나라 농촌에서의 노동력 부족현상이 심각한 농촌문제로 대두된 지 오래 되었고, 이에 따른 농촌 임금의 상승현상과 노동력의 질적인 저하현상도 가속되고 있다. 이러한 문제점에 대한 해결책의 하나로 농업의 기계화가 필연적으로 촉진되고 있으나 주로 수도재배에 대한 기계화에 초점이 맞추어지고 있으며, 기타 밭작물의 재배는 재래적인 방법에만 의존하고 있는 실정이다. 따라서 미래의 우리나라 농업기계화의 시급한 과제중의 하나는 농촌노동력의 부족현상을 해소하고 소규모 영농을 기계화 할 수 있는 다양한 작업기의 개발이 이루어져야 할 것으로 기대된다.

밭작물 중에서도 중요한 식량자원인 감자나 고구마의 경우도 예외는 아니며, 이들의 재배를 위한 각종 작업은 경운 및 방제작업을 제외하고는 거의 재

래적인 방법에만 의존하고 있는 실정이다.

감자는 재배면적이 전국적으로 22,000ha, 연간 생산량이 56만M/T(1986년)으로서 농가소득원으로서 중요한 작물중의 하나이다. 감자의 대규모 생산지인 고령지에서는 9월 중순부터 10월 초순까지 수확작업이 이루어지는데, 이 시기는 벼의 수확시기와 일부 중복되므로 감자재배농가에서는 적기수확작업을 하기 위한 노동력 확보에 커다란 어려움을 겪고 있는 실정이다.

감자재배에 필요한 주요작업별 소요노동력 분포를 보면 수확작업이 25%, 선별작업이 24%, 파종 12%, 중경 및 제초 19%, 기타 20%로서 수확작업에서 가장 많은 노동력을 필요로 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 감자수확작업에 필요한 노동력 부족현상을 해소하고 감자의 수확비용을 절감시키고자, 현재 우리나라의 농촌에 지배적으로 많이 보급되어 있는 주요 동력원인 경운기에 부착시켜서 감

⁺ 본 연구는 韓國科學財團의 1986年度 研究費지원에 의하여 수행되었음.

* 江原大學校 農科大學 農工學科

자의 굴취작업을 할 수 있는 감자수확기를 개발하고자 하였다. 본 연구의 구체적인 목적은 첫째로 진동을 이용한 감자수확기의 설계 및 제작, 둘째는 수확작업시의 손실량 및 손상량, 기계의 진동에 의한 감자의 저장기간 중의 손상량과 작업능률 등을 평가하기 위한 것이었다.

2. 材料 및 方法

가. 試作機의 設計 및 製作

Fig. 1은 본 연구에서 이용된 굴취부의 機構學的인 모형으로서, 原動링크는 振動을 發生시키기 위하여 偏心 캠으로 제작하였고, 出力링크 BCDO, 가 토양속에서 振動하므로써 토양을 파쇄한 후 감자를 분리해 내는 機構이다. 이 機構은 첫째 試作機의 굴취부가 토양속에서 전진함에 따라 굴취부의 D부분은 전후방향으로 振動하기 때문에 소요 견인력을

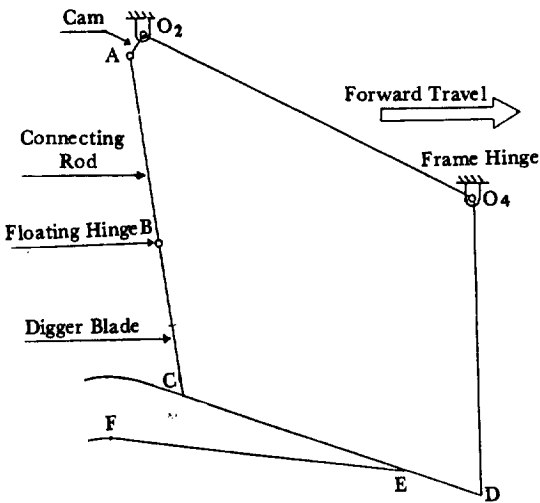


Fig. 1. Kinematic representation of digger blade.

감소시킬 수 있고^(5,6,7,8), 둘째, 굴취된 토양 및 감자가 D에서 C의 방향으로 이동됨에 따라 C점 부근에서의 振動方向은 바뀌어서 상하로 振動을 하게 되므로 파쇄된 토양은 걸러버리고 굴취판 CD 위에는 감자만 남게 된다. 셋째, 作動中の 굴취판운동은 O₂를 중심으로 하는 왕복회전운동으로서 토양으로부터 분리된 감자는 C점 부근에서 직선 O₂C에 수직방향의 운동을 하게 되기 때문에 감자를 뒤로 밀어내는 作用도 하게 된다. 넷째로 굴취부 BCDO,

는 한개의 링크로서 굴취작업시에 B의 힌지부분이 토양속으로 들어가지 않도록 設計 製作하면 기존의 감자수확기처럼 베어링 등의 機械要素가 토양속에서 운동하는 경우가 없기 때문에 기계의 파손이나 고장의 우려가 훨씬 적은 이점이 있다. Fig. 1에서 EF 부분은 CD 부분의 굴취판에서 빠져나온 크기가 작은 감자를 분리해 내는 체(Sieve)이다. 製作된 試作機는 Fig. 2에 나타낸 바와 같다.

굴취판의 크기는 폭 75cm, 길이 50cm로 製作하였고, 굴취판의 앞날은 토양의 저항을 감소시키고 토양의 파쇄를 돕기 위하여 한쪽 끝이 뾰족한 12mm의 圓形棒을 10개 부착하였다. 각 링크의 힌지 부분은 메탈베어링을 사용하였으며, 機構의 作動을 원활히 하기 위하여 필요시에 윤활유를 注入할 수 있도록 設計 製作하였다.

나. 動力傳達

試作機의 驅動에 필요한 動力은 動力耕耘機의 動力取出裝置의 動力을 이용하였고, 이 動力은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 스프로킷과 체인을 이용하여 캠軸과 연결시켰다. 캠軸의 양쪽 끝에는 동일한 偏心캠을 부착시켜서 굴취날을 振動시켰으며, 캠을 교체함으로써 필요한 振幅을 얻을 수 있도록 設計 製作하였다. 여기에 동일한 두개의 連結棒을 힌지핀과 메탈베어링으로 굴취날의 끝 부분과 연결하였다.

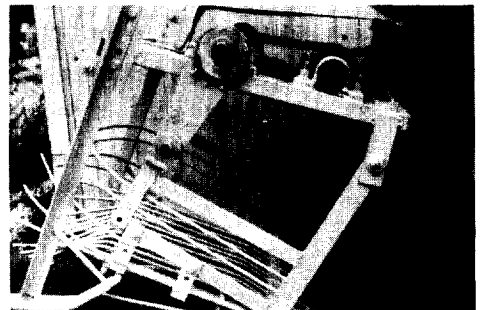


Fig. 2. Side view of experimental potato digger.

다. 實驗方法

1) 實驗圃場

試作機의 實驗을 위한 포장은 대관령에 위치하는 감자原種場의 圃場으로 농가용 감자 種子를 보급하기 위하여 5월 초순에 파종하여 9월말 경에 수확

하는 포장의 일부를 빌려서 사용했다. 감자 재배 두둑의 크기는 높이 15cm, 폭 80cm였고 試作機는 두둑의 상단으로부터 31cm의 깊이에서 作動시켰다.

圃場的 含水率과 체적밀도(Bulk density)를 측정하기 위하여 포장내에서 임의로 10개의 표본을 채취하였다. 토양표본채취를 위한 원형채취통의 크기는 지름 7.4cm와 높이 10cm였다. 채취된 토양표본은 체적밀도를 측정한 후에 105±2℃의 온도로 건조시켜서 濕量基準의 含水率을 측정했다. 또한 토양의 價入抵抗力을 측정하기 위하여 圓錐價入試驗器를 사용하였다. 價入抵抗의 측정은 감자가 재배되고 있는 두둑의 감자포기와 포기 사이에서 무작위로 선택한 20개의 장소에서 실시하였다. 價入깊이는 두둑의 상단으로부터 10cm까지 일정하게 유지하였다. 實驗圃場的 平均含水率, 체적밀도, 價入抵抗은 각각 13.2%, 1.28g/cm³, 2.1kg/cm³였다. 토성은 사질양토로서 자갈의 정도는 “잔돌이 약간 있는(Slightly cobbly)”⁽²⁾ 정도였다. 實驗의 한 구간은 10m정도씩 3번 굴취한 후에 각각 필요한 자료를 얻었다.

2) 振幅, 振動數 및 作業速度

試作機의 진폭은 직경 74mm, 偏心量이 각각 4, 8, 12, 16mm인 편심캠을 4쌍 製作하여 필요한 경우에 캠을 교환하여 원하는 진폭을 얻을 수 있도록 하였다. 振動數는 동력경운기의 경운변속기를 조작함으로써 2개 水準의 振動數를 얻도록 하였고, 作業速度는 동력경운기의 走行用 변속장치를 조작하여 저속 1단 및 2단의 주행속도를 얻도록 하였다.

試作機의 감자굴취실험은 Table 1에 나타낸 바와 같이 振幅 4, 振動數 2, 作業速度 2개 수준을 조합하여 실시하였다.

Table 1. Amplitudes, frequencies, and travel speeds of the experimental potato digger blade.

Variables	Levels			
	4	8	12	16
Amplitude(mm)	6.74			9.67
Frequency(Hz)	0.87			1.21
Travel Speed(km/hr)	0.87			1.21

3) 損失率, 損傷率 및 貯藏損傷率

損失率은 試作機로 감자를 굴취한 후에 토양표본에 노출된 감자를 모두 수거하여 중량을 측정한 다음, 삼을 이용하여 굴취된 깊이까지 파헤쳐서 토양 속에 남아 있는 감자의 무게를 측정하여 수확된 감자의 총중량에 대한 손실된 감자의 중량백분율로 정의하였다. 損傷率은 감자수확시 試作機의 振動에 의하여 손상된 감자 및 자갈과 함께 진동함으로써 손상된 감자를 수거하여 중량을 측정한 후에 총중량에 대한 손상된 감자만의 중량백분율로 정의하였다. 손실량 및 손상량은 동일한 처리에 대하여 3회 반복 굴취후 손실 및 손상된 감자를 수거하여 측정하였다.

試作機로 굴취된 감자와 손실되었던 감자를 회수하여 겨울동안 저장하였다. 저장기간은 1987년 11월 2일부터 1988년 2월 22일까지였고, 감자原種場에서 농가보급용 감자를 저장하는 저장고에서 농가보급용 감자와 동일한 조건으로 저장하였다. 저장기간이 끝난 감자 중에서 저장중에 손상을 입은 감자를 골라내어 총중량에 대한 저장중의 손상량의 비율을 저장손상률로 정의하였다. 저장기간 중의 감자저장 조건은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

試作機의 수확작업에 의한 損失率, 損傷率 및 作

Table 2. Average temperature (°C) and relative humidity(%) of the storage room and potato heap, and tuber temperature measured in four hour interval during the storing period of Nov. 2, 1987 to Feb. 22, 1988.

Storage room		Tuber temperature		Potato heap							
Temp.	RH	Surface	Floor	Surface		45 cm		75 cm		200 cm	
				Temp.	RH	Temp.	RH	Temp.	RH	Temp.	RH
2.67	83.47	3.85	3.20	3.64	84.23	4.99	85.29	4.35	87.94	4.58	-

業能率을 慣行作業과 比較하기 위하여 慣行作業이 이루어지고 있는 圃場에 찾아가서 損失率, 損傷率 및 作業能率을 調査하였다. 慣行作業能率은 5명이 30분간 작업한 길이에 이랑폭을 곱하여 시간당의 평균작업면적으로 환산하였다.

3. 結果 및 考察

가. 試作機의 作動狀態

Table 3은 試作機의 진폭, 진동수 및 작업속도를 수준별로 조합하여 굴취작업을 실시했을 경우 試作

Table 3. Observed results of the digger blade performance while digging the potatoes according to the combination of amplitude, frequency, and forward travel speed levels.

Amplitude*	Frequency**	Speed***	Results****
S	H	H	○
S	H	L	○
S	L	H	○
S	L	L	○
H	H	H	○
H	H	L	○
H	L	H	○
H	L	L	○
M	H	H	△
M	H	L	△
M	L	H	x
M	L	L	x
L	H	H	x
L	H	L	x
L	L	H	x
L	L	L	x

Note: * Amplitude **Frequency *** Speed
 S: 16mm H: 9.67 Hz H: 1.21 km/h
 H: 12 L: 6.74 L: 0.87
 M: 8
 L: 4

****Results

- : Good operation
- △ : Acceptable operation
- x : Impossible forward travel

機의 진행, 토양의 파쇄 및 감자선별능력을 종합하여 관찰한 분석표이다. 표에서 보는 바와 같이 진폭이 최저수준인 4mm의 경우 진동수나 진행속도는 어떠한 조합의 경우 일지라도 試作機의 진행이 불가능 하여서 감자의 굴취작업은 이루어지지 않았고, 따라서 진폭이 4mm인 경우는 結果分析에서 제외하였다.

진폭이 8mm인 경우는 試作機의 굴취 작업상태를 크게 두가지로 나누어 볼 수 있는데, 그 하나는 진동수가 6.74Hz인 경우 작업자체가 불가능했던 결과와 또 하나는 진동수가 9.67Hz의 경우 굴취작업은 이루어지지만 試作機에 대한 토양의 저항이 커서 경운기 바퀴의 슬립이 심하게 일어나고, 감자와 토양의 분리가 잘 이루어지지 않아서 굴취부를 끝까지 통과한 감자 중에서도 상당량이 다시 토양 속으로 묻혀 버리는 경우였다. 따라서 진폭이 8mm일 경우에는 振動數의 변화가 試作機의 進行이나 감자의 選別에 많은 영향을 미치는 것으로 思料된다. 振幅이 12mm나 16mm의 경우에는 試作機의 進行이나 감자와 토양의 分離에 문제가 없는 것으로 관찰되었다. 振幅이 16mm인 경우에는 12mm의 경우보다 굴취작업속도가 증가하는 것으로 測定되었으나 振動이 아주 심해서 경운기의 운전자가 불안하게 느끼고 長時間운전이 계속되면 機械의 파괴도 염려될 정도였다.

1) 收穫損失率

Table 4에 나타낸 바와 같이 진폭이 16, 12, 8mm인 경우의 收穫損失率은 각각 4.51, 3.18, 6.15%로서 振幅이 작은 경우에 損失이 가장 많은 것으로 나타났다. 振幅이 8mm일 경우 試作機의 作動狀態를 관찰한 결과는 굴취된 위의 토양이 상당부분 파쇄되지만 감자가 토양으로부터 잘 분리가 되지 않아서 굴취관을 통과한 감자라도 일부는 다시 토양 속에 묻혀 버리기 때문에 회수가 되지 않는 것으로 관찰되었다. 振幅이 최대치인 16mm의 경우 損失率은 4.51%로서 振幅 12mm의 3.18% 보다 더 많은 것은 試作機의 作業速度를 測定한 결과 振幅이 커질수록 전인력의 감소로 인하여 作業速度가 빨라지기 때문에 파쇄된 토양이 미처 분리되기도 전에 감자와 함께 다시 묻혀 버리기 때문인 것으로 관찰되

Table 4. Harvesting loss, damage, and storing damage rates of Potatoes harvested by the digger blade.

Treatment			Harvesting loss	Damage	Storing damage
Amp.	Freq.	Spd.	(%)	(%)	(%)
S	H	H	4.08	3.30	1.27
S	H	L	1.82	0	4.46
			Freq. mean 2.95	1.65	2.87
S	L	H	7.06	0.97	0.15
S	L	L	5.11	0	0.48
			Freq. mean 6.09	0.49	0.32
			Amp. mean 4.51	1.07	1.59
H	H	H	3.98	0	0.19
H	H	L	3.51	0.18	0.96
			Freq. mean 3.75	0.09	0.58
H	L	H	3.11	0	0.66
H	L	L	2.11	0.46	0.27
			Freq. mean 2.61	0.23	0.47
			Amp. mean 3.18	0.16	0.52
M	H	H	8.73	0	0.17
M	H	L	3.56	0	0.19
			Freq. mean 6.15	0	0.18
			Amp. mean 6.15	0	0.18
			Grand mean 4.31	0.49	0.88
Traditional Harvest			6.83	9.84	X

었다. 따라서 試作機의 作動狀態와 收穫損失量을 고려한 最適의 振幅水準은 12mm인 것으로 推定된다. 振幅이 16mm의 경우 振動數에 따른 損失量의 변화는 振動數가 9.67Hz일 때 2.95%, 6.74Hz일 때 6.09%로서 振動數가 많을수록 감자의 분리상태가 양호해짐을 알 수 있었으나, 진폭이 12mm의 경우에는 반대의 결과가 나타났는데 이러한 현상은 예측했던 것과는 반대의 결과로서 장차 연구되어야 할 것으로 사료된다. 同 · 水準의 振幅 및 振動數의 범위 안에서 試作機의 作業速度가 損失量에 미치는 영향은 어떠한 振幅과 振動數의 조합이든 간에 作業速度가 느린 쪽이 빠른 쪽보다 훨씬 적은 수준의 損失率을 나타냄으로서 作業速度는 느린 것이 감자의 분리에는 유리한 것으로 판단되었다.

試作機에 의한 損失의 전체 평균은 4.31%로서 慣行作業의 損失率 6.83% 보다 훨씬 적은 것으로 分析되었고 試作機의 最適한 진폭 12mm인 경우는 3.18%는 慣行作業의 약 절반 수준으로서 慣行作業보다 유리한 것으로 分析되었다.

2) 收穫損傷率

Table 4에 나타낸 바와 같이 振幅이 16, 12, 8mm인 경우의 損傷量은 각각 1.07, 0.16 및 0%로서 振幅이 클수록 損傷을 입은 감자의 양이 증가하는데 이러한 현상은 당연한 結果로서 振幅이 커질수록 굴취판이 토양을 걸러내는 과정에서 감자에 많은 충격을 가하는 것으로 사료된다. 동일한 진폭수준 내에서의 振動數 변화에 따른 損傷率은 振幅이

16mm의 경우, 振動數가 9.67Hz 및 6.74Hz 일때 각각 1.65%와 0.49%로서 振動數가 많을수록 損傷率은 증가하는 것으로 나타났으나, 진폭이 12mm의 경우는 이와 반대의 경향을 보였다. 동일수준의 振幅과 振動數의 범위에서 作業速度 차이에 따른 損傷率의 변화는 作業速度가 느릴수록 충격회수가 증가하기 때문에 損傷率이 증가할 것으로 예측되었으나, 16mm 진폭의 경우에는 作業速度가 빠를수록 증가하는 현상을 나타냈다. 그러나 振動이 감자의 損傷率에 미치는 영향은 수확당시의 損傷 뿐 아니라 수확할 때에는 表面에 나타나지 않았던 충격으로 인한 감자 内部損傷영향까지 分析하기 위해서는 저장 후 발아 시험등으로 저장중에 발생하는 損傷量까지 分析해야 할 것으로 思料된다.

3) 貯藏損傷率

試作機로 收穫된 감자가 저장기간 동안 피해를 입은 비율을 Table 4에 나타내었다. 試作機로 收穫된 감자를 저장할 때, 삽으로 조심스럽게 캐낸 감자를 함께 저장한 결과 삽으로 캐낸 감자는 저장후에 하나도 손상을 입지 않았기 때문에 Table 4에 表示된 貯藏損傷率은 試作機의 충격에 의한 피해가 貯藏中에 損傷의 형태로 나타난 것이라고 생각할 수 있다. 試作機의 진폭이 16, 12, 8mm일 경우 貯藏中의 損傷量은 각각 1.59%, 0.52% 및 0.18%로서 진폭의 증가에 의한 貯藏損傷量의 증가현상이 뚜렷하다. 同一水準의 진폭내에서도 振動數가 증가할수록 貯藏損傷量이 증가하는 것으로 보아서 振動의 效果가 貯藏損傷에 미치는 영향은 크다고 할 수 있다. 또한 試作機의 作業速度가 느릴수록 貯藏損傷量이 증가하는 경향을 보이기 때문에 試作機의 作業速度 또한 많은 영향을 미치는 것으로 思料된다.

이상의 損失率 및 損傷率 分析을 종합하여 볼 때 作業狀態가 양호한 진폭 12mm 일 경우의 損失率은 3.18%로서 慣行收穫作業의 6.83%와 비교했을때 損失率을 절반 정도로 감소시킬 수 있고, 收穫 및 貯藏損傷率은 0.68%로서 慣行的 9.84%에 비하여 1/14 정도로 損傷量을 감소시킬 수 있는 유리한 작업이 될 것으로 판단된다. 여기에서 손상된 감자는 손실된 감자와는 달리 경제성의 전혀 없는 것은 아

니지만 상품의 가치를 向上시킬 수 있다는 側面에서 상당히 유리할 것으로 思料된다.

Fig. 3에는 振幅別, 振動數別 및 作業速度別 損失量, 損傷量 및 貯藏損傷量을 慣行作業의 損失量 및 收穫損傷量과 비교하여 나타내었다.

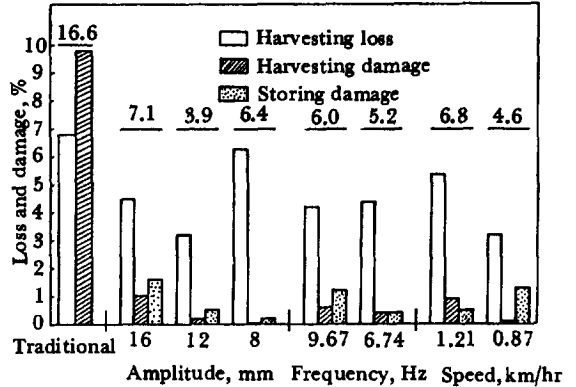


Fig. 3. Harvesting loss and damage, storing damage of potatoes harvested by the experimental potato digger.

4) 作業速度 및 作業能率

本實驗에 들어가기 전에 試作機의 進行速度를 진폭 16mm, 진동수 9.67 Hz 일 경우 動力耕耘機의 주행변속장치를 저속 2단에서 1.21km/hr, 저속 1단에서 0.87km/hr가 되도록 原動機의 회전속도를 고정시

Table 5. Operating speed and efficiency of the experimental digger blade and traditional harvest.

Treatment		Speed		Efficiency	
Amp.	Freq.	Spd. (km/hr)	(m ² /hr)	(Pyoung/hr)	
S	H	H	1.21	968	293
S	H	L	0.87	696	211
S	L	H	1.08	864	262
S	L	L	0.80	640	194
H	H	H	0.76	608	184
H	H	L	0.69	552	167
H	L	H	0.68	544	165
H	L	L	0.63	504	153
M	H	H	0.30	240	73
M	H	L	0.54	432	131
Traditional harvest			0.034	27.20	8.24

키고 實驗을 實施하였으나 Table 5에 나타난 바와 같이 진폭과 진동수가 감소함에 따라 試作機의 작업속도는 저속 2단에서 0.30km/hr까지 감소하였고 저속 1단에서는 0.54km/hr까지로 감소되어 振動의 효과가 試作機의 作業速度에 커다란 영향을 미치는 것으로 分析되었다.

試作機의 作業能率は 진폭이 16mm의 경우 1시간당 640m² 이상이 되지만 試作機의 作動狀態分析에서 記述한 바와 같이 振動이 심해서 機械의 파괴 위험이 있고 損失率과 損傷率이 크기 때문에 實作業에는 이용하지 않는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 진폭이 8mm의 경우도 試作機의 進行이 정상적으로 이루어지지 않았으며, 損失量이 많기 때문에 實作業에는 채택하지 않는 것이 좋을 것으로 생각된다. 진폭이 12mm일때의 作業速度는 저속 1단에 비하여 저속 2단의 속도는 별로 빠르지 않았는데 이것은 저속 2단에서는 견인력을 감소시키기 위한 진동의 효과가 1단일 경우보다 적기 때문에 耕耘機의 바퀴가 미끄러움을 일으키기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 진폭이 12mm의 경우는 작업상태가 양호하여 감자의 선별능력이 뛰어나고 作業能率が 552m²/hr가 되는 振動數 9.67Hz, 作業速度는 저속 1단인 試作機의 作動이 바람직한 수준으로 評價되며 이러한 作動條件은 여러가지 조합의 作動條件 중에서도 가장 良好한 作動條件인 것으로 評價된다.

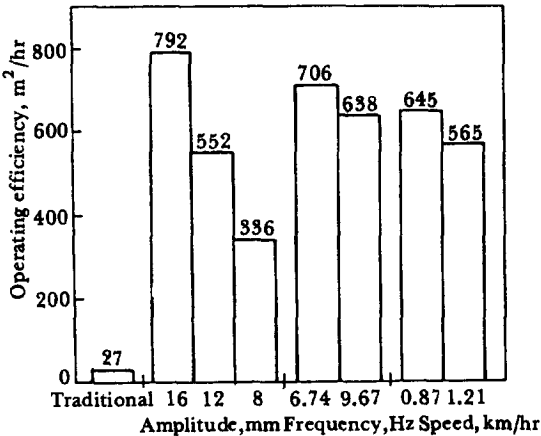


Fig. 4. Operating efficiency of the experimental digger compared to the efficiency of traditional harvesting method.

이 적정 作動條件에서의 시간당 作業能率は 554 m²/hr로서 慣行作業의 1인당 1시간당의 能率 27.20m²/hr보다 약 20배 정도의 作業能률을 가지는 것으로 分析되었다.

Fig. 4에는 試作機의 진폭별, 진동수별 및 작업속도별의 作業能률을 慣行作業의 作業能률과 비교하였다.

4. 結 論

본 연구에서는 감자 수확작업에 필요한 노동력 부족현상을 해소하고 감자의 생산비용을 절감시키고자 현재 우리나라의 농촌에 지배적으로 많이 보급되어 있는 주요 농업동력원인 동력경운기에 부착시켜서 감자의 굴착작업을 할 수 있는 감자수확기계를 개발하고자 하였다. 시작기는 4절 링크기구로서 편심캠을 이용하여 진동을 가함으로서 토양과 감자의 분리를 유도하였다. 굴취부의 진동수는 동력경운기의 동력취출 축으로 출력이 되는 경운변속기를 이용하였으며, 시작기의 진행속도는 동력경운기의 주행용 변속기를 이용하였다. 본 실험에서 채택한 진폭의 수준은 4 mm, 8 mm, 12mm, 및 16mm였으며, 진동수는 6.74 Hz 및 9.67 Hz, 진행속도는 0.87 km/hr 및 1.21 km/hr였다. 이상과 같은 조건으로 감자재배포장에서 시험을 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시작기의 작동상태는 진폭이 4mm일 경우는 진행이 불가능했고, 8mm일 경우는 진동수가 9.67 Hz일때만 수확작업이 가능했지만 손실이 많았다. 진폭이 16mm일 경우에는 시작기의 파괴를 우려할 정도로 진동이 과다하였으며, 진폭이 12mm일 경우에는 작동상태가 가장 양호하였다.
2. 시작기에 의한 감자의 수확 손실률은 진폭이 12mm일 경우 3.18%로서 가장 적었으며, 관행의 수확손실률 6.83% 수준에 비교했을때 시작기의 성능이 우수하였다. 진폭이 16 및 8mm일 경우의 손실률은 각각 4.51 및 6.15%로서 역시 관행의 손실률보다 적었다.
3. 수확시의 손상량은 시작기로 작업했을 경우 평균 0.5% 미만으로서 관행작업의 손상률 9.84%에 비하여 $\frac{1}{20}$ 정도로 작게 나타남으로 시작기에 의한 수확작업으로 생산된 감자의 품질을

원선 높일 수 있는 것으로 분석되었다.

4. 시작기의 진동에 의한 충격이 저장기간 동안의 손상으로 나타나는 저장손상량을 측정할 결과 진폭이 클수록, 진동수가 많을수록, 또 진행속도가 느릴수록 저장기간 동안의 손상률이 0.17%에서 4.46%로 증가하였으므로 진동이 감자 수확시 표면에 나타나지 않는 상처에 많은 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 그러나 과도한 저장손상은 진폭이 16mm 일 경우에 발생하였고, 12mm이하의 진폭에서는 1% 미만의 손상량을 나타내므로서 16mm 진폭으로는 작업을 하지 않는 것이 유리할 것으로 평가된다.
5. 시작기의 작업능률은 진폭과 진동수가 증가할수록 증가하며, 진폭이 8mm에서 16mm, 진동수가 6.74 Hz로서 9.67 Hz로 증가함에 따라 240 m²/hr에서 968m²/hr까지 증가하므로서 진폭 및 진동수의 효과는 작업능률에 커다란 영향을 미치는 것으로 분석되었다.
6. 시작기의 작동상태, 손실률, 손상률 등을 고려하였을 때의 적정 작동 조건은 진폭 12mm, 진동수 9.67Hz, 진행속도 0.69 km/hr으로 평가되며, 이때의 작업능률은 552 m²/hr로서 관행 작업시의 능률 27.2 m²/hr에 비하여 약 20배의 굴취능력을 갖는 것으로 평가되었다.

5. 參 考 文 獻

1. 농림수산부, 1986. 작물통계. P. 54
2. 농림수산부, 농업진흥공사, 1982. 농지확대개발사업, 개간편람. P. 322
3. 농업기계연감. 1988. 한국농업기계학회. P. 66
4. 조재영, 1982. 전작, 향문사. P. 413
5. Al-Jubouri, K. and P.B. McNulty. 1980. Vibratory potato digging. Proc. of the 5th

Int. Con. on the Mech. of Field Energy (IAMFE). Wageningen, Netherlands, pp.264-268.

6. ASAE Standard. 1985. ASAE S313.2. Soil cone penetrometer.
7. Brixius, W.W. and J.A. Weber. 1975. Soil failure characteristics for oscillating tillage tool and bulldozer blade models. Trans. of the ASAE, 18(4): 633-637.
8. Dubrovskii, A.A. 1956. Influence of vibrating the tools of cultivation implements upon draft resistance. NIAE Translation No. 51.
9. Dubrovskii, A.A. 1968. Vibration engineering in agriculture. Published for the USDA ARS and National Science Foundation, Washington D.C. by the Indian National Scientific Documentation Centre, New Delhi, TT 71-51036.
10. Hendrick, J.G., and W.F. Buchele. 1963. Tillage energy of a vibrating tillage tool. TRANSACTIONS of the ASAE 6(3): 213-216.
11. Johnson, C.E. and W.F. Buchele. 1969. Energy in clod size reduction of vibratory tillage. TRANSACTIONS of the ASAE 12(3): 371-374.
12. Konder, R.L., et al. 1958. Laboratory investigation on the vibratory cutting and penetration of soils (part 1). Waterway Experiment Station, Technical Report 5.
13. Panagiotopoulos, N. 1962. Investigation into the variation of cutting resistance of dozer blade under the effects of oscillation. 2nd Inter. Conf. of Inter. Soc. for Terrain-Vehicle System, pp.516-545.