

다목적 굴취기의 기구학적 설계[†]

Kinematic Design of A Multi-Purpose Digger

文學洙*
정회원
X. Z. Wen

姜和錫**
정회원
W. S. Kang

1. 서론

뿌리작물 가운데서 감자는 중요한 식량자원으로 사용되고 기타 뿌리작물에 비해 재배면적이 크기 때문에 뿌리작물 굴취기 중에서 주로 감자 굴취기에 관한 연구가 국내외에서 진행되었다. 강화석(1989) 등은 동력경운기 부착용 감자수확기를 개발하고 주요변수인 진폭, 진동수, 작업속도가 굴취성능에 미치는 영향을 연구하였고, 酒井憲司(1991) 등은 트랙터 부착용 감자굴취기를 개발하고 감자굴취기의 주요변수인 진동각, 굴취각, 진폭, 진동수, 작업속도가 굴취성능에 미치는 영향을 연구하였으며, 강화석(1993) 등은 트랙터부착용 감자수확기를 개발하고 진폭, 진동수, 작업속도, 속도비가 굴취성능에 미치는 영향을 작업능률, 손실률, 손상률로 평가하였다. Kang and Wright(1996)은 진동가속도와 중력가속도의 비율을, 매개변수 $K=A\omega^2/g$ 로 정의하고 굴취성능을 평가하는데 사용하였다.

뿌리작물의 굴취작업에 주로 전용 굴취기가 사용되고 있는데 그 주된 이유는 작물에 따라서 재배형식이나 재배작물의 물리적 특성이 서로 다르기 때문이다. 따라서 많은 투자로 구입한 기계가 어떤 특정한 작물에만 사용되고 다른 작물에는 사용될 수 없기 때문에 이용률이 비교적 낮다. 이런 이용률이 낮은 기계를 사는 농민의 입장에서 보나 이런 기계를 공급하는 기업의 입장에서 볼 때 감자뿐만 아니라 고구마, 마늘, 양파, 생강, 당근 등 거의 모든 뿌리작물의 수확에 이용할 수 있는 다목적 굴취기의 개발이 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 간단한 조작을 통하여 작물의 특성에 따라 진동방향을 조절 가능하게 함으로써 물리적 성질이 서로 다른 감자, 고구마, 마늘, 양파, 생강 등 거의 모든 뿌리작물의 수확에 이용할 수 있는 다목적 굴취기를 기구학적으로 설계하고자 하였다.

† 본 연구는 2001년도 농림기술관리센터의 연구비지원에 의하여 수행되었음.

* 강원대학교 대학원 농공학과

** 강원대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 문헌연구를 통하여 뿌리작물 굴취기의 성능에 영향을 미치는 진폭, 진동수, 작업속도 범위를 고찰하고 진폭, 진동수, 작업속도를 변화시킬 때 각각의 조합에 있어서 굴취판상의 특정한 점들의 운동궤적을 분석하고 이에 기초하여 굴취기의 설계변수와 작업에서의 설정변수를 결정하고자 하였다. 제작된 굴취기의 성능 즉 굴취기의 설계변수와 작업에서의 설정변수의 적정함은 포장실험을 통하여 굴취기의 수확손실률, 손상률, 작업능률 등을 고려하여 종합적으로 평가하게 된다.

궤적분석에 사용된 다목적 굴취기는 그림 1에 보인 것과 같은 6-bar linkage로서 앞부분은 토양의 절삭을 주로 하고 뒷부분은 뿌리작물에 따라 진동방향을 조절할 수 있는 mechanism을 사용하였다. 물성이 서로 다른 뿌리작물을 굴취할 때 작물에 따라 뒷부분(선별부)의 굴취판 운동을 상하, 좌우, 또는 중간형태의 것으로 조정할 수 있도록 설계하였다.

굴취판의 운동궤적을 분석하기 위하여 진폭은 3mm, 6mm, 9mm 3개 수준, 캠축의 회전속도는 512rpm, 635rpm, 841rpm, 995rpm 4개 수준, 트랙터의 작업속도는 1.08km/hr, 2.16km/hr, 3.24km/hr 3개 수준을 취하였다.

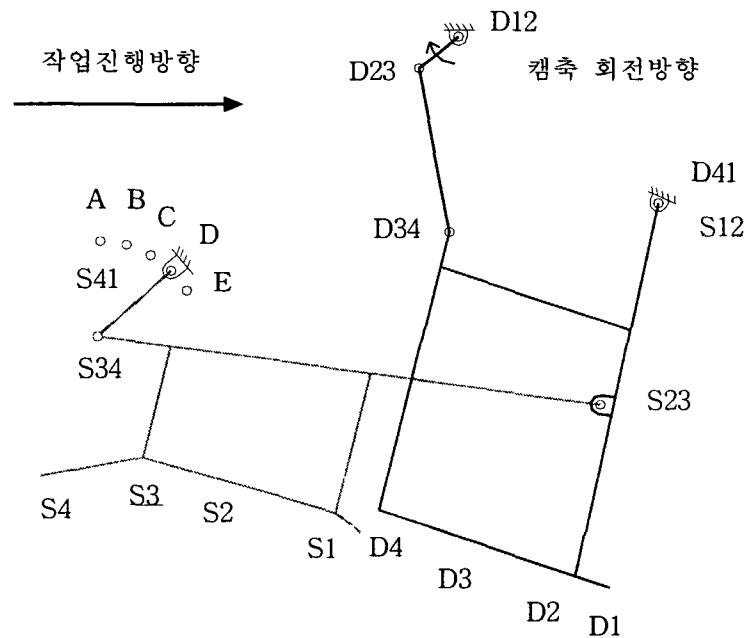


그림 1. 다목적 굴취기의 굴취부 및 진동방향조정 mechanism

3. 결과 및 고찰

가. 진폭, 캠 축의 회전속도, 트랙터의 작업속도에 따른 굴취판의 운동궤적

진동을 이용한 다목적 뿌리작물 굴취기의 작업성능을 분석하기 위하여 굴취기의 주요변수인 진폭, 캠축의 회전속도, 트랙터의 작업속도를 변화시키면서 각 조합에서 굴취판상의 특정한 점들의 운동궤적을 분석하고 설명의 편리를 위하여 3가지 형태의 궤적만을 그림 2, 그림 3, 그림 4에 나타내었다.

1) 진폭이 3mm일 때 작업위치 A, C, E에서의 궤적

진폭이 3mm일 때 캠축의 회전속도와 작업속도를 변화시키면서 각 조합에서의 굴취궤적을 분석한 결과 작업속도 1.08km/hr에서 캠축의 회전속도를 995rpm로 하였을 경우에만 굴취판 앞부분의 궤적이 작업의 진행에 따라 뒤로 이동하는 추세로 나타났고, 그 외의 경우에는 굴취판 앞부분의 궤적이 앞으로 이동하는 추세로 나타났다. 굴취판 뒷부분의 궤적은 작업위치와 캠축의 회전속도에 관계없이 모두 앞으로 이동하는 추세로 나타났기 때문에 작물과 토양이 잘 분리되지 않을 것으로 분석되었다(그림 2). 따라서 진폭이 3mm인 캠은 진동폭이 너무 작기 때문에 캠 축의 회전속도를 995rpm 이하로 할 경우에는 실제 굴취작업에 사용할 수 없을 것으로 판단된다.

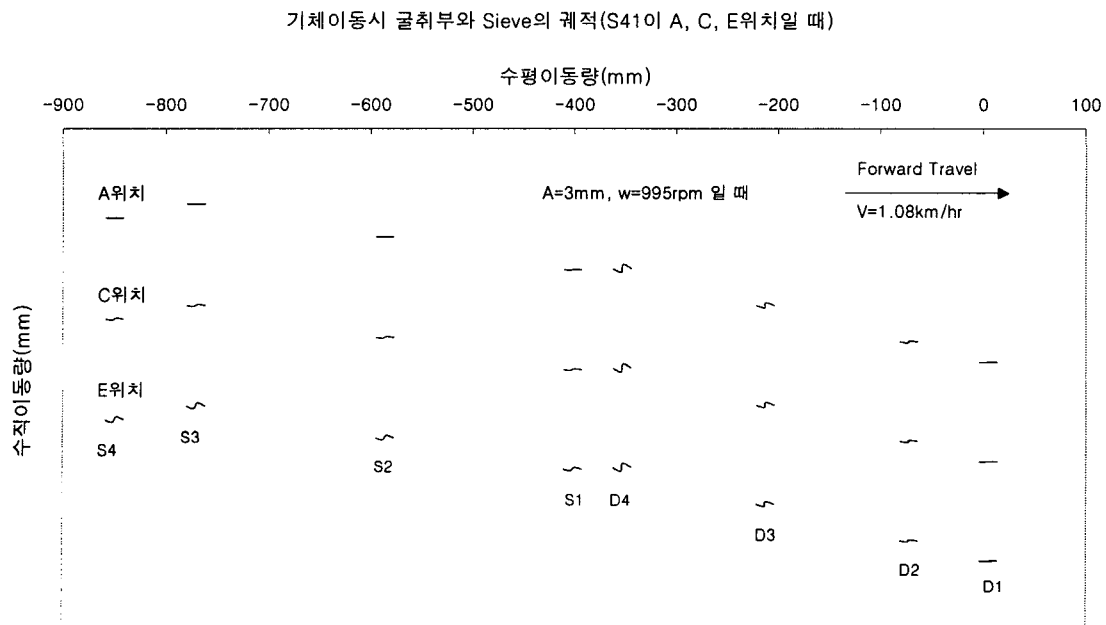


그림 2. 진폭 3mm, 캠 축의 회전속도 995rpm, 작업속도 1.08km/hr일 때의 굴취판의 궤적

2) 진폭이 6mm일 때 작업위치 A, C, E에서의 궤적

진폭이 6mm일 때 작업속도 1.08km/hr에서 캠축의 회전속도를 635rpm이하로 하였을 경우에는 굴취판 앞부분의 궤적은 뒤로 이동하는 추세로 나타났지만 작업위치에 관계없이 굴취판 뒷부분의 궤적은 모두 앞으로 이동하는 추세로 나타났기 때문에 굴취된 작물과 토양의 분리가 잘 이루어지지 않을 것으로 사료된다. 캠축의 회전속도를 증가시켜 841rpm이상 되게 하면 굴취판 앞부분의 D1, D2, D3, D4점과 뒷부분의 S1, S2, S3, S4점들에서의 궤적은 작업위치에 관계없이 모두 뒤로 이동하는 추세로 나타나므로 작물과 토양의 분리가 잘 이루어 질 것으로 사료된다.

작업속도가 2.16km/hr일 때 캠축의 회전속도가 635rpm이하인 경우에는 굴취판 앞부분의 특정한 점들의 궤적이 모두 앞으로 이동하는 추세로 나타났지만, 캠축의 회전속도를 841rpm으로 증가하면 굴취판 앞부분의 D1, D2점에서의 궤적은 뒤로 이동하는 추세로 나타났고, 캠축의 회전속도를 995rpm으로 증가하면 굴취판 앞부분의 특정한 점 D1, D2, D3, D4에서의 궤적은 모두 뒤로 이동하는 추세로 나타났다. 하지만 작업속도 2.16km/hr에서 작업할 때 굴취판 뒷부분의 궤적은 작업위치나 캠축의 회전속도에 관계없이 모두 앞으로 이동하는 추세로 나타났다. 따라서, 진폭이 6mm인 경우 캠축의 회전속도를 995rpm이하로 작업할 때에는 1.08km/hr이상의 작업속도는 기대하기 어려울 것으로 사료된다.

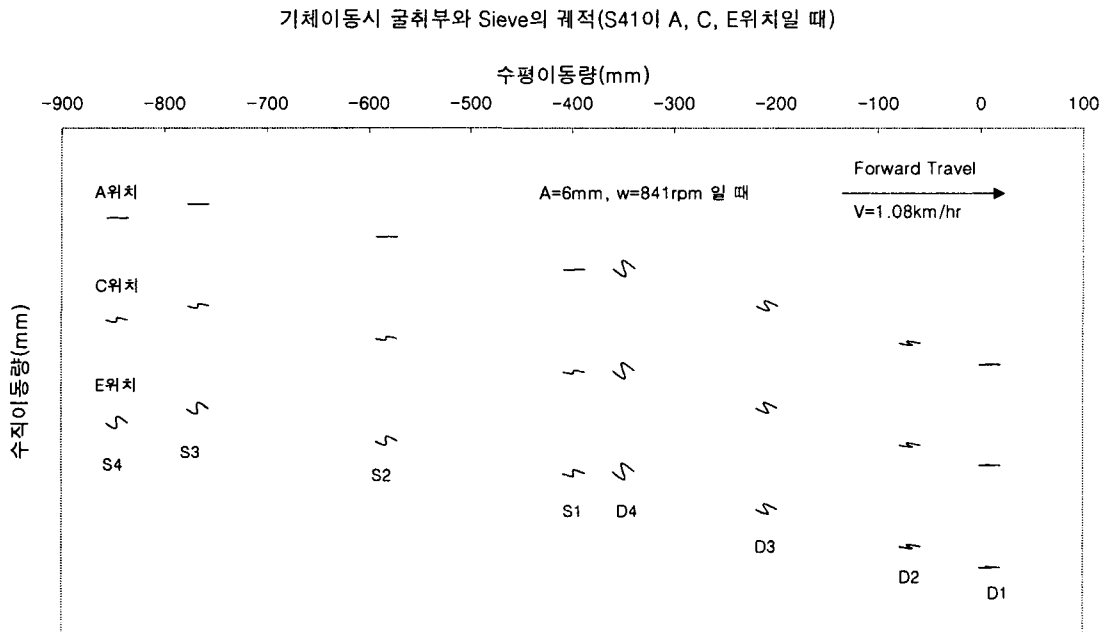


그림 3. 진폭 6mm, 캠 축의 회전속도 841rpm, 작업속도 1.08km/hr일 때의 굴취판의 궤적

3) 진폭이 9mm일 때 작업위치 A, C, E에서의 궤적

진폭이 9mm일 때 작업속도가 1.08km/hr인 경우에는 작업위치나 캠 축의 회전속도에 관계 없이 굴취판의 앞부분과 뒷부분의 모든 점들에서 궤적이 뒤로 이동하는 추세로 나타났으므로 굴취된 작물과 토양의 분리가 잘 이루어질 것으로 사료된다.

작업속도가 2.16km/hr일 때에는 캠 축의 회전속도가 635rpm 이하인 경우 굴취판 앞부분의 D4점의 궤적이 앞으로 이동하는 추세로 나타났기 때문에 굴취작업이 불가능할 것으로 사료된다. 캠축의 회전속도를 841rpm으로 증가할 경우에는 굴취판 앞부분의 궤적은 모두 뒤로 이동하는 추세로 나타났으나 굴취판 뒷부분의 궤적이 앞으로 이동하는 추세로 나타났기 때문에 작물과 토양의 분리가 잘 이루어지지 않을 것으로 사료된다. 캠축의 회전속도가 995rpm인 경우에는 굴취판상의 특정한 점들에서의 궤적이 모두 뒤로 이동하는 추세로 나타났기 때문에 굴취작업이 잘 이루어질 것으로 사료된다.

작업속도가 3.24km/hr일 때 작업위치와 캠축의 회전속도에 관계없이 굴취판 뒷부분의 궤적은 모두 앞으로 이동하는 추세로 나타났기 때문에 작물과 토양의 분리가 불가능할 것으로 사료된다.

따라서, 진폭이 9mm일 때 캠축의 회전속도 512, 635, 841, 995rpm 모두에서 작업이 가능한 작업속도는 1.08km/hr이고, 1.08km/hr 보다 큰 작업속도에서 작업하려면 진폭을 9mm 이상 취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

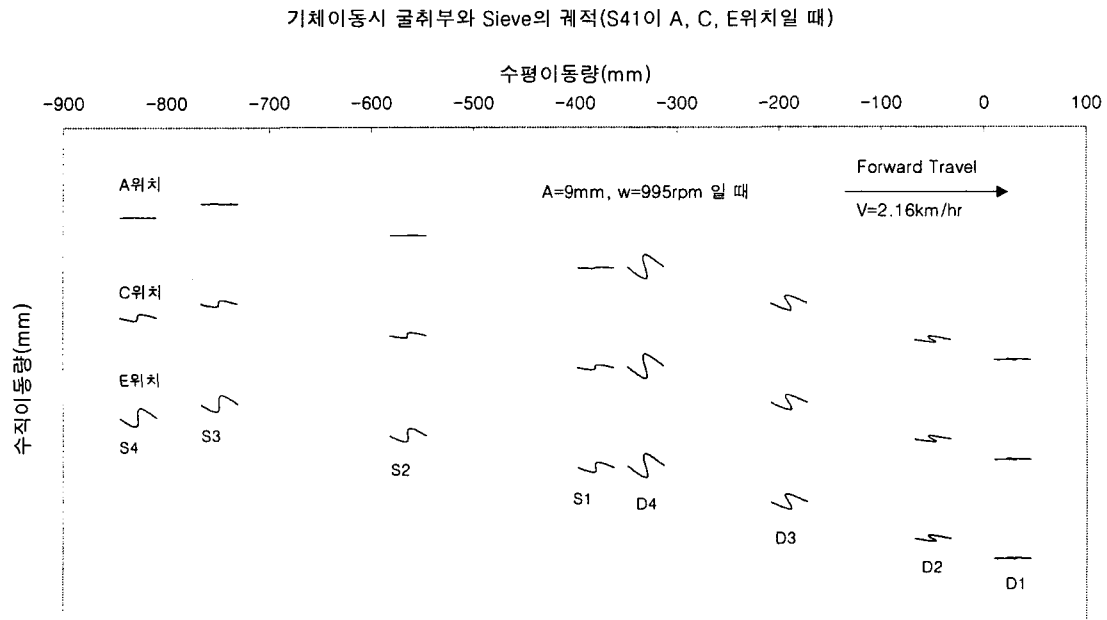


그림 4. 진폭 9mm, 캠 축의 회전속도 995rpm, 작업속도 2.16km/hr일 때의 굴취판의 궤적

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 간단한 조작을 통하여 작물의 특성에 따라 진동방향을 조절 가능하게 함으로써 물리적 성질이 서로 다른 감자, 고구마, 마늘, 양파, 생강 등 거의 모든 뿌리작물의 수확에 이용할 수 있는 다목적 굴취기를 기구학적으로 설계하고, 뿌리작물 굴취기의 성능에 영향을 미치는 진폭, 진동수, 작업속도를 변화시킬 때 각각의 조합에 있어서 굴취판상의 특정한 점들의 운동궤적을 분석하고 이에 기초하여 굴취기의 설계변수와 작업에서의 설정변수를 결정하고자 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 작업위치에 따라 굴취판 뒷부분(선별부)의 진동방향 조절이 가능하기 때문에 진동방향을 조절하면 물리적 성질이 서로 다른 감자, 고구마, 마늘, 양파 등 거의 모든 뿌리작물의 수확에 이용할 수 있을 것으로 사료된다.
- 2) 굴취판의 케적분석결과 진폭이 3mm일 때에는 캠 축의 회전속도와 작업속도에 관계없이 굴취작업이 불가능할 것으로 판단되었다. 진폭이 6mm일 때에는 작업속도 1.08km/hr에서 캠 축의 회전속도가 841rpm 이상이면 굴취작업이 가능할 것으로 판단되었고, 작업속도 2.16km/hr 이상에는 굴취작업이 불가능할 것으로 판단되었다. 진폭이 9mm일 때에는 작업속도 1.08km/hr에서 작업할 때 사용한 캠축의 회전속도에 관계없이 굴취작업이 모두 잘 이루어질 것으로 판단되었고, 작업속도 2.16km/hr에서는 캠축의 회전속도가 995rpm 일 경우에만 굴취작업이 가능할 것으로 판단되었으며, 작업속도 3.24km/hr에서는 작업위치나 캠축의 회전속도에 관계없이 모두 굴취작업이 불가능한 것으로 사료된다.
- 3) 작업속도를 1.08km/hr 이상으로 하려면 소요동력의 관점에서 볼 때 진폭은 크게하고 진동수는 작게 하는 것이 유리하기 때문에 진폭을 9mm 이상 취하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- 1) 姜化錫, 金相憲, 咸泳昌. 1989. 振動을 利用한 감자收穫機의 開發. 한국농업기계학회지 14(1): 16~23.
- 2) 酒井 憲司, 南部 悟, 端 俊一, 高井宗, 陣川雅樹. 1991. 實驗的手法による振動式ポテトディガ設計パラメータ適正值の検討. 日本農業機械學會誌 53(5): 93~98.
- 3) 姜化錫, 辛英範, 金相憲, 咸泳昌. 1993. 트랙터용 감자收穫機의 開發. 한국농업기계학회지 18(1): 21~29.
- 4) Kang, W.S. and M.E. Wright. 1996. Design and performance parameters of vibrating potato diggers. SAE Paper No. 961777