

과채류 수확을 위한 엔드이펙터 개발

Development of an End-Effector for Fruit-Vegetables Harvest

이대원 · 민병로
성균관대학교

Dae-Weon Lee, Byeong-Ro Min
Sungkyunkwan University

1. 서론

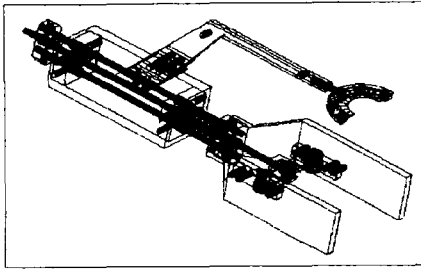
과채류 수확작업은 어렵고 힘든 지루한 작업이 반복적으로 수행된다. 지상(地上) 1m내외에서 결과(結果)하는 과채류의 경우 수확중 많은 노동력을 필요로 한다. 특히 오이의 수확은 연속된 단순 반복 작업으로 작업인의 피로도가 매우 높다. 또한 농산물 수입개방으로 값싼 외국산 농산물이 대량 유입되고 있는 실정으로 농산물의 생산비 절감을 통한 대외 경쟁력을 갖추기 위해서는 과채류 수확에 있어서 로봇을 이용한 수확기 개발이 필요한 실정이다. 그러므로 로봇 수확기의 개발에 있어서 가장 중요한 요소중 하나인 엔드이펙터 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 세가지 형태의 엔드이펙터를 설계 제작하였으며, 개발된 엔드이펙터의 성능평가 실험을 통하여 비교분석 하였다.

2. 재료 및 방법

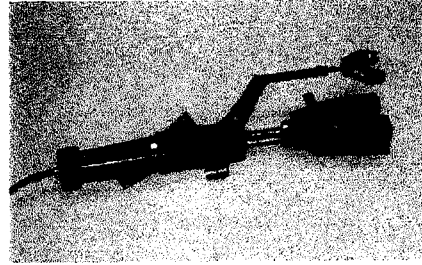
(1) 엔드이펙터 개발

수확작업을 수행하는데는 엔드이펙터의 성능이 매우 중요하므로 다음과 같은 설계기준을 두고 개발하였다. 첫째, 좁은 작업공간상에서 원활하게 움직이기 위하여 엔드이펙터가 경량이어야 하고, 둘째, 오이의 과병의 파지 및 절단 작업을 할 때 오이에 대해서 상해를 주지 않도록 하여야 한다. 셋째, 하우스 상에서의 작업은 습도가 높으므로 내부식성의 재료를 사용하여야 하고, 넷째, 고장으로 인한 수리 및 청소를 위해 구조가 간단하고, 작업중 변형이 없어야 한다.

설계는 3차원설계 프로그램인 3dsmax를 이용하여 외날 엔드이펙터, 쌍날 엔드이펙터, 세날 엔드이펙터를 개발하였다. 3가지 형태는 엔드이펙터의 날의 수를 기준으로하여 설계하였고, 실험실에 있는 CAM과 CNC를 이용하여 제작하였다. Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3은 설계 제작된 엔드이펙터를 나타내며, (a)는 설계도이며 (b)는 제작된 엔드이펙터의 사진이다.

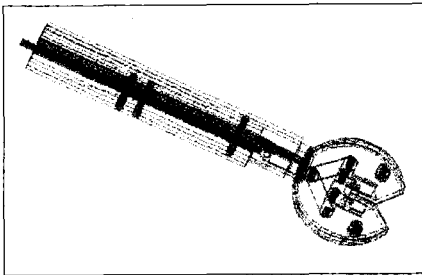


(a)

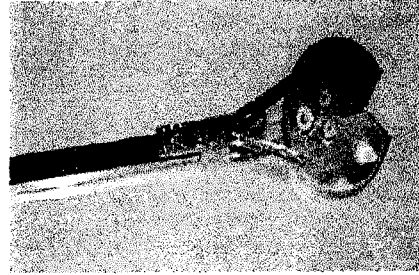


(b)

Fig. 1 외날 엔드이펙터

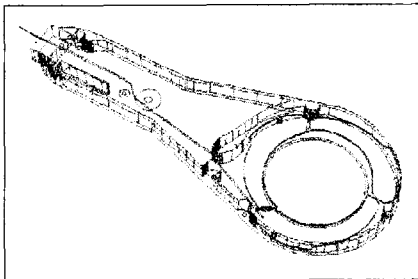


(a)

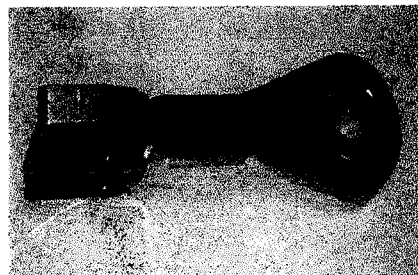


(b)

Fig. 2 쌍날 엔드이펙터



(a)



(b)

Fig. 3 세날 엔드이펙터

(2) 실험재료 및 장치

과채류 과병의 절단정도를 알기 위하여 오이를 실험재료로 사용하였다. 본 실험에 사용된 오이는 시장에서 판매하는 은성백다다기(가, 나, 다)와 청장계오이(라, 마, 바)의 두 품종을 사용하였다. Fig. 4는 두 품종의 과병지름을 기준으로 실험에 사용된 오이(가: 5.5mm이상, 나: 4.5~5.5mm, 다: 4.5mm이하, 라: 5.5mm이상, 마: 4.5~5.5mm, 바: 4.5mm이하)의 모습이다. Fig. 5는 성능 평가를 위해 제작된 실험장치이다. 이 실험장치는 가로 세로가 20×20mm인 정사각형 프로파일을 이용하여 장축 1100mm, 단축 420mm, 밀판 장축 800mm, 단축 600mm로 제작하였다. 단축 끝에 클립으로 오이를 매단 후 오이의 절단 실험을 수행하였다.

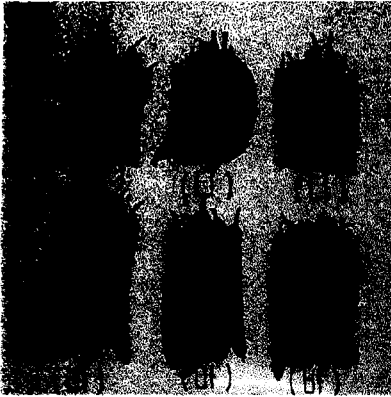


Fig. 4 실험에 사용된 오이

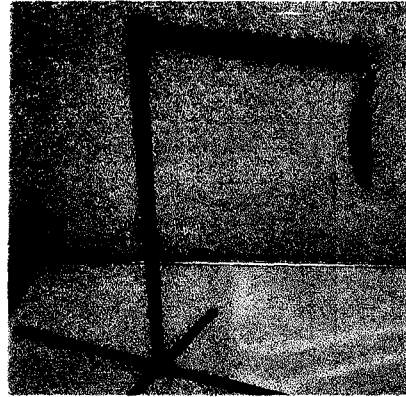


Fig. 5 실험장치

(3) 실험방법 및 분석

과병의 지름을 측정한 결과는 은성백다다기와 청장계 품종의 경우 평균지름이 각각 4.54mm와 5.51mm로 나타났다. Table. 1은 2가지 품종에 대해서 3가지 형태의 엔드이펙터를 이용하여 3가지 수준 (과병의 지름이 4.5~5.5mm, 5.5mm이상, 4.5mm이하)에 대해서 실험하였다.

Table. 1 실험설계

품종 형태	과병지름	은성백다다기 :1			청장계 :2		
		5.5mm 이상:1	4.5~5.5 mm:2	4.5mm 이하:3	5.5mm 이상:1	4.5~5.5 mm:2	4.5mm 이하:3
외날 엔드이펙터 :A		1-1-A	1-2-A	1-3-A	2-1-A	2-2-A	2-3-A
쌍날 엔드이펙터 :B		1-1-B	1-2-B	1-3-B	2-1-B	2-2-B	2-3-B
새날 엔드이펙터 :C		1-1-C	1-2-C	1-3-C	2-1-C	2-2-C	2-3-C

작업성능은 2종류의 오이에 대해 과병지름을 기준으로 3수준(5.5mm이상, 4.5~5.5mm, 4.5mm이하)으로 구분하여 3가지 형태의 엔드이펙터로 각 실험구마다 10개 총 180개의 오이를 사용하여 절단율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 엔드이펙터의 성능분석

오이수확기의 엔드이펙터 개발을 위한 실험에서는 엔드이펙터의 날의 수에 따라 은성백다다기와 청장계의 2품종에 대하여 과병지름의 3수준에 대하여 실험을 하였다. Table. 2와 같이 은성백다다기와 청장계 오이의 평균 절단율은 각각 80.0%, 82.2%로 나타났다.

Table. 2 엔드이펙터의 오이 과병 절단율

(unit : %)

품종 형태	과병지름	은성백다다기 :1			청장계 :2		
		5.5mm 이상:1	4.5~5.5 mm:2	4.5mm 이하:3	5.5mm 이상:1	4.5~5.5 mm:2	4.5mm 이하:3
외날 엔드이펙터 :A		70	70	50	70	60	50
쌍날 엔드이펙터 :B		90	100	90	100	90	100
세날 엔드이펙터 :C		80	90	80	100	90	80

Fig. 6에서 B와 C는 오이과병의 지름에 관계없이 높은 절단율을 보인 반면 A는 절단율이 낮게 나타났다. 은성백다다기와 청장계 오이의 평균 지름은 33.3mm, 33.2mm로 나타났으며 Table. 1의 실험설계에서 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 2-3의 경우 평균 36.6mm, 33.4mm, 29.9mm, 35.6mm, 33.4mm, 30.5mm로 측정되었다.

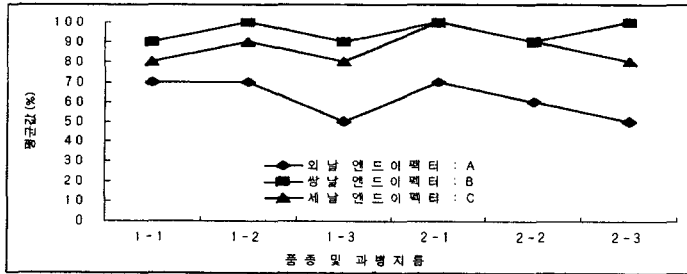


Fig. 6 오이 과병 절단특성

(2) 엔드이펙터의 성능 비교

절단율은 Fig. 7의 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 2-3에서 각각 80%, 86.7%, 73.3%, 90%, 80%, 76.7%로 나타났다. 1-3과 2-3의 경우 절단율이 낮게 나타난 이유는 A의 경우 과병의 지름이 29mm이하에서는 절단율이 낮게 측정되었다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 외날 엔드이펙터(A), 쌍날 엔드이펙터(B), 세날 엔드이펙터(C)의 절단율은 61.7%, 95%, 86.7%이다. 이는 B의 절단율의 작업성능이 가장 좋다는 것을 의미한다. A의 경우는 절단시 엔드이펙터에 과병이 미끄러져서 절단율이 더욱 낮게 났다.

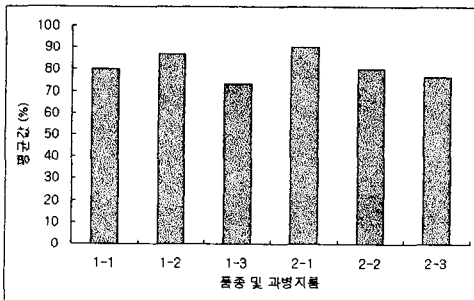


Fig. 7 품종 및 과병지름에 따른 절단율

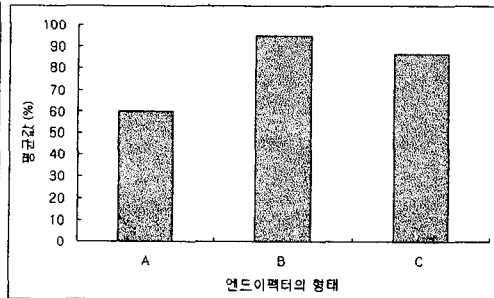


Fig. 8 엔드이펙터의 형태에 따른 절단율

4. 요약 및 결론

엔드이펙터는 오이 수확로봇을 개발하는데 있어서 가장 중요한 요소 중에 하나이다. 엔드이펙터의 개발은 3가지 형태를 설계 제작하였고, 성능을 평가하기 위해 실험실내에서 절단율을 측정하여 결과를 비교 분석하였다. 은성백다다기와 청장계의 2가지 오이품종에 대해 낱의 수를 1~3개의 엔드이펙터를 개발하여 비교 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 엔드이펙터의 절단율은 낱의 수를 1, 2, 3개로 했을 경우 61.7%, 95%, 86.7%로 나타났다.
2. 엔드이펙터의 낱의 수가 2, 3개의 경우에는 오이과병의 지름과는 무관하게 나타났다으나, 낱의 수가 1개인 경우에는 파지부분의 지름이 29mm이하에서 61.7%로 낮게 나타났다.
3. 엔드이펙터 낱의 수가 3개인 경우에는 오이를 수확하는데 시간적인 면에서 적합하지 않지만, 포도, 사과, 토마토 등의 형태를 가지고 있는 농산물 수확에 적합 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) Hoy, Roger Michael, A Unique Hollow Finger Gripper Designed for Agricultural Robots, M.S. Thesis, Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC. p.12 ~ p.40, 1986
- (2) Hwang, H., F. E. Sistler. 1985. The implementation of a robotic machine. ASAE and SME, Proceedings of the Agri-Mation I Conference & Exposition. 173~182
- (3) Lee, Dae-weon. 1990. A robotic and vision system for locating and transferring container grown tobacco seedlings. Ph. D. Thesis, Department biological and agricultural engineering, North Carolina state university, Rleigh, NC.
- (5) 농촌진흥청. 1989. 원예작물 생산과 연구의 국내외 동향. 농촌진흥청 원예실험장
- (6) 이대원 외. 1998. 오이수확기 개발을 위한 잎제거가 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회 7(1):45~53