감수확용 차량 및 머니퓰레이터 개발(I)+
-시작기 설계-
Development of a Vehicle and a Manipulator for Persimmon Harvesting(I)
-Prototype Design-

이종호* 박승제* 김철수* 김명호* 김성민*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
JH Lee SJ Park CS Kim MH Kim SM Kim

1. 서 론

감은 아열대와 온대에 걸쳐 자생되거나 재배되는 다년생 식물의 열매로서 남한의 전역에서 생산되고 있다. 감은 수확 당시 과육이 단단하고 당도가 높은 단감과 맛이 떫어 직접 먹을 수 없는 떫은감으로 구분된다. 감은 인력 수확에 의존하고 있으나 감나무의 70% 이상이 산간지에 식재되어 있어 수확작업을 하기에 어렵다. 또한 감나무는 다른 과수와 달리 가지가 약하여 쉽게 꺾이기 때문에 나무에 올라갈 수 없고, 밤과 대추와 같이 흔들거나 장대 등으로 쉽게 떨어뜨릴 수도 없으며 특히 감꼭지의 길이가 매우 짧아 가위로 수확하는데도 여간 힘드는 것이 아니어서 인력작업시 작업능율이 매우 낮다. 또한 높은 위치에 있는 감을 사다리와 같은 불안정한 장치를 이용하여 수확하기 때문에 낙상의 우려가 있고 작업자세도 매우 나쁘다.

우리 나라에서 감은 재배면적으로 볼 때 두 번째로서 주요 과수의 하나로 확실히 자리잡고 있다. 감은 주로 경사지에 재배되며 농작업의 대부분이 인력에 의존하거나 부분적으로 동력을 이용하는 수준에 머물러 있다. 단감은 주로 과수 전업농에 의해 재배되고 있으며 고소득원으로서 대부분 수출용으로 재배되고 있다. 단감 품종이나 재배 기술이 가장 발달한 나라는 일본이며 다른 농산물과 유사하게 일본으로부터 기술 수입이 많은 과일이다. 최근에 단감의 재배 면적이 급증하고 수출이 상대적으로 줄어들면서 단감의 가격이 급락하는 상황이 전개되고 있다. 이것은 다른 농작물이나 마찬가지로 단감도 농산물 수입 개방의 영향을 받고 있으며, 감 재배면적이 크게 증가한데 비하여 농촌노임이 비싸기 때문에 현재와 같은 재배기술과 기계화 수준으로는 앞으로 국제 경쟁력은 더욱 떨어질 수밖에 없다는 것을 나타내는 것이다. 국제적인 경쟁에서 살아 남는 길은 단감의 고품질화와 함께 생산비를 줄일 수 있는 기계화를 이루어야만 가능할 수 있다.

본 연구의 목적은 단감 주산단지에서 이용 가능하도록 경사 15도 정도를 자동으로 수평제어하고 1m 정도의 고도를 조절할 수 있는 감수확용 차량 및 작업자의 손이 미치지 않는 감을 채과하기 위한 수확용 보조기구인 머니퓰레이터 설계, 개발이다.

2. 감수확용 차량 및 머니퓰레이터의 개념 설정

우리 나라 감과수원은 경사도가 크고 포장조건이 매우 열악하다. 감나무의 전지, 감 수확 등 작업은 반드시 고가작업을 해야 하므로 작업기가 전복될 위험성도 크다. 그리고 감·수확 전지 등 작업은 그 작업위치의 높이도 일정하지 않으므로 작업시 작업대의 높이를 수시로 변화하여야 한다. 현재 감나무 포장은 조간거리와 주간거리가 작고 주간 수관직경과 조간

+ 농림기술개발 연구비 지원에 의하여 수행되었슴.
* 전북대학교 농과대학 생물자원시스템공학부 생물자원기계공학부 (농업과학기술연구소)

수관직경이 크므로 조향이 어렵다. 이러한 감나무포장에서 전지, 수확 및 포장에서의 운반 등의 작업에도 적용할 수 있는 수평유지제어가 가능하고 작업대의 고도조절도 가능한 작업차량에 요구되는 부가 기능은 다음과 같다.

a. 차대가 다목적으로 이용할 수 있어야 한다.
b. 주행에서 작업으로 전환이 빨라야 한다.
c. 수직이동 수평면 상에서 이동이 자유로워야 한다.
d. 작업대에서 동력작업을 수행할 수 있어야 한다.
e. 작업자의 안전을 최대로 고려해야 한다.

2.1 차체

감나무 식재 및 수형 특성조사에 의하면 감나무 평균조간거리는 505 cm 이고 평균주간거리는 315 cm 이며 평균 조간방향 수관직경은 440 cm 이고 평균 주간방향 수관직경은 372 cm였다. 이러한 포장에서 작업하는 작업기의 전폭은 약 100 cm, 전장은 200 cm 정도로 선택하였다. 평균수고는 444 cm 인데 수확 머니퓰레이터를 이용하여 수확작업을 할 수 있으므로 작업대의 최고높이는 200 cm로 선택하였다. 그리고 감이 열리는 위치도 그 고도가 일정하지 않으므로 작업대의 고도를 수시로 조절할 수 있어야 한다. 작업대의 고도조절장치는 연결조인트, 연결대와 2단 X형 프레임으로 구성되었다. 연결대 위의 2단 X형 프레임에 작업대를 부착하여 작업대의 고도제어가 가능하게 하였다. 연결대와 작업대 사이에 1개의 유압실린더를 설치하여 고도를 제어하였다. 감 수확작업은 경사지에서 고가작업을 수행하므로 작업차가 그 어떤 기계보다 전복될 위험이 크다. 그러므로 작업대의 전복에 대한 저항성을 증대하기 위하여 전진방향과 횡 방향 경사에 대하여 수평유지제어를 적용하였다. 작업대의 수평유지는 연결대를 연결조인트로 하체에 부착하여 연결대의 수평제어가 원활하게 될 수 있도록 하였다. 연결조인트는 2개의 서로 교차된 축을 각각 주행장치와 연결대에 연결하는 구조인데 2개의 서로 교차된 축을 이용하여 연결대가 전후 좌우로 기울 수 있도록 하는 장치이다. 수평유지제어 장치로는 2개의 유압실린더를 사용하였다. 작업대에는 운전석과 조작장치를 부착시켜 별도의 운전자가 없이도 주행과 작업을 할 수 있도록 하였다.

2.2 주행장치

본 작업차량이 작업하는 감과수원 포장은 경사도가 크고 포장지면이 고르지 않으며 작업기의 작업에 필요한 이동공간이 제한되어 있다. 이러한 포장에서 작업하는 작업기는 주행장치의 추진력이 커야하고 조향 반경이 작아야 한다. 본 연구에서는 주행장치로 고무재질의 무한궤도를 선택하였다. 구동동력 장치는 2개의 유압모터를 사용하였고 조향방식은 1개 구동륜 동력차단 방식과 2개 구동륜을 서로 반대방향으로 구동하는 2가지 방식을 채택하였다. 작업기가 일반주행을 할 때에는 1개 구동륜 동력차단식 조향방식으로 조향할 수 있고 좁은 공간에서 조향할 때와 조향 저항이 큰 지면에서는 2개 구동륜이 서로 반대방향으로 구동하는 방식을 채택하여 최소의 회전반경으로 차체를 360° 회전시킬 수 있다.

2.3 동력원

동력원은 필요한 동력을 제공할 수 있는 범위 내에서 기체 크기를 작게 할수록 좋다. 분석한 결과 필요한 소요 동력은 약 12-14 hp 인데 디젤엔진은 작은 규모에 적합한 것이 없고 또한 크기가 커 동력원으로는 16 hp 소형 가솔린 엔진을 사용하는 것이 더욱 경제적이라고 판단되었다.

2.4 동력전달장치

작업차량은 가능한 소형이어야 하므로 기구가 크고 구조가 복잡한 동력전달장치를 적용하기 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 구조가 간단하고 소요 공간이 작으며 쉽게 동력전달 목적을 실현할 수 있는 유압식 동력전달장치를 적용하였다.

2.5 수평제어시스템

수평유지제어 시스템은 유압시스템과 전자시스템을 결합하여 이루었다. 이것은 작업대, 경사감지장치, 전자제어 시스템, 유압제어 시스템, 수평제어 실린더로 구성되어 있다. 경사감지센서를 작업대에 부착하여 작업대의 경사를 감지하도록 하였고 여기서 감지한 정보를 전자제어 시스템에 전달하게 하였다. 전자제어 시스템은 이 신호를 분석 처리한 후 유압제어 시스템의 제어밸브를 작동시킨다. 유압제어 밸브의 제어에 따라 각 수평제어 실린더가 작동하여 작업대의 수평을 유지한다. 이렇게 경사 감지센서, 전자제어 시스템, 유압제어시스템, 수평유지제어 실린더와 작업대가 하나의 사이클을 이루어 수평유지 자동제어가 진행된다.

2.6 유압 시스템

유압시스템은 차량의 구동원으로 쓰일 뿐 아니라 작업대의 수평 경사 유지에도 사용된다. 차량 구동시 수평제어가 자동으로 이루어지므로 수평제어로 인한 구동력의 감소가 최소화하도록 하였다.

2.7 머니퓰레이터

표 1은 경남 진영 지역의 단감 과수원에서 수령 26년의 단감 과수 10 그루를 표본 조사하여 분석한 수형과 결과 특성을 나타낸 표이다. 표에서 보면 제일 높은 위치에 있는 단감 과일은 평균 지상에서 약 3 - 3.7 m 높이에 있다. 이것과 수확 작업자의 평균 신장을 고려하면 개략적으로 머니퓰레이터의 길이는 약 1.5 - 2.0 m 가 적당할 것으로 판단된다. 너무 길면 무겁고 조정이 불편할 것이다. 가벼운 재질과 가능한 간단한 기구학적 기능을 가지면서 필요한 강도와 기능을 가지게 하여야 한다. 필요한 기능은 편리하게 과일을 파지하고 결과지로부터 과일을 분리시킬 수 있어야 한다. 본 연구에서 고려한 머니퓰레이터의 수확원리는 감을 파지하면서 수확하는 것으로 과일을 회전시켜 꼭지를 가지로부터 분리시키는 방법을 선택하였다.

표 1 단감 과수의 수형 및 결과 특성

항 목	수 고	수관직경	최저 분지고	최저 과일 높이	최고 과일 높이
평균(m)	4.15	5.3	0.39	0.37	3.35
표준편차	0.45	0.73	0.13	0.21	0.25

3. 시작기의 설계

3.1 차체

차량의 총 중량은 927 kg으로 경량화 하였으며 전장은 210 cm, 전폭은 114 cm, 그리고 전고는 최대 270 cm 그리고 최저 160 cm로 하였다. 그림 1은 개발된 감수확용 차량의 주요 부위의 명칭을 나타낸 것이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 작업대의 고도조절 장치는 연결조인트, 연결대와 2단 X형 프레임으로 구성되었다. 연결대 위의 2단 X형 프레임에 작업대를 부착하여 작업대의 고도제어가 가능하게 하였다. 연결대와 작업대 사이에 1개의 유압실린더를 설치하여 고도제어를 하였다. 작업대의 최고 높이는 2 m, 상승 높이는 1 m로 하였다. 작업기의 내리막 주행시 갑작스런 정지에 의해 생길 수 있는 작업기의 전도를 방지하고자 작업기의 무게 중심을 후면으로 이동하기 위해 엔진 및 주행 유압 모터를 작업기의 후면에 배치하였다. 작업대의 수평유지는 연결대를 연결조인트로 하체에 부착하여 연결대의 수평제어가 원활하게 될 수 있도록 하였다. 연결조인트는 2개의 서로 교차된 축을 각각 주행장치와 연결대에 연결하는 구조인데 2개의 서로 교차된 축을 이용하여 연결대가 전후 좌우로 기

울 수 있도록 하는 장치이다. 이 장치는 구조가 간단하고 그 작용이 정확하다. 수평유지제어 장치로는 2개의 유압실린더를 사용하였다. 작업대에는 운전석과 조작장치를 설치하여 별도의 운전자가 없이도 주행과 수확 작업을 할 수 있도록 하였다.

3.2 주행장치

본 작업차량이 작업하는 감과수원 포장은 경사도가 크고 지면이 고르지 않으며 작업기의 작업에 필요한 이동공간이 충분치 않다. 이러한 포장에서 작업하는 작업기는 주행장치의 추진력이 커야하고 선회 반경이 작아야 한다. 본 연구에서는 주행장치로 고무재질의 무한궤도를 선택하였다. 구동동력 장치는 2개의 유압모터를 사용하였고 조향방식은 1개 구동륜 동력차단 방식과 2개 구동륜을 서로 반대방향으로 구동하는 2가지 방식을 채택하였다. 작업기가 일반주행을 할 때에는 1개 구동륜 동력차단식 조향방식으로 조향할 수 있고 좁은 공간에서 조향할 때와 조향 저항이 큰 지면에서는 2개 구동륜 서로 반대방향으로 구동하는 방식으로 최소의 회전반경으로 차체를 360° 회전시킬 수 있다. 주행모터는 총 용량이 291 cm^3/rev, 정격압력이 160 kg_f/cm^2, 출력토크가 598 N · m, 정격속도는 30 rpm인 K-G08를 사용하였고 주행펌프로는 용량이 6.10 cc/rev, 사용압력이 248 kg_f/cm^2인 code-061 펌프를 사용하였다.

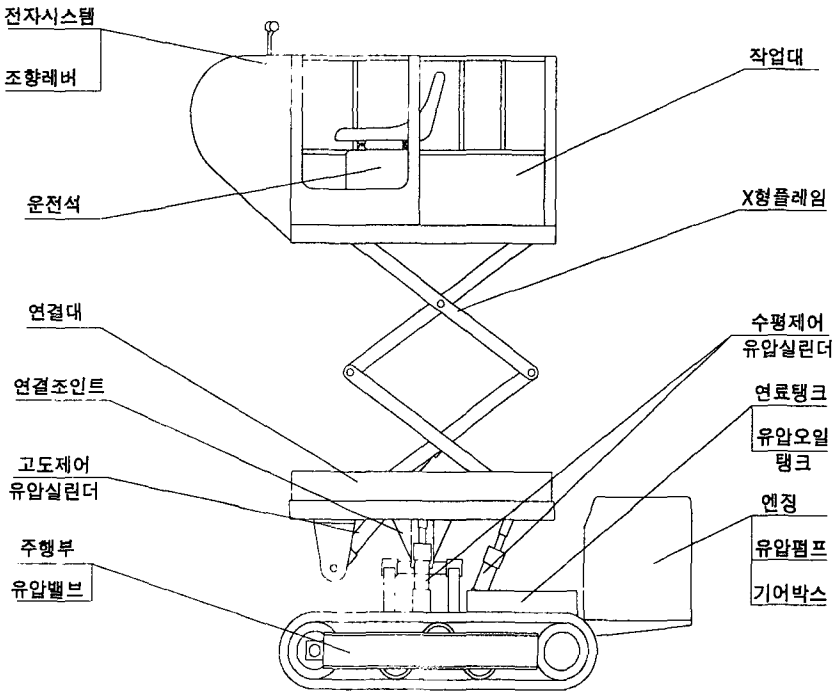

그림 1. 감수확용 차량의 세부 명칭도

3.3 동력원

동력원은 필요한 동력을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 기체의 크기에 미치는 영향이 작을수록 좋다. 소요 동력은 약 12-14 hp으로 분석되었나 구입이 여의치 않았고 디젤엔진은 이 규모에 적합한 것이 없고 디젤 19 ps이 있으나 약간 크게 판단되었기에 동력원으로는 16 hp 소형 가솔린 엔진을 사용하였다.

3.4 동력전달장치

작업차량은 가능한 소형이어야 하므로 기구가 크고 구조가 복잡한 동력전달장치를 적용하기 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 구조가 간단하고 소요 공간이 작으며 쉽게 동력전달 목적을 실현할 수 있는 유압식 동력전달장치를 채택하였다.

3.5 수평제어시스템

수평유지제어 시스템은 유압시스템과 전자시스템을 결합하여 이루었다. 그 원리는 그림 3에 나타내었다. 이것은 작업대, 경사감지장치, 전자제어 시스템, 유압제어 시스템, 수평제어 실린더로 구성되어 있다. 경사감지센서를 작업대에 부착하여 작업대의 경사를 감지하도록 하였고 여기서 감지하는 정보를 전자제어 시스템에 전달하게 하였다. 전자제어 시스템은 이 신호를 분석 처리한 후 유압제어 시스템의 제어밸브를 작동시킨다. 유압제어 밸브의 제어에 따라 각 수평제어 실린더가 작동하여 작업대의 수평을 유지한다. 이렇게 경사 감지센서, 전자제어 시스템, 유압제어시스템, 수평유지제어 실린더와 작업대가 하나의 순회를 이루어 수평유지 자동제어가 진행된다. 수평제어펌프는 용량이 2.00 cc/rev, 사용압력이 248 kg_f/cm^2인 code-020을 사용하였으며 최대 제어각도는 전: 16.5도, 후: 14.5도, 좌,우: 15.5도로 제작되었다.

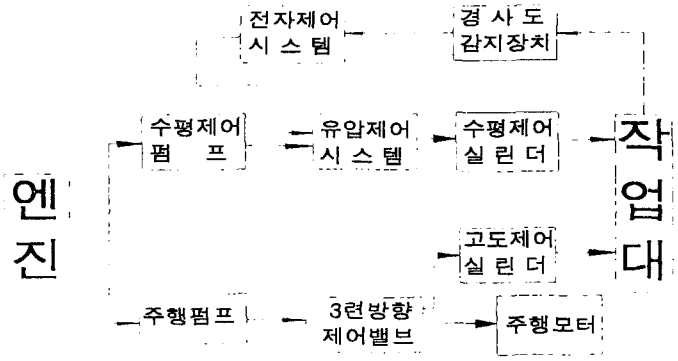

그림 2. 감수확용 차량의 작동 원리

3.6 머니퓰레이터

그림 3은 설계, 제작된 머니퓰레이터 사진이다. 머니퓰레이터는 파지용 손잡이가 3개이며 파지손잡이 복원 스프링과 파지력 스프링, 파지력 조절 나사 등으로 이루어졌다. 그리퍼는 플라스틱과 고무판을 이용하여 마찰력이 증대되도록 하였다.

머니퓰레이터의 총 길이는 1.39 m이고 무게는 975 g였다. 구동 모터는 12V용 감속기어가 달린 모터를 사용하였는데 별도의 배터리를 필요로 하지 않으며 감 수확용 차량에서 사용되는 배터리로부터 전원을 얻을 수 있는 장점이 있다. 기어비의 변경으로 12V용 모터를 이용하여도 감을 수확하는데 필요한 충분한 회전력을 얻을 수 있었다.

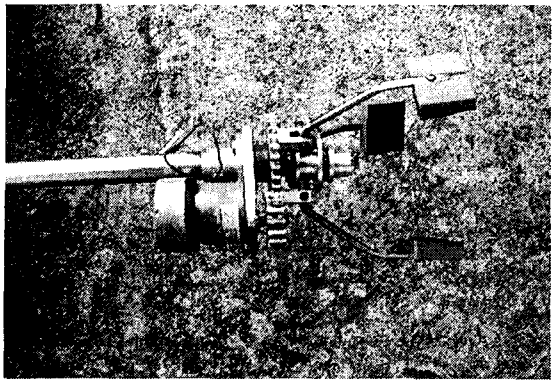

그림 3. 머니퓰레이터의 최종적인 모습

4. 결 론

감수확용 차량 및 머니퓰레이터 설계 개발 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기체의 전장은 2275 mm, 전폭은 1140 mm, 전고는 2850 mm, 중량은 927 kg이었다.
2. 동력은 16 마력 가솔린엔진을 사용하였고 주행장치는 고무 무한궤도를 사용하였다. 주행모터는 총 용량이 291 cm^3/rev, 정격압력이 160 kg_f/cm^2, 출력토크가 598 N · m, 정격속도는 30 rpm인 K-G08를 사용하였고 주행펌프로는 용량이 6.10 cc/rev, 사용압력이 248 kg_f/cm^2인 code-061 펌프를 사용하였다.
3. 감수확용 차량 작업대의 수평유지제어는 전자 제어시스템과 유압제어 시스템을 결합하여 제작하였고 최대 제어각도는 전: 16.5도, 후: 14.5도, 좌,우: 15.5도로 제작되었다. 수평제어 펌프는 용량이 2.00 cc/rev, 사용압력이 248 kg_f/cm^2인 code-020을 사용하였다.
4. 작업대의 상승하강 작동 제어는 2단 X형 프레임과 유압실린더를 이용하여 제어하였다. 그 동력으로는 2개의 주행모터를 사용하였다. 작업대의 최고 높이는 2 m, 상승 높이는 1 m로 제작되었다.
5. 전자제어시스템과 유압제어시스템은 간편하게 설계되었고 매우 만족스러웠다.
6. 감의 기초 특성을 이용하여 3차년도에 걸쳐 실시된 실험 결과 최종적으로 회전력을 이용한 머니퓰레이터가 설계, 제작되었다. 이 머니퓰레이터는 총 길이가 1.39 m이며 무게는 975 g 이었다. 기어가 달린 12V용 모터를 이용하여 회전 동력을 발생하고 또 다른 기어를 이용하여 감속을 하여 토크를 증대 시켰다. 그리퍼는 플라스틱과 고무판을 이용하여 마찰력이 증대되도록 하였다.

참 고 문 헌

1. 강화석, 김상헌, 이재선. 1994. 잣수확의 기계화 연구(I), 한국농업기계학회지 19(1): 9-16.
2. 강화석, 김상헌, 이재선. 1994. 잣수확의 기계화 연구(II), 한국농업기계학회지 19(1): 17-21.
3. 노치웅. 1998. 단감재배의 발전과 발전방안. 한구감연수 제1권 제1호 p.3
4. 농업기계화연구소. 1994. 농업기계화연구소 연구보고서.
5. 박종률, 최승묵, 조남홍, 정선근, 박경규. 1999. 단감 비닐포장기 개발. 한국농업기계학회 1999년 동계 학술대회 논문집 제4권 1호 p.187.
6. 윤진하. 1997. 원예재배의 기계화 현황과 발전방향. "원예농업의 기계화기술 과제와 발전방향" '97심포지엄. 농촌진흥청 농업기계화연구소.
7. 이종호, 윤진하, 이중용. 1992. 고추재배 - 수확의 생력화방안., "한국고추산업의 경쟁력 강화 방안"에 관한 심포지엄 (1992.5.9), 한국고추연구회.

8. 이종호, 박승제, 김철수, 이중용, 김용현. 1993. 고추수확기 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회지 18(2): 110~121.
9. 이종호, 박승제, 이중용. 1998. 우리 나라 감재배의 기계화 방향. 한국감연구 제1권 제1호 p.51.
10. 정창주 역. 1968. 트랙터 조작법. 대한교과서주식회사.
11. 정창주. 농업기계학. 향문사. p.104~105.
12. 정창주 외 11인. 1992. 과수작업의 기계화 기술개발에 관한 연구. 과학기술처 연구보고서
13. 한국농업기계학회/한국농기구공업협동조합. 1995. 농업기계연감.
14. 한동철, 이현우 공역. 1993. 정역학. 희중당. p.353~361.
15. 川村登 외 5인. 昭和55年. 農業動力學. 文永堂株式會社 p.126~149.