

보행형 인발식 마늘수확기 개발

Development of a Walking Garlic Harvester with Pulling Mechanism

노광모 장영창 박준걸 용상호
정희원 정희원 정희원 정희원
K. M. Noh Y. C. Chang J. G. Park S. H. Yong

ABSTRACT

A 5-row walking garlic harvester with pulling mechanism was developed in the study, based upon a kinematical analysis and related preliminary field tests on the conventional garlic harvesting method. The harvesting efficiency of the developed harvester was more than 98% in the garlic field irrigated before harvesting, 80~85% in the field without irrigation. The harvesting performance of the harvester was 660~825 m²/hr at the forward speed of harvester of 0.3m/s in the irrigated field before garlic harvesting. For proper garlic drying and collection, the harvester discharged the harvested garlic on the ground uniformly at the angles of 135°~150° to its forward direction with the garlic bulb's placing toward the harvester. In the field tests, it was recommended that the forward speed of the harvester be approximately less than 0.2m/s, and that the spacing of planting garlic seeds should be standardized in the future for increasing its harvesting efficiency.

Keywords : Garlic, Garlic harvester, Pulling mechanism, Harvesting efficiency, Harvesting performance.

1. 서 론

우리나라는 마늘의 주요 생산지이며 소비지로서 마늘은 국가 기간 채소로 지정되어 있으나 생력기계화 작업체계는 확립되어 있지 않다. 특히 마늘의 수확은 많은 노동력을 필요로 하여 마늘 생산비에 수확비용이 차지하는 비중은 매우 높다. 따라서 마늘 생산의 경쟁력 향상을 위해 효율적인 마늘수확기 개발이 필요한 실정이다.

岩崎와 石原(1977, 1978)은 근채류에 대한 인발식 굴취기를 개발하기 위하여 근채류의 인발력을

측정하였고, 경운기 부착형의 2조 인발식 굴취기를 실험하였다. 마늘지하부 깊이는 토양의 표면에서 뿌리까지의 깊이로 7cm 전후였고, 인발력의 평균치는 129.5N으로 보고하였다. 인발식 굴취기의 실험 결과, 토양의 함수율이 낮으면 연속운전이 가능하나 높을 때에는 토양이 전처리부에 퇴적되어 구동불능 상태가 된다고 보고하였다.

古谷(1978)은 이동형 인발력 측정장치와 시뮬레이터(simulator)를 이용하여 무와 당근을 대상으로 인발력을 실험하고 근채의 인발력을 지배하는 두 가지 요인을 제시하였다. 첫째, 근채의 물성을 기

This study was conducted by the research fund supported by Konkuk University in 2001. The article was submitted for publication in October 2002, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in December 2002. The authors are K. M. Noh, Professor, Konkuk University, Y. C. Chang, Research Specialist, Seoul National University, J. G. Park, Professor, Konkuk University, and S. H. Yong, Teacher, Suwon Agricultural Life Science High School. The corresponding author is K. M. Noh, Dept. of Agricultural and Biosystems Engineering, Konkuk University, Chungju, Chungbuk, 380-701, Korea. E-mail: <kmnoh@kku.edu>.

초로 하는 요인으로 토중부 측면적을 제시하였으며, 둘째로는 토양성질로서 토양부착력 및 응집력이 중요하다고 지적하였다.

박환중 등(1994)은 진동굴취날형 마늘·양파 수확기를 트랙터 후방 부착형으로 개발하였다. 수확기는 2단 체인 컨베이어형 흠분리 방식과 체인 컨베이어에 의해 이송되어진 마늘을 안내판으로 유도한 후, 횡이송 고무벨트로 한쪽으로 몰아 마늘이 집속하는 방식을 채택하였다. 마늘수확 작업정도는 체인 컨베이어 속도 1.6 m/sec일 때 집속율 99%, 손상률 0.9%로 나타났으며, 간추림이 완전히 이루어지지 않아 줄기 절단은 할 수 없었다. 수확작업능률은 5.5시간/10a로 관행에 비해 6.5배의 작업능률을 보였고, 경제성은 관행에 비해 마늘은 70.9%, 양파는 2.5% 절감되는 것으로 보고하였다.

경상남도 농업기술원 양파시험장에서는 트랙터 후방장착형의 마늘·양파 수확 전처리기를 개발하였다. 수확 전처리기는 비닐 수거와 엽제거를 동시에 수행할 수 있으며 관행 작업에 비해 84%의 노동력을 절감할 수 있어, 현재 작업기에 대해 포장 적응성 시험과 보완연구를 수행 중이다.

일본의 Sasaki사에서는 트랙터후부 장착형 마늘경엽 절단기를 개발하였다. 이 기계는 작업부가 트랙터 후륜 뒤에 위치하여 작업시 마늘에 트랙터의 하중으로 인한 피해를 주었으며 트랙터 작업에 맞게 규격화된 이랑폭을 요구하였다.

마늘수확기의 개발을 위한 기초 연구로서 노광모 등(1999)은 수확시기 마늘의 기계적, 형상적 물성을 분석하였으며, 전현중 등(1999)은 마늘 주산지의 재배 및 수확 방법에 대한 기초 자료를 제시하였다. 또한 장영창 등(1999a, 1999b)은 인발식 마늘수확기의 기초적인 개념설계와 설계인자를 분석하였으며 시작기의 성능검증을 통해 문제점을 고찰하였다.

본 연구에서는 인발식 마늘수확기의 개념설계와 역학 및 기구학적 분석을 바탕으로 5조의 보행용 인발식 마늘수확기를 설계·제작하고 성능을 시험하여 작업의 능률과 효율을 분석하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 인발식 마늘 수확기의 개념설계

인발식 마늘수확기의 기본개념은 마늘줄기가 인

발 가이드를 따라 인발부로 안내되어지면 상방향으로 인발된 후, 측면 이송되는 방식으로서 인력에 의한 마늘수확 작업체제와 유사하다. 그러나 마늘이 연속적으로 인발되어 인력작업에 비해 매우 높은 수확능률을 갖는다. 또한 굴취식 수확기와 비교하여 연료가 절감되고 마늘중구의 손상이 적은 장점이 있다.

그림 1과 2는 보행형 인발식 마늘수확기의 기본개념에 근거하여 5조의 보행형 인발식 마늘수확기의 전면 및 측면개념도를 보여주고 있다. 인발식 마늘수확기의 주요부는 안내 가이드, 인발부 및 이송부, 측면이송부 등으로 이루어진다. 그림에서 보는 바와 같이 마늘줄기는 인발체인 사이에 안내되고 체인의 상부 회전에 의해 마늘은 인발, 이송되어지며 상부로 이송되어진 후 측면이송부에 의해 배출된다. 배출된 마늘은 포장 옆에 일정 배열되고 자연 건조된 후 일괄 수거된다.

마늘수확기가 최적의 수확효율과 경제적인 작업성능을 발휘하기 위하여 수확부 및 이송부, 동력전달부의 설계는 매우 중요하다.

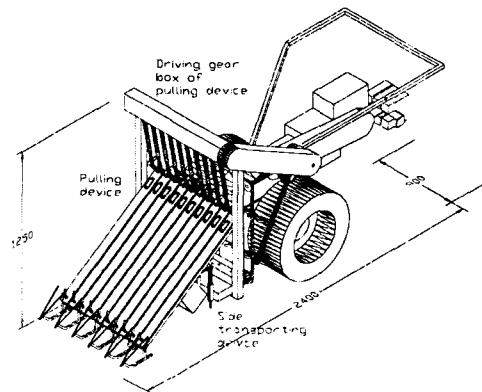


Fig. 1 A schematic diagram of a walking garlic harvester(whole view).

인발체인의 회전속도는 수확기의 전진속도 비례형으로 구성되어야 하며 이를 통하여 마늘줄기는 지면에 대해 수직 인발이 이루어지게 된다. 측면 이송속도는 마늘의 주간거리에 따라 조정되어야 하며 연속적인 인발을 감안하여 수확기 전진속도에 비례하여야 한다.

본 연구에서 설계·제작한 시작기는 보행형 인

밭식 5조 마늘수확기였다. 마늘의 조간거리와 주간거리는 전국적으로 다양한 마늘재배양식 때문에 대단위 산지인 전남 무안의 마늘 재배양식을 기준으로 하였다. 전남 무안의 재배양식은 두둑 폭 1.4m, 조간거리 12cm, 주간거리 18cm로서 대략 605점(60,500개)/10a를 재배한다.

나. 인발장치 및 인발 시작높이

인력으로 마늘을 수확할 때 줄기를 붙잡는 손의 힘은 인발력 전달의 출발점으로 대개 145~196N 정도로 나타났다. 마늘줄기에 인발력을 효과적으로 전달하면서 압축력을 분산시키기 위하여 줄기를 붙잡는 인발장치로써 2단 체인을 설정하였다. 따라서 마늘줄기는 체인을 따라 총 4개의 접점으로 붙잡히며 인발폭은 3.0cm였다.

인발체인의 중간점을 기준으로 마늘줄기를 최초로 접촉하는 높이는 기초 연구(노광모 등, 1999)에 보고된 결과를 따라 지면 위 8cm에 위치하도록 하였다. 그러므로 인발력은 지면 위 6.5~9.5cm 사이의 마늘줄기를 통해 전달된다. 토양의 굳음 상태에 따른 인발체인의 높이는 그림 1에서와 같이 지면과 접촉하는 미끄럼대의 높이를 조정하여 결정되도록 하였다.

작은 인발성능에 매우 중요한 요인으로서 실험을 기초로 하여 결정된다.

본 연구에서는 3차의 예비실험을 통하여 인발부가 길지 않아 운전성이 양호하고 인발성능이 유지되는 30°를 인발 상승각으로 설정하였다. 또한 마늘이 인발된 후 측면이송부에 도달할 때까지 20cm의 상부이송 여유를 두어 인발/이송부의 길이는 80cm로 하였으며 인발부의 무게를 줄이기 위해 열처리 알루미늄으로 제작하였다.

그림 3은 인발체인이 구동되는 인발대의 개념도를 보여주고 있다. 인발대에는 5cm 간격으로 탄성 스프링을 삽입하고, 나사를 조정하여 스프링의 압축을 조절할 수 있게 하였다. 스프링에 의해 받치는 폭 3cm, 길이 5cm 인발체인 지지평판은 인접 평판에 대해 독립적으로 작용하여 마늘이 연속적으로 인발될 때 마늘 줄기의 직경 변화에도 영향을 받지 않고도 필요한 인발력을 체인에 전달한다. 따라서 인발체인은 인발체인 지지대 위를 요철하면서 미끄러도록 설계하였다. 지지평판의 길이는 마늘의 조간거리가 12cm 이상인 점을 감안하여 결정하였다. 또한 인발대에 홈을 파고 그 속을 인발체인이 이동하도록 함으로써 인발시 체인이 인발대를 벗어나지 않도록 하였다.

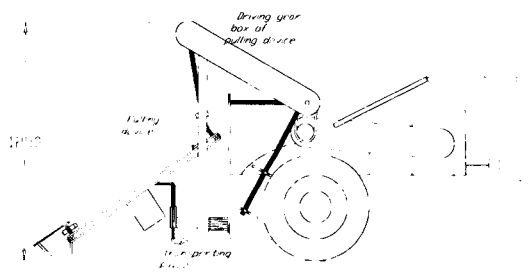


Fig. 2 A schematic diagram of a walking garlic harvester(side view).

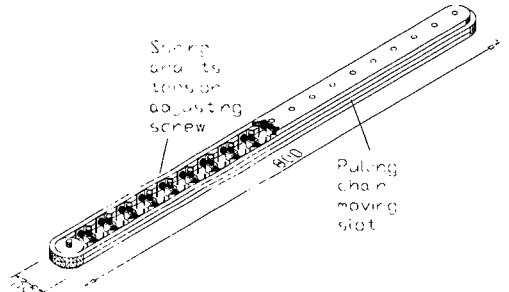


Fig. 3 A schematic diagram of a pulling chain guiding bar.

다. 인발/이송부의 길이 및 인발 상승각

마늘뿌리가 지면 위로 올라올 때 인발이 마무리되었다고 가정하면 마늘종구 및 뿌리의 길이를 고려하여 마늘종구는 수직방향으로 최소 25cm 만큼 상승되어야 한다. 또한 마늘의 인발시, 인발 상승

라. 인발부 독립현가장치

예비실험에 따르면 마늘 두둑은 수확기 진행방향(주간방향)과 조간방향으로 요철이 있고 요철은 각 마늘줄기에 대해 줄기가 끊어지지 않고 안정된 인발력을 전달할 수 있는 지면 8cm의 기준 높이

에 상하방향으로 변이를 주어 마늘 줄기가 끊어지는 등, 인발을 어렵게 만드는 요인으로 작동하였다.

본 연구에서는 인발부 상하운동의 원형가이드와 선형베어링을 조합하여 5조의 인발부가 각각 10 cm의 독립적인 상하운동으로 두둑의 요철을 따라가도록 하였다. 또한 인발부가 무게에 관계없이 부드럽게 지면을 따라가도록 원형가이드에 스프링을 장착하여 인발부 각조의 무게가 본체에 전달되도록 설계하였으며 전달된 인발부의 무게는 마늘 수확기의 뒷면에 장착된 균형무게와 조화가 되도록 하였다.

마. 인발부의 속도

가장 이상적인 인발은 마늘줄기가 지면에 대해 수직인 상태로 인발되는 것으로서 이 상태를 유지하기 위해서는 인발체인 지면방향 분속도가 수확기 전진속도와 같아야 한다. 그러나 LePori 등 (1970)에 따르면 지면방향의 분속도는 수확기 전진속도에 비해 110% 정도 빠른 것이 줄기를 안정적으로 붙잡는데 바람직한 것으로 나타나 이를 기준으로 전진속도 비례형으로 설계하였다. 또한 수확기의 전진속도는 작업자의 포장 내 이동 가능속도인 0.3~0.5m/sec 정도로 설정하였다.

바. 인발/이송부의 인발간격

마늘줄기는 인발부에 잡힌 후 인발체인 사이의 인발간격에 의해 압축되고, 이러한 압축을 통하여 인발력이 전달된다. 마늘이 압착될 때 줄기의 직경은 약 2.5mm 정도로 감소하나 마늘의 생육상태에 따라 변한다. 따라서 본 연구에서는 마늘줄기의 압착력이 스프링을 통하여 전달되도록 설계하였으며, 수확작업 전에 마늘품종이나 재배상태(마늘줄기의 직경)에 따라 스프링의 압축력을 조절하도록 하였다.

사. 측면이송부

마늘은 인발되고 상방향으로 이송된 후, 측면이송부에 의해 마늘두둑으로 배출된다. 이때 마늘의 무게중심은 마늘종구의 무게 때문에 아래로 처지

게 된다. 본 연구에서는 마늘의 원활한 측면이송을 위하여 마늘종구는 콘베이어 위에서 이송되도록 하였으며, 동시에 마늘줄기는 2조의 측면이송부 벨트에 달려있는 러그에 20°정도 후면으로 기울어져 이송되도록 하였다.

측면 이송부의 콘베이어 속도는 마늘의 주간거리를 기준으로 5조에서 연속적인 인발이 이루어질 때, 측면 이송부에 7~9개의 마늘이 동시에 이송되도록 수확기 전진속도에 120% 정도로 설정하였다. 또한 벨트의 속도는 콘베이어 속도보다 약 20% 빠르게 설정함으로써 마늘이 두둑에 배출될 때 전진방향에 대하여 약 45°의 방향을 갖고 배출되도록 설계하였다.

아. 인발 보조장치

일반적으로 마늘은 유공 혹은 무공비닐을 이용하여 재배된다. 유공비닐의 경우, 예비실험에서 마늘 인발시 비닐이 마늘종구에 걸려 따라 올라오며 인발을 어렵게 하는 경향이 관찰되었다. 본 연구에서는 인발부 하면에 포장의 요철을 따라 미끄러지면서 비닐을 누르는 역할을 하는 미끄럼봉을 장착하여 비닐과 흙의 뭉침을 방지하도록 설계하였다.

자. 인발부 및 측면이송부의 동력전달

그림 2에서 보는 바와 같이 엔진에서 발생된 동력은 V-벨트로 동력배분 기어박스로 연결된다. 엔진과 동력배분 기어박스 사이에 V-벨트 아이들 풀리로 구성된 클러치를 장착하여 수확기를 이동할 때는 인발장치가 작동하지 않도록 하였다.

동력배분 기어에 전달된 동력은 베벨기어의 조합으로 측면이송부 동력축, 콘베이어 구동 동력축과 인발부 구동기어박스로 나누어 출력되었다. 동력축과 측면이송부 및 콘베이어 벨트는 V-벨트로 연결하였으며, 동력배분 기어박스와 인발부 구동기어박스는 체인으로 연결하였다.

인발부 구동기어박스에 전달된 동력은 총 10조의 베벨기어의 조합에 의해 방향과 속도가 결정된 후, U-조인트와 스플라인 조합을 통해 인발체인 구동 스프로킷에 연결되어 인발체인을 구동하게 된다.

본 연구에서는 인발체인의 회전속도를 전진속도에 비례하도록 계산을 통하여 설계하였으나 포장에서 바퀴의 미끄러짐 등을 고려하여 다수의 예비실험을 통해 기어잇수, 스프로킷 및 V-벨트 풀리의 직경을 조정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 주요부 구동성능

그림 4와 5는 제작된 보행형 5조 인발식 마늘수확기의 전면과 측면을 보여주고 있다. 시작기의 제원은 길이 240cm, 폭 90cm, 높이 125cm였다.

시작기 구동 실험결과, 시작기의 각 주요부는 원활하게 작동하는 것으로 나타났다. 인발부 회전속도는 전진속도와 비례되어야 하므로 시작기의 총 3단 기어조합에서 작업할 때는 1단으로 고정하였으며 가속기로 전진속도를 조절하였다. 아스팔트도로에서 수확기의 최대 전진속도는 0.5m/s, 최소 전진속도는 0.15m/s로 측정되었다. 이때 인발부의 회전속도는 구동바퀴의 미끄러짐에 기인하여 전진속도에 대비 105~114%의 속도로 변화하는 것으로 측정되었으며 이는 수확작업에 큰 영향이 없을 것으로 판단되었다.

5조의 인발부는 알루미늄으로 제작되었음에도 불구하고 주변 장치를 포함할 때 매우 무거웠으나 운전부 후면에 대략 30kg의 발란스 웨이트를 설치한 결과 시작기의 회전성과 운전성은 크게 개선되었다.

시작기의 엔진크기는 정격 5.0마력으로 발란스 웨이트를 장착한 상태에서도 인발과 구동에 충분한 것으로 판단되었다. 동력 전달은 주행, 인발의 2중 클러치 구조로 구성되었으며, 작업자가 필요에 따라 인발부의 동력을 끊을 수 있어 작업의 안전도는 높은 것으로 평가되었다.

포장 요철실험에서 5조의 인발부는 독립적으로 요철을 잘 추종하였으며 제식 폭이 매우 좁은 12cm의 공간에서도 상하운동은 허용범위 안에서 매우 부드러운 것으로 나타났다.

측면이송부의 마늘이송 및 배출상태는 수확기가 전진하는 상태에서 총 100개의 마늘을 연속적으로 투입하고 배출된 마늘의 안착 상태의 균일성을 측정하여 구하였다. 다수의 반복실험에서 종구는

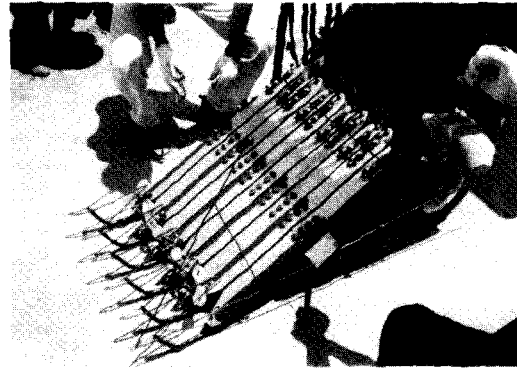


Fig. 4 A prototype of 5-row walking garlic harvester (whole view).

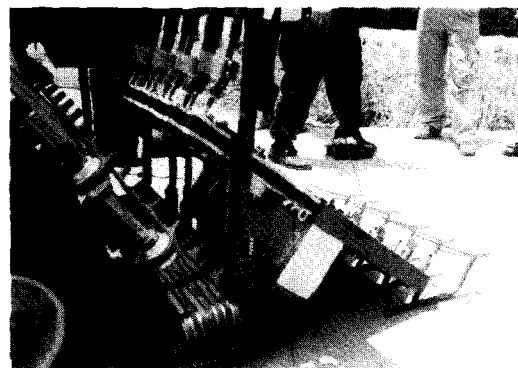


Fig. 5 A prototype of 5-row walking garlic harvester (side view).

95% 이상이 수확기를 향하며, 줄기는 전진방향에 대해 대략 135°~150° 상태로 가지런히 배출되었다. 측면이송 중에 인접 마늘간 앞이 서로 감기는 현상이 발생하여도 배출상태는 방향을 유지하여 배출 메카니즘은 적절한 것으로 판단되었다.

나. 마늘 수확성능

본 연구에서 제작된 마늘수확기의 수확성능 실험은 전남 무안에서 관수 포장 2회, 비관수 포장 1회, 경북 의성의 비관수 포장 1회 등 총 4회에 걸쳐 수행되었다. 전남 무안은 밭마늘로서 품종은 난지형 남도마늘이었으며, 경북 의성은 논마늘로서 한지형 재래마늘이었다.

그림 6과 7은 수확기의 수확작업과 마늘의 연속적 배출상태를 보여주고 있다. 예비실험을 통하여



Fig. 6 The garlic harvesting operation of the developed harvester in a field.



Fig. 7 The garlic discharging operation of the harvester in a field.

수확기의 전진속도는 0.3m/s를 기준으로 실험하였다.

한 두둑의 마늘을 수확하기 위하여 전남 무안은 두둑 폭이 1.8m로 1.5번의 왕복작업이 필요하였고, 경북 의성은 폭이 4m로 4.5번의 왕복작업이 요구되었다.

본 실험에서 마늘토양의 함수율은 측정하지 않았다. 이는 본 연구가 다양한 품종과 방식으로 재배되는 마늘에 대하여 인력 수확작업을 인발 기계식으로 대체하는 것에 중점을 두었으며, 각 지역의 재배양식을 기본으로 시작기의 수확성능을 검증하려고 시도하였기 때문이었다. 따라서 전남 무안지역에서 관수는 수확 직전 이틀간의 물뿌림을 기준으로 하였으며, 경북 의성의 경우는 논마늘로 관수를 하지 않고 수확작업을 하였다.

수확기의 마늘 인발효율은 마늘 종구의 부설여부를 따지지 않고 총 재배된 마늘의 수에 대하여 인발 수확되어 포장에 배출된 수의 비율로 측정하였다. 또한 작업능률은 양육이 좋지 않은 마늘은 마늘대가 약하고 상품성이 없어 인력 작업으로도 수확을 하지 않으며 경험적으로 대개 10% 비율이 된다는 것을 기준으로 인발효율이 90% 이상인 경우에 분석하였다.

전남 무안의 관수 포장에서 수확기의 마늘 인발효율은 98% 이상으로 나타났으며 수확기의 작업성능은 전진속도 0.3m/s에서 660~825 m³/hr로 분석되었다. 그러나 전남 무안과 경북 의성의 비관수 포장에서는 인발효율이 각각 80%, 85% 정도로 나타나 작업성능은 분석하지 않았다.

실험포장에서 마늘의 인발력은 토양상태와 품종의 특성을 모두 포함하는 하나의 지표이므로 실험포장에서의 인발력을 측정하고 인발효율과 대비하였다. 표 1은 실험포장에서 인발된 마늘종구와 인발력을 보여주고 있다.

인발력은 전남 무안 관수 포장에서 평균 122.0N(표준편차 33.1N), 비관수 포장에서 170.7N(표준편차 38.4N), 경북 의성 비관수 포장에서 161.9N(표준편차 34.3N)으로 나타났다. 특히 무안의 비관수 포장에서는 인력에 의한 임의의 35개 인발 중 5개의 마늘이 줄기가 끊어졌으며, 의성 비관수 포장에서는 12개의 인발 중 1개의 줄기가 끊어졌다. 이때의 인발력은 실험포장에 따라 조금 차이를 보였으나 대략 220.0N을 넘는 것으로 분석되어 해당 인발력이 인발식 마늘수확기의 인발력 적용 기준점인 것으로 생각되었다.

표 1에서 보는 바와 같이 의성 마늘의 경우는 마늘 종구의 크기가 무안 마늘보다 현저히 작음에도 불구하고 인발력의 차이는 별로 없는 것으로 나타났다. 인발력의 차이는 관수 유무에 크게 작용되는 것으로 판단되었으며 관수 후 대략 50N의 인발력이 감소되었다. 특히 의성의 미관수 논과 무안의 미관수 밭의 인발력이 비슷하게 나타나 수확기 설계에서 우려되었던 토양의 점착력에 따른 인발력 변화와 설계 변경은 고려하지 않아도 되는 것으로 판단하였다. 그러나 관수 포장에서 마늘줄기의 끊어짐이 거의 없는 것으로 볼 때 수확 전에 관수를 하는 것이 인발효율을 높이는 데 유리한 것으로 생각되었다.

비관수 포장에서 수확기의 전진속도를 0.2m/s

Table 1 Pulling forces and diameters of bulbs of garlic in test fields

Property		Diameter of bulb of garlic (mm)		Number of meas.	Pulling force (N)				Remark	
		Ave.	Std.		Min.	Max.	Ave.	Std.		
Irrigation	with irr.	Muan	52.3	5.9	32	61.8	230.5	122.0	33.1	Field
	without irr.	Muan	55.2	5.5	30	68.7	259.0	170.7	38.4	Field
		Ueising	39.6	6.1	11	117.7	215.8	161.9	34.3	Paddy field

정도로 하여 다소 느리게 수확작업을 실시한 결과, 인발효율이 나아지는 것이 관찰되었다. 이에 부합하는 마늘의 인발속도(인발체인의 수직 분속도)는 0.1m/s로서 인발효율을 올리기 위해서는 작업성능이 떨어지더라도 이 속도를 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

전남 무안은 유공비닐을 사용하여 마늘을 재배하였으나 조간은 일정하지 않았다. 경북 의성은 무공비닐을 사용함으로써 마늘이 수확될 때 비닐을 들고 올라와 인발력을 증가 시키고 인발효율을 떨어뜨리는 요인으로 작용하였다.

본 연구에서 개발된 인발식 마늘수확기는 전남 무안의 재배양식을 기준으로 조간거리 12cm로 제작되었다. 따라서 조간 이송공간이 좁은 관계로 마늘을 인발부에서 측면이송부로 전달할 때 옆에 의한 휘말림 현상이 발생하였다. 이러한 현상은 누적되면서 인발작업을 방해하였으나 보조작업자의 도움이 있을 경우 연속작업에는 지장이 없었다. 재배양식의 다양함 때문에 수확기 적용에 일관성을 유지할 수 없었으나, 향후 마늘 표준재배양식(조간 15~20cm, 주간 10~15cm)이 확립될 경우에 이러한 문제점은 해결될 것으로 판단하였다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 인발식 마늘수확기의 개념설계와 역학 및 기구학적 분석을 바탕으로 5조의 보행용 인발식 마늘수확기를 설계·제작하고 성능을 실험하였다.

1) 개발된 인발식 마늘수확기의 제원은 길이 240 cm, 폭 90cm, 높이 125cm였으며 각 주요부는

원활하게 작동하는 것으로 나타났다. 수확기의 최대 전진속도는 0.5m/s, 최소 전진속도는 0.1m/s로서 각 부의 속도는 전진속도에 비례하였다. 엔진용량은 정격 5.0마력으로 동력 전달은 주행, 인발의 2중 클러치 구조로 구성되었으며, 5조의 인발부는 독립적으로 포장의 요철을 잘 추종하였다. 인발된 마늘은 종구가 수확기를 향하고 줄기가 전진방향에 대해 대략 135°~150° 상태로 가지런히 배출되었다.

2) 실험포장에서 마늘의 인발력은 전남 무안 관수 포장에서 평균 122.0N(표준편차 33.1N), 비관수 포장에서 170.7N(표준편차 38.4N), 경북 의성 비관수 포장에서 161.9N(표준편차 34.3N)으로 나타났다.

3) 전남 무안의 관수 포장에서 수확기의 마늘 인발효율은 98% 이상으로 수확기의 작업성능은 660~825 m²/hr로 분석되었다. 전남 무안과 경북 의성의 비관수 포장에서는 인발효율이 각각 80%, 85% 정도로 나타났다.

4) 비관수 포장에서 수확기의 전진속도를 0.2m/s 정도로 하여 수확작업을 실시한 결과, 인발효율이 나아지는 것이 관찰되었다. 이에 부합하는 마늘의 인발속도(인발체인의 수직 분속도)는 0.1m/s로서 인발효율을 올리기 위해서는 작업성능이 떨어지더라도 이 속도를 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

5) 마늘의 조 간격이 일정하지 않은 것이 수확기의 인발효율을 떨어뜨리는 주 요인으로 판단되었으며, 나아가 수확기 적용에 일관성을 유지할 수 없었다. 향후 마늘수확기 적용을 위해 조 간격을 일정하게 하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

참 고 문 헌

1. 노광모, 장영창, 박준걸. 1999. 마늘수확기 개발을 위한 기초연구(1) -수확기 마늘의 물성- 한국농업기계학회지 24(1):1-8.
2. 박환중 외 6인. 1994. 진동굴취날형 마늘, 양파 수확기 개발. 농사시험연구사업보고서. 농업기계화연구소. 300-313.
3. 장영창, 노광모, 박준걸. 1999a. 인발식 마늘수확기 개발(1) -개념설계 및 설계인자 분석- 한국농업기계학회 '99년 하계학술대회 논문집 4(2):77-82.
4. 장영창, 노광모, 박준걸. 1999b. 인발식 마늘수확기 개발(2) -시작기 제작 및 성능 검증- 한국농업기계학회 '99년 하계학술대회 논문집 4(2):83-88.
5. 전현중, 홍중태, 박환중, 최용, 김영근. 마늘양파 수확기 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회 '99년 하계학술대회 논문집 4(2):71-76.
6. LePori, Wayne and Price Hobgood. 1970. Mechanical Harvester for Fresh Market Onions. Transactions of the ASAE 13(4):517-519, 222.
7. 古谷 正. 1978. 根菜의 引拔力에 關한 研究(第1報). 日本農業機械學會誌 40(1):47-52.
8. 岩崎正美, 石原 昂. 1977. 引拔式掘取機에 關한 研究(第1報). 日本農業機械學會誌 39(2):171-178.
9. 岩崎正美, 石原 昂. 1978. 引拔式掘取機에 關한 研究(第2報). 日本農業機械學會誌 40(2):179-185.