바이오시스템공학 (*J. of Biosystems Eng.*)
Vol. 32, No. 5, pp. 301~308 (2007)

참깨 탈립 작업기계 개발에 관한 연구(I)
- 시작기 설계 제작 -

이종수 김기복

Development of Shattering Machine for Sesame (I)
- Design and Fabrication of Prototype Machine -

J. S. Lee K. B. Kim

Abstract

Sesame has usually been harvested manually in korea. The conventional sesame harvest procedures consists of cutting, binding, drying and pod shattering. The procedures of drying and shattering are repeated 2~3 times. By manual works of this conventional shattering, it was found that some extent of pods were has always remained unopened. Therefore, this study was conducted to find a way to save the labor of sesame shattering by use of a drying device; a prototype of shattering machine was developed and tested the performance. The developed prototype consists of several parts: a continuous horizontal inlet using a chain conveyer, a shattering by a shocking agitator, a rotating cone for shattering of remaining closed pods, and a winnow. The shattering ratio measured by this prototype was 90.3%, 6.4% and 3.3% at the first, second and third shattering step, respectively. We found that in contrast to the conventional method which required at least 3 times operations for complete shattering, this shattering prototype with the condition of sufficient dried sesame pod offered more than 90% of shattering ratio in the first operation.

Keywords : Sesame, Shattering machine, Vibration cam, Capsule, Shattering ratio

1. 서 론

참기름과 깨소금 등으로 가공하여 우리 식생활에 폭넓게 애용되고 있는 참깨는 성분중 항산화 성분의 산화억제작용에 의하여 인체 노화를 억제하며(안병욱, 2000), 리놀산은 인체의 혈관에 낀 콜레스테롤을 저하시켜 동맥경화증을 예방하는 효능이 있다(최춘언, 1994). 국내의 참깨 재배면적과 생산량은 1970년대 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 재배면적은 세계 15위, 단위면적당 생산량은 세계 10위에 속한다.

이러한 참깨 재배를 위한 기계화 진행은 생산비 절감을 위한 기계화 연구(김석현, 1998) 및 비닐피복파종기(김충길, 1999), 예취결속기, 탈곡기, 선별기 등이 개발되어 있지만(김충길, 1999), 예취 및 건조 이후 탈립 작업과 탈립에서 발생되는 미탈립 꼬투리의 처리 그리고 협잡물의 제거에 따른 정선작업 등이 가능한 작업기계(이선호. 1990)는 아직까지 개발이 부진한 실정이다.

예취 결속 후 건조된 참깨를 꼬투리로부터 탈립하는 방법은 관행의 도리깨나 막대기 등을 이용한 타력식 탈립작업, 기존의 벼, 보리 탈곡용의 탈곡식 탈립작업, 교반식 탈립작업 등이 있다. 그러나 이러한 탈립작업은 1회 탈립 후, 재차 건조하여 2~3회 탈립을 반복해야 하며, 매번 탈립작업 때마다 참깨 줄기에서 떨어져 나온 꼬투리의 탈립 처리 작업에 많은 애

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D promotion center (ARPC). The article was submitted for publication in September 2007, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in October 2007. The authors are Jong Su Lee, Associate Professor, KSAM member, Kundong University, Andong, and Ki Bok Kim, Principal Research Scientist, KSAM member, Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon, Korea. Corresponding author: J. S. Lee, Associate Professor, Dept. of Gas Safety Engineering, Kundong University, Andong, 760-833, Korea; Fax: +82-54-822-7709; E-mail: <jong1708@hanmail.net>.

로가 발생하고 있다.

한편 관행 방식의 참깨 탈립작업 과정을 살펴보면 예취된 참깨의 줄기를 15~25주 단위로 묶은 참깨 단을 3단 또는 4개 단을 1개조로 세워서 건조시킨다. 어느 정도 건조가 시작되어 참깨 줄기의 하부에서부터 건조되어 참깨 꼬투리가 개열되기 시작하면, 포장에서 천막이나 두꺼운 비닐을 깔고, 그 위에서 작업자가 결속된 깻단을 한 손에 들고, 다른 손으로 막대기로 깻단을 타력하여 탈립한다. 그러나 매년 참깨의 예취·건조 시기인 8월~9월에는 가을장마와 여러 개의 태풍으로 말미암아 건조과정에서 잘 건조된 참깨 단이 넘어져서 참깨종자는 포장으로 소실되고, 포장의 흙이 참깨줄기에 혼입될 뿐만 아니라 물에 젖게 되어 탈립작업 시기를 놓치게 된다. 이와 같은 반복된 기후 재해에 의하여 수확된 참깨는 품질이 저하되고, 수확량이 급감하게 된다. 극단적인 경우 참깨 단 자체가 장기간의 우천으로 인하여 부패되어 탈립작업 시기를 놓치게 되어 수확을 포기하는 사례가 발생한다.

따라서 관행작업으로 3~4회 수행하였던 탈립 작업을 참깨 비가림 건조대(이종수, 2003)를 적용하여 충분회 건조된 참깨 단을 기계화 탈립 작업에 의하여 단 1회 탈립 만으로 수확이 가능하도록 하며, 또한 참깨의 줄기에서 떨어져 나온 탈립되지 않은 미 탈립 꼬투리까지도 탈립이 가능한 참깨 탈립기의 개념이 필요하다. 본 연구는 참깨 탈립을 위한 시작기를 제작하고, 그 성능을 분석하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

시료용 참깨 품종은 양백깨이며, 예취한 후 관행의 방법으로 묶어서 단을 만들고 기계탈립용은 건조대에 비가림을 하여 건조시켰다. 관행의 막대기 타력 탈립용 참깨는 4단을 세워 묶은 후 천일 건조를 하였다. 표 1에서와 같이 평당 53주가 식재되어 예취되었으며 예취된 상태의 참깨 키는 채취시료의 평균값으로 110 cm, 중량은 32.4 g이였으며, 참깨 1주에 달려있는 꼬투리 개수는 평균 43.5개였다.

또한 시료용 참깨 꼬투리는 표 2와 같이 평균 크기는 10.4×8.0×23.3 mm이며, 꼬투리 1개에서 수확되는 참깨 종자의 수는 평균 73.4개의 과립이 내포되어 있었다.

실증실험에 사용된 참깨 시료는 관행 탈립 작업과 기계 탈립 작업용으로 각각 100평 재배하여, 100단씩 사용하였다. 시료용 참깨 1단 묶음에는 평균 21.7주로 구성되었으며, 4단씩 서로 기대어 자연 상태에서 15일 건조 후 1차 탈립을 실시한 후, 7일 간격으로 2차 및 3차 탈립 실증을 수행하였다.

Table 1 Physical properties of sesame steam

Item	Cutting height [cm]	Width [mm]	length [mm]	Weight [g]	No. of capsule [ea]
Max.	127.0	9.6	9.6	66	58
Min.	92.0	6.9	6.5	12	21
Mean	109.7	8.0	8.3	32.4	43.5

Table 2 Physical properties of sesame pod

Item	Width [mm]	Length [mm]	Height [mm]	No. of granule [ea]
Max.	12.1	12.2	26.8	107
Min.	8.7	8.0	13.8	41
Mean	10.4	10.0	23.3	73.4

나. 실증 실험 방법

1) 인력 탈립 작업

참깨를 수확 예취 후, 15일간 자연 건조시킨 후 관행 방법으로 탈립을 위하여 포장 바닥에 비닐을 깔고 참깨단을 거꾸로 세운 상태에서 막대기로 타력하여 탈립을 수행하였다. 이때 수확된 참깨 종자에는 건조된 참깨 잎과 줄기 그리고 개열된 참깨꼬투리와 개열되지 않은 상태의 미탈립 꼬투리와 혼합되어 있다. 이 상태의 혼합물은 체망으로 참깨종자와 꼬투리 그리고 협잡물을 선별 한 후 그 양을 측정하였다. 또한 개열되지 않은 미탈립 꼬투리는 건조 후 막대기 타력에 의하여 재탈립 작업 후 각각 선별하여 재탈립하였다. 이와 같은 탈립 작업을 1차 탈립 작업 후 7일 간격으로 2회 탈립 작업을 반복하여 수행하였다.

2) 시작기에 의한 탈립 작업

참깨의 실증실험에서 참깨시료는 꼬투리의 개열 및 건조에 따른 변화로 인하여 참깨 단 형태로 저장 보관이 어렵고, 한번 실증실험에 사용되면 재사용이 불가능하며, 반복 실험을 위한 시료의 확보가 어려워서 계절적으로 가을 참깨의 수확기 이외에는 실증실험이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 인력 탈립과 같은 조건으로 건조 후, 3회 탈립 작업을 수행하였다. 시작기에 의한 탈립 방법은 참깨 단을 그림 1과 같이 시작기의 투입부에 연속 투입하여 탈립 실증실험을 수행하였다. 투입되는 참깨 단의 수량은 이송체인의 속도에 의하여 실제 탈립이 발생되는 체인길이가 1.1 m이므로, 이 탈립 해당 길이에 해당하는 만큼의 참깨 단 투입속도를 유지할 수 있다.

충격교반에 의한 1차 탈립부의 탈립작업에 의하여 생성되

는 참깨 잎과 줄기 그리고 참깨 줄기에서 떨어져 나온 개열되어 탈립된 빈 꼬투리 또는 개열되지 않은 미탈립된 꼬투리 등은 그림 1의 1차 협잡물 배출부에 집적된다. 탈립된 참깨 종자는 배출구로 집적되며, 1차 충격교반 탈립부에서 협잡물과 참깨 종자의 탈립 양을 계량한 후, 이들 모두를 2차의 재탈립 장치인 꼬투리 탈립부에 인력 투입하였다. 회전원추를 이용한 미탈립 꼬투리의 탈립 장치에서 1차 탈립장치에서 참깨 줄기에서 떨어져 나온 참깨 꼬투리가 재탈립되며, 잎 등의 협잡물은 잘게 부셔져서 풍력선별을 용이하게 한다. 풍력선별된 최종의 참깨 탈립 작업 결과는 그림 2와 같다. 이때 투입부에서 이송체인에 의한 컨베이어 속도 8.4 m/min인 경우, 연속 투입되는 참깨단의 양은 18단/min이다. 1차 탈립 장치에서 협잡물과 참깨종자의 양을 측정하고, 2차의 재탈립 장치에서 최종 탈립되는 참깨종자의 무게를 측정하였다. 이와 같은 방법으로, 인력 탈립과 마찬가지로 1차 탈립 작업 후 7일 간격으로, 2회 탈립 작업을 반복하여 수행하였다. 그 결과를 인력 작업과 비교하였다.

Fig. 1 Feeding the bundle of sesame.

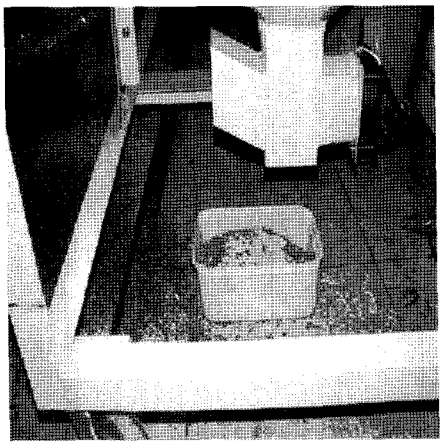

Fig. 2 Outlet of sesame seed.

3. 결과 및 고찰

가. 구성과 동작원리

시작기는 연속식 투입장치, 충격 교반장치, 미탈립 꼬투리 재탈립 장치, 정선장치로 구성되어 있으며, 작동원리와 구성은 그림 3과 같다. 그림에서 볼 때 시작기의 기본 개념은 참깨 단을 수평 방향 연속 투입하면, 탈립장치에서는 상하교반의 충격장치에 의하여 참깨 종자는 탈립이 이루어진다. 탈립된 참깨종자는 체망을 통과하여 직하방향으로 자유낙하 되면서 교차 풍력선별 에 의하여 참깨 종자는 집적되며, 협잡물과 쭉정은 기류에 의하여 선별된다. 반면 체망을 통과하지 못한 참깨줄기로부터 탈리된 꼬투리가 포함된 협잡물은 별도의 배출구에서 집적된다. 이 집적된 협잡물은 회원원추 방식의 탈립부에 미탈립 꼬투리가 투입되면 일부 개화되었거나 또는 개화되지 않은 상태의 꼬투리는 회전원추를 통과하면서 꼬투리는 완전히 종실별로 분리되면서 참깨종자는 탈립이 이루어지고, 같은 방법으로 회전원추 하부의 부분에서 교차기류 풍력선별방법에 의하여 협잡물과 참깨가 선별되도록 시작기를 설계·제작하였다.

이러한 구성을 갖는 참깨 탈립기 시작기의 동력전달 계통도는 그림 3과 같다. 그림에서 벨트 풀리에 의한 전동 방식은 직선으로, 스프로킷 휠에 의한 방식은 파선으로 구분하였다. 그림에서 주 동력 모터는 단상 220 V, 2 PS, 1,800 rpm이며 동력모터의 전동은 2열 풀리 축이음의 상부 풀리는 교반충격 탈립장치로, 하부 풀리는 꼬투리 탈립용 회전원추장치로 전동된다. 모터의 상부풀리(b1)와 감속기 입구측 풀리(b2)는 V 벨트 풀리 전동방법으로서 감속기의 감속비는 1/30이며, 감속기 출구 회전속도는 60 rpm으로 감속되어 요동 캠에 전동된다. 그림 3의 요동 캠(g1-g2)은 요동높이가 35 mm이며, 요동 캠에 연결된 충격 교반부는 커넥팅 로드에 연결된 충격 교반바를 상하로 35 mm 교반되며, 감속기 출력 회전수 60 rpm에서 1회전 당 2회 교반되므로 120 cpm 교반되도록 설계되었다. 또한 저속 이송이 필요한 이송체인을 구동하기 위하여 감속기 출구의 체인 스프로킷 전동(e1-e2) 방법을 채택하였으며, 이송 체인측의 스프로킷 휠(e2)은 30 rpm으로 감속하였다. 그리고 참깨 단의 투입 및 배출이 발생되는 이송컨베이어의 체인 피치 P = 70 mm이며 컨베이어의 이송속도는 8.4 m/min으로 설계하였다.

모터 측의 2열 풀리에서 미탈립 꼬투리를 탈립하는 회전원추원리의 탈립장치로의 전동은 중간축의 풀리(a2)와 스프로킷 휠(c1)을 통하여 내원추의 스프로킷 휠(c2)를 450 rpm으로 회전하도록 하였다.

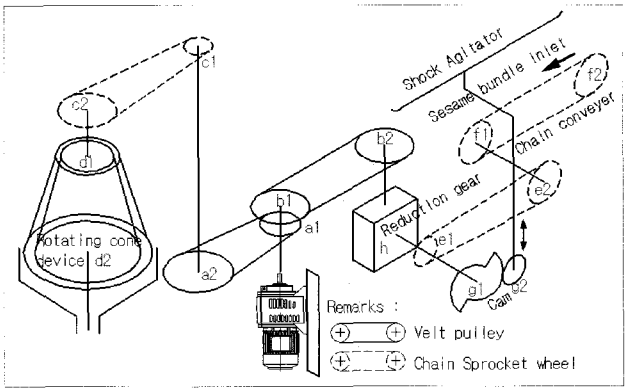

Fig. 3 Schematic diagram of power transmission system of the sesame shattering machine.

나. 설계 제작

참깨단이 수평 방향으로 연속투입되는 1차 탈립부와 2차의 꼬투리 탈립부로 구성되며, 그림 4는 시작기의 전면을, 그림 5는 시작기의 후면을 나타낸다. 그림 4에서 우측 부분의 1차 탈립부는 1,200×1,500×1,500 mm이며, 좌측의 꼬투리 탈립부는 8,00×8,00×1,500 mm로 설계·제작되었다. 이 때 프레임은 이동이 쉽도록 캐스터를 부착하였으며, 1차 및 2차의 탈립부를 연동 운전되도록 전동장치를 구성하였다. 모터는 단상 220 V, 2 PS, 1760 rpm으로 하였다. 전동장치의 설계는 모터축의 2열 V-벨트 풀리에서 축 회전 1800 rpm을 분기하여 1차 탈립부 체인이송장치에서 30 rpm을 그리고 2차 탈립부의 회전원추속도를 450 rpm으로 되도록 설계 제작하였다.

참깨 단을 연속으로 투입하여 탈립이 이루어지고 배출되는 과정의 투입부는 탈립 작업속도와 투입속도는 작업의 안전과 효율적인 작업 공정에서 중요한 인자이다. 따라서 참깨 단 투입이 이루어지면 이송체인에 의한 컨베이어 속도는 8.4 m/min으로 하였다. 저속으로 회전하는 이송 체인은 체인의 처짐을 조절하고 축간의 적당한 유격을 이루도록 장력조절장치를 부착하였다. 그리고 참깨 단이 투입되는 투입구 간극은 참깨단의 직경을 고려하여 설계하였다. 참깨 단의 직경은 재배농가, 재배지역, 예취 묶음 작업자의 연령 성별에 따라 차이가 있으므로 이를 고려하여 투입부의 간극은 불균일한 참깨의 단을 고려하여 3단계로 대응하도록 제작하였다. 1차적으로는 일정한 투입부 간극에서 참깨 단에서의 미소한 변화는 이송체인의 대향측에 있는 가이드 레일의 스프링을 이용하였으며, 2차적으로는 가이드 레일를 프레임 고정부에 볼트 직경을 폭으로 하는 슬롯을 만들어서 투입간격을 조절하였다. 또한 투입부 간극을 조절하기 위하여 조절용 지그의 핀 홀을 이용하여 가이드 레일이 부착된 프레임 자체의 간격을 조절하였다.

이송체인을 통하여 투입된 참깨 단은 탈립공간을 수평으로 이동하게 되고, 이동되는 참깨 단은 하부의 회전 캠에 의하여 충격 바의 타력에 의하여 참깨의 탈립이 이루어진다. 회전 캠은 그림 6과 같이 감속기 출력측에서 60 rpm으로 저속회전하게 된다. 회전 캠의 1회전에 대하여 요동레버는 2회 요동하므로 결국 요동레버에 의한 충격 타력 바는 120 cpm으로 탈립작업이 이루어진다. 그림 6에서 회전 캠에 의하여 요동레버가 상하로 요동하는 높이는 35 mm이며,이 요동 레버에 연결된 충격 바는 상하로 35 mm로 요동하면서 타력된다. 이때 투입부에서 투입된 참깨 단은 이송체인(1,100 m)를 통과하는 동안 소요되는 시간은 8초이므로 약 16회의 타력을 받고 탈립이 이루어진다.

참깨 종자는 그림 4와 5에서와 같이 탈립공간의 하부 충격교반에 의하여 탈립된후 체망에 의하여 참깨 종자만 선별되어 배출구를 통하여 집하된다. 반면에 체망을 통과하지 아니한 꼬투리와 잎 줄기 등의 협잡물은 그림 7의 협잡물 배출구를 통하여 집하된다. 집하된 잎과 줄기는 걷어내고 2차 미탈

Fig. 4 Front view of prototype.

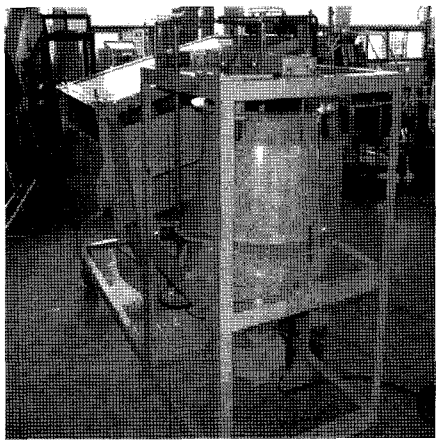

Fig. 5 Rear view of prototype.

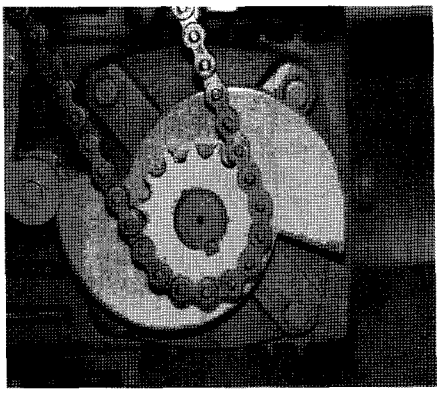

Fig. 6 Rotating cam and rocking lever.

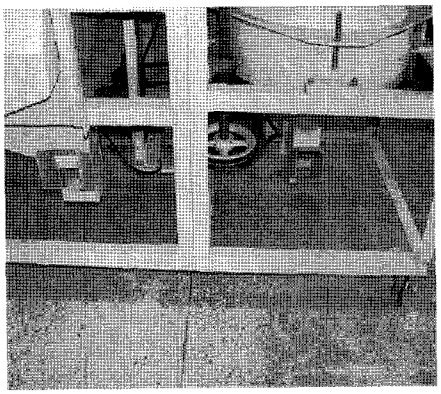

Fig. 7 Secondary outlet.

립 꼬투리 탈립부에 수동 투입하여 탈립 및 선별한다. 실제 잎 등은 부피가 크기 때문에 그 자체를 풍력선별에 의하여 선별하기보다는 작게 분쇄하여 체망을 통하면 통과된 잎 부스러기는 참깨종자와 혼합되더라도 기류에 의하여 풍력선별이 가능한 장점이 있다. 또한 체망을 통과하지 아니한 협잡물은 별도의 배출구에서 집하 폐기된다.

1차 탈립작업 과정에서 참깨 줄기로부터 떨어져 나온 꼬투리의 재탈립을 위한 방법으로서 기존의 회전 원추 원리(이종수, 2002)를 이용하였다. 재탈립 장치의 외측 원추는 고정되어 있으며, 내측 원추는 탈립용 작업기계의 모터 출력 축에 연결된 베벨 기어에 의하여 동력이 전달되어 적절한 속도로 회전하게 된다. 물론 이 때의 최적 회전속도는 구명되어진 조건에 의하여 결정되며, 일정속도는 감속기에 의하여 조정된다. 회전원추의 경우는 투입부에 꼬투리가 투입되면 투입된 공간 즉, 내외 원추의 상부 간격은 투입되는 꼬투리의 최대 크기를 갖는 폭에 해당하고, 하부 간격은 탈립된 꼬투리가 배출부가 되는 구조로서 꼬투리의 폭과 높이 정도의 간격을 두면 된다. 따라서 투입 꼬투리는 원추회전에 의하여 자동으로 급송되어, 상부의 넓은 공간에서 하부의 좁은 공간으로 나선 회전을 하면서 이동되면서 탈립되는 구조이다.

그림 7의 우측 원추탈립장치 상부에서 투입된 미탈립 꼬투리는 탈립하여 종실로부터 참깨 종자를 분리하고, 꼬투리, 잎 등의 협잡물은 회전원추를 지나면서 잘게 부셔서 풍력선별장치에서 쉽게 풍력선별되도록 하는 기능이다. 꼬투리 탈립장치의 회전원추에서 발생되는 탈립된 꼬투리와 참깨 종자 그리고 분쇄된 협잡물 등은 그림 7의 하부 부분에 있는 풍력선별배출부에서 각각 배출된다. 풍력선별배출부는 참깨 종자와 꼬투리 파편과 분쇄된 잎 등의 부분으로 분리하는 기능으로서 그림 7에서 풍력선별 팬에서는 기류가 수평 방향으로 유동되며, 꼬투리와 참깨종자는 하방의 수집통에 각각 집적되고, 분쇄된 잎은 참깨나 꼬투리에 비하여 가볍기 때문에 혼합기류의 형태로 풍력 선별 된다.

다. 성능평가

기계 탈립작업과 인력 탈립작업의 탈립율을 비교하기 위하여 1차 탈립부에서 참깨 줄기에서 떨어진 꼬투리를 포함한 협잡물과 탈립 종자를 계량하고, 재탈립이 필요한 꼬투리와 협잡물을 회전원추 탈립부에 투입하여 탈립을 하였다. 이 때 1차 탈립작업에서 협잡물로 배출된 잎 등은 최종기의 연속작업공정에서 배출구 통로를 막아서 협잡물 흐름에 장애가 될 수 있기 때문에 이를 방지하기 위한 방안으로 재탈립 작업에 실제 필요한 꼬투리의 탈립 뿐만 아니라 협잡물까지도 함께 탈립하였다. 건조된 잎은 탈립에 의하여 잘게 부셔져서 배출구에서 참깨 종자와 함께 기류 풍력선별에 의하여 쉽게 분리가 가능하였다. 또한 관행의 탈립 작업은 천일건조에 의존하여 평균 3회 탈립 작업을 실시하므로, 비가림 건조대를 사용하여 충분히 건조 후, 본 연구의 시작기에 의하여 3회 탈립으로 수확을 종료하는 경우에 대하여 탈립율을 비교하였다.

그림 8은 비가림 건조대를 이용하여 기계 탈립 작업에서 탈립된 참깨 종자량과 관행의 탈립량을 비교하였다. 이 경우 미탈립된 꼬투리를 제외하고 3회에 걸쳐서 탈립 수확된 총량에 대하여 각 회차의 탈립 참깨 종자 중량과의 비를 나타내는 탈립율을 식(1)과 같이 정의하였다.

$$\text{Shattering ratio of sesame pods [\%]} = \frac{\text{the amount of sesame seed at each shattering [g]}}{\text{total amount of sesame seed except detached pods after 3 times of shattering [g]}} \times 100 \quad (1)$$

그림 8에서 인력 탈립은 3회의 탈립 작업 중 1회 차보다 2회 차에 탈립한 양이 많으며 3차 탈립에도 9.8%의 수확량을

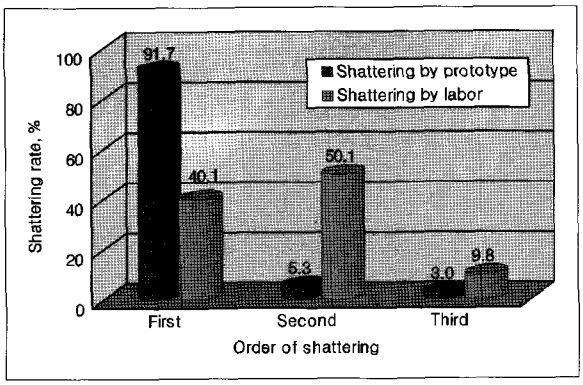

Fig. 8 Comparison of shattering ratio.

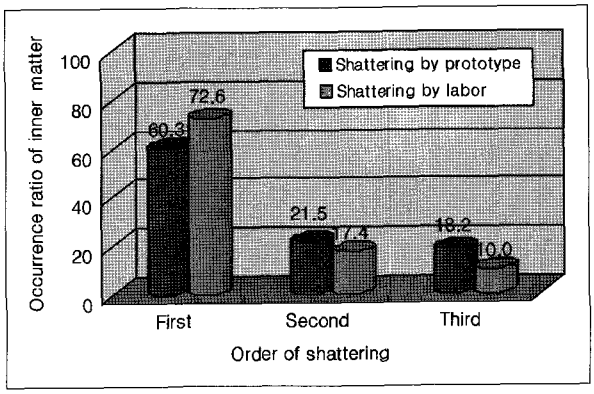

Fig. 9 Occurrence ratio of inner matter after shattering.

나타내고 있어서, 대부분 1, 2회에 탈립이 이루어짐을 알 수 있다. 그러나 기계 탈립의 경우 1회차에 91.7%의 탈립율을 나타내고 있기 때문에 인력 탈립에 비하여 1회 차에 매우 높은 탈립 효과를 나타내고 있다. 참깨줄기에 포함된 잎들은 건조되면서 갈변되고, 탈립작업에서 이 잎들이 분쇄되어 탈립 종자와 함께 혼합된다. 또한 타력의 정도와 건조상태 등에 따라 탈립작업에서 꼬투리와 참깨줄기의 끝 부분의 일부가 부러져서 참깨 줄기에서 이탈되어 마찬가지로 참깨종자와 함께 혼합된다. 실제 관행의 탈립작업에서는 부셔지지 않은 원형에 가까운 잎은 손으로 걷어내어 버리고, 잘게 부셔진 잎 가루는 키 또는 체망을 이용하여 선별해야한다. 또한 탈리된 꼬투리는 별도로 선별 건조 후 막대기나 도리깨 작업으로 탈립을 해야 한다. 이러한 협잡물의 제거와 탈리된 꼬투리의 탈립 작업에서 별도의 참깨 종자량을 산정하기 위하여 식 (2)를 정의하였다.

$$\text{Occurrence ratio of inner matter [\%]} = \frac{\text{the amount of inner matter at each shattering [g]}}{\text{total amount of inner matter after 3 times of shattering [g]}} \times 100 \quad (2)$$

탈립작업 과정에서는 참깨 단으로부터 떨어져 나온 참깨줄기와 탈립되거나 또는 미탈립된 꼬투리 그리고 건조된 참깨 잎으로 구성되는 협잡물이 발생되며, 그림 9에서 발생 협잡물의 양은 1회차 탈립 작업에서 인력작업이 기계작업보다 협잡물량이 많지만 2회 차와 3회 차에서는 기계 탈립 작업에서의 협잡물이 많이 발생하였다. 이는 인력작업의 경우 대부분 1회 차 탈립 작업 후 참깨 단을 재 묶음하는 과정에서 갈변된 잎들이 대부분 떨어지고 정리되었기 때문에 상대적으로 2, 3회 차에는 협잡물 발생이 적게 된 것으로 사료된다. 반면 기계 탈립의 경우 1회 차 탈립에서는 갈변 잎과 꼬투리가 협잡물로 발생되지만, 2회 차 3회 차 탈립 작업에서도 기계장치의 탈립 충격이 동일하게 작용하기 때문에 인력작업에 비하여 상대적으로 꼬투리나 줄기가 부러져서 협잡물에 포함되기 때문에 더 많은 협잡물이 발생되었다.

$$\text{Rate of detached pod [\%]} = \frac{\text{the amount of detached pod at each shattering [g]}}{\text{total amount of detached pod after 3 times of shattering [g]}} \times 100 \quad (3)$$

탈립작업에서 참깨 줄기에서 떨어져 나온 꼬투리의 양을 매 탈립 작업마다 계량하고, 발생된 전체 꼬투리에 대한 각 탈립 회차별 비율은 식 (3)과 같이 나타내었다. 그림 10에서 인력작업의 경우 그림 8에서의 참깨 종자의 탈립량과 같은 패턴으로 2회 차 탈립작업에서 가장 많으며, 기계 탈립의 경우 1회 차 탈립에서 44%가 발생되었으며, 3회 차 탈립작업에서 꼬투리의 발생이 인력에 비하여 많다. 이 경우도 기계 탈립의 경우 타력 탈립에 의한 충격력 때문이며, 실제 탈립된 꼬투리에는 이미 이전의 탈립 작업에서 탈립되어 있는 종실이 비어있는 꼬투리가 대부분이었다.

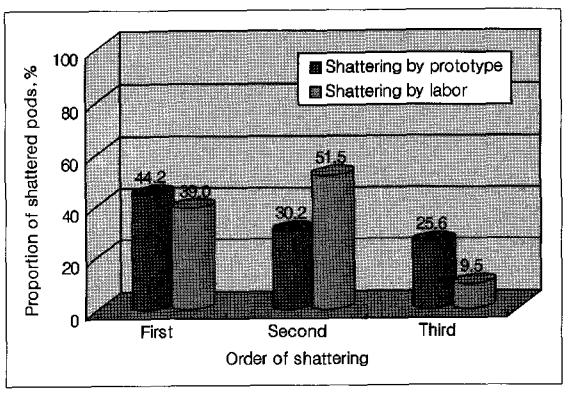

Fig. 10 Proportion of sesame pods after shattering.

$$\text{Shattering ratio of detached pods [\%]} = \frac{\text{the amount of sesame seed for detached pods at each shattering [g]}}{\text{total mount of sesame seed for detatch pods after 3 times shattering [g]}} \times 100 \quad (4)$$

참깨 꼬투리로부터 떨어져 나온 탈리 꼬투리를 별도로 선별하여 인력 및 기계 탈립에서 탈립작업을 실시한 결과는 그림 11과 같다. 이 그림에서 인력 및 기계탈립에 의한 미탈립 꼬투리에서 수확되는 참깨량은 인력탈립의 경우 순수탈립과 마찬가지로 2회 차 탈립작업에서 54%로 가장 많이 탈립되었으며, 1회 차에는 38.6%를 나타내고 있다. 그러나 기계탈립의 경우 1차 탈립에서 76.2%로 가장 많고, 2회 차 15.8%, 3회 차 탈립작업에서 7.9%를 나타내고 있어서 대부분의 1차 탈립에서 탈립이 이루어지고, 2~3회차에서는 발생되는 꼬투리들이 이미 종실에서 종자가 모두 탈립된 상태의 빈 꼬투리임을 확인하였다.

그림 12는 탈립작업에서 미탈립 꼬투리를 제외한 순수 탈립 수확량에서, 탈리 꼬투리의 재탈립에서 수확된 참깨종자가 포함된 전체 탈립율을 나타낸다. 인력 탈립의 경우 2회 차

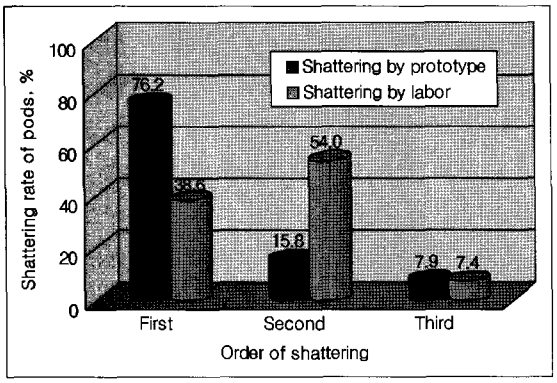

Fig. 11 Shattering ratio of detected pods.

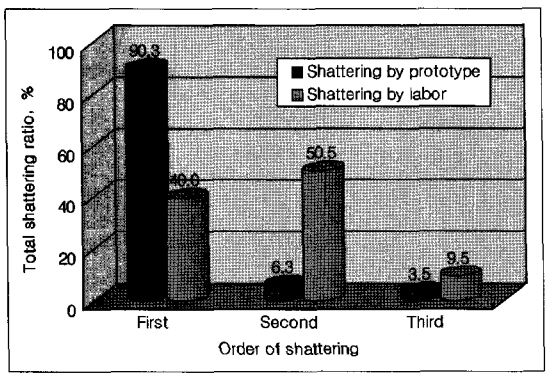

Fig. 12 Total shattering ratio.

탈립작업에서 50.5%가 탈립되고, 1차 탈립작업에서 40% 그리고 3회 차 탈립작업에서 9.5%가 탈립 됨을 알 수 있다. 이러한 결과에 의하여 관행 탈립 작업에서는 최소 3회 이상의 탈립작업이 필요함을 알 수 있다. 그러나 본 실험의 경우 참깨 비가림 건조대를 이용하여 참깨 시료를 3일 강우 일을 포함하여 15일 동안 참깨 단을 충분히 건조한 후, 기계 탈립 작업을 실시한 경우는 1회 차 탈립작업에서 90.3%, 2회 차에 6.4% 그리고 3회 차에 3.3%가 탈립 됨을 알 수 있다. 따라서 새로이 개발된 참깨의 비가림 건조대를 활용하여 건조시킨 후, 금번의 시작기를 이용하여 기계 탈립작업을 하는 경우 최소 1회 탈립 작업으로 90% 이상의 탈립 효과를 기대 할 수가 있다.

4. 요약 및 결론

관행의 참깨 탈립 작업을 생력기계화 하기 위하여 참깨의 기계탈립 작업을 위한 본 연구 개발에서는 다음과 같은 결과를 도출하였다.

(1) 3~4회 탈립 작업에 의한 관행의 참깨 탈립 수확 작업을 1회 탈립 만으로 종료 가능하며, 또한 탈립작업에서 참깨줄기에서 떨어져 나온 미탈립 꼬투리까지도 탈립이 가능한 참깨 탈립 작업기계를 개발하였다.

(2) 개발기계는 투입부에서 충격교반에 의한 참깨탈립장치와 이 과정에서 발생되는 미탈립된 꼬투리를 재탈립하는 회전원추원리를 이용한 꼬투리 탈립장치 그리고 발생 협잡물을 선별하는 풍력선별 장치로 구성되어 있다.

(3) 탈립기에서 투입부의 체인 이송속도 8.4 m/min에 대하여 참깨 단을 1분에 18단 투입하는 조건으로 기계탈립을 한 경우에, 인력작업에 비하여 상대적으로 탈리된 꼬투리나 부러진 줄기가 포함된 협잡물이 더 많이 발생되었다.

(4) 기계탈립 작업에서 1회 차 탈립작업에서 탈립율이 90.3%, 2회 차에 6.4% 그리고 3회 차에 3.3%의 탈립율을 나타내었다.

(5) 관행방법의 탈립은 최소 3회 이상의 탈립 작업이 필요하지만, 기계탈립의 경우는 비가림 건조대를 이용하여 충분히 장시간 건조하여 탈립 작업을 하는 경우에, 전체 탈립 수확량의 90%이상을 1회에 탈립하였다.

참고문헌

1. 김석현. 1998. 참깨 생산비 절감을 위한 생력기계화 및 종자

전처리 기술 개발. 농림부.
2. 김충길. 1999. 참깨 비닐피복 파종기 개발. 농업기계화연구소 농사시험연구보고서.
3. 안병욱. 2000. 참깨의 과학. pp. 3～18. 한림저널사. 서울.
4. 이선호. 1990. 참깨자동탈립장치. 특허청. 특허 제0169293호.
5. 이종수. 2003. 참깨비가림건조대. 특허청, 실용신안 등록 제0334064호.
6. 이종수. 2002. 마늘쪽분리기. 특허청.특허 제0326731호.
7. 최춘언. 1994. 한국의 참깨 식문화「참깨의 과학」심포지움 발표논문 및 강연요지집, 한국식품과학회. 43.