

참깨 탈립 작업기계 개발에 관한 연구(II) - 건조대 제작 및 성능평가 -

이종수 김기복

Development of Shattering Machine for Sesame (II) - Manufacture and Performance Evaluation of Drying Stand for Sesame -

J. S. Lee K. B. Kim

Abstract

Since the sesame pod gets open gradually from the lower to upper parts of the stem due to its different maturity during cutting and binding of sesame, at the conventional work for shattering, the procedures of drying and shattering are repeated two or three times. Therefore, in this study, a drying stand with transparent plastic cover was developed to complete the drying and shattering at the same time. Owing to the developed drying stand, simple drying work, the area for drying was reduced prevention of sesame seeds from loss and rain are available. The performance of developed drying stand was evaluated. Before the drying stand was developed, the conventional method and shattering machine for shattering sesame required at least three times of operation for complete shattering. But After drying stand was developed, the complete shattering works was possible with only one time shattering operation. Finally, the developed drying stand could prevent approximately 5% of the total sesame seed production from loss during drying and shattering works.

Keywords : Sesame, Shattering machine, Dryness of sesame, Drying stand

1. 서론

우리 식생활에 폭넓게 이용되고 있는 참깨는 성분중 세사민(sesamin)과 세사몰린(sesamol) 등의 항산화 성분의 산화 억제작용으로 인체 노화를 억제하는 기능이 있으며, 리놀산은 인체의 혈관에 낀 콜레스테롤을 저하시켜 동맥경화 증상을 예방하는 효능이 있다(Ahn, 2000; Cho, 2008).

이러한 참깨 재배의 생산비 절감을 위한 생력기계화 연구로는 참깨 비닐피복파종기 개발(Kang, 1997), 참깨의 기계화 육묘이식과 트랙터부착 참깨 파종기의 적정 파종량 연구 및 컴바인에 의한 예취수확기술 개발(Hwang, 2008) 등의 연구가 진행되었다. 그러나 예취 건조 후의 참깨 탈립기 개발

(Lee, 1990; Lee and Kim, 2007)은 진행되었으나 참깨의 건조에 의한 탈립 작업을 1회에 완료 가능한 생력기계화는 아직 진행 중에 있는 실정이다.

예취 후 참깨 수확을 위한 관행 방식의 참깨 건조와 탈립 작업 과정을 살펴보면, 먼저 예취된 참깨 줄기를 15~25주 단위로 묶은 참깨 단을 3단~4단을 1개조로 세워서 천일 건조시킨다. 건조 과정에서 참깨 줄기의 하부에서부터 건조되어 참깨 꼬투리가 개열되기 시작하면, 참깨 탈립을 위하여 포장에서 두꺼운 천막을 깔고, 그 위에서 인력으로 참깨단을 막대기 등으로 타격하여 참깨수확을 하고 있다. 이러한 타격 탈립은 참깨 꼬투리 전체가 완전히 개열하여 건조되는 시점까지 반복하여 3~4회 수확 작업을 한다.

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D promotion center (ARPC). The article was submitted for publication on 2009-11-12, reviewed on 2009-11-30, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2009-12-08. 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>.

그러나 참깨의 수확을 위한 예취 건조 시기인 8월~9월에는 장마와 태풍 등으로 건조된 참깨 단이 넘어져서 참깨종자는 포장으로 소실되고, 포장의 흙이 참깨줄기에 혼입될 뿐만 아니라 물에 젖게 되어 건조가 지연되어 탈립작업 시기를 놓치게 된다. 이와 같은 반복된 기후 재해에 의하여 수확된 참깨는 품질이 저하되고, 수확량이 급감하게 된다.

또한 기계화 탈립을 달성하기 위하여 관행의 탈립 작업을 대신하여 3~4회 반복되는 기계화 탈립 작업은 생력화 효과가 미약하기 때문에 1회 탈립으로 참깨 수확이 가능하도록 비가림 건조대를 개발하여 적용할 필요성이 대두되고 있다. 따라서 본 연구에서는 관행방법을 개선하여 1회에 기계화 탈립 수확에 의한 생력기계화를 위하여 참깨 비가림 건조대를 고안 개발하였으며, 건조대의 효과와 성능을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

비가림 건조대의 성능평가에 사용된 공시재료는 경북 안동시 청하동 포장에서 재배한 양백깨 품종을 사용하였다. 시료용 참깨의 예취 후 묶음 상태에서 참깨 줄기의 형상은 표 1과 같고 50 주 평균길이, 키는 1,114 mm, 참깨 줄기에서 결속되는 묶음 부분에서의 사각형 단면의 형상은 줄기의 긴 방향 길이는 9.0 mm, 짧은 쪽 길이는 8.8 mm 이었으며, 참깨 1주에는 평균 89개의 꼬투리가 달려있다.

참깨 단의 물성은 표 2와 같으며 포장에서 예취하여 단으로 묶은 50개단을 무작위로 선택하여 계측하였다. 예취 직후의 참깨 1단의 평균값은 2575 g, 직경은 84 mm이며, 평균 21주로 결속되어 있다. 참깨 단은 건조대에서 건조된 후 탈립작업 단계에서는 평균 74 mm로 축소되었다. 이러한 물성들은 건조대의 설계뿐만 아니라 탈립작업기계의 설계인자로 활용되었다.

나. 실험 방법

1) 실험 장치 구성

건조 실증을 위하여 본 연구에서 고안 개발한 건조대의 구성은 그림 1과 같다. 그림에서 건조대 프레임은 참깨 단을 경사지게 지지시킬 수 있도록 된 좌우 한 쌍의 A자형 프레임이 있다. 또한 프레임의 지지다리의 양쪽 측면을 서로 연결하는 측면 연결 봉, 지지다리과 상단 꼭지점을 서로 연결하는 상단 연결봉으로 구성하였다. 전후방의 A자형 프레임은 거치되어 건조되는 참깨 단의 자중에 의하여 프레임의 양쪽을 지면에 지지하며 그 하단부는 포장의 지면에 일부 매립이 된다.

그리고 측면 연결봉은 양쪽의 A자형 프레임을 서로 일체로 연결하는 기능으로서 양쪽의 지지다리를 하나의 프레임으로 구성되게 한다. 여기서, 측면 연결봉은 양쪽의 지지다리를 견고하게 연결할 수 있도록 한쪽 측면에 각각 아래위로 한 쌍이 설치된다. 또한 상단 연결봉은 측면 연결봉과 함께 양쪽의 지지다리를 일체화된 프레임으로 연결한다.

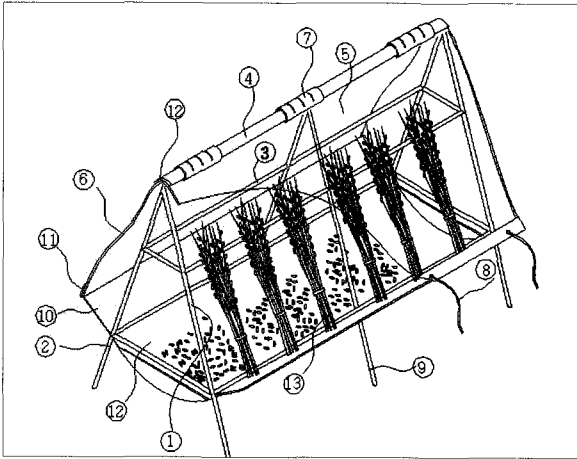
상단 연결봉은 양쪽의 지지다리들을 프레임으로 연결시키면서 투명비닐덮개를 지지하는 역할을 한다. 건조대의 프레임에 덮는 투명비닐덮개는 하우스 기능과 풍우에 참깨 다발을 덮어서 보호하는 것으로 프레임의 상단 연결봉에 걸쳐지는 중앙부와 상단부 중앙부의 양쪽으로 길게 연장되는 스킵트부로 구성된다. 이러한 투명덮개는 유연하게 변형될 수 있도록 하였으며, 투광률이 좋은 투명비닐이 사용된다. 투명덮개는 프레임의 상단 연결봉에 착탈이 가능하도록 하기 위하여 투명덮개 상단 연결봉에 고정클램프를 사용하여 프레임에 고정하였다. 고정클램프는 트인 절개부를 갖는 플라스틱 재질의 탄성형 원통관체로서 길이방향을 따라 “C”자형 탄성스프링이 설치되어 있다. 건조대에 참깨 단을 거치하면 건조 중에 자연 개열에 의하여 포장으로 소실하게될 참깨종자를 수집하는 참깨 수집 망사가 건조프레임의 하부에 부착된다.

Table 1 Physical properties of sesame stem

Item	Cutting height (mm)	Width (mm)	Length (mm)	No. of capsule
Maximum	1,460	12.0	12.0	163
Minimum	830	5.3	4.8	42
Mean	1,114	9.0	8.8	89

Table 2 Physical properties of sesame bundle

Item	Weight after cutting (g/bundle)	Dia. after cutting (mm/bundle)	Dia. before shattering (mm/bundle)	No. of branch (Ea/bundle)
Maximum	3,340	105	94	25
Minimum	2,016	64	56	16
Mean	2,575	84	74	21



1. Main supporting beam 2. A type frame 3. Side connecting bar
4. Upper connecting bar 5. Transparency cove 6. Skirt
7. Clamp 8. String 9. Minor supporting pole 10. hanger
11. Reinforcing strip 12. Mesh screen gauze 13. Sesame bundle

Fig. 1 Drying stand for sesame.

참깨 건조대에서 그림 2의 상부 프레임 설계에서 90°꺽임에 의한 회전 플랜지이며, 꺽임 플랜지에서 구멍 지름이 18.8 mm이므로 오차를 감안하여 직경 18.6 mm 파이프를 축으로 하여 회전 꺽임이 가능하며, 플랜지 끝단에는 직경 22 mm 파이프 내경에 접속되도록 설계하였다. 또한 하부의 가로 프레임의 설계는 회전 플랜지를 사용하여 꺽임에 의한 접이 방식으로 개량하기 위하여 설계되었다. 이 꺽임이 가능한 부품은 90° 꺽임에 의한 회전 플랜지로서 꺽임 플랜지에서 구멍 지름이 18.8 mm 파이프를 축으로 하여 회전 꺽임이 가능하고, 플랜지 끝단에는 직경 22 mm 파이프 내경에 접속하도록 설계하였다. 따라서 상부 플랜지와 하부 꺽임 플랜지를 조립하여 접는 방식으로 최종 설계된 비가림 건조대의 정면도는 그림 3과 같다.

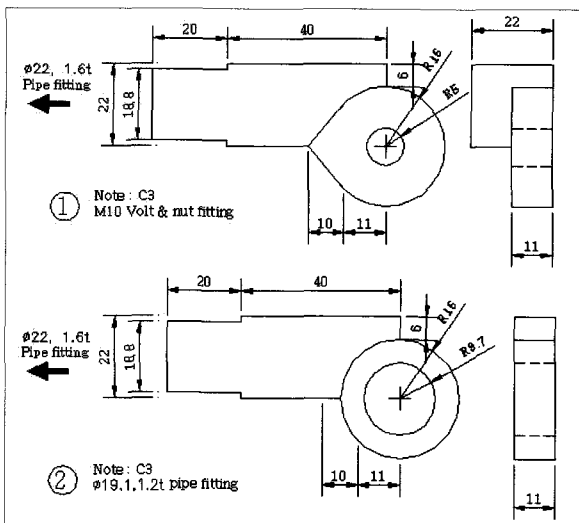


Fig. 2 A design drawing for upper and lower flange.

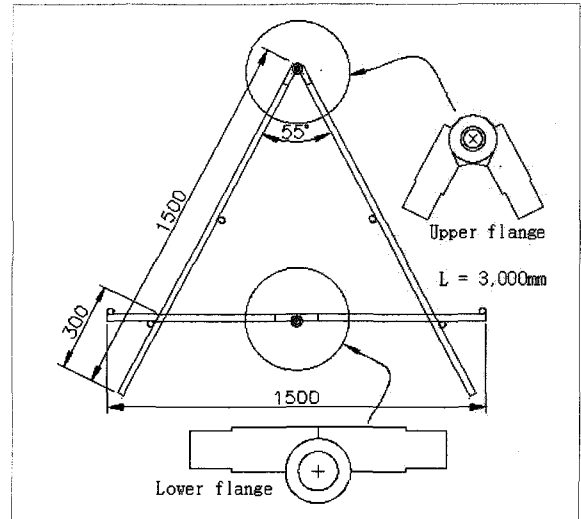


Fig. 3 A front view of drying stand with upper and lower flanges. (unit:mm)

2) 실증 방법

참깨 비가림 건조대의 효과와 성능 평가를 위하여 경북 안동시 정하동 참깨 재배 시험포에서 재배된 참깨를 실증시험으로 사용하였다. 참깨 시료는 일반적인 관행방법과 같이 단으로 묶어서 4개단을 서로 기대어서 건조하는 관행방법과는 달리 개개의 단을 그림 1과 같이 건조대에 경사지게 세워서 거치시킨다. 설계된 건조대에 거치되는 참깨 단의 수량을 확인하고, 이를 근거로 단위 재배 면적당에 필요한 건조대의 수량과 건조대에 거치건조 가능한 참깨단을 산정하여 건조 성능을 평가하였다.

그림 4는 건조대에 참깨 단을 거치하여 건조 진행중이며, 그림 5는 비가림된 상태에서 완전히 건조되어 탈립 직전의 상태를 나타내고 있다. 건조 포장에서 거치대의 하부 망사는 참깨 단에서 발생하는 수분과 지표로의 통기성을 향상시킬 수 있는 그물망을 사용하였으며, 건조작업 중에 발생한 탈리 꼬투리와 줄기 그리고 개열에 의한 종자의 집하 상태를 나타내고 있다. 비가림 투명 필름은 상부프레임을 기준으로 필름 클램프에 의하여 프레임에 고정되며, 하부의 그물망은 하부 프레임에서 참깨가 지면으로 떨어짐에 따른 손실을 방지하고, 통풍성을 좋게 하기 위하여 그림 5의 하부에서 나타낸 바와 같이 KS 호칭 1.7 메시를 사용하였다. 이는 참깨의 기하학적 형상이 럭비공형태이며, 긴쪽과 짧은 쪽의 길이를 고려하여 그물망의 메시 1.7 mm 이하가 참깨소실 방지용으로 사용하였다.

이러한 방법으로 건조대 양쪽면으로 참깨 단을 채워 세우고, 참깨 수확 건조 기간 동안에 비바람에 관계없이 연속건조가 가능하도록 투광율이 좋은 투명비닐을 덮어서 연속 14일간 건조후, 1회차 탈립을 실시하였다. 1차 탈립후 2차 3차 탈립을 실시하여 총탈립 참깨량을 측정하였다. 또한 건조과정

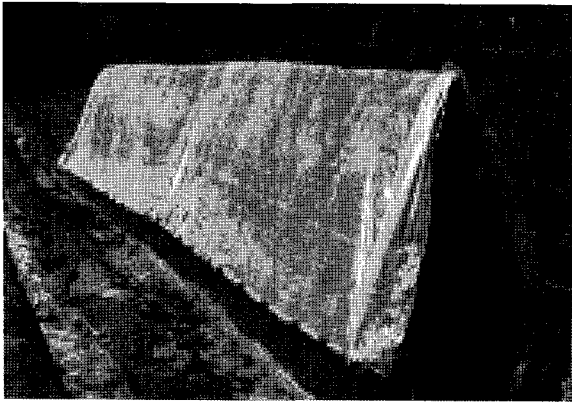


Fig. 4 Drying stand with vinyl cover.

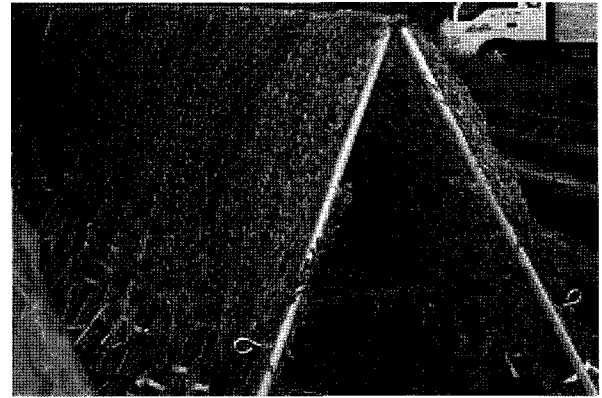


Fig. 5 Fully dried sesame at drying stand.

Table 3 Calculated amount of sesame bundle of each drying stand at 330 m²

No. of drying stand	Side 'A' (bundle)	Side 'B' (bundle)	Both side (bundle)
1	22	22	44
2	21	23	44
3	23	18	41
Sum			129

Table 4 Comparison of yield at different test fields

Items	No. of branch per bundle	Area (m ²)	Remark
No. of branch at 330 m ²	2,793 branches/129 bundles	330.0	21.7 branch/bundle
Yield not included at test material	476 branches/129 bundles	1,217.7	476×21.7=10,329 branches
test field, 1,650 m ²	605 bundles	1,547.7	605 bundles/129 bundles

중에 참깨 꼬투리의 자연 개열에 의하여 소실되는 수량을 계측하여 재배 면적당 소실 수량을 산정하였으며, 총탈립 참깨 량에 대한 소실비율을 산정하여 그 비율을 비가림 건조대 회수 성능으로 평가 하였다.

3. 결과 및 고찰

관행 방법으로 예취된 참깨를 건조하고 인력작업에 의한 막대기 타력 탈립을 하는 경우는 참깨의 건조기간 중 기상 등의 변화에 따라 차이가 있지만 2~3회 많게는 4회까지도 탈립 작업이 필요하다. 그러나 본 연구에서 개발한 비가림 건조대를 이용하여 건조기간 중 기상 상태에 관계없이 충분히 연속 건조시킨 후, 관행방법의 인력탈립 작업과 기계탈립 작업에서 3회 탈립작업을 수행하여 그 탈립 결과를 비교하였다.

이 경우 건조대 한쪽면에 22개 참깨 단의 거치 건조가 가능하며, 건조대 1식에는 44개의 참깨 단을 건조할 수 있다. 따라서 표 2에 나타난 바와 같이 참깨 단의 직경이 평균 8.4 cm이고, 참깨 단에는 평균 21주의 참깨로 결속되어 있다. 이 조건에서 재배된 330 m² 면적에서 129개 참깨 단이 생산되

었을 경우 표 3과 같이 건조대 3 식에서 건조가 가능하며, 3 개의 참깨 단을 더 건조 할 수 있다.

따라서 이를 근거로 기준 포장 이외의 면적에서 476단이 결속되었으므로, 역산하면 참깨 줄기는 10,329주이며, 476단을 근거로 330 m² 기준으로 산정하면 약 1,217.7 m²이 되고, 실제 재배면적 1,320 m²을 기준으로 하면 92.3%가 된다. 또한 시험포 1,650 m²에 대하여 605단이 수확되었으며, 이는 1,547.7 m²에 해당하며 실제 시험포 대비 93.8%에 해당하는 면적을 나타내고 있다.

관행 방법으로 참깨 단을 묶고 서로 기대어 포장에서 건조하는 경우에 참깨 꼬투리의 자연 개열에 의하여 소실되는 참깨 종자량을 실제 포장에서는 계량이 어렵다. 따라서 포장에서 관행방법으로 건조하는 참깨단 만큼을 건조대에서 건조하여 건조대 하단에 설치한 소실 방지 망에 떨어져있는 참깨량을 계량하여 포장에서의 자연 개열에 의한 소실량으로 계산 하였다.

따라서 개발 건조대의 활용에 따른 성능으로서 포장에서 건조대를 사용하지 않을 경우 소실되어지는 참깨량을 건조대 사용으로 회수되는 동일한 양을 측정하기 위하여 그림 4와

Table 5 The shattered sesame at drying stand

Items	Weight (g)	Remark
Amount of natural shattered sesame (mesh at drying stand)	1,378	Measured
Total amount of shattered sesame by 1st operation of shattering machine	27,010	"
Total amount of shattered sesame by 2nd operation of shattering machine	426	"
Total amount of shattered sesame by 3th operation of shattering machine	98	"
Amount of 180 bundles (460 m ²)	27,534	"
Amount of 129 bundles (330 m ²)	19,753	Conversion value

그림 5와 같은 방법으로 실증을 수행하였다. 이 실증에서 4식의 건조대에 460 m² 면적에서 수확된 참깨 180단을 우천에 관계없이 연속으로 14일 건조하였다. 지표면으로부터 30 cm 이격된 위치의 건조대 하부에 설치 부착한 참깨 수집 망사에 탈립작업 직전까지 수집된 참깨종자 양은 표 5에서 실증된 바와 같이 1,378 g으로 계량되었다. 이 양은 3회에 걸쳐서 반복 탈립작업으로 전체 수확참깨 27,534 g의 5%에 해당하는 양이다. 결국 참깨의 건조 작업에서 본 연구에서 개발된 건조대를 사용할 경우 건조과정에서 참깨 종자의 소실을 방지할 수 있으므로 최종적으로는 약 5%의 참깨 종자의 손실을 감소시킬 수 있는 효과가 발생된다.

4. 요약 및 결론

오랜 재배 역사를 지닌 참깨는 건강식품으로서 우리 식생활에서 중요한 식재료이다. 이러한 참깨는 가격이 높고 재배에는 안정적 이지만, 파종부터 수확 탈립까지의 전 재배과정이 인력에 의존하고 있는 실정이라서 기계화에 의한 생력화가 미진한 실정이다. 따라서 본 연구개발에서는 관행방법의 건조와 탈립작업을 개선하기 위하여 참깨 비가림 건조대를 설계 제작하였다. 참깨 비가림 건조대의 효과 및 성능평가는 자체 시료용으로 재배한 양백깨를 사용하였다. 참깨 재배 포장에서 예취된 참깨를 단으로 묶어서 건조대에 거치 건조하여 건조대의 건조 용량, 건조에 따른 소실을 등에 관한 실증 실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

(1) 참깨 비가림 건조대는 관행건조방법에 비하여 건조작업이 간단하며 건조에 필요한 면적이 적으며, 참깨 종자의 소실을 방지하고, 우천과 태풍에 비가림 효과와 참깨단의 전도 방지가 가능하다. 또한 탈립과정에서 포장 흙의 혼입이 방지할 수 있을 뿐만 아니라 건조시에 태양광의 흡열에 따른 보온효과와 동시에 통기성이 양호한 특성이 있다.

- (2) 참깨 비가림 건조대를 사용하기 이전에는 관행과 기계 탈립 작업 모두 3~4회에서 탈립작업이 필요하였던, 참깨 비가림 건조대를 사용하여 건조하는 경우는 건조기간의 일기상태에 관계없이 1회의 탈립만으로 탈립작업이 가능하게 되었다.
- (3) 평균 21주로 결속되어 있는 참깨 단의 평균직경이 84 mm이고, 비가림 건조대 1대에 44단을 거치하여 건조가 가능하므로 330 m² 재배 수확 참깨는 3대의 비가림 건조대에 거치하여 건조가 가능하였다.
- (4) 참깨의 건조 작업에서 건조대를 사용함으로써, 건조과정에서 참깨 종자가 소실될 수 있는 양은 총탈립수확량의 5%에 해당하며, 결국 건조대의 사용은 참깨 종자 5%의 증수 효과가 발생하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Ahn, B. E. 2000. The Science of Sesame. pp. 3-18. Hanlim Publisher, Seoul, Korea.
2. Cho, E. G. 2008. The Research of Korean Traditional Food. pp. 301-304. Sungshin Women's University, Seoul, Korea.
3. Hwang, D. J. 2008. Studies on the mechanized transplanting and harvest techniques of sesame. Report of National Institute of Crop Science. pp. 576-580. (In Korean)
4. Kang, C. H. 1997. Integrated mechanization system on polyethylene film mulching culture in sesame. Journal of Crop Science 42(5):489-496. (In Korean)
5. Lee, J. S. and K. K. Kim 2007. Development of shattering machine for sesame (I) - Design and Fabrication of prototype machine -. Journal of Biosystems Engineering 32(5):301-308. (In Korean)
6. Lee, S. H. 1990. Sesame Thresher. Patent No.0169293. Korean Intellectual Property Office.