

공급률 및 탈곡통 길이 변화에 따른 자탈형 콤바인 탈곡 성능

서신원^{1*}·이상우²·허윤근²

Threshing Performance dependent upon Feed Rate and Threshing Drum Length for Head-Feed Combine

Sin-Won Seo^{1*} · Sang-Woo Lee² · Yun-Kun Huh²

ABSTRACT

Threshing loss was increased due to dropping of the threshing efficiency when the 4 row head-feed combine harvested 5 row rice to improve harvesting performance of a combine. Reasonable design criteria were examined to determine the ranges of both of feed rate and the length of threshing drum for the 4 row head-feed combine being used as a 5-row combine. Harvesting performance increased as working width or working speed increased, it resulted in 15% increase when the working width increased from 4 row to 5 row. Harvesting operations of the 4 row combine performed normally in the 4 row rice in threshing loss less than 1%, however, threshing loss increased to 2.25% in the 5 row due to poor threshing efficiency. The length of threshing drum was increased from 710 mm to 810 mm as well as the speed of crop feed chain was increased from 0.61 m/s to 0.75 m/s so as to improve the poor threshing efficiency resulted from the enlarged working width from the 4 row to the 5 row, which would decrease threshing

¹ (주)국제종합기계 연구소(Research Institute, Kukje Machinery Co. Ltd., 11-1 Yangsoo-ri, Okcheon-Gun, Chungbuk-Do 373-802, Korea)

² 충남대학교 농업생명과학대학 생물산업기계전공(Dept. of the Bioindustrial Machinery, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

* 교신저자 : 서신원(E-mail : seosinwon@hanmail.net, Tel : 043-730-1603)

loss less than 1%.

Key words : Threshing efficiency, Length of threshing drum, Feed rate, Threshing loss, Working performance

I. 서 론

현재 사용되고 있는 콤바인은 보통형과 자탈형 콤바인으로 크게 두 종류로 나뉘어져 있으며 국내에는 자탈형 콤바인이 주를 이루고 있다.

자탈형 콤바인이 주를 이루고 있는 것은 맥류가 주 대상인 서양 콤바인(보통형 콤바인)과는 달리 벼의 특성에 맞게 일본에서 개발된 것으로서, 그 작업 원리가 작물의 이삭부분만 탈곡부를 통과하기 때문에 소요 동력이 적고 정선 작업과정에서 이물질의 양이 서구의 보통형 콤바인의 것과 비교하여 적기 때문에 정선 효율이 높은 장점을 가지고 있다.

우리나라의 농경지 면적의 약 200만 ha 중 110만 ha는 수도작에 이용되고 기타 작물이 90만 ha에서 재배 되고 있다. 이와 같은 곡물체계에서 수확 작업은 소요 노동력 비율이 비교적 높을 뿐만 아니라, 봄과 가을철의 비교적 짧은 기간에 수확이 완료되고 있으며 이 시기는 노동성수기를 형성하게 되어 미작 위주의 농업체계에서는 수확 작업의 기계화는 대단히 중요하다.

콤바인은 예취부, 탈곡부, 주행부로 구성되어 있으며, 자탈형 콤바인의 탈곡부는 콤바인 전체 소요에너지의 절반 정도를 소모할 뿐만 아니라 탈곡물의 품질과 제조 성능에 결정적인 영향을 미치는 콤바인의 핵심부분인데도 불구하고 탈곡현상의 복잡성 때문에 아직까지 뚜렷한 설계 이론이 정립되어 있지 못하고 주로 실험에 입각한

설계가 이루어지고 있다. 특히 근래에 와서 콤바인의 대형화, 고속화 추세에 따라 이에 적합한 탈곡부의 설계 이론의 정립이 절실하게 요청되고 있다. 콤바인 탈곡부에서의 탈곡 작용은 훔음, 타격, 마찰 등의 복합작용에 의해 일어나는 현상이며, 이에 영향을 미치는 요인도 매우 다양하다. 따라서 어떠한 특정 요인의 변화에 따른 탈곡현상을 해석하고 유추하는 것은 많은 어려움이 있다.

근래에 와서는 우리나라에서 생산 판매되고 있는 콤바인은 4조형이 가장 많으며 현재 콤바인 수요가들이 제한된 시간에 보다 많은 곡물을 수확하기 위하여 4조 콤바인으로 5조 작업을 수행하는 경우가 있다. 이로 인하여 과도한 곡물이 탈곡부에 공급되어 탈곡성능을 떨어뜨리고 곡물의 손실을 증가 시켜 수요가로부터 콤바인 탈곡 성능에 대한 문제를 제기하고 있다. 이러한 문제점을 해결 하고자 본 연구는 탈곡통의 길이와 탈곡물의 공급률의 증가에 따르는 탈곡성능을 분석하여 적절한 설계요인을 구명하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시 재료

본 연구 수행에 사용한 시료는 농림부에서 권장하고 있는 우량 벼 품종을 선정하여 사용하였다.

공급률 및 탈곡통 길이 변화에 따른 자탈형 콤바인 탈곡 성능

Table 1 Rice cultivars used in this study

| Sample No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
|----------------|---------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|
| Field location | Gyengbuk Sangju | Gyengbuk Sangju | Gyengbuk Sangju | Chungnam Seosan | Chungnam Seosan | Chungnam Seosan | |
| Crop condition | Cultivar | Odaebyo | Hwayoung | Donghwan | Shinyang | Shindome | Sangju |
| | Plant height | 86 | 104 | 90~100 | 70~90 | 85~100 | 85~95 |
| | Panicle length | 16~17 | 20 | 18~20 | 16~18 | 14~16 | 18~20 |
| | Row × inter row spacing | 30×16 | 30×15 | 30×14 | 30×15 | 30×16 | 30×15 |
| | Number of panicles per hill | 14~18 | 14~19 | 13~18 | 21 | 20~30 | 17~22 |
| | Number of spikelets per panicle | 94 | 94~120 | 100~116 | 100 | 85~100 | 100~120 |
| | Moisture content of spikelet(%) | 22.3 | 17.2 | 15.7 | 28 | 28.8 | 28.3 |
| | Threshability | good | good | good | good | good | good |
| | Attachment force of grain(gr) | 220~240 | 255 | 225 | 250 | 200 | 150~200 |
| Sample No. | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Field location | Cheonbuk Buan | Cheonbuk Buan | Chungnam Dangjin | Chungnam Dangjin | Chungnam Dangjin | Chungnam Dangjin | |
| Crop condition | Cultivar | Shinnam-pyong | Nampyong | Dongjinaru | Junam | Dongjin1ho | Ilmi |
| | Plant height | 70~80 | 70~80 | 85~92 | 70~80 | 80~90 | 75~85 |
| | Panicle length | 20~23 | 21 | 12~16 | 18~23 | 15~21 | 13~16 |
| | Row × inter row spacing | 30×15 | 30×12 | 30×15 | 30×16 | 30×18 | 30×15 |
| | Number of panicles per hill | 20~25 | 18~21 | 15~21 | 16~25 | 18~27 | 15~20 |
| | Number of spikelets per panicle | 110~125 | 100~110 | 75~90 | 110~140 | 95~105 | 80~90 |
| | Moisture content of spikelet(%) | 21.6~25.7 | 22.4~26.5 | 22.4 | 23 | 23.2 | 20.2 |
| | Threshability | good | good | good | good | good | good |
| | Attachment force of grain(gr) | 135~145 | 90~110 | 150~210 | 240~280 | 150~180 | 80~130 |

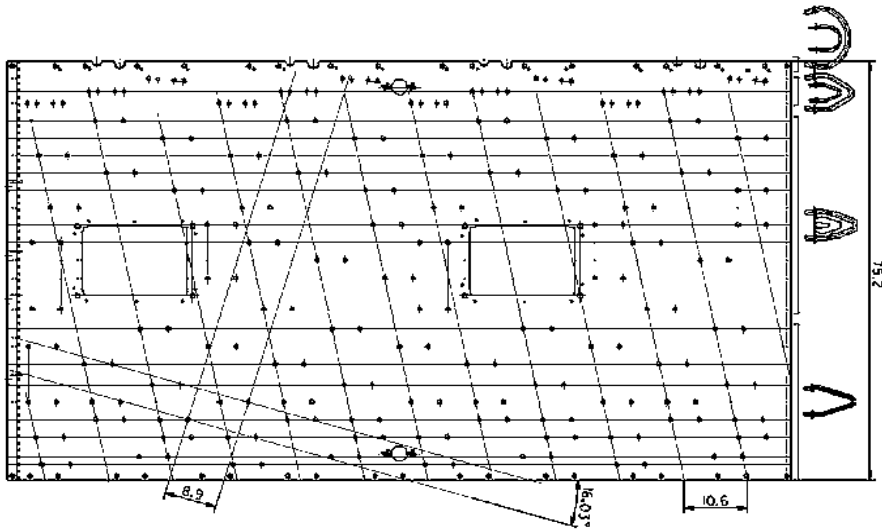


Fig. 1. Threshing tooth arrangement of the 4 row head feed combine of threshing drum length of 810 mm.

Table 2. Specification of the threshing drums

| Type of combine | Current 4 row combine | Newly designed 4 row combine |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|
| Length of threshing drum (mm) | 710 | 810 |
| Dia. of threshing drum (mm) | 420 | 420 |
| Rotational speed of threshing drum (rpm) | 520 | 520 |
| Dia. of threshing tooth (mm) | 6 | 7 |
| Height of threshing tooth (mm) | 72 | 72 |
| Number of spiral array | 4 | 4 |
| Number of teeth per one spiral array | Semicircular tooth | 1 |
| | Double semicircular tooth | 1 |
| | Low height triangular tooth | 3 |
| | Double low height triangular tooth | 3 |
| | Double triangular tooth | 8 |
| | Triangular tooth | 18 |
| | Total number of teeth | 163 |
| Speed of feed chain (m/s) | 0.6 | 0.68 |
| Working speed (m/s) | 1.45 | 1.45 |

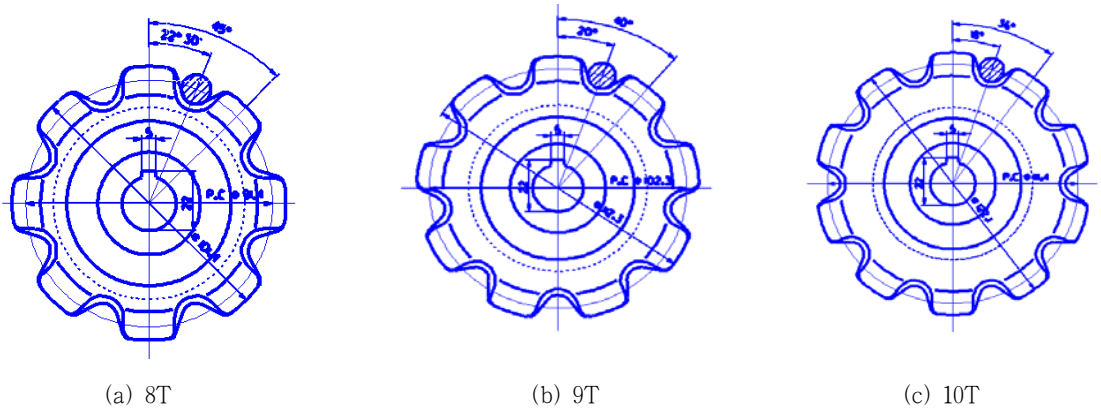


Fig. 2. Diagram of feed chain sprocket

Table 3. Experimental design for threshing

| Working width (row) | Length of threshing drum (mm) | Feed chain speed (m/s) |
|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| 4 | 710 | 0.61 (8T) |
| | 810 | 0.68 (9T) |
| 5 | 810 | 0.75 (10T) |

2. 실험 장치

K사 자탈형 4조 콤바인의 탈곡장치에 설치 할 수 있도록 탈곡통의 길이 810 mm를 Fig. 1과 같이 설계 제작하였고 제원은 Table 2와 같다.

피탈곡물의 공급 속도가 탈곡성능에 미치는 특성을 구명하고자 공급 속도를 조절하는 스프로킷 8T, 9T, 10T를 Fig. 2와 같이 설계 제작하였다.

3. 실험 및 평가 방법

벼 수확의 작업 성능을 제고하고자 작업폭을 4조에서 5조로 증가할 때 탈곡효율이 저하되었다.

작업폭 5조에서 일정한 수준 이상의 탈곡효율을 유지 하는 적정한 탈곡통 길이와 탈곡물 공급 속도를 구명하기 위하여 Table 3과 같은 실험 계획을 수립하였다.

탈곡물 공급 속도는 공급체인 속도 $V = \pi$

$DN / 60,000(m/s)$, D =스프로킷 직경(mm), N =스프로킷 회전속도 RPM식을 이용하여 다음과 같이 결정하였다.

$$\begin{aligned} \cdot \text{스프로킷 } 8T &= 3.14 \times 91.4 \times 128.2 / 60,000 \\ &= 0.61 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{스프로킷 } 9T &= 3.14 \times 102.3 \times 128.2 / \\ &60,000 = 0.68 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{스프로킷 } 10T &= 3.14 \times 113.2 \times 128.2 / \\ &60,000 = 0.75 \text{ m/s} \end{aligned}$$

작업속도는 최저 0.3 m/s와 최대 1.38 m/s사이에서 0.4, 0.8, 1.2 및 1.4 m/s의 4 수준으로 조절하며 실시하였다.

탈곡성능은 작물, 품종, 함수율, 탈립성 등의 요인에 따라 변동이 크므로 실험전 포장조건, 작물조건, 운전조건을 미리 조사하고, 엔진은 정격

회전수로 조정하고 포장지내에 예비구간, 측정구간, 여유구간을 표시한 다음 4단계의 작업 단수로 반복 측정하였다. 이 때 탈곡된 곡물의 전 중량과 짚 검불 취출량 및 풍구 배출구로 나온 검불 등을 포집한 후 곡립을 취출하여 그 중량을 측정하였다. 한 구간의 실험이 끝난 다음 운전과 잔류물을 점검한 후 정상 상태에서 동일한 방법으로 실험을 반복하였다. 탈곡통 길이 변화에 대한 탈곡성능 실험은 기대 한대에서 교체 측정이 불가 하여 동일형식의 콤바인에 710 mm와 810 mm의 탈곡통을 각각 장착시켜 농업기계표준시험법을 기준으로 성능실험을 실시하였다.

탈곡 효율의 평가 방법은 탈곡장치에 유입되는 곡물에 대한 탈곡된 곡물의 백분율로써 나타냈다.

$$\text{탈곡효율}(\%) = \frac{\text{탈립량}(kg)}{\text{전중량}(\text{탈립량} + \text{손실량})} \times 100$$

손실량에는 미탈립과 짚 사이에 끼어 나가는 미수집립을 포함시켰고, 손실율(%)은 손실량을 전곡립량으로 나누어 백분율로 나타내었다.

$$\text{손실율}(\%) = \frac{\text{손실립중량}}{\text{곡립중량}} \times 100$$

작물 인자의 차이가 탈곡성능에 미치는 영향을 최소화하도록 대비구의 실험은 동일 포장지에서 실시함을 원칙으로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 작업성능 및 탈곡효율

작업폭과 작업 속도의 증가에 따른 작업 성능을 탈곡통 길이와 탈곡물 공급 속도 별로 Fig. 3과 같이 나타냈다.

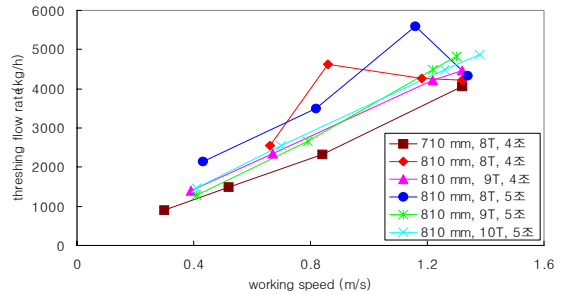


Fig. 3. Threshing flow rate on the working speed for different feed rates

작업 속도가 증가 할수록 작업 성능은 현저하게 증가 하였고 작업폭이 4조에서 5조로 증가할 때 전체적으로 향상 되었고 증가폭은 약 15%정도로 나타났다. 다만 작업 속도가 0.8 m/s에서 작업폭 4조 보다 5조가 적게 나타난 것은 작물의 생육 상태, 즉 작물의 결실이 부실하여 나타난 일시적 현상으로 사료되었다.

탈곡효율은 작업속도가 최대 1.34 m/s 안팎까지 증가하여도 작업폭 4조에서는 큰 변화 없이 99%이상 높은 수준이었고 5조에서는 4조보다 전반적으로 1%정도 떨어졌으며 작업속도가 최대인 1.34 m/s에서는 탈곡효율이 비교적 크게 떨어지는 현상이 나타났다(Fig. 4).

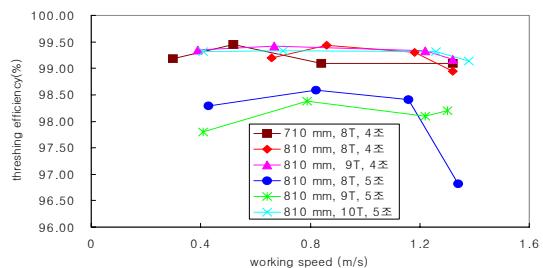


Fig. 4. Threshing efficiency on working speed for different feed rates.

2. 탈곡 손실

탈곡 손실은 미탈립, 비산립 그리고 짚사이에 끼어나가는 미수집립으로 이루어졌으며, 비산립은 검불과 함께 3번구를 통하여 비산되는 손실립으로 실험 결과는 Fig. 5와 같았다.

작업폭 4조에서는 손실율이 1% 미만으로 비교적 안정되게 수확 작업이 정상적으로 수행되었으나 5조로 증가될 때 손실율은 전반적으로 증가하는 현상을 나타냈다.

작업 속도가 0.3 m/s로부터 1.34 m/s의 범위 내에서 변화할 때 작업 속도가 손실에 미치는 영향은 전체적으로 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 작업폭이 4조에서 5조로 증가하고 작업속도가 최대인 810-8T-5조 실험구에서는 탈곡 투입량의 일시적 증대로 인한 과부하로 발생하는 손실율이 2.25%까지 증가하였다.

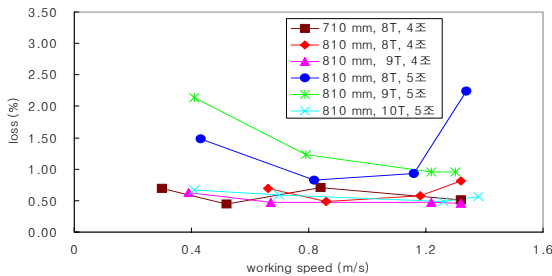


Fig. 5. No.3 gate loss on working speed for different feed rates.

미탈립과 미수집립으로서 4번구 손실은 Fig. 6과 같았고, 4번구 손실은 전체적으로 1%미만이었고 작업 속도와 작업폭이 증가함에 따라 손실은 약간 증가하였다.

미탈립은 탈곡통 길이 810 mm에서 탈곡물의 투입 속도가 큰 10T 실험구에서는 거의 없었고, 두 번째의 투입속도인 9T 실험구에서는 투입속

도가 작은 8T 실험구보다는 전체적으로 미탈립 양이 적었다.

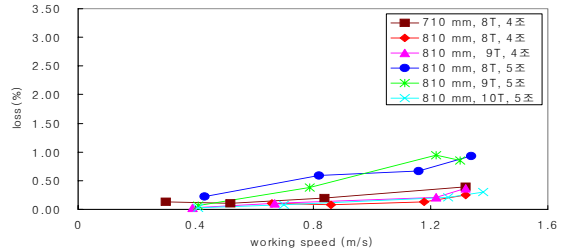


Fig. 6. No.4 gate loss on working speed for different feed rates.

미탈립, 비산립 그리고 미수집립등이 3번구와 4번구를 통하여 발생하는 총손실은 Fig. 7과 같았다.

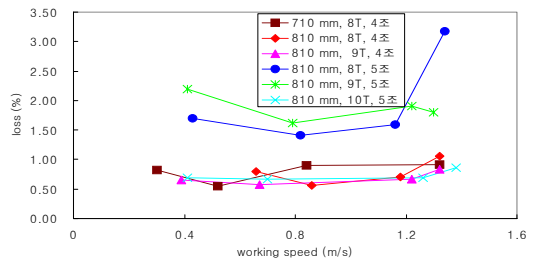


Fig. 7. Total loss on working speed for different feed rates.

총손실률은 작업폭이 4조에서 5조로 증가될 때 1% 미만에서 2~3%로 크게 증가하였다. 더욱이 실험 810-8T-5조에서 작업폭이 5조로 증가되고 작업속도가 최대가 되는 시점에서 탈곡 기능은 난조의 현상을 일으켰다.

작업폭은 4조에서 5조로 증가하여 수확작업의 성능을 증대할 때 탈곡기능을 향상시키는 방법은 공급체인 속도를 0.61 m/s에서 0.75 m/s로 증가하였고 탈곡통 길이를 710 mm에서 810 mm로 증가

한 실험구 810-10T-5조에서 손실율은 가장 적게 나타났고 수확 작업 성능은 가장 크게 나타났다.

5조로 증가할 때 탈곡 성능은 저하되었고 저하된 성능을 개선하고자 탈곡통 길이를 710 mm에서 810 mm로 증가시켰고 공급 체인 속도를 0.61 m/s에서 0.75 m/s로 증가시켰을 때 탈곡 손실은 1% 미만으로 떨어졌으며, 탈곡 성능은 개선되었다.

IV. 요약 및 결론

우리나라 농촌에서 벼 수확 작업의 성능을 증대하고자 4조형 콤바인으로 5조 작업을 수행 할 때 탈곡 성능이 저하 되어 탈곡 손실을 초래하였다.

증가된 탈곡물 때문에 저하된 탈곡 성능을 개선하고자 공급률 및 탈곡통 길이가 탈곡 성능에 미치는 영향을 분석하여 적절한 설계 요인을 구명하고자 하였다.

작업폭과 작업 속도가 증가될수록 수확 작업 성능은 증가되었고 작업폭이 4조에서 5조로 증가 될 때 작업 성능은 약 15%로 증가되었다.

탈곡 손실은 작업폭 4조에서는 1% 미만으로 수확 작업이 정상적으로 수행되었으나 5조로 증가될 때에는 2.25%까지 손실이 증가되었다.

수확 작업 성능을 증대하고자 작업폭 4조에서

참고문헌

1. 농업기계화연구소, 1996. 자탈형콤바인. 농업기계 시험·검사관계규정. 4(46):975-1002.
2. 정창주, 남상일, 1985. 자탈형 콤바인의 탈곡과정의 수학적 모형개발에 관한 연구. 농업기계학회지 10(2):36-46. 한국농업기계학회.
3. Khan, A. H. and S. S. Johnson, 1968. Physical Properties of the Rice Plant and Paddy. In Semi-Annual Substantive Report No. 7. Manila, Philippines : Tth Int. Rice Res. Inst.
4. 川村 登, 堀尾 峠志, 佐木 泰弘, 1968. 벼의 脫粒性과 米粒의 引張·壓縮強度에 대하여. 日農機誌 30(2):88-92.