

보통형 콤바인 부착용 유채 예취장치 개발 (II) - 유채 수확 적응성 평가 -

이충근 최 용 장영석 정용수 이승규 이왕돈

Development of a Rapeseed Reaping Equipment Attachable to a Conventional Combine (II) - Evaluation of Feasibility in Rapeseed Harvesting -

C. K. Lee Y. Choi Y. S. Jang Y. S. Jung S. K. Lee W. D. Lee

Abstract

A rapeseed reaping equipment attachable to a conventional combine was developed in order to harvest rapeseed for bio-diesel materials. This study was carried out to measure the harvest feasibility of a prototype combine in rapeseed fields. Grain, stem and pod flow rate, grain qualities (whole kernel, damaged kernel, unhulled kernel, material-other-than-grain) and grain loss rates (header, threshing, separation) were investigated in each field test.

As the result of the field test, the average grain flow rates of SUNMANG and MS varieties showed 1,430 kg/h and 2,038 kg/h, respectively. The average stem and pod flow rates showed 3,443 kg/h and 6,596 kg/h, respectively. In each working speed, the average whole kernel rate and the material-other-than-grain showed 99.9% and below 0.08%, respectively. In the average grain loss, the rates showed 5.66% in case of SUNMANG and 5.94% in MS. Header loss was higher than other parts for SUNMANG. However, threshing loss was relatively higher than other parts for MS. Header loss rate due to side cutter knives, however, was not so high when compared with a grain loss due to the cutter bar. Effective field capacity and field efficiency of the prototype combine showed 0.389 ha/h and 44%, respectively. Comparison of customary combine with the prototype combine through field test demonstrated that the header loss was reduced by 69.3% when the prototype combine was used.

Keywords : Rapeseed, Rapeseed harvesting combine, Bio-diesel, Rapeseed field

1. 서론

바이오디젤 원료인 유채의 안정적인 생산과 고품질의 바이오디젤 원료의 확보 그리고 후작 작물 재배에 지장을 초래하지 않기 위해서는 유채의 수확 공정인 예취, 이송, 탈곡, 선별, 수집 및 배출작업을 일관적으로 처리할 수 있는 수확기계 개발이 필요하다.

따라서, 전보에서 유채 일관 수확작업을 위해 보통형 콤바인에 장착이 가능한 유채 예취장치(Lee et al., 2008)를 설계·제작한 내용에 대해 보고한 바 있다. 즉, 관행의 예취부에 유채 수확손실 절감과 작업성을 향상시키기 위해 광폭형 저관, 평거형 예취날, 측면 예취날 및 구동장치가 추가된 형태이다.

바이오디젤 원료용 유채를 전 세계에서 가장 많이 재배하고 있는 독일에서의 유채 수확방법은 전보에서 보고하였듯이

This study was supported in part by the Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. The article was submitted for publication on 2008-09-01, reviewed on 2008-11-03, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-11-13. The authors are Choung-Keun Lee, Yong Choi, Agricultural Researcher, National Academy of Agricultural Science, Young-Seok Jang, Agricultural Researcher, National Institute of Crop Science, RDA, Young-Su Jung, Consultant, Yeonggwang Agricultural Technology Center, Seung-Kyu Lee, Professor, Dept. of Biological Systems Engineering, Gyeongsang National University, and Wang-Don Lee, Asia technology Co. Corresponding author: C. K. Lee, Agricultural Researcher, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-100, Korea; Tel : +82-31-290-0159; E-mail: <cklee@rda.go.kr>.

주로 보리, 밀, 옥수수 등을 수확하는 대형 콤바인에 유채 수확에 맞도록 개량된 예취부를 장착하여 기계수확 작업을 하고 있다. 수확작업 원리는 관행의 보리, 밀, 옥수수 등을 수확하는 방법과 유사하지만 수확작업에 의한 손실 최소화를 위해 릴 회전수, 플랫폼 오거와 바닥과의 간극, 탈곡드럼 회전수, 콘케이브와 드럼 간극, 풍량 등을 적절하게 조절하여 유채 수확을 하고 있다(Lee, 2007a).

보통형 콤바인을 이용한 유채 수확작업에 있어서 성능평가의 주요한 요소는 손실량으로서, Price et al.(1996)에 따르면 겨울 유채의 직접 수확 시 총 손실이 11% 정도라 하였으며, MacLeod(1981)에 따르면 최악의 수확 조건일 경우에는 총 손실이 50%에 달하며 20~25% 손실은 보기 드문 현상은 아니라고 보고하였다.

일본에서의 유채 수확방법도 전보에서 보고하였듯이 주로 콤바인을 이용하여 기계 수확 작업을 실시하고 있다. 그러나, 콤바인의 경우는 유채 줄기와 깎지 등이 전량 탈곡통에 투입되기 때문에 탈곡통 길이가 보통형 콤바인에 비해 짧아 미 탈립된 종자의 손실이 많다고 보고 하였다(Taniwaki, 2006; Lee, 2007b). Shibuya(2006)에 의하면 일본에서도 수확조건에 따른 손실량 차이가 다소 발생한다고 하였으며 평균 총 손실이 8.22%였다고 보고하였다. 또한, 예취부 손실을 줄이기 위한 방법으로는 가능한 한 예취높이를 이삭에 가깝게 높게 올리고, 작업속도를 빨리하며, 릴 회전속도를 최소화하여 작업을 하도록 권장하고 있었다. 그러나, 이러한 시험들은 밭에 유채를 재배하여 시험한 내용으로 논에 유채를 재배하여 수확한 시험결과는 찾아보기 힘들다.

따라서, 본 연구에서는 전보에서 보고한 유채 예취장치를 보통형 콤바인에 장착하여 논 유채 수확 적응성 시험을 실시하여 작업정도, 작업능력 그리고 유채 예취장치의 이용효과에 관한 분석결과를 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 대상기종

전보(Lee et al., 2008)에서 보고한 유채 예취장치를 부착한 보통형 콤바인(이하 시작기로 칭함)을 이용하여 포장성능시험을 실시하였다.

나. 시험포장

시작기의 작업정도 및 유채 예취장치의 이용효과를 평가하기 위한 시험 포장은 전남 영광군 불갑면 금계리 일대 영광군 농업기술센터가 주관되어 조성한 약 20 ha의 유채 재배단

지(이하 1번 포장이라 칭함)이다. 작업능력 시험 포장은 전북 부안군 계화면 의복리 일대로서 농림수산식품부 주관으로 바이오디젤 원료용 유채를 시범적으로 재배하고 있는 약 200 ha의 시범재배단지(이하 2번 포장이라 칭함)이다. 1번 포장에 있어서 유채 파종방법은 벼를 수확한 후, 선망 품종을 경운하지 않은 포장에 2006년 10월 12일에 실시하였으며, 파종량은 1,000 g/10a이었고, 파종기는 배부식 동력 입체 산파기(KPB-6030DM, KEYANG, Korea)를 이용하여 파종을 하였다. 파종 후 트랙터 부착형 배토기(WJG-300, Wongjin, Korea)를 이용하여 복토 및 배수로 작업을 실시하였다. 선망 종자 생산을 위한 웅성불임계통(이하 MS로 칭함)은 벼를 수확한 후 경운, 파종, 복토, 진압 등이 동시에 이루어지는 트랙터 부착형 공기식 파종기(Accord, H. WEISTE, Germany)를 이용하여 2006년 10월 12일에 파종을 실시하였으며, 파종량은 300 g/10a이었다. 파종작업 후 트랙터 부착형 배토기를 이용하여 배수로 작업을 하였다. 2번 포장에 있어서 유채 파종은 벼를 수확한 후 기비로서 액비를 10a 당 10 톤을 살포한 포장에 로터리 경운과 배수로 작업을 한 다음, 2007년 10월 14일에 실시하였다. 파종량은 1,000 g/10a이었으며, 파종기는 배부식 동력 입체 산파기(KPB-6030DM, KEYANG, Korea)를 이용하여 파종을 하였다. 1번 포장에 있어서 시비관리 방법은 기비를 성분기준으로 10a당 질소 9 kg, 인산 3.6 kg, 가리 3.6 kg, 고토 1.8 kg, 붕소 0.18 kg, 규산 3 kg 그리고 석회 6 kg에 해당하는 양을 살포하였다. 추비는 질소 16 kg, 인산 0.4 kg, 가리 0.4 kg, 고토 0.4 kg 그리고 붕소 0.04 kg을 살포하였다. 2번 포장에 있어서 시비관리 방법은 기비로 액비를 살포한 다음 추비로서 2008년 2월 22일에 질소 8 kg/10a을 살포하였다. 개화기와 성숙기는 1번 포장이 각각 2007년 4월 10일과 6월 12일이었으며, 2번 포장은 각각 2008년 4월 12일과 6월 10일이었었다. 수확기에 있어서 토양경도는 토양경도측정기(Soil compaction meter, Spectrum technologies Inc., U.S.A)를 이용하여 측정한 결과 깊이 15 cm 부근에서 1번 포장은 2,801 kPa이었으며 2번 포장은 1,802 kPa이었으며, 토양함수율은 토양함수율측정기(WT1000A, Mirae, Korea)를 이용하여 측정한 결과 1번 포장이 19.8%, 2번 포장이 32.7%였다. 그림 1의 왼쪽은 1번 포장, 오른쪽은 2번 포장을 나타내고 있다.

다. 작물조건

포장시험에 앞서 수확작업에 영향을 미치는 선망과 MS에 대한 초장, 줄기와 줄기의 전개 폭(이하 전폭이라 칭함), 주경, 제 1 분지고, 분지수, 제 1 착엽고 등을 1번 포장의 경우 2007년 6월 4일과 5일에 조사하였으며, 2번 포장의 경우 2008년 6월 13일에 실시하였다. 그에 대한 최소값, 최대값, 평균값,



Fig. 1 Rapeseed field tested in this study (Left : No. 1 field, Right : No. 2 field).

표준편차, 변이계수 등을 표 1에 나타내었다. 1번 포장에 있어서 초장은 선망의 경우, 평균 99.4 cm를 보였으며, MS가 평균 130.4 cm를 보여 MS가 평균초장이 31 cm이상 큰 것으로 조사되었다. 전폭에 있어서 선망의 경우 평균 25.3 cm, MS가 평균 37.8 cm를 보여 MS가 평균전폭이 12.5 cm이상 넓게 분포하고 있었다. 이는 단위면적당 주수가 80~90주 정도인 점을 고려할 때 유채 단위 개채 간에 서로 영켜 있다는 것을 의미한다. 주경에 있어서 선망의 경우 평균 0.82 cm, MS의 경우 평균 1.08 cm를 보여 MS가 평균주경이 0.26 cm 이상 굵은 것으로 나타났다. 제 1착협고는 선망과 MS가 각각 평균 54.7 cm와 83.8 cm를 보였다. 또한, 콤바인 포장성능시험에 앞서 유채 물성을 조사한 결과, 1번 포장의 선망인 경우 입모각 86.4°, 곡립 함유율 18%, 유채 협 함유율 20%, 줄기 함유율 44%였으며 단위수량은 203 kg/10a였다. MS의 경우 입모각이 62.6°, 종실 함유율 24.8%, 유채협 함유율 27.4%, 줄기 함유율 67.6%, 단위수량은 271 kg/10a를 보였다.

2번 포장에 있어서 초장은 평균 162 cm, 전폭 42 cm, 주경 1.05 cm, 제 1착협고 98.1 cm, 입모각 67°, 곡립 함유율 34.9%, 유채 협 함유율 62.2%, 줄기 함유율 78.3%였으며 단위수량은 221 kg/10a를 보여 1번 포장보다 생육상태는 양호한 편이었으나, 곡립, 협 그리고 줄기 함유율은 매우 높았다. 유채 생

육조사 방법은 농업과학기술 연구조사 분석 기준(RDA, 2003)에 따라 실시하였다. 유채곡립 함유율 조사방법은 전건법(ASABE Standards, 2006)으로 측정하였으며, 협과 줄기의 함유율은 시료를 각각 5 g과 12 g을 105 °C의 건조로에 넣어 24시간 건조시킨 후의 무게변화를 이용하여 측정하였다.

라. 시험내용 및 방법

1) 작업정도 시험

시작기를 이용하여 유채 수확 작업정도시험을 실시하였다. 시험일시는 2007년 6월 11일과 12일 양일간에 걸쳐서 실시하였다. 조사내용은 곡립유량, 경협유량, 작업속도, 곡립구 곡립조성비 항목인 완전립, 손상립, 미탈부립, 협잡물, 그리고 곡립손실량 조사항목인 예취부 손실, 탈곡부 손실, 선별부 손실을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 농업공학연구소 보통형 콤바인 시험방법(NAAS, 2007)에 준해 실시하였으나, 시험조건인 공시포장 조건과 예취부 손실조사 방법 등에 있어서는 유채에 대한 시험규정이 마련되어 있지 않아 외국문헌을 토대로 실시하였다(Price et al., 1996). 조사에 있어서 두 품종 모두 그림 2와 같이 선정된 시험대상 포장(장변: 100 m, 단변: 30 m)을 정도시험을 할 수 있도록 시험구(장변 30

Table 1 Descriptive statistics of growth values for each rapeseed varieties

	Field No. 1										Field No. 2				
	SUNMANG					MS					SUNMANG				
	Min.*	Max.*	Ave.*	S.D.*	C.V.*	Min.	Max.	Ave.	S.D	C.V	Min.	Max.	Ave.	S.D	C.V
Plant height (cm)	68	140	99.4	13.9	14	93	165	130	14	10.8	138	185	162	13.3	8.21
Plant width (cm)	10	60	25.3	9.74	38.6	14	70	37.8	13.6	36.1	16	75	42	14.2	33.8
Diameter of main stem (cm)	0.3	1.75	0.82	2.78	34.2	0.58	1.84	1.08	2.65	24.4	0.63	1.50	1.05	2.44	23.2
Height of the first branch (cm)	0	66	32.8	11.7	35.7	0	87	38.9	23.8	61.1	20	90	63.5	20.5	32.4
Number of branches (ea)	1	10	3.65	1.92	52.6	1	13	6.58	2.86	43.5	1	8	6.73	3.25	48.3
Height of the first pod (cm)	30	87	54.7	11	20.1	55	110	83.8	14	16.7	65	121	98.1	16.2	16.5

* Min: minimum, Max: Maximum, Ave.: Average, S.D.: Standard deviation, C.V.: Coefficient of variation

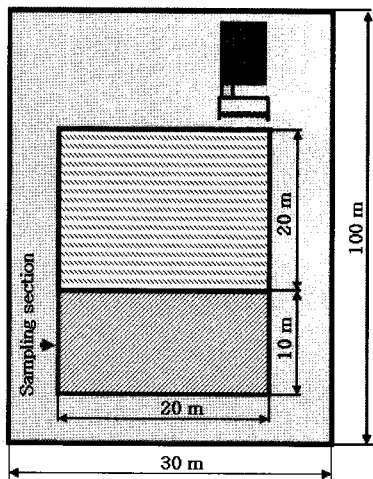


Fig. 2 Schematic diagram for field test.

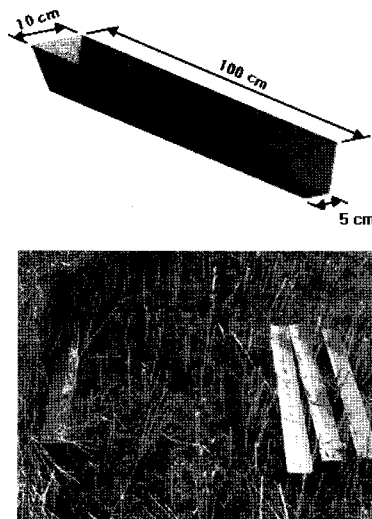


Fig. 3 Loss collecting tray used in this study.

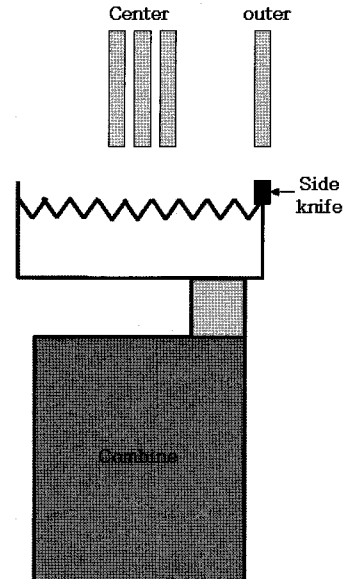


Fig. 4 Position of loss collecting trays (3 at center and 1 at side).

m, 단면 20 m)를 제외하고 수확작업을 실시하였다. 각 정도 시험에 있어서 탈곡부, 선별부 그리고 곡립배출구에 배출되는 경험, 곡립 등을 전량 수집하였다. 수집된 샘플로부터 곡립유량, 경험유량, 전유량, 각부 부위별 손실량, 곡립구 곡립조성비 등을 산출하였다. 각 단계별 정도시험에 있어서 예취폭은 2.1 m로 하였으며, 작업행정은 30 m로 하였고, 측정구간은 10 m로 하였다. 예취부 예취손실을 조사하기 위해 그림 3과 같이 유체 종실 손실을 수집하기 위해 길이 1 m, 위폭 0.1 m, 아래폭 0.05 m 그리고 깊이 0.1 m의 수집통을 이용하였다. 수집통은 그림 4와 같이 시험 시작 전에 예취날에 의한 손실을 조사하기 위해 예취폭 중심을 기준으로 3개를 설치하고, 측면 예취날에 의한 손실을 조사하기 위해 측면 예취날 중심에 1개를 설치하여 손실되는 유체 종실을 수집한 후 면적으로 환산하여 예취부 전체 손실을 계산하였다. 각 시험 단계 전에 콤바인을 표준 작업 조건, 즉, 콤바인 탈곡통의 회전수는 1,048 rpm(주속도 27.4 m/s), 측면예취날의 왕복동수는

518 회/분, 톨 회전수는 20 rpm(주속도 1.12 m/s)으로 설정하였다. 그리고 선별 및 정선을 위한 장치의 설정은 유체 종실의 물성을 고려하여 풍구 측면 공기유입량 조절판을 1/3 단았으며, 상단 선별체의 전반부 채프 열림량은 6~8 mm, 후반부 채프 열림량은 14~16 mm, 하단 선별체의 채프 열림량은 4~6 mm로 설정하였다. 톨 높이는 1 m 전후로 유지하면서 작업을 실시하였으며, 예취 절단높이는 평균 0.15 m를 유지하여 작업을 하였다.

대상품종은 선망과 MS이었으며, 시험은 작업속도를 변경해 가면서 각 품종별 8회씩 총 16회를 실시하였고 그림 5는 포장시험 광경을 나타내고 있다.

2) 작업능률 시험

시작기를 이용한 작업능률 시험은 2008년 6월 13일에 실시하였으며, 조사내용은 단위면적당 수확량, 예취높이, 입모각, 평균작업속도, 선회시간, 공주(空走)시간, 곡립 배출 시간, 총



Fig. 5 A scene of field test.

작업시간 그리고 연료 소비량이었다. 조사방법은 농촌진흥청 농업공학연구소의 보통형 콤바인 시험방법(NAAS, 2008)에 준해 실시하였으며, 품종은 선망을 대상으로 실시하였다. 작업능률, 이론 작업 능률 그리고 작업효율은 식 (1), 식 (2) 그리고 식 (3)으로 계산하였다. 여기서, 기계의 이론 작업폭은 시작기 예취폭인 2.1 m로 하였으며, 기계의 이론 작업속도는 보통형 콤바인을 이용한 유채 수확과 관련된 데이터가 없어 보리 수확 시 기준으로 제시되고 있는 4.2 km/h를 이용하였다 (Kawamura, 1991).

$$C = A/T \tag{1}$$

Where; C: Effective field capacity (ha/h),

A: Working area (ha), T: Working time (h)

$$C_t = W \times V / 10 \tag{2}$$

Where; C_t : Theoretical field capacity (ha/h),

W : Theoretical working width (m),

V : Theoretical working speed (km/h)

$$\eta = C/C_t \times 100 \tag{3}$$

Where; η : Field efficiency (%)

3) 유채 예취장치 효과 분석

시작기와 관행의 콤바인을 이용하여 예취부 손실절감 효과를 평가하고자 비교 시험을 실시하였다. 비교 시험 대상기종은 관행의 보통형 콤바인으로서, 그대로 이용할 경우에 순차적으로 유채 줄기가 예취부로 유입되지 않고 유채 줄기 상호간에 뒤엉켜 간헐적으로 많은 양의 유채 줄기가 예취부로 유입됨에 따라 그림 6과 같이 점점 축적되어 일시에 플랫폼 오거쪽으로 향하기 때문에 예취부 막힘 현상이 발생된다. 따라서, 최소한의 유채 수확작업이 가능하도록 하기 위해 줄기 영킴 절단장치인 측면 예취날만 장착하여 사용하였다. 따라서 시험에는 측면 예취날만 장착한 관행 콤바인과 시작기를 각

각 1대씩 사용하였다. 시험방법은 작업정도 시험에 있어서 예취부 손실을 조사하는 방법과 동일하게 실시하였으며, 대상 품종은 선망이었다. 그림 7은 측면 예취날만 장착한 관행 콤바인을 이용한 수확작업 광경을 나타내고 있다.

3. 결과 및 고찰

가. 작업유량

그림 8은 선망 및 MS 품종을 대상으로 한 시험에서 작업 속도별 전유량, 곡립유량 그리고 경협유량 변화를 나타낸 것으로 평균 곡립 유량은 선망의 경우 1,430 kg/h을 보였으며 MS의 경우 2,038 kg/h을 보여 MS쪽이 선망보다 평균 29.8% 곡립 유량이 많은 것으로 나타났다. 평균 경협 유량은 선망의 경우 3,443 kg/h을 보였으며, MS의 경우 6,596 kg/h을 보여 MS쪽이 평균 47.8% 경협유량이 많은 것으로 나타났다. 이것은 두 품종간의 차이에 따라 발생했다고 볼 수 있다. 이 작업 유량은 Shibuya(2006)가 국내 재배 품종인 선망과 물리적 특성이 비슷한 일본의 유채 품종인 키라리보시를 대상으로 조사한 평균 곡립유량 1,256 kg/h과 평균 경협유량 2,962 kg/h과 비교했을 때 시작기가 곡립유량은 12%, 경협유량은 14% 많았다. 곡립유량이 많은 것은 품종과 생육차이에 의한 것으로 판단되며, 경협유량의 차이는 품종 간의 차이와 콩 콤바인 (ARH380, Kubota, Japan)을 이용한 유채 수확작업으로 인해 단위 시간당 탈곡처리능력이 부족한 관계로 평균 예취높이를 59 cm로 매우 높게 예취했기 때문인 것으로 판단되었다.

나. 작업정도

그림 9는 품종 및 속도별 곡립구 곡립조성비를 나타내고 있고, 그림 10는 품종 및 속도별 곡립손실비를 나타내고 있

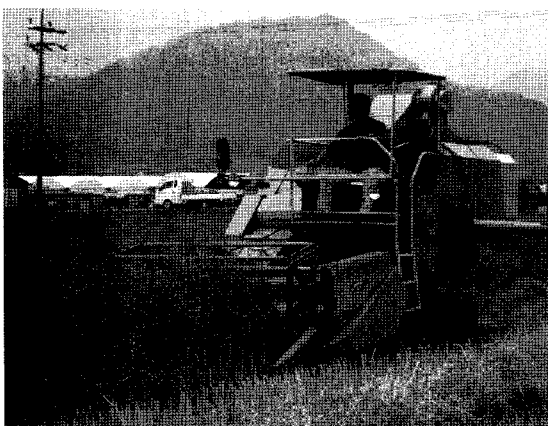


Fig. 7 Field test using customary combine attached with only side knife.



Fig. 6 Problem of stem and pod obstruction in rapeseed harvesting.

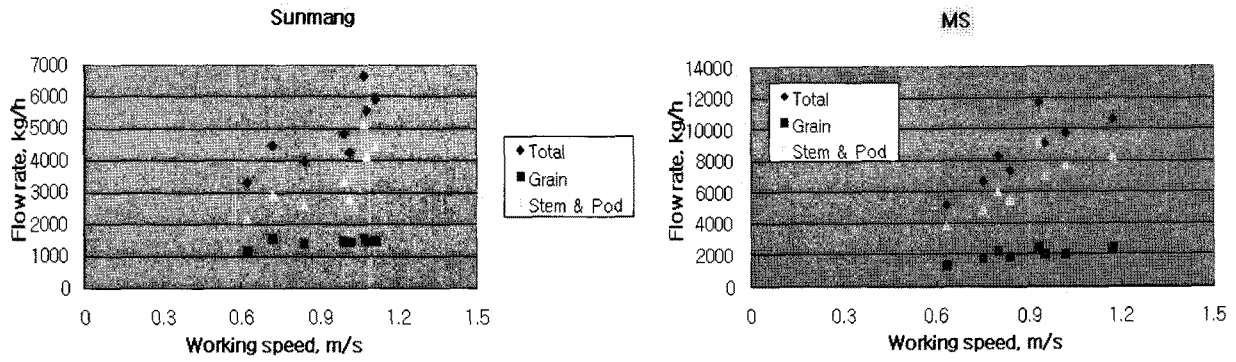


Fig. 8 Flow rates of total, grain, and stem & pod by the working speed.

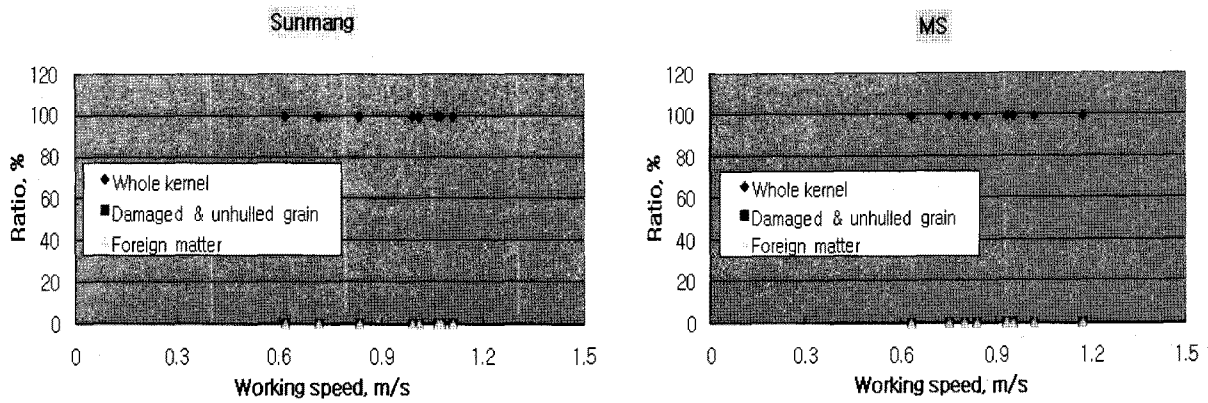


Fig. 9 Composition ratios of output by the working speed.

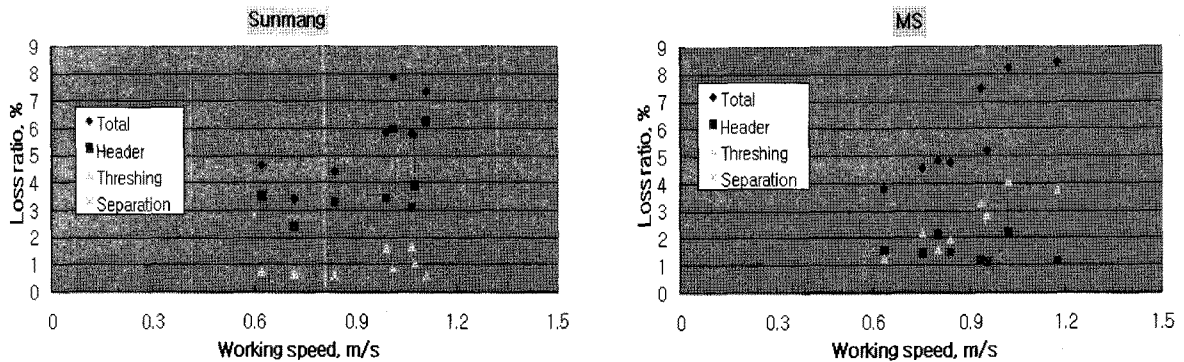


Fig. 10 Loss ratios at header, threshing, and separation part by the working speed.

다. 그림 11은 주요부 손실비중을 나타내고 있고, 그림 12은 예취부 예취손실 비중을 나타내고 있다. 우선, 선망을 대상으로 시험한 결과를 그림 9, 10, 11, 12에서 살펴보면, 곡립구 곡립조성비는 평균 완전립비가 99.9%, 손상립과 미탈부립은 없었으며, 평균 헝잡물비가 0.07%를 보였다. 평균 곡립손실비는 예취부가 4.02%, 탈곡부가 1.0%, 선별부가 0.65%를 보여 총 손실은 5.66%를 나타냈다. 주요부 손실 비중을 살펴보면 예취부가 71%, 탈곡부가 17.7% 그리고 선별부가 11.5%

를 보여 상대적으로 예취부 손실이 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다. 예취부 손실이 상대적으로 큰 것은 예취과정에서 예취릴과 유채 헝의 마찰에 의한 종실의 낙립이 많았기 때문으로 판단되었다. 예취부 측면 예취날에 의한 손실을 조사한 결과 평균 0.48%로서 비율로 보면 총 예취손실의 평균 11.7%를 차지하고 있어 큰 비중은 보이지 않았다. 이 작업 정도는 Shibuya(2006)가 조사한 평균 완전립비가 98.5%, 평균 예취부 손실이 2.85%, 평균 탈곡·선별부 손실이 5.38%,

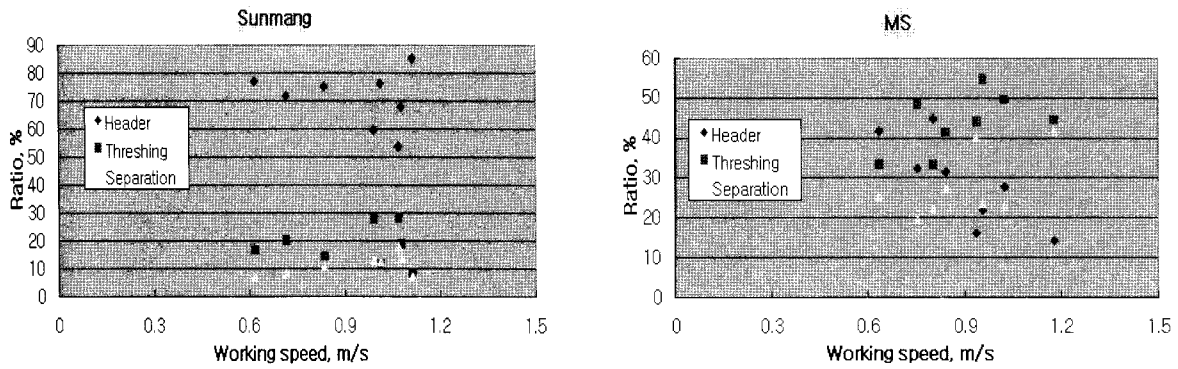


Fig. 11 Percent of loss at header, threshing, and separation part by the working speed.

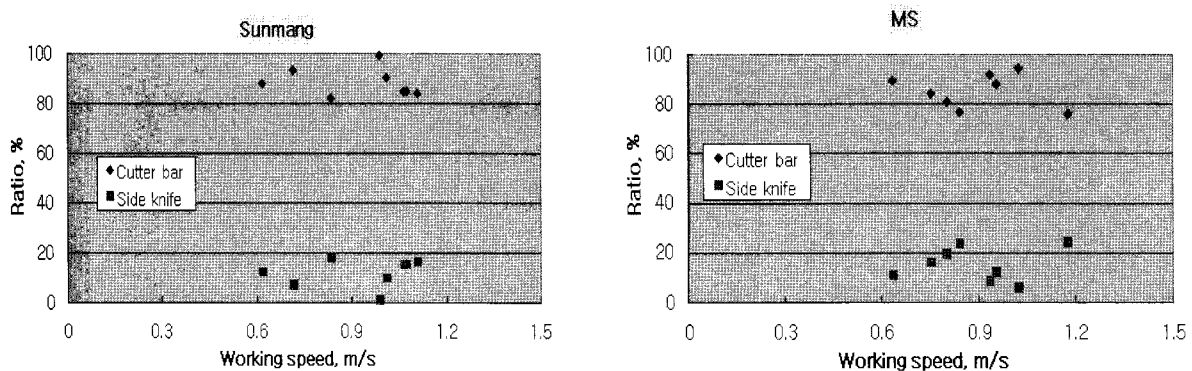


Fig. 12 Grain loss at cutter bar and side knife in reaping part by the working speed.

평균 총 손실이 8.22%인 결과와 비교했을 때 시작기가 곡립 구 곡립조성비에 있어서 완전립비가 1.4% 높게 나타났다. 곡립손실비에 있어서는 시작기가 예취부 손실은 1.17% 높게 나타난 반면 탈곡·선별부 손실은 3.73% 낮게 나타나 전체적으로 총 손실은 2.56% 낮게 나타났다. 시작기가 완전립비와 예취부 손실이 상대적으로 높게 나타난 것은 작물의 협과 줄기 함유율이 각각 평균 24.2%와 70.6%인 시부야의 작물조건보다 협은 4.2%, 줄기는 26.6% 함유율이 낮아 좀 더 완속된 유채였기 때문으로 판단되었다.

또한, 시작기가 탈곡·선별부 손실이 낮게 나타난 이유는 단위시간당 곡립처리능력이 상대적으로 높기 때문으로 판단되었다.

MS를 대상으로 시험한 결과를 그림 9, 10, 11, 12에서 살펴보면, 평균 완전립비가 99.9%로서 손상립과 미탈부립은 없었으며, 협잡물비가 평균 0.08%를 보였다.

평균 곡립손실비는 예취부가 1.57%, 탈곡부가 2.64%, 선별부가 1.73%를 보여 총 손실은 5.94%를 나타냈다. 주요부 손실 비중을 살펴보면 예취부가 26.4%, 탈곡부가 44.4% 그리고 선별부가 29.1%를 보여 선망과 비교했을 경우 상대적으로 탈곡부의 손실이 많은 비중을 차지하고 있었다. 이는 경험

유량이 시간당 최대 9,253 kg으로서 선망보다 많았기 때문에 판단되었다. 예취부의 측면 예취날에 의한 손실은 0.23%로서 비율로 보면 총 예취손실의 15%를 차지하고 있어 선망보다 다소 높게 나타났다. 이것은 MS가 선망에 비해 초장이 길고, 전폭이 넓기 때문에 줄기 영키는 현상이 선망보다 좀 더 심하기 때문으로 판단되었다.

선망과 MS를 대상으로 작업정도를 조사한 결과, 완전립비가 99% 이상 높게 나타난 것은 수확기에 있어서 유채의 등숙이 매우 양호하였기 때문으로 판단되었다. 또한, 총 손실이 MS를 대상으로 했을 때 최고 8.46%로서 비교적 높게 나타났다. 이것은 표 2에서 표시하는 것과 같이 총 손실에 영향을 미치는 인자들의 상관관계를 분석한 결과, 선망의 경우 총 손실과 작업속도와는 5%의 유의수준에서 상관관계가 있었다. MS의 경우, 총 손실은 작업속도 및 전유량과 1%의 유의수준에서 높은 상관관계를 보였다. 따라서, 이것은 작업속도 증가에 따른 전유량 증가에 따른 것으로 판단되며, 작업속도를 낮추어 작업을 한다면 줄일 수 있을 것으로 판단되었다. 예취부 손실 중에 측면 예취날에 의한 손실과 그 외의 손실비중을 살펴 본 결과, 선망과 MS 모두 측면 예취날에 의한 손실은 그다지 많지 않았다. 이는 측면 예취날로 절단하는 것은 대부분

Table 2 Correlation coefficient among working speed, total flow rate, and total loss

	SUNMANG			MS		
	Working speed	Total flow rate	Total loss	Working speed	Total flow rate	Total loss
Working speed	1	0.804**	0.761*	1	0.838**	0.891**
Total flow rate	0.804**	1	0.379	0.838**	1	0.865**
Total loss	0.761*	0.379	1	0.891**	0.865**	1

(** : Significant level 1%, * : Significant level 5%, number of samples: 8)

Table 3 The results of field test using the prototype

Working area (a)	20	Idle running time (min/10a)	1.55
Yield (kg/10a)	221	Grain outlet time (min/10a)	1.31
Working speed (m/s)	0.76	Working time (min/10a)	15.43
Turning time (min/10a)	0.86	Fuel consumption (L/10a)	3.5

이 유채 줄기로서 유채 줄기는 줄기 서로 간에 엉켜 있기 때문에 논 바닥에 떨어지지 않고 이웃하는 유채 줄기에 걸려 있기 때문으로 판단되었다.

다. 작업능력

표 3은 시작기를 이용해 20a 면적에 대해 1회 시험한 작업능력 시험결과를 나타내고 있으며, 평균 수확량은 221 kg/10a, 평균 작업속도는 0.76 m/s, 평균 입모각은 68° 그리고 평균 예취높이는 0.24 m였다. 작업구간에 있어서 선회 회수는 8회, 공주 회수는 9회 그리고 곡립배출 회수는 1회였으며, 소요시간은 각각 0.86 min/10a, 1.55 min/10a 그리고 1.31 min/10a 이었으며, 연료소비량은 3.5 L/10a였다. 앞서 제시된 식을 이용하여 작업능률과 작업효율을 계산한 결과 각각 0.389 ha/h 와 44%로 나타났다. 이 값은 보통형 콤바인을 이용한 보리 수확 작업에 있어서 제시되고 있는 작업능률인 0.5 ha/h보다는 낮은 수준이며, 작업효율인 43%와는 비슷한 수준을 보여 낮은 수준의 작업능률과 효율을 나타내었다(Kawamura, 1991; ASIA TEC Co., 2006). 이것은 유채가 보리에 비해 단위시간 당 처리 유량이 증가하여 작업속도가 늦어졌기 때문으로 판단되었다.

라. 유채 예취장치 효과

그림 13은 시작기인 유채 예취장치를 장착했을 때와 관행의 콤바인을 사용했을 때의 예취부의 단위면적당 손실량을 나타낸 것이다. 시작기의 경우 단위 면적당 손실량이 8.9 g/m²의 손실을 보였으며, 비교 대상 기종은 손실량이 29 g/m²의 손실을 보여 시작기와 비교하여 손실량이 평균 3.26배 증가되는 것을 알 수 있었다. 따라서, 시작기를 장착함으로써

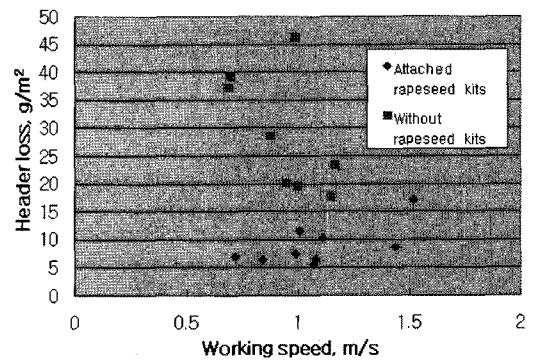


Fig. 13 Header loss at reaping part with and without rapeseed reaping equipment.

앞에서 언급하였던 유채 수확 작업성 향상뿐만 아니라 예취부 예취손실에 있어서도 평균 69.3%의 손실을 절감할 수 있는 것으로 분석이 되었다. 그리고, 측면 예취날을 장착하지 않고 유채 수확 작업을 실시한다면 이 보다 더 많은 손실이 발생 될 것으로 판단되었다. 이러한 결과들을 Price et al. (1996)이 조사한 예취부의 평균 예취 손실량이 32.8 g/m²이었던 것과 비교하면 손실량이 3.69배 적은 것으로 우수한 성능을 나타내었다고 할 수 있다.

4. 요약 및 결론

유채 재배에 있어서 노력이 많이 소요되는 수확작업을 생력화하기 위해 국내에 시판되고 있는 보통형 콤바인에 부착 가능한 유채 예취장치를 개발하여 포장 정도시험과 유채 예취장치의 효과에 대해 분석해 아래와 같은 결과를 얻었다.

- (1) 선망 및 MS 품종의 작업속도별 평균 곡립 유량은 각각 1,430 kg/h과 2,038 kg/h을 보여 MS쪽이 선망보다 평

균 29.8% 곡립 유량이 많은 것으로 나타났다. 평균 경험 유량은 각각 3,443 kg/h과 6,596 kg/h을 보여 MS쪽이 평균 47.8% 경험유량이 많은 것으로 나타났다.

- (2) 선망 및 MS 품종의 작업속도별 평균 곡립구 곡립조성비를 살펴보면 두 품종 모두 완전립비는 99.9%, 손상립과 미탈부립은 없었으며, 험잡물비가 0.08% 이하로 나타났다.
- (3) 작업속도별 선망의 평균 곡립손실비는 예취부가 4.02%, 탈곡부가 1.0%, 선별부가 0.65%를 보여 총 손실은 5.66%를 보였으며, MS의 평균 곡립손실비는 예취부가 1.57%, 탈곡부가 2.64%, 선별부가 1.73%를 보여 총 손실은 5.94%를 나타냈다.
- (4) 예취부의 측면 예취날에 의한 손실을 조사한 결과, 선망의 경우 총 예취손실의 평균 11.7%, MS의 경우 평균 15%를 차지해 예취부 손실에 큰 비중을 차지하지는 않았다.
- (5) 시작기를 이용한 유채 수확작업에 있어서 작업능률은 0.389 ha/h를 보였으며, 작업효율은 44%를 보였다.
- (6) 유채 예취장치의 효과를 분석한 결과, 관행의 예취장치를 이용한 것과 비교해 예취부 예취손실을 69.3% 이상 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. ASABE Standards. 2006. S352.2: Moisture Measurement-Unground Grain and Seeds. ASABE, St. Joseph, Michigan, USA.
2. ASIA TEC Co. 2006. Manual for ASIA CLAAS Combine Harvester.
3. Kawamura, N. 1991. New Version Book of Agriculture Field Machinery. Muiyoungdang, Japan. (In Japanese)
4. Lee, C. K. 2007a. The status of rapeseed cultivation machinery technology for biodiesel in Germany. Journal of Bio systems Engineering 32(5):377-381. (In Korean).
5. Lee, C. K. 2007b. The status of rapeseed cultivation machinery technology for biodiesel in Japan. Journal of Bio systems Engineering 32(5):370-376. (In Korean).
6. Lee, C. K. Y. Choi, H. J. Jun, S. K. Lee, C. S. Ryu and D. M. Kim. 2008. Development of a rapeseed reaping equipment attachable to a conventional combine (I) - Design and construction of a prototype -. Journal of Biosystems Engineering 33(6):371-378. (In Korean)
7. Macleod, J. 1981. Oilseed Rape Book. A Manual for Growers, Farmers and Advisors. pp.107-119. Cambridge Agricultural Publishing, London, United Kingdom.
8. National Academy of Agricultural Science (NAAS). 2008. Test Methods of Conventional Combine Harvester (NIAE T5020). Suwon, Republic of Korea.
9. Price, J. S., R. N. Hobson, M. A. Neale and D. M. Bruce. 1996. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. Journal of Agricultural Engineering Research 65:183-191.
10. Rural Development Administration (RDA). 2003. The Standard Guideline of Research & Analysis for Agricultural Science Technology. pp.354-359. Suwon, Republic of Korea.
11. Shibuya, Y. 2006. Systematization of mechanization production technology of rapeseed for agricultural energy use (I). The Proceeding of the Japanese Society of Agricultural Mechanization. pp.76. (In Japanese)
12. Taniwaki, K. 2006. Production of rapeseed and biodiesel. JSAM 68(3):9-12. (In Japanese).