

## 보통형 콤바인 부착용 유채 예취장치 개발 (Ⅲ) - 유채 기계 수확 손실 절감을 위한 요인 구명 -

이충근 최 용 전현종 이승규 문성동 김송수

### Development of a Rapeseed Reaping Equipment Attachable to a Conventional Combine (Ⅲ) - Analysis of Principal Factor for Loss Reduction of Rapeseed Mechanical Harvesting -

C. K. Lee Y. Choi H. J. Jun S. K. Lee S. D. Moon S. S. Kim

#### Abstract

Field test was conducted to investigate primary factors reducing rapeseed harvesting using a reciprocating cutter-bar of combine. The results showed that the correlation between crop moisture content and yield loss had a U-type, which indicated that the yield reduction increased at too high and too low crop moisture contents. The proper ranges of crop moisture contents were 27~35%, 21~56%, and 62~73% in case of grain, pod and stem, respectively. Crop moisture content was negatively correlated with header loss, but positively correlated with threshing loss. In contrary, stem moisture content showed positive correlations with total loss, threshing loss and separation loss. Working speed was positively correlated with header loss. Total flow rate, pod flow rate and stem flow rate were highly correlated with threshing loss and separation loss. However, grain flow rate did not show any correlation with total loss. According to the principal component analysis, two principal components were derived as components with eigenvalues greater than 1.0. The contribution rates of the first and the second components were 52.7% and 38.9%, which accounted for 91.6% of total variance. As a contributive factor influencing total loss of rapeseed mechanical harvesting, a crop moisture content factor was greater than a crop flow rate factor. The stepwise multiple regression analysis for total loss was conducted using crop moisture content factor, crop flow rate factor and coefficient. However, the model did not show any correlation among independent and dependent factors ( $R^2=0.060$ ).

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

#### 1. 서 론

제 1보에서는 보통형 콤바인에 장착이 가능한 유채 예취장치 개발에 관한 배경, 구성요소, 제원 등에 관해 보고한 바 있다(Lee et al., 2008). 제 2보에서는 개발한 유채 예취장치를 장착한 콤바인과 비 장착한 콤바인을 이용하여 유채 수확작업을 실시하여 작업정도, 작업능률 그리고 유채 예취장치의 손

실절감 효과에 대해 보고하였다(Lee et al., 2009). 그 결과, 보통형 콤바인에 장착이 용이한 유채 수확용 예취장치를 개발하였고, 이를 통해 관행의 예취부와 비교해 유채 기계 수확 손실을 약 70% 절감할 수 있었다.

유채의 기계 수확에 의한 총 손실은 평균 5.8%로서 이러한 손실원인은 수확시기, 작업조건, 포장조건 등에 따라 변화되었으며 이를 좀 더 명확화 할 필요성이 있었다.

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 2008-10-16, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-12-30. The authors are Choung-Keun Lee, Yong Choi, Hyun-Jong Jun, Agricultural Researcher, National Academy of Agricultural Science, RDA, Seung-Kyu Lee, Professor, Dept. of Biological Systems Engineering, Gyeongsang National University, Sung-Dong Moon, Kangwon National University, Professor, Dept. of Industrial & Management Engineering, and Song-Su Kim, Asia technology Co. Corresponding author: C. K. Lee, Agricultural Researcher, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea; Tel: +82-31-290-0159; E-mail: <cklee@rda.go.kr>.

Ogilvy(1989)에 의하면, 유채는 수확 시기가 지나치게 빠르면 경우 기름 양과 곡립 무게가 줄며 수량이 감소한다고 지적하였으며, 미리 예취만 하고 나중에 탈곡작업을 하는 수확방식에 있어서 최적 수확적기는 개화 후 84일 정도이며 주경의 협 곡립 색이 녹색(Green)에서 황색(Brown)으로 변화하는 시점이라고 하였다. Lee (2007)에 의하면 독일의 경우 유채 기계 수확의 최적 조건은 협이 황갈색으로 2/3 변화하고 곡립 함수율이 9~12%, 협 함수율이 20% 전후, 줄기 함수율이 30~40%일 때 최적의 수확조건이라고 하였다. 일본의 Shibuya (2006)는 유채 기계 수확 적기는 주경 2/3지점의 협 속의 곡립이 80% 이상 황갈색으로 변색된 시점이라고 하였다. Umeda (2008)는 예취부 손실에 있어서 협의 함수율이 70%일 때 0%, 협의 함수율이 20%일 때 2%라고 하였으며, 탈곡선별 손실은 협의 함수율이 70%일 때 65%, 협의 함수율이 20%일 때 10% 정도라고 보고하였다.

그러나 이러한 결과는 우리나라에서 추진하고 있는 유채 작부체계와 달리 밭에 유채를 재배하면서 제시된 조건이기 때문에 유채 기계 수확 손실을 최소화하면서 우리 실정에 적합한 유채 수확 적기를 구명할 필요가 있다. 또한, 전보에서 언급하였듯이 국내에서는 유채를 수확한 후에 벼를 이앙해야 하기 때문에 유채 곡립 함수율이 10~20% 범위 내로 떨어질 때까지 기다리는 것은 현실적으로 어려움이 있다.

따라서 본보에서는 유채 예취장치를 장착한 콤바인을 이용한 유채 수확에 있어서 손실절감을 위한 요인구명을 위해 유채 곡립, 협, 줄기 함수율, 작업속도, 전 유량, 경협유량, 곡립유량 변화에 따른 예취, 탈곡, 선별 손실을 비교하였다. 그리고 상호 요인간의 상관관계와 주성분 분석을 통해 수확 손실에 영향을 미치는 요인과 요인별 기여율을 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시험기종 및 포장

전보(Lee et al., 2008; Lee et al., 2009)에서 보고한 보통형 콤바인에 탈부착이 가능한 유채 예취장치를 보통형 콤바인에 부착하여 유채 기계 수확 손실 절감을 위한 요인 구명시험을 실시하였다. 시험포장은 전보에서 기술한 2번 포장에 대한 설명과 동일하다.

### 나. 작물조건

포장시험에 앞서 표 1과 같이 시험 일자별로 수확작업에 영향을 미치는 유채 생육 특성인 초장, 제 1 분지고, 최하 착협고, 주경, 단위면적당 평균 주수, 입모각 등을 조사하였다. 표에서와 같이 평균 초장은 161 cm, 제 1 분지고는 66 cm, 최

Table 1 Descriptive statistics of growth values

Date	Plant height (cm)	Height of the first branch (cm)	Height of the first pod (cm)	Diameter of main stem (cm)	Number of plant of m <sup>2</sup>	Standing angle (°)
'08. 6. 11	159	63	96	0.94	71.6	67
'08. 6. 12	162	63	98	1.06	59	69
'08. 6. 13	162	64	98	1.05	59	72
'08. 6. 14	161	74	111	0.72	159	84

하 착협고는 101 cm, 주경은 0.94 cm, 단위면적당 주수는 87.2 주, 입모각은 73°였다. 유채의 초장이 일반적인 선망 품종과 비교해 큰 것은 기비로 액비를 다량 살포한 점과 시험포장이 지금까지 논으로 이용되었기 때문에 유채 생육에 필요한 영양분을 충분히 공급할 수 있었기 때문으로 판단되었다. 유채 생육조사 방법은 농업과학기술 연구조사 분석 기준 (RDA, 2003)에 따라 실시하였다.

### 다. 시험방법 및 분석

유채 기계 수확 포장시험은 2008년 6월 11일부터 14일까지 4일간에 걸쳐서 콤바인의 작업속도와 수확시기를 변경해 가면서 총 23회 반복시험을 실시하였다. 조사내용은 곡립유량, 경협유량, 작업속도, 곡립구 곡립조성비 항목인 완전립, 손상립, 미탈부립, 협잡물, 그리고 곡립 손실량 조사항목인 예취부 손실, 탈곡부 손실, 선별부 손실을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 농업공학연구소 보통형 콤바인 시험방법(NIAE T5020, NAAS, 2008)에 준해 실시하였다. 조사에 있어서 선정된 시험대상 포장(장변 : 100 m, 단변 : 50 m)을 정도시험을 할 수 있도록 시험구(장변 : 30 m, 단변 : 40 m)를 제외하고 수확작업을 실시하였다. 각 정도시험에 있어서 탈곡부, 선별부 그리고 곡립배출구에 배출되는 경협, 곡립 등을 전량 수집하였다. 수집된 샘플로부터 곡립유량, 경협유량, 전 유량, 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 예취손실 조사는 전보에서 보고한 방법으로 실시하였다(Lee et al., 2009).

각 시험 단계에 있어서 전보(Lee et al., 2009)에서 보고한 콤바인 표준 작업조건 중에 수확 중 곡립손실을 최소화하기 위해 콤바인 탈곡통의 회전수는 813 rpm(주속도 21.3 m/s), 릴 회전수는 18 rpm(주속도 1.0 m/s)으로 낮추어 설정하였다.

조사된 데이터를 이용하여 유채 기계 수확 손실과 작업조건들과의 상관관계를 구명하기 위해 상관계수를 산출하였으며, 총 손실에 기여하는 요소별 기여도를 분석하기 위해 주성분 분석을 실시하였다. 그리고 총 손실을 예측해 보기 위해 다중회귀분석을 실시하였으며 분석도구로는 SYSTAT 8.0 통

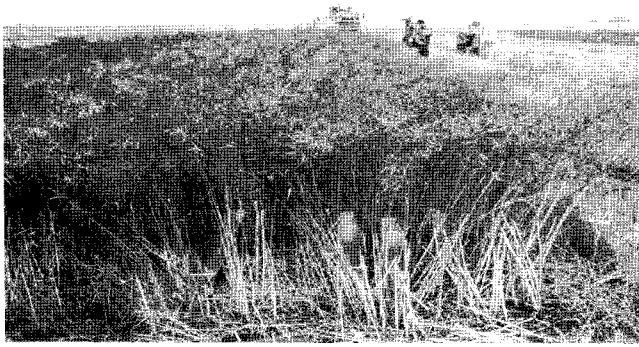


Fig. 1 A scene of field test.

Table 2 Relation between moisture content of rapeseed and a loss of rapeseed harvested using conventional combine

Moisture content (%)			Grain loss (%)			
Grain	Pod	Stem	Header	Threshing	Separation	Total
41.6	62.1	74.2	2.29	5.44	3.57	11.3
44.4	63.2	75.2	1.31	6.41	1.68	9.40
35.5	48.5	71.2	3.79	2.44	0.96	7.20
34.4	49.2	70.3	2.40	1.65	0.54	4.59
36.6	67.8	75.1	1.78	4.80	1.74	8.32
39.9	61.5	74.9	1.33	3.45	0.58	5.36
36.3	54.2	80.3	1.78	3.83	1.71	7.32
34.9	63.8	80.6	1.91	4.96	7.48	14.4
34.6	52.7	73.3	5.30	1.55	0.37	7.23
34.4	49.3	72.6	3.73	0.94	0.71	5.38
34.5	50.0	72.3	1.80	1.03	0.37	3.20
30.6	56.5	70.5	3.94	1.47	0.78	6.19
30.3	50.0	70.0	4.83	0.63	0.63	6.09
30.4	53.5	70.3	1.85	0.45	0.42	2.72
33.6	59.9	73.5	1.46	1.45	0.34	3.25
33.6	63.8	76.4	2.44	3.31	0.79	6.54
33.6	61.2	74.3	2.23	1.91	0.51	4.65
22.0	12.2	56.6	13.0	1.01	0.76	14.8
23.2	12.9	57.6	8.41	1.03	0.49	9.93
24.8	22.2	60.2	2.35	0.28	0.38	3.01
28.0	21.7	62.5	2.57	0.44	0.16	3.17
24.7	20.2	61.2	2.19	0.28	0.49	2.96
25.7	18.6	60.8	4.05	0.64	0.56	5.25

계 해석 프로그램을 이용하였다. 그림 1은 포장시험 광경을 나타내고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 작물함수율과 손실

표 2와 그림 2는 작물 함수율과 손실과의 관계를 나타낸 것

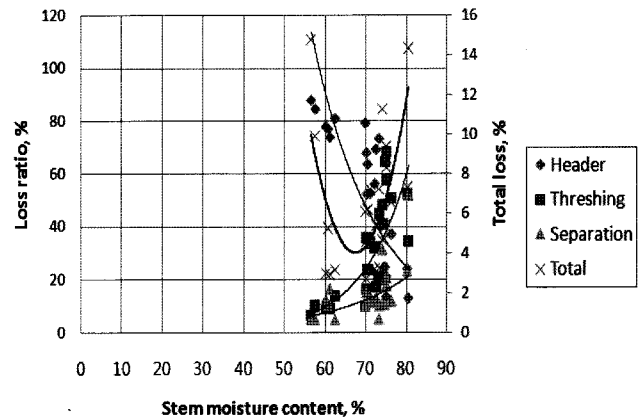
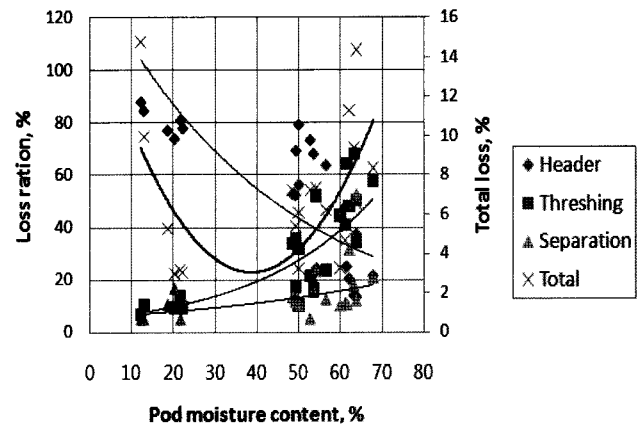
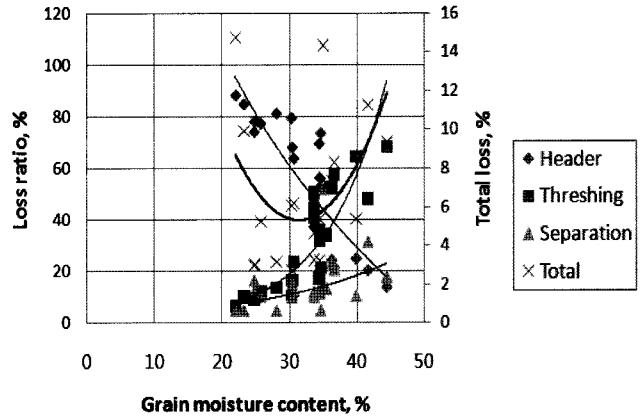


Fig. 2 Relation between moisture content of rapeseed and a loss of rapeseed harvesting.

**Table 3** Polynomial expression and coefficient of determination between moisture content of rapeseed and a loss of rapeseed harvesting (\*\* : Significant level 1%, \* : Significant level 5%, number of samples : 23)

	Grain moisture content	Pod moisture content	Stem moisture content
	Polynomial	Polynomial	Polynomial
	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
Header	Y = -111.5Ln(x) + 440.52	Y = 137.31e <sup>-0.023x</sup>	Y = 4475.8e <sup>-0.065x</sup>
	0.696**	0.495**	0.561**
Threshing	Y = 0.6678e <sup>0.1113x</sup>	Y = 4.9076e <sup>0.0345x</sup>	Y = 0.0455e <sup>0.0898x</sup>
	0.804**	0.726**	0.716**
Separation	Y = 2.3312e <sup>1.0515x</sup>	Y = 5.5099e <sup>0.0174x</sup>	Y = 0.3416e <sup>0.0512x</sup>
	0.271**	0.314**	0.384**
Total	Y = 0.0384x <sup>2</sup> - 2.4128x + 43.183	Y = 0.0091x <sup>2</sup> - 0.6994x + 16.585	Y = 0.0495x <sup>2</sup> - 6.6848x + 229.86
	0.221*	0.347**	0.436**

이다. 공시재료의 곡립 함수율 범위는 22~44.4%, 헵 함수율은 12.2~67.8%, 줄기 함수율은 56.6~80.6% 범위였다. 그림 2에 의하면, 작물 함수율과 곡립 총 손실은 전체적으로 U자형 형태를 보여 함수율이 너무 낮거나 너무 높을 경우 손실이 증가하는 경향을 보였다. 즉, 곡립, 헵, 줄기의 함수율이 증가하면 증가할수록 예취손실보다 상대적으로 탈곡-선별 손실이 증가하여 총 손실이 증가하는 경향을 보였다. 반대로 작물 함수율이 감소하면 탈곡-선별손실보다 예취손실이 증가하여 총 손실이 증가하는 경향을 보여 작물의 함수율은 콤바인을 이용한 유채 기계수확에 있어서 곡립손실과 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있었으며 적절한 수확적기를 선택하는 것이 곡립손실을 절감할 수 있는 방안으로 판단되었다. 표 3은 작물 함수율과 예취, 탈곡, 선별 손실 비중의 관계식과 결정계수를 나타내고 있으며, 동시에 작물 함수율과 총 손실과의 관계를 표현하고 있다. 그림 2를 바탕으로 콤바인을 이용한 유채 기계 수확에 있어서 총 손실을 6% 이하로 유지하면서 효율적인 수확작업을 할 수 있는 작물 함수율 범위는 곡립의 경우 27~35%, 헵의 경우 21~56%, 줄기의 경우 62~73%가 적절하다고 판단되었다. 이 결과는 Shibuya(2006)의 포장 정도시험에서 작물 함수율로 제시되었던 곡립, 헵 그리고 줄기 평균 함수율인 18%, 24.2% 그리고 70.6%인 것과 비교해 곡립을 제외하고는 유사한 범위에 포함됨을 알 수 있다. 또한, Umeda (2008)가 제시한 헵의 함수율이 20% 정도일 때 예취부 손실보다 탈곡선별 손실이 증가된다는 보고와 유사하다고 할 수 있다.

**나. 요인별 상관관계**

표 4는 콤바인을 이용한 유채 수확작업에 있어서 작업속도 및 유량과 손실과의 관계를 나타내고 있으며 각 실험단계에 있어서 완전립 비율과 이물질 혼합비율을 나타내고 있다. 작

업속도는 0.32~0.91 m/s, 전 유량은 3,496~9,784 kg/h, 곡립 유량은 816~2,265 kg/h, 경협유량은 2,530~8,366 kg/h 범위였다. 완전립 비율은 97.67~99.49%, 헵잡물 비율은 0.51~2.33% 범위였으며, 손상립과 미탈부립은 발생량이 적어 무시할 수 있었다. 표 5는 작물 함수율, 작업속도 및 유량과 손실과의 상관관계를 나타내고 있고 동시에 각 시험단계에 있어서 완전립 비율과 이물질 혼합비율의 상관계수를 표시한 것이다. 표 5에 의하면 곡립, 헵 그리고 줄기 함수율은 예취손실과 1% 유의수준에서 높은 부의 상관관계, 탈곡손실과는 1% 유의수준에서 양의 상관관계를 보였다. 줄기 함수율은 총 손실과 탈곡손실과는 1% 유의수준, 총 손실과 선별손실과는 5% 유의수준에서 양의 상관관계, 예취손실과는 1% 유의수준에서 높은 부의 상관관계를 보였다.

즉, 작물의 함수율은 유채 기계 수확에 있어서 곡립손실과 밀접한 관계가 있음을 보였다.

작업속도와 예취손실은 5% 유의수준에서 양의 상관관계를 보여 작업속도가 증가함에 따라 곡립손실이 증가하는 것으로 나타났다. 전유량은 탈곡손실과는 1% 유의수준, 선별손실과는 5% 유의수준에서 양의 상관관계를 보였다. 경협유량은 탈곡 및 선별손실과 1% 유의수준에서 높은 상관관계를 보여 유량증가가 탈곡 및 선별손실에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

그러나 곡립유량은 전체적인 손실과 유의성을 보이지 않아 손실에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 이것은 앞에서 언급하였듯이 곡립과 경협유량의 비가 1대 4.53이기 때문에 손실에 영향을 미치는 요소는 곡립유량보다는 경협유량이 좀 더 기여를 하기 때문인 것으로 판단되었다. 또한, 작물 함수율, 작업속도, 전 유량, 경협유량, 곡립유량과 곡립구 내의 완전립비 및 이물질비와는 유의성을 보이지 않았다. 이것은 콤바인의 탈곡, 선별, 정선 및 이송작업과 밀접한 관계가 있는 곡립정도를 나타내는 항목으로서, 본 콤바인을 이용한

**Table 4** Relation between working condition, grain quality and a grain loss of rapeseed harvested using conventional combine

Working speed (m/s)	Flow rate (kg/h)			Grain loss (%)				Grain quality (%)	
	Grain	Pod & stem	Total	Header	Threshing	Separation	Total	Whole kernel	MOG
0.53	1,184	7,756	8,940	2.29	5.44	3.57	11.3	99.49	0.51
0.44	816	6,225	7,041	1.31	6.41	1.68	9.40	98.68	1.32
0.63	874	4,526	5,400	3.79	2.44	0.96	7.20	98.93	1.07
0.47	785	4,051	4,836	2.40	1.65	0.54	4.59	99.30	0.70
0.38	978	6,717	7,695	1.78	4.80	1.74	8.32	98.66	1.34
0.33	935	5,686	6,621	1.33	3.45	0.58	5.36	97.67	2.33
0.45	1,054	5,354	6,408	1.78	3.83	1.71	7.32	98.58	1.42
0.53	1,115	8,366	9,481	1.91	4.96	7.48	14.4	98.59	1.41
0.37	983	4,065	5,048	5.30	1.55	0.37	7.23	99.31	0.69
0.34	927	4,347	5,274	3.73	0.94	0.71	5.38	99.45	0.55
0.32	914	3,680	4,594	1.80	1.03	0.37	3.20	99.37	0.63
0.47	1,201	4,675	5,876	3.94	1.47	0.78	6.19	99.56	0.44
0.43	1,006	3,176	4,182	4.83	0.63	0.63	6.09	99.25	0.75
0.41	1,057	3,599	4,656	1.85	0.45	0.42	2.72	99.09	0.91
0.81	2,265	7,519	9,784	1.46	1.45	0.34	3.25	98.94	1.06
0.74	1,972	7,312	9,284	2.44	3.31	0.79	6.54	99.41	0.59
0.70	1,724	7,400	9,124	2.23	1.91	0.51	4.65	99.22	0.78
0.91	1,288	3,570	4,858	13.0	1.01	0.76	14.8	99.29	0.71
0.84	1,478	5,415	6,893	8.41	1.03	0.49	9.93	98.73	1.27
0.72	1,048	3,062	4,110	2.35	0.28	0.38	3.01	99.10	0.90
0.90	1,417	5,568	6,985	2.57	0.44	0.16	3.17	99.18	0.82
0.54	966	2,530	3,496	2.19	0.28	0.49	2.96	98.74	1.26
0.87	1,131	3,959	5,090	4.05	0.64	0.56	5.25	98.94	1.06

**Table 5** Correlation coefficient between working condition, rapeseed moisture content, grain quality and a grain loss of rapeseed harvesting using conventional combine (\*\* : Significant level 1%, \* : Significant level 5%, number of samples : 23)

	Total loss	Header loss	Threshing loss	Separation loss	Whole kernel	MOG
Grain moisture content	0.122	-0.593**	0.795**	0.347	-0.211	0.211
Pod moisture content	0.312	-0.600**	0.655**	0.361	-0.076	0.076
Stem moisture content	0.439*	-0.615**	0.676**	0.466*	-0.153	0.153
Working speed	-0.109	0.439*	-0.307	-0.148	0.134	-0.134
Total flow rate	0.327	-0.277	0.606**	0.481*	-0.125	0.125
Grain flow rate	-0.062	0.059	-0.107	-0.111	0.171	-0.171
Pod&stem flow rate	0.383	0.059	0.708**	0.567**	-0.179	0.179

유채 수확작업은 양호하게 이루어지고 있기 때문인 것으로 판단된다.

**다. 주성분 분석**

표 6은 주성분 분석결과를 나타낸 것으로서, 고유값이 1이상인 주성분 2개를 추출하였으며, 2개의 주성분은 누적 기여

율이 각각 52.7%와 38.9%로서 전체 변이의 91.6%를 설명하였다. 주성분 1은 곡립, 헹 그리고 줄기 함수율과 높은 관계를 보여 함수율 인자 특점으로, 주성분 2는 작물 유량과 높은 관계를 보여 유량 인자 특점으로 명명하였다. 따라서 유채 기계 수확에 있어서 총 손실에 기여하는 요소는 함수율 인자 특점이 더 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 손실을 줄이기 위해서는 최적의 작물 함수율 범위내에서 수확작업을 하는 것이 적

**Table 6** Component loadings, eigenvalues, percentage of total variance explained for the first two principal components

	PC 1	PC 2
Grain moisture content	0.936	0.083
Pod moisture content	0.943	0.210
Stem moisture content	0.943	0.196
Working speed	-0.767	0.579
Total flow rate	0.386	0.908
Grain flow rate	-0.237	0.882
Pod&stem flow rate	0.488	0.834
Eigenvalues	3.687	2.722
Percentage of total variance <sup>a</sup> (%)	52.7	38.9

<sup>a</sup> : Calculated as cumulative value

절할 것으로 판단되었다. 그리고 주성분 인자들을 이용하여 유채 기계 수확에 있어서 총 손실을 예측해 보기 위해 순차적 다중 회귀 분석(Stepwise multiple regression analysis)을 한 결과 총 손실은 식 1과 같이 함수를 인자 득점과 유량 인자 득점 그리고 계수로 표현되었으나, 결정계수가 0.060으로서 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이것은 표 5에서와 같이 총 손실은 줄기 함수율과 5% 유의수준을 가지고 있기 때문으로 판단되었다. 즉, 예취손실은 작물 함수율과 부의 관계에 있고, 탈곡선별 손실은 상대적으로 작물함수율 및 유량과 양의 관계가 있어 총 손실에는 상호 반작용으로 영향을 미치고 있기 때문으로 판단된다.

$$\begin{aligned} \text{Total losses} = & 0.346 \times (\text{Moisture content factor}) \\ & + 0.769 \times (\text{flow rate factor}) \\ & + 6.616 (R^2 = 0.060) \end{aligned} \quad (1)$$

#### 4. 요약 및 결론

유채 예취장치를 장착한 콤바인을 이용한 유채 수확에 있어서 손실절감을 위한 요인구명을 위해 포장시험을 실시하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

- (1) 작물 함수율과 손실과의 U자형 관계를 나타내어 함수율이 너무 낮거나 너무 높을 경우 손실이 증가하는 경향을 보였다. 유채 기계 수확에 있어서 총 손실을 6% 이하로 유지하면서 효율적인 수확작업을 할 수 있는 작물 함수율 범위는 곡립의 경우 27~35%, 협의의 경우 21~56%, 줄기의 경우 62~73%가 적절하다고 판단되었다.
- (2) 작물함수율은 예취손실과 높은 부의 상관관계를 보였으며, 탈곡손실과는 양의 상관관계를 보였다. 또한, 줄기 함수율은 총 손실과 탈곡 및 선별손실과도 양의 상

관관계를 보였다. 작업속도와 예취손실은 양의 상관관계를 보였으며, 전 유량과 경험유량은 탈곡 및 선별손실과 높은 상관관계를 보였다. 반면에 곡립유량은 전체적인 손실과 유의성을 보이지 않아 손실에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

- (3) 주성분 분석을 통해 주성분 2개를 추출하였으며, 2개의 주성분은 누적 기여율이 각각 52.7%와 38.9%로서 전체 변이의 91.6%를 설명하였다. 유채 기계 수확에 있어서 총 손실에 기여하는 요소는 유량인자 득점보다 함수율 인자 득점이 더 큰 비중을 차지하였다.
- (4) 순차적 다중회귀 분석을 통해 총 손실은 함수율 및 유량 인자 득점 그리고 계수로 표현할 수 있었으나, 결정계수가 0.060으로서 유의성이 없는 것으로 나타났다.

#### 참고 문헌

1. ASABE Standards. 2006. S352.2: Moisture Measurement-Unground Grain and Seeds. ASABE, St. Joseph, MI, USA.
2. Lee, C. K. 2007. The status of rapeseed cultivation machinery technology for biodiesel in Germany. Journal of Bio systems Engineering 32(5):377-381. (In Korean)
3. 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)
4. Lee, C. K, Y. Choi, Y. S. Jang, Y. S. Jung, S. K. Lee and W. D. Lee. 2009. Development of a rapeseed reaping equipment attachable to a conventional combine (II) -Evaluation of feasibility in rapeseed harvesting-. Journal of Biosystems Engineering 34(1):21-29. (In Korean)
5. National Academy of Agricultural Science. 2008. Test Methods of Conventional Combine Harvester (NIAE T5020). Rural Development Administration, Suwon, Korea.
6. Ogilvy, S. E. 1989. The effect of timing of swathing on the quality and yield of winter oilseed rape. Aspects of applied biology 23:101-107.
7. Rural Development Administration (RDA). 2003. The Standard Guideline of Research & Analysis for Agricultural Science Technology. pp. 354-359. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
8. 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)
9. SPSS Inc. 1998. SYSTAT 8.0. Statistics. Chicago:1086.
10. Umeda, N. 2008. The status of rapeseed production machinery technology for biodiesel in Japan. International Seminar Document. pp. 63-74. (In Japanese)