

트랙터용 풋옥수수 수확기 설계 및 성능평가

최경식, 이명희, 최일수, 우제근*, 문석표
농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

Design and Performance Evaluation of Fresh Corn Harvester for Agricultural Tractor

Kyeong-Sik Choi, Myung-Hee Lee, Il-Su Choi, Jea-Keun Woo*, Seok-Pyo Moon
Department of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, RDA

요약 발작물 중 하나인 옥수수는 식용과 사료용으로 소비되고 있으며, 식용은 덜 여문 풋옥수수의 형태로 유통되고 있다. 풋옥수수 재배 시, 수확작업은 인력으로 이루어지고 있으며, 총 노동투입 시간에서 가장 많은 비중을 차지하고 있어 기계화 기술 개발이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 트랙터용 풋옥수수 수확기를 설계하고, 수확작업 성능을 분석하기 위해 현장 실증을 수행하였다. 설계한 풋옥수수 수확기는 예취부, 이송부, 탈과부, 수집부로 구성된다. 작업 속도 0.17 m/s 조건에서 수집부에 작업자가 탑승하였을 경우, 탈과율, 수집률 등이 향상되고 이물질혼입률이 저감되었다. 품종에 따른 수확작업 성능 분석 결과, 1~2립의 주당본수 차이는 작업성능에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 황금흑찰 품종을 대상으로 작업속도 3수준(0.07, 0.12, 0.17 m/s)을 요인으로 탈과율, 수집률, 손상률, 이물질혼입률을 분석한 결과 모든 작업속도에서 탈과율은 98% 이상으로 나타났으며, 작업속도 0.12 m/s 에서 수집률 95% 이상, 손상률은 5% 이하로 농업기계 검정기준 동력 수확기의 성능기준을 만족하는 것으로 나타났다. 이물질혼입률은 작업속도 0.07 m/s 조건에서만 5% 이하로 나타났다. 트랙터용 풋옥수수 수확기의 보급 확산을 위해서는 작업속도 0.12 m/s 이상에서 이물질혼입률 저감 등 기계적인 보안을 통해 성능향상이 필요할 것으로 판단된다.

Abstract Corn, one of farm products, is consumed for food and feed, and edible food is distributed in form of fresh green corn. When growing fresh corn, harvesting is done by manpower, and it accounts for the largest proportion of total labor input time, so development of mechanized technology is necessary. Therefore, in this study, we designed a fresh corn harvester for agricultural tractors and conducted field test to analyze harvesting performance. The designed fresh corn harvester consists of a stem cutting part, a stem conveying part, a corn detaching part and a corn collecting part. When workers boarded corn collecting part at a working speed of 0.17 m/s, detachment ratio and collected corns ratio were improved and foreign matter ratio was reduced. As a result of analyzing harvest performance according to cultivar, it was found that the difference in no. of plants per hill did not affect harvest performance. As a result of analyzing harvest performance using three working speed levels (0.07, 0.12, 0.17 m/s) for Hwanggeumheukchal, detachment ratio was found to be over 98% at all working speeds. It was found that at a working speed of 0.12 m/s, collected corns ratio was over 95% and damage ratio was under 5%, satisfying the agricultural machinery qualification standards. Foreign matter ratio was found to be less than 5% only under condition of working speed of 0.07 m/s. In order to spread the use of fresh corn harvesters for agricultural tractors, it is judged that performance improvement is necessary through mechanical improvements, such as reducing the foreign matter ratio at work speeds of 0.12 m/s or higher.

Keywords : Fresh Corn, Agricultural Machinery, Harvester, Design, Performance Evaluation

본 논문은 농촌진흥청은 농업과학기술 연구개발사업의 연구과제(과제번호 : PJ01677819)로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jea-Keun Woo(RDA)

email: dnwpr1@korea.kr

Received October 4, 2023

Revised November 2, 2023

Accepted November 3, 2023

Published November 30, 2023

1. 서론

우리나라는 이앙기, 콤바인 등 쌀 생산 노동력 절감을 위한 기계의 개발 및 보급 확산에 따라 농업 기계화율은 99%를 달성하였다. 농업 기계화 작업체계 확립 및 쌀 생산 편의성이 향상되면서 공급과잉 현상이 발생하였으며[1,2], 정부는 쌀 수급 조절과 타 식량작물 재배면적 확대를 위해 ‘논 타작물 재배 지원 사업’ 등 정부정책을 시행하였다[3]. 이에 쌀 재배면적은 2016년 779천 ha에서 2021년 732천 ha으로 지속적으로 감소하였으며, 밭작물 재배면적은 2016년 748천 ha에서 2021년 766천 ha으로 증가하였다[4].

세계 3대 식량작물에 속하는 옥수수는 주요 소비 발작물 중 하나로 2021년 기준 국내 재배면적이 16 천 ha로 봄감자의 재배면적(14 천 ha)을 상회하였다[5]. 옥수수는 주로 식용과 사료용으로 소비되고 있으며, 식용의 경우, 이삭이 덜 여문 풋옥수수의 형태로 일미찰, 미백 2호 등 다양한 찹옥수수 품종이 보급되고 있다[6]. 재배는 주로 봄에 파종을 하여 여름철에 수확하는 형태로 이루어지고 있으며, 생육기간이 비교적 짧아 남부지역에서는 노지 2기작도 가능하다[7].

국내 농촌인구는 2016년 2,496 천 명에서 2021년 2,215 천 명으로 연간 약 2%씩 지속적으로 감소하고 있으며, 65세 이상 고령 농업인의 비율은 46.8%로 양질의 노동력이 부족한 상황이다[8]. 300평 면적의 풋옥수수를 재배하는데 총 노동 투입시간은 56.8시간이며, 이 중 수확 작업이 16.8시간으로 재배 단계 중 가장 많은 노동력을 필요로 한다. 하지만 수확기계 개발 및 보급이 이루어지지 않은 실정으로 작업자에 의존하고 있다. 2021년 기준, 풋옥수수 재배면적 300평당 총 생산비 852천 원 중 인건비는 144천 원으로 총 생산비의 16.9%를 차지하고 있어, 2020년 인건비인 98천 원 대비 31.8% 증가한 것으로 나타났다[9]. 따라서 풋옥수수 생산 노력 및 비용 절감을 위해 수확 기계화 기술 개발이 필요한 실정이다.

풋옥수수 수확기계에 대한 선행 연구 분석 결과, 국내의 경우 풋옥수수 줄기 하단을 예취 및 파쇄하면서 줄기로부터 이삭을 탈과 및 수집하는 수확기를 설계·제작하여 작업속도와 수확성능 관계 등을 구명하였으며[10], 풋옥수수 수확기의 동력 전달체계 최적 설계를 위해 수확 작업 시 기어박스에서 발생하는 부하를 계측한 다음, 부하 스펙트럼을 구축하였다[11]. 국외 사례는 풋옥수수 기계 수확 시 발생하는 이삭 손상을 최소화하기 위해 이삭

의 다양한 충돌 시나리오를 설정하고 유한요소해석을 통해 손상이 발생하는 조건을 분석하였으며[12], 콤바인을 통해 옥수수 수확 작업 중 혼입되는 협잡물량의 정확한 산정을 위해 머신비전과 CPU-Net으로 구성된 모니터링 시스템을 구축하였다[13]. 국내외에서 풋옥수수 수확기계에 관한 연구가 수행되었지만 현장 맞춤형 수확기계 개발 및 보급은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 주로 재배되는 찹옥수수 품종을 대상으로 트랙터용 풋옥수수 수확기를 설계·제작하였으며, 주산지를 중심으로 품종 및 수확기 작업 요인별 현장 실증 및 결과 분석을 수행하였다.

2. 풋옥수수 수확기 설계 및 제작

2.1 트랙터용 풋옥수수 수확기

트랙터용 풋옥수수 수확기는 이삭의 손상을 최소화하기 위해 사람이 풋옥수수 수확을 할 때 모습을 반영하여 줄기에 달린 이삭을 위에서 아래 방향으로 꺾으면서 분리하는 방식을 적용하였으며, Fig. 1과 같이 헵지벨트와 회전롤러를 통해 구현하였다.

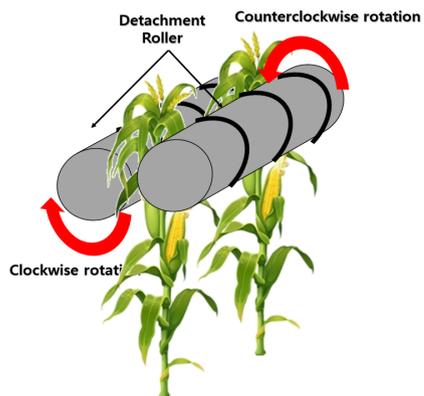


Fig. 1. Mechanism of fresh corn detachment for corn harvester

수확기는 Fig. 2와 같이 풋옥수수 줄기를 베는 예취부(Stem cutting part), 예취된 줄기를 탈과부로 이송하는 이송부(Stem conveying part), 줄기로부터 이삭을 분리하는 탈과부(Corn detaching part), 분리된 이삭을 톨백에 적재하여 연속작업을 가능하게 하는 수집부(Corn collecting part)로 구성된다.



Fig. 2. A photo of fresh corn harvester for agricultural tractor with major components

Table 1. Specification of fresh corn harvester

Item	Specification
Length × Width × Height (mm)	2,900×1,565×2,118
Power Source	Tractor P.T.O
Weight (kg)	878
Loading weight (kg)	180
Maximum working height (mm)	1,600

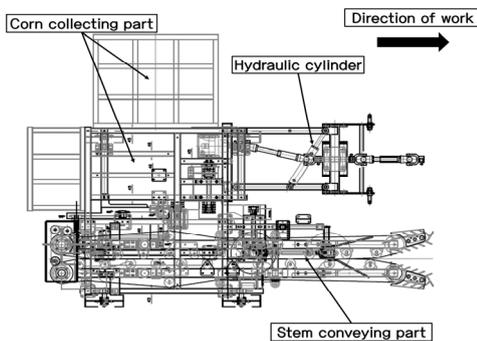


Fig. 3. 2D model of fresh corn harvester for agricultural tractor with major components

트랙터 측면 부착형으로 설계 및 제작된 풋옥수수 수확기의 크기는 2,900×1,565×2,118(L×W×H, mm)로 제원은 Table 1과 같다. 조건 및 주간거리 등 지역마다 다른 재배양식을 고려하여 유압실린더를 이용, Fig. 3과 같이 수확기의 횡방향 위치조절이 가능하게 하였다.

Fig. 4는 수확기의 동력 전달체계를 나타낸 것으로 수확기 주요부에 동력을 전달하는 기어박스를 트랙터 P.T.O(power take-off)에 유니버설 조인트를 연결해 구동하도록 하였다. 예취부 회전날 및 이송부 협지벨트는 기어박스에 유니버설 조인트를 적용하여 동력을 전달하였으며, 탈과부 회전롤러는 이송부 동력축에 스프로킷과 풀러체인을 결합하여 구동하였다. 수집부 컨베이어 구동의 경우, 샤프트와 베벨기어를 통해 기어박스의 동력을 전달하였다.

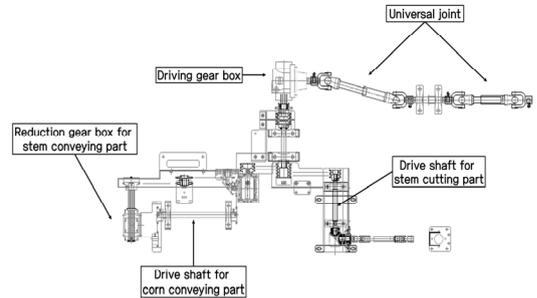


Fig. 4. Power train of fresh corn harvester for agricultural tractor

3. 풋옥수수 수확기 성능평가

3.1 재배양식 및 공시품종 생육 조사

찰옥수수에 대한 수확기 성능평가를 위해 전국적으로 재배되고 있는 미백 2호(Mibaek2)[14]와 줄기 초장이 짧고 도복에 강해 기계 수확에 적합할 것으로 판단되는 황금흑찰(Hwanggeumheukchal)을 공시품종으로 선정하고 현장 실증을 수행하였다. 미백 2호 옥수수의 경우 충청북도 충주시 살미면 농가 소재 포장, 황금흑찰은 전라남도 여수시 화양면 농가 소재 포장에서 실증을 수행하였다. 재배양식은 두둑 너비 및 폭, 주당본수, 조건 및 주간거리 등을 조사하였다.

풋옥수수 생육 특성 파악을 위해 Fig. 5와 같이 줄기 초장, 착수고, 이삭 길이 및 함수율 등을 조사하였다. 이삭 함수율은 공기오븐(PH-201, ESPEC CORP., Japan)을 이용하여 103℃에서 24시간 건조하여 측정하였다[15].

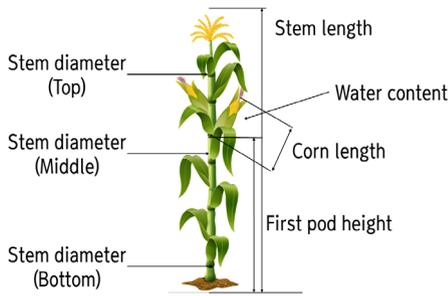


Fig. 5. Investigation of fresh corn's physical properties

각 농가 소재 포장의 재배양식 조사결과는 Table 2에서 확인할 수 있다. 미백 2호 포장의 경우, 두둑너비 39.00 cm, 주당본수 1주1본, 조간·주간거리는 71.00×34.75 cm으로 재배되었다. 황금흑찰은 1주2본으로 재배되었으며, 미백 2호 포장 대비 두둑 너비, 조간·주간거리가 크게 조사 되었다. 측면 부착형의 수확기를 고려하였을 때, 두둑 너비 및 높이, 조간거리는 수확작업에 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었지만, 상이하게 나타난 주당본수는 시간당 수확기에 투입되는 풋옥수수양을 다르게 하기 때문에 탈과율, 수집률 등 주요 수확 작업성능에 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

Table 2. Cultivation type at performance test field

Cultivar	Width of ridge (cm)	Height of ridge (cm)	Row spacing (cm)	Plant spacing (cm)	No. of plants per hill
Mibaek2	39.00 ±2.24	15.23 ±0.38	71.00 ±1.41	34.75 ±2.27	1
Hwanggeum heukchal	49.30 ±1.85	-	78.80 ±5.22	42.60 ±1.60	2

공시품종인 미백 2호 및 황금흑찰의 생육특성 조사결과는 Table 3과 같다. 미백 2호의 초장은 229.37±8.65 cm, 착수고 83.81±11.96 cm으로 조사되어 초장 168.80±8.27 cm, 착수고 64.60±5.99 cm인 황금흑

Table 3. Physical properties of fresh corn

Cultivar	First pod height (cm)	Corn length (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter(cm)			Water content (% w.b.)
				Top	Middle	Bottom	
Mibaek2	83.81 ±11.96	27.45 ±1.65	229.37 ±8.65	10.72 ±0.90	21.37 ±3.13	32.14 ±1.45	77.24
Hwanggeum heukchal	64.60 ±5.99	27.95 ±3.12	168.80 ±8.27	7.74 ±0.76	16.43 ±1.38	24.14 ±2.52	72.68

찰 대비, 초장은 약 60 cm, 착수고는 19 cm 더 크게 조사되었다. 함수율의 경우, 미백 2호 77.24%, 황금흑찰 72.68%로 나타났다.

3.2 수확작업 성능시험

3.2.1 시험방법

선정한 찰옥수수 품종을 대상으로 수확기의 수확성능 측정 및 분석을 위해 탈과율, 손상률 등 주요 수확성능과 기계수확에 적합한 작업조건 도출을 위해 수집부 작업자 탑승 유무, 작업속도를 실증 요인으로 설정하였다. 실증에 투입된 트랙터의 제원은 Table 4와 같다.

Table 4. Specifications of 54.4 kW class agricultural tractor used in this study

Item	Specification
Length × Width × Height (mm)	3,900 × 1,900 × 2,780
Weight (kg)	3,065
Rated power of engine (kW@rpm)	54.4@2,500rpm
hydraulic flow rate(lpm)	47.5
Three-point hitch lift capacity (kgf)	3,373

현장 실증 수행 시, 수확기의 작업속도는 풋옥수수 수확기 선행 연구에서 설계 및 제작한 시험장치의 작업속도인 0.12 m/s(초저속 중속 1단)을 기준으로 0.07 m/s(초저속 4단), 0.17 m/s(초저속 중속 2단)으로 설정하였다[16]. 작업자 탑승 유무에 따른 이물질혼입률 변화를 측정하기 위해 수확기 수집부 컨베이어쪽에 작업자가 상차할 수 있는 공간을 조성하였다. 예취된 줄기의 이송속도는 이송부의 줄기 적체 현상 방지 및 신속한 이삭 분리를 위해 최대 작업속도 0.17 m/s를 기반으로 이송부와 속도비를 1 : 1.8인 조건에서 0.31 m/s로 설정하였다 [17]. 줄기로부터 이삭 분리시, 손상 최소화를 위해 탈과부 회전롤러의 분당 회전속도는 옥수수 콤바인의 탈과통 분당 회전속도인 356 rpm을 참고하여 손상 최소화를 위해 1/3 수준인 110 rpm으로 설정하였다[18].

설정 요인별 주요 수확 성능측정을 위해 줄기로부터 이삭을 분리하는 성능인 탈과율, 풋옥수수를 수확기로부터 이탈 등 손실없이 톨백에 적재하는 성능을 나타내는 수집률, 수확된 풋옥수수의 전체 알곡에 터짐이나 멍 같은 손상이 없는지를 나타내는 손상률, 톨백에 이삭 외에 검불, 잎 등 이물질의 비율을 나타내는 이물질혼입률을

아래 Eq. (1), (2), (3), (4)과 같이 계산하였으며, 농업과 학기술 연구조사분석기준에 명시된 곡물수확기 성능측정 구간인 5 m를 참고하여 30 m 시험구간을 조성한 다음 10 m 단위로 성능측정을 3반복 수행하였다[19].

$$P_d = \frac{E_t - E_{ud}}{E_t} \times 100 \quad (1)$$

Where, P_d detached corns ratio(%), E_t total number of corns(ea), E_{ud} undetached corns(ea)

$$P_c = \frac{E_t - E_{uc}}{E_t} \times 100 \quad (2)$$

Where, P_c collected corns ratio(%), E_{uc} uncollected corns(ea), E_t total number of corns(ea)

$$P_{da} = \frac{E_{da}}{E_c} \times 100 \quad (3)$$

Where, P_{da} damaged corns ratio(%), E_{da} damaged corns(ea), E_c collected corns(ea)

$$P_m = \frac{W_c}{W_c + W_d} \times 100 \quad (4)$$

Where, P_m foreign matter mixing ratio(%), W_c Weight of foreign matter collected(kg), W_d Weight of corns collected(kg)

3.2.2 작업자 탑승 여부에 따른 수확 작업성능 분석

Table 5는 미백 2호 품종을 대상으로 작업속도 0.17 m/s 조건에서 수집부에 작업자 탑승 여부에 따른 탈과율 (Detachment ratio), 수집률(Collected corns ratio), 손상률(Damage ratio), 이물질혼입률(Foreign matter mixing ratio)을 나타낸 것이다. 작업자 탑승 시, 탈과율 95.9%, 수집률 95.9%, 손상률 1.5%, 이물질 혼입률 7.9%으로 분석되어 작업자 미탑승 대비 주요 작업성능이 향상된 것으로 분석되었다. 이는 수집부에 탑승한 작업자가 미탈과된 풋옥수수의 보조 탈과작업과 이송중인 이삭의 손실 방지, 잎, 검불 등 이물질제거 작업 수행이 가능하여 나타난 것으로 판단되었다.

독립표본 t검정 결과 신뢰수준 95%에서 이물질혼입률은 작업자 탑승 여부에 따른 유의성을 나타나 수확기 성능 향상에 유의미한 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

탈과율, 수집률 및 손상률은 유의성을 나타내지 않았다.

Table 5. Results of performance evaluation of fresh corn harvester according to worker boarding

Worker boarding	Detachment ratio (%)	Collected corns ratio (%)	Damage ratio (%)	foreign matter ratio (%)
O	95.9	95.9	1.5	7.9
X	92.8	90.1	4.6	15.9
p	0.09	0.45	0.38	0.01

* p<0.05

3.2.3 품종에 따른 수확 작업성능 분석

Table 6은 작업속도 0.17 m/s 및 수집부 작업자 탑승 조건에서 찰옥수수 품종에 따른 주요 수확 작업성능을 나타낸 것이다. 황금흑찰은 탈과율 98.3%, 수집률 94.1%, 손상률 3.6%, 이물질혼입률 5.3%으로 나타나 미백 2호 대비 수집률 및 손상률을 제외한 수확 작업성능이 양호하게 나타났다. 따라서 수확기의 작업성능은 1~2립의 주당본수 대비 수확 당시 초장, 착수고 등의 생육상태가 작업성능에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

독립표본 t검정 결과 신뢰수준 95%에서 품종에 따른 이물질혼입률을 제외한 수확 작업성능은 유의성을 나타내지 않았다. 따라서 본 연구의 공시품종을 대상으로 수확기의 줄기 예취 및 탈과, 이송 기능에 대한 범용성을 확인할 수 있었으며, 착수고가 수확기의 최대 작업 높이인 1,600 mm 이하를 충족하는 다른 찰옥수수 품종도 적용 가능할 것이라고 생각된다.

Table 6. Results of performance evaluation of fresh corn harvester according to cultivar

Cultivar (No. of plants per hill)	Detachment ratio (%)	Collected corns ratio (%)	Damage ratio (%)	foreign matter ratio (%)
Mibaek2 (1)	95.9	95.9	1.5	7.9
Hwanggeum heukchal (2)	98.3	94.1	3.6	5.3
p	0.31	0.31	0.26	0.01

* p<0.05

3.2.4 작업속도에 따른 수확 작업성능 분석

황금흑찰 품종 대상 작업속도에 따른 탈과율, 수집률,

손상률, 이물질혼입률을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 작업속도 3수준에 따른 각 탈과율은 98% 이상으로 나타났다. 수집률의 경우, 0.07 m/s, 0.12 m/s, 0.17 m/s에서 각각 95.4%, 96.2%, 94.1%, 손상률은 2.3%, 3.3%, 3.6%로 분석되었다. 이물질혼입률은 작업속도 0.07 m/s에서 4.6%, 0.12 m/s 이상에서는 5.0% 이상으로 나타났다. 작업속도 0.07 m/s가 농업기계 검정기준 동력 수확기의 성능기준인 손상률 및 손실률, 이물질혼입률 5.0% 이내를 만족하는 것으로 나타났으나[20], 생산성을 고려하여 0.12 m/s 이상의 작업속도에서 이물질혼입률 저감을 위해 성능향상이 필요한 것으로 판단되었다.

Duncan 다중검정 결과 작업속도와 탈과율, 수집률, 손상률 및 이물질혼입률간의 유의성은 나타나지 않았다.

Table 7. Results of performance evaluation of fresh corn harvester according to working speed

Working speed (m/s)	Detachment ratio (%)	Collected corns ratio (%)	Damage ratio (%)	foreign matter ratio (%)
0.07	100.0	95.4	2.3	4.6
0.12	100.0	96.2	3.3	5.4
0.17	98.3	94.1	3.6	5.3
Pr>F	0.09	0.35	0.43	0.59

* Duncan's multi range test, Mean in a row with different letters are significantly different(p<0.05)

4. 결론

본 연구에서는 풋옥수수 수확 작업의 기계화를 위해 트랙터용 풋옥수수 수확기를 설계하여 현장 실증을 수행하였다. 탈과율, 수집률, 손상률, 이물질혼입률을 분석하였으며, 결과는 다음과 같다.

- 1) 트랙터용 풋옥수수 수확기는 측면 부착형으로 줄기 예취, 이송과 이삭 탈과 및 수집을 동시에 수행할 수 있도록 설계하였다. 수확기는 예취부, 이송부, 탈과부, 수집부로 구성되어 제작하였다.
- 2) 풋옥수수 주산지에서 미백 2호 및 황금흑찰 옥수수를 대상으로 수확기 현장 실증을 수행하였으며, 작업자 탑승 여부, 품종, 작업속도를 요인으로 탈과율, 수집률, 손상률, 이물질혼입률을 측정·분석하였다.
- 3) 수확 작업성능 분석 결과 수집부에 작업자 탑승 시 탈과율 및 수집률은 3% 이상 향상되었으며, 이물질혼입률은 8% 감소되는 결과가 나타났다. 본 연

구에서 선정된 찰옥수수 품종 대상으로 이물질혼입률을 제외한 수확 작업성능 유의차는 나타나지 않았다. 황금흑찰 대상 작업속도가 0.07 m/s일 때, 성능이 가장 양호하였으나, 생산성을 고려하여 이물질혼입에 대한 성능향상이 필요한 것으로 판단되었다.

- 4) 풋옥수수 수확 작업 기계화 기술의 보급 확산을 위해 0.12 m/s 이상의 작업속도에서 성능향상을 위해 수집률 제고 및 이물질혼입률 저감 등 수집부 개선 등 보완 연구가 필요하다고 판단된다.

References

- [1] M. H. Lee, J. K. Woo, I. S. Choi, Y. Choi, Y. K. Kim, "Performance Evaluation of Separation Part for High Performance of Head-feed Type Combine", *Journal of Agricultural Machinery Engineering*, Vol.2, No.1, pp.1-7, Dec. 2022. DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.20220001>
- [2] KOSIS, "Mechanization Rate of Paddy Rice", Korea Statistical Information Service, 2021, Available form: <https://www.kosis.co.kr/>, Jan. 2023.
- [3] KREI, Agricultural Outlook 2020(II), Research Report, KREI, Korea, p.345.
- [4] KOSIS, "Agricultural Land Area", Korea Statistical Information Service, 2022, Available form: <https://www.kosis.co.kr/>, Feb. 2023.
- [5] KOSIS, "Cultivated Area of Food Crops", Korea Statistical Information Service, 2023, Available form: <https://www.kosis.co.kr/>, Aug. 2023.
- [6] J. H. Han, S. H. Ryu, J. K. Choi, M. J. Kim, W. S. Yong, G. M. Nam, K. J. Park, "High Quality Red Color Waxy Corn 'Mihongchal'", *Korean Journal of Breeding Science*, Vol.55, No.3, pp.281-286, Sep. 2023. DOI: <https://doi.org/10.9787/KJBS.2023.55.3.281>
- [7] G. H. Jung, J. E. Lee, J. H. Seo, S. L. Kim, D. W. Kim, J. T. Kim, T. Y. Hwang, Y. U. Kwon, "Effects of Seeding Dates on Harvesting Time of Double Cropped Waxy Corn", *The Korean Journal of Crop Science*, Vol.57, No.2, pp.195-201, Jun. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.7740/kics.2012.57.2.195>
- [8] KOSIS, "Farm Households Population by Sex & Age", Korea Statistical Information Service, 2022, Available form: <https://www.kosis.co.kr/>, Apr. 2023.
- [9] KOSIS, "Agricultural Production Cash Costs and Returns", Korea Statistical Information Service, 2022, Available form: <https://www.kosis.co.kr/>, Sep. 2023.
- [10] N. R. Kang, I. S. Choi, Y. K. Kim, Y. Choi, S. H. Yu, J. K. Woo, C. S. Hyun, S. K. Kim, "Performance

Evaluation and Design of an Edible Fresh Corn Harvesting Machine”, *Journal of Drive and Control*, Vol.16, No.4, pp.74-79, Dec. 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7839/ksfc.2019.16.4.074>

- [11] J. T. Kim, H. S. Lee, S. J. Cho, J. K. Woo, C. S. Ha, Y. J. Park, “Determination of Design Loads of Maize Harvester Using Actual Working Load”, *Journal of Agricultural & Life Science*, Vol.56, No.1, pp.77-85, Mar. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.14397/jals.2022.56.1.77>
- [12] X. D. Guan, T. Y. Li, F. J. Zhou, “Determination of bruise susceptibility of fresh corn to impact load by means of finite element method simulation”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol.198, Apr. 2023.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112227>
- [13] L. Liu, Y. F. Du, D. Chen, Y. B. Li, X. Y. Li, X. N. Zhao, “Impurity monitoring study for corn kernel harvesting based on machine vision and CPU-Net”, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.202, Nov. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107436>
- [14] Agricultural technology guide 035 “Corn”, RDA, 2021, pp.16-17.
- [15] ASAE Standards, Moisture content measurement, In ASAE Standard S358.2, 2003.
- [16] J. K. Woo, I. S. Choi, Y. K. Kim, Y. Choi, D. K. Choi, H. S. Lee, J. T. Kim, Y. J. Park, J. D. Kim, “Design and Performance Evaluation of a Variable Control Type Fresh Corn Harvester”, *Journal of Drive and Control*, Vol.20, No.2, pp.40-46, Jun. 2023.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7839/ksfc.2023.20.2.040>
- [17] H. J. Jun, S. H. Kim, Y. Choi, Y. K. Kim, J. T. Hong, “Development of a harvester for crawled spinach”, *Journal of Biosystems Engineering*, Vol.30, No.4, pp.210-219, Dec. 2005.
DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2005.30.4.210>
- [18] X. Y. Li, Y. F. Du, L. Liu, E. R. Mao, F. Yang, J. Wu, L. Wang, “Research on the constitutive model of low-damage corn threshing based on DEM”, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.194, Feb. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106722>
- [19] Rural Development Administration, Research analysis criteria about agricultural science and technology, RDA, 2012, pp.241-242.
- [20] Korea Agriculture Technology Promotion Agency. Agriculture Machinery Qualification Standards. 2021.
<https://www.koat.or.kr>

최 경 식(Kyeong-Sik Choi)

[정회원]



- 2022년 8월 : 국립순천대학교 대학원 농업기계공학과 (공학석사)
- 2023년 4월 ~ 현재 : 국립농업과학원 석사후연구원

〈관심분야〉

농업기계, 정밀농업

이 명 희(Myung-Hee Lee)

[정회원]



- 2020년 2월 : 전북대학교 대학원 농업기계공학과 (공학석사)
- 2022년 1월 ~ 현재 : 국립농업과학원 석사후연구원

〈관심분야〉

농업기계, 정밀농업

최 일 수(Il-Su Choi)

[정회원]



- 2014년 8월 : 충남대학교 대학원 농업기계공학과 (공학석사)
- 2021년 2월 : 충남대학교 대학원 농업기계공학과 (공학박사)
- 2011년 10월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업연구사

〈관심분야〉

농업기계, 정밀농업

우 제 근(Jea-Keun Woo)

[정회원]



- 2020년 8월 : 충북대학교 대학원 지역건설공학과 (공학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업연구사

<관심분야>

농업기계, 정밀농업

문 석 표(Seok-Pyo Moon)

[정회원]



- 2021년 2월 : 충남대학교 대학원 농업기계공학과 (공학석사)
- 2022년 7월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업연구사

<관심분야>

정보경영, 정보통신