

식용 풋옥수수 수확 시험장치 설계 및 성능평가 Performance Evaluation and Design of an Edible Fresh Corn Harvesting Machine

강나래¹ · 최일수^{1*} · 김영근¹ · 최용¹ · 유승화¹ · 우제근¹ · 현창식¹ · 김성국²
Na Rae Kang¹, Il Su Choi^{1*}, Young Keun Kim¹, Yong Choi¹, Seung Hwa Yu¹,
Jea Keun Woo¹, Chang Sik Hyun¹ and Sung Kook Kim²

Received: 18 Nov. 2019, Accepted: 21 Nov. 2019

Key Words : Edible Fresh Corn(식용 풋옥수수), Harvesting Machine(수확 시험장치), Tractor Attachment Type(트랙터 부착형), Performance Evaluation(성능평가)

Abstract: In this study, an edible fresh corn harvest testing machine was designed and manufactured. And harvesting performance was analyzed through the field test. The testing machine is of the tractor attached type. It is connected to the tractor PTO shaft to transfer power to the each part of the harvesting machine. And it harvests fresh corn by one row through the processes of cutting, stem crushing, detaching, and collecting. The performance test was performed at PTO speed (540, 750, 1050 rpm, respectively), working speed (0.1, 0.15, 0.2 m/s, respectively), and cropping cultivation (row spacing-hill spacing 70·25 cm, 70·40 cm, 90·30 cm, respectively). The performance test was repeated three times in the 15 m section. The detachment loss ratio, uncollected crop ratio, damage ratio, and harvest ratio were analyzed. As a result of the performance test, it was analyzed that the PTO speed 540 rpm, running speed of 0.1 m/s, and row spacing-hill spacing 70·40 cm were the optimal condition.

1. 서 론

옥수수는 벼, 밀과 함께 세계 3대 식량작물에 속하는 작물로, 사용 용도에 따라 식용과 사료용 등으로 용도가 매우 다양하다. 국내에서는 식용 풋옥수수를 주로 소비하고 있으며, 식용 풋옥수수는 타작물에 비하여 생육기간이 짧아 남부지역에서는 노지 2기작이 가능하다. 이는 경지이용도 향상 및 노지재배, 터널 재배 등의 재배유형별 생산과 출하시기 조절이 농가

소득에 유리하다. 또한, 국내 식용 옥수수는 건강식품으로 기능성을 갖고 있어 탈 전자 변형 생물(genetically modified organism, GMO)로 소비자의 선호도가 증가함에 따라 재배면적이 증가하고 있다.¹⁻³⁾

국내 식용옥수수 총재배면적은 2010년부터 2018년까지 약 15300 ~ 15500ha 범위를 유지하고 있으나, 최근 정부의 쌀 이외 타작물 생산성 향상을 위한 밭작물 공동경영체 육성(2017년, 35개) 등의 「밭 식량작물 중장기발전대책」 추진과 관련하여 논을 이용한 식용옥수수 재배면적은 2010년 808ha에서 2018년 1289ha로 약 1.6배 증가하였다. 이처럼 논이용 밭작물 재배 확대를 위해 경쟁력 있는 품목으로 풋옥수수 재배가 유망하지만 기계화가 잘 되어 있는 과중작업과 달리 수확작업의 경우 인력에 의존하고 있어 생산 효율을 저해시키고 있다. 또한, 농촌 노동력 부족 현상과 고령화로 인한 노동생산성 감소가 지속되고 있다.⁴⁾ 풋옥수수 생산 노동시간은 총 58.6시간/10a로 보고되고 있으며, 생산 노동시간 중 수확작업은

* Corresponding author: cis1981@korea.kr

¹ Upland Mechanization Team, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

² Crop Cultivation & Environment Research Division, National Institute of Crop Sciences, Rural Development Administration, Jeonju, 55365, Korea

Copyright © 2019, KSFC

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

16.2시간으로 전체 작업단계 중 27.6%로 가장 노동강도가 높은 것으로 보고되고 있다.⁵⁾ 옥수수 수확기 개발과 관련하여 사료용 옥수수의 수확기의 절단파쇄능력, 작업성능 등 일부 연구가 수행되었으나, 식용 옥수수의 경우 기계수확을 위한 기초연구와 국내 실정에 맞는 시험연구가 미흡한 실정이다.⁶⁻⁸⁾

따라서 본 연구는 식용 풋옥수수 수확기 개발을 위하여 트랙터 부착방식의 수집형 풋옥수수 수확 시험장치를 설계·제작하고, 수확 성능시험을 통하여 요인별 수확성능을 분석하였다.

2. Materials and Methods

2.1 식용 풋옥수수 수확 시험장치 설계 및 제작

국외 식용 옥수수 수확기는 줄기전체가 수확기에 투입되어 줄기는 파쇄되고 옥수수자루는 탈과수확되는 full-feed type과 옥수수자루 부분만 투입되어 탈과수확되고 줄기는 배출되는 head-feed type으로 구분된다. 본 연구에서는 옥수수자루 수확 후 줄기를 파쇄하여 토양에 환원하는 국내 옥수수 재배 실정을 감안하여, full-feed type의 식용 풋옥수수 수확 시험장치를 설계·제작하였다.

개발된 식용 풋옥수수 수확 시험장치는 트랙터 부착형 1조식으로 설계하였다. Fig. 1과 같이 트랙터 체결부, 흡입·이송부(feeding·conveying part), 파쇄부(crushing part), 1차 및 2차 이송부(1st·2nd conveying part), 수집부(collection part)로 구성하여 제작하였다.

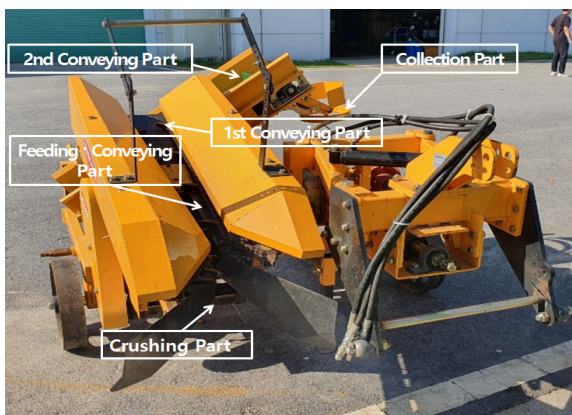


Fig. 1 A photo of edible fresh corn harvesting machine with major components.

수확 시험장치의 동력전달은 Fig. 2와 같이 트랙터의 PTO축에서 전달된 동력은 증속기어 박스를 통하여 증속되어 1차 및 2차 구동폴리에 전달되고 1차

구동폴리는 흡입·이송 롤러에 2차 구동폴리는 파쇄날에 각각 동력을 전달해 흡입·이송부와 파쇄부를 구동시킨다. 또한, 트랙터의 PTO축에서 전달된 동력은 1차 및 2차 이송부에 전달되고 탈과된 옥수수 수집을 위한 1차 및 2차 이송부를 구동시킨다.

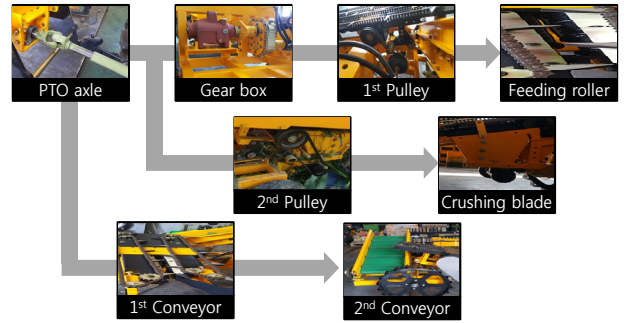


Fig. 2 Mechanism and process of edible fresh corn harvesting machine.

시험장치의 수확 메커니즘은 Fig. 3과 같이 옥수수 줄기가 서로 이격되어 반대방향으로 회전하는 1쌍의 흡입·이송 롤러 사이로 투입되면, 흡입·이송 롤러의 회전력에 의해 투입된 옥수수 줄기는 위에서 아래로 이송되며, 흡입·이송 롤러 하부에 위치한 파쇄날에 의해 줄기가 순차적으로 파쇄되게 된다. 이때, 옥수수 줄기에 매달린 옥수수자루는 흡입·이송 롤러 상부에 위치한 탈과판에 의해 간섭되고, 흡입·이송 롤러에 의해 아래로 이송되는 줄기에서 분리되어 탈과가 이루어진다. 이후, 탈과된 옥수수자루는 1차 및 2차 이송컨베이어에 의해 이송되어 수집부에 수확되는 원리로 full-feed type으로 예취, 이송, 줄기파쇄, 탈과, 수집을 동시에 수행하도록 설계·제작하였다.

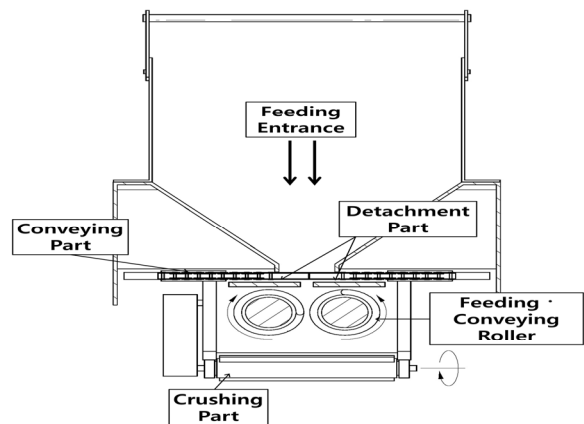


Fig. 3 2D model of edible fresh corn harvesting machine.

흡입·이송 롤러는 해외 선진사의 제품(4YZ-6-E518, Dongfeng, China)을 벤치마킹하여 직경 87 mm, 길이 430.11 mm, 롤러 사이 간격 17 mm로 설계하였으며, 옥수수 줄기를 원활히 흡입·이송시킬 수 있도록 롤러 표면에 나선형피치를 장착하여 제작하였다. 이때, 롤러표면의 나선형피치는 수확작업 시 연속적으로 투입되는 옥수수 줄기를 순차적으로 나선형 배열 방향으로 흡입·이송한다. 파쇄날은 옥수수줄기의 투입방향과 직교하여 배치하고, 시계방향으로 회전하며 옥수수 줄기 하단부 예취와 흡입·이송되어 투입되는 줄기를 파쇄하도록 하였다. 또한, 트랙터 체결부는 Fig. 4와 같이 별도의 유압실린더를 장착하여 최대 470 mm 범위에서 이동에 용이하도록 접히고 작업 시 확장 가능하도록 설계하였다.

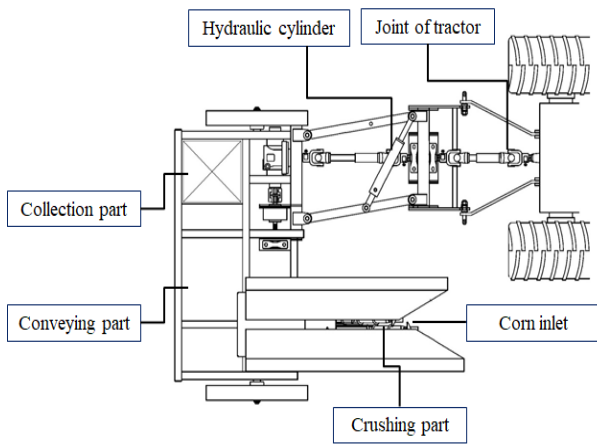


Fig. 4 2D model of edible fresh corn harvesting machine with major components.

2.2 식용 풋옥수수 기초 물성 분석

식용 풋옥수수 기초 물성 및 재배양식은 요인시험 포장에서 수행하였으며, 옥수수 전체길이인 초장, 지면으로부터 옥수수줄기 가장 하단에 위치한 옥수수 자루까지의 거리인 착협고, 옥수수자루의 수, 길이, 옥수수 줄기 폭(지면과 가장 가까운 하단 마디, 이삭이 달린 중간 마디, 옥수수 줄기의 가장 상단 마디) 및 옥수수자루의 함수율, 두둑높이 조간·주간 등을 조사하였다.⁹⁾ 함수율은 공기오븐(PH-201, ESPEC CORP., Japan)을 이용하여 103℃에서 24시간 건조하여 측정하였다.¹⁰⁾

2.3 식용 풋옥수수 수확 시험장치 요인시험

식용 풋옥수수 수확 시험장치의 미탈과율, 손상율, 이물질혼입율 등 주요부 작업성능과 적정 작업 속도

를 파악하기 위하여 풋옥수수(품종 : *ilmichal*)를 대상으로 작업 속도와 탈과 속도, 재배양식을 요인으로 경기도 수원 소재 국립식량과학원 중부작물부 구내 시험포장에서 수행하였다. 이때, 트랙터는 Table 1과 같이 1조식 식용 옥수수 수확기에 적합한 32 kW급을 사용하였다.

Table 1 Specification of agricultural tractor used in performance test of edible fresh corn harvesting machine.

Item	Specification
Length × Width × Height (mm)	3548 × 1580 × 2386
Weight (kg)	2103
Rated power of engine (kW@rpm)	32@2600
Travelling speed (km/hr)	0.18~26.96

식용 풋옥수수 수확 시험장치의 요인시험은 탈과 속도, 작업 속도, 재배양식을 요인으로 수행하였다. 탈과 속도는 PTO 회전속도를 이용하여 파쇄날 및 줄기파쇄 유도 롤러 속도를 통해 변화시켰으며, 접촉식 회전계(DT-207LR, SHIMPO, Taiwan)를 사용하여 이송롤러와 파쇄날 회전속도를 측정하였다. 식용 옥수수 수확시기 착협고 높이가 56 ~ 103 cm인 것으로 조사되었으며, 이를 활용하여 최소 예취높이를 50 cm로 설정하였다.^{11,12)} 탈과 속도에 따른 요인시험의 작업 속도는 곡물 수확기의 적정 작업 속도인 0.1 m/s로 설정하고¹³⁾, PTO 회전속도는 트랙터 표준속도인 540, 750, 1050 rpm으로 선정하였다.

탈과 속도에 따른 성능시험 결과, 540 rpm일 때 탈과율이 가장 양호하여 작업 속도에 따른 성능시험에서 PTO 속도를 540 rpm으로 고정하였다. 작업 속도는 줄기 파쇄 및 곡물 수확 시 사용하였던 작업 속도를 조사하여 0.1, 0.15, 0.2 m/s로 선정하였다.¹⁴⁾

관행 재배양식 조사를 통해 재배양식 요인을 주간·조간 70·25 cm, 70·40 cm, 90·30 cm로 선정하였으며, 작업 속도는 탈과 속도 및 작업 속도에 따른 성능시험 데이터를 활용하여 가장 양호하였던 속도로 고정하였다.

각 요인별 수확 성능분석은 농업과학기술 연구조사 분석기준의 곡물수확기 수확작업정도 분석기준에 의거하여 요인별 시험구간을 15 m로 설정하고, 3반복 수행하여 분석하였다.¹⁵⁾

식용 풋옥수수 수확 시험장치의 성능분석은 아래 식 (1), (2), (3), (4)와 같이 계산하였다.¹⁶⁾ 주요 분석 내용은 옥수수자루의 탈과성능과 옥수수자루가 1차, 2차 이송부를 거쳐 수집상자에 담기는 수집부성능, 수집상자에 담긴 옥수수자루와 이물질 비율을 조사한 이물질 혼입율, 수확한 옥수수의 껍질을 제거하고 옥수수 알곡의 터짐 및 찌힘을 조사하여 손상율을 분석하였다. 탈과 및 수집부 성능을 분석하기 위해 수확시험 전 시험구간의 총 주수와 옥수수자루 수를 조사하였다. 수집부 성능은 시험 전 시험구간의 총 주수를 조사하고, 시험 후 수집된 옥수수자루의 개수를 비교하였다. 탈과 성능은 파쇄되지 않고 잔존 줄기가 부착된 옥수수자루를 개별적으로 수집하여 미탈과율을 분석하였다(Fig. 5).

$$Detachment\ loss\ ratio = \frac{Undetached\ corns}{Total\ number\ of\ corns} \times 100 \quad (1)$$

$$Uncollected\ crop\ ratio = \frac{Uncollected\ corns}{Total\ number\ of\ corns} \times 100 \quad (2)$$

$$Harvest\ ratio = \frac{Weight\ of\ foreign\ matter}{Weight\ of\ Harvested\ sample} \times 100 \quad (3)$$

$$Damage\ ratio = \frac{Damaged\ corns}{Harvested\ corns} \times 100 \quad (4)$$

식용 풋옥수수 수확 시험장치 성능시험의 요인별 유의성을 검정하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 수행하였으며, 5% 유의수준에서 Duncan의 다중비교를 수행하였다.



Fig. 5 A photos of harvest ratio and damage ratio analysis

3. Results and Discussion

3.1 식용 풋옥수수 기초 물성 분석

요인시험과 같은 포장에서 식용 풋옥수수 두둑높

이, 조간·주간, 착협고, 이삭 수 등 재배양식 및 옥수수 물성을 조사하였다. 조사결과를 바탕으로 예측최소높이를 선정하였으며, 결과는 Table 2와 같다. 옥수수의 초장은 221.6±37.5 cm, 착협고 103.7±8.14 cm, 이삭 수 1.8±0.63 개, 함수율 55.6%로 나타났다. 줄기경 하단 부분 26.4±2.44 cm, 중간 부분 21.4±2.47 cm, 상단 부분 10.7±2.26 cm으로 하단 부분의 최대 줄기경은 28.84 cm로 조사되었다. 탈과 속도 및 작업 속도에 따른 성능시험의 재배양식은 1주 1본 재배로 주간거리는 26.8 cm로 조사되었다.

Table 2 Investigation of edible fresh corn's cultivation type in performance test. (Variety of corn : *ilmichal*).

Row spacing (cm)	Hill spacing (cm)	Ridge height (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (cm)		
				Top	Middle	Bottom
82.9	26.8	15.0	221.6 ±37.5	10.7 ±2.26	21.2 ±2.47	26.4 ±2.44
First pod height (cm)	Leaf width (cm)	Number of leaves (ea)	Number of ear (ea)	Ear length (cm)	Water content (% w.b.)	
103.7 ±16.7	84.7 ±8.14	10.5 ±0.85	1.8 ±0.63	28.2 ±4.02	55.6	

3.2 식용 풋옥수수 수확 시험장치 요인시험

3.2.1 탈과 속도에 따른 성능시험

Table 3은 요인시험의 탈과 속도에 따른 미탈과율(detachment loss ratio), 미수집(uncollected crop ratio), 손상율(damage ratio), 이물질 혼입율(foreign matter)을 나타낸 것이다. 시험결과 PTO 회전속도 540 rpm일 때 흡입·이송롤러 회전속도는 544.4 rpm, 파쇄날 회전속도는 1524.4 rpm으로 측정되었다. 그리고 탈과성능은 미탈과율 3.6%, 수집성능은 미수집율 15.6%로 가장 양호하였다. 요인시험에서 수집된 옥수수자루와 검불의 비율을 조사하여 이물질 혼입율을 분석하였으며, 수확한 옥수수의 껍질을 제거하여 알곡 찌힘과 명(눌림)을 분석하였다. PTO 회전속도 540 rpm에서 손상율 3%, 이물질 혼입율 9.7%로 가장 양호한 것으로 분석되었다.

Duncan 다중검정 결과 신뢰수준 95%에서 미탈과율과 손상율은 탈과 속도 간 유의성이 나타났으며, 수집율과 수확물 조성비는 탈과 속도 간 유의성이 나타나지 않았다.

Table 3 Results of performance evaluation of edible fresh corn harvesting machine according to PTO speed.

PTO Speed	Detach ment loss ratio (%)	Uncollected crop ratio (%)	Damage ratio (%)			Harvest ratio (%)	
			Normal	Scratches	Burst (cm bruise)	Com ear	Foreign matter
540	3.6 ^{a*}	15.6 ^a	97.0 ^{a*}	3.0 ^a	-	90.3 ^a	9.7 ^a
750	5.3 ^b	11.8 ^a	90.0 ^b	10 ^b	-	85.7 ^{ab}	14.3 ^{ab}
1050	10.2 ^b	12.5 ^a	91.3 ^b	8.6 ^b	-	83.2 ^b	16.8 ^b
Pr>F	0.0014	0.8	0.016	-	-	0.104	-

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

3.2.2 작업 속도에 따른 성능시험

작업 속도에 따른 요인시험은 PTO 회전속도를 탈과율이 가장 양호한 540 rpm으로 고정하고, 작업 속도를 0.1, 0.15, 0.2 m/s로 설정하여 수행하였다. 요인 시험 결과 작업 속도 0.1 m/s에서 탈과성능은 미탈과율(detachment loss ratio) 4.3%, 미수집율(uncollected crop ratio) 4.3%, 손상율(damage ratio) 5%, 이물질 혼입율(foreign matter) 8.6%로 가장 양호하였다(Table 4).

Duncan 다중검정 결과 신뢰수준 95%에서 미탈과율과 손상율은 주행 속도 간 유의성이 나타났으며, 수집율과 수확물 조성비는 주행속도 간 유의성이 나타나지 않았다.

Table 4 Results of performance evaluation of edible fresh corn harvesting machine according to working speed.

Working speed (PTO 540rpm, m/s)	Detach ment loss ratio (%)	Uncollected crop ratio (%)	Damage ratio (%)			Harvest ratio (%)	
			Normal	Scratches	Burst (cm bruise)	Com ear	Foreign matter
0.1	4.3 ^{a*}	4.3 ^a	95.0 ^{a*}	5.0 ^a	-	91.4 ^a	8.6 ^a
0.15	9.6 ^b	9.6 ^a	93.0 ^a	2.3 ^a	4.7	95.7 ^a	4.3 ^a
0.2	7.8 ^c	6.6 ^a	64 ^b	19.9 ^b	16.1	89.4 ^a	10.6 ^a
Pr>F	0.001	0.3144	0.002	-	-	0.256	-

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

3.2.3 재배양식에 따른 성능시험

탈과 속도 및 작업 속도 요인시험의 결과를 바탕으로 탈과 속도 540 rpm, 작업 속도 0.1 m/s로 고정하고, 재배양식(조간-주간 70:25 cm, 70:40 cm, 90:30 cm)에 따른 성능시험을 수행하였다. 요인시험 결과 주간-조간이 70:40 cm에서 미탈과율 3.2%, 미수집율 6.8%, 손상율 4.5%, 이물질 혼입율 5.4%로 가장 양호하였다(Table 5).

Duncan 다중검정 결과 신뢰수준 95%에서 미탈과율과 손상율, 수집율은 재배양식 간 유의성이 나타났으며, 수확물 조성비는 재배양식 간 유의성이 나타나지 않았다.

Table 5 Results of performance evaluation of edible fresh corn harvesting machine according to cultivation type.

Cultivation row spacing/hill spacing (PTO 540rpm, 0.1 m/s, cm)	Detach ment loss ratio (%)	Uncollected crop ratio (%)	Damage ratio (%)			Harvest ratio (%)	
			Normal	Scratches	Burst (cm bruise)	Com ear	Foreign matter
70:25	4.3 ^{a*}	4.3 ^{a*}	95.0 ^{ab}	5.0 ^a	-	91.4 ^a	8.6 ^a
90:30	10.2 ^b	3.3 ^a	92.4 ^b	3.8 ^b	3.8	91.3 ^b	8.7 ^b
70:40	3.2 ^a	6.8 ^a	95.6 ^a	2.9 ^a	1.6	94.6 ^a	5.4 ^a
Pr>F	0.0005	0.045	0.064	-	-	0.061	-

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

4. Conclusion

본 연구에서는 식용 풋옥수수 수확 시험장치를 설계 및 제작하여 탈과 속도, 작업 속도와 재배양식에 따른 요인시험을 수행하였다. 옥수수 수확 시험장치의 메커니즘은 줄기 하단부분을 예취하여 옥수수줄기를 위에서부터 아래로 이송시키며, 줄기와 잎을 파쇄하고, 옥수수자루를 탈과·선별하는 방식의 full-feed type으로 설계하였다. 트랙터 부착형 1조식으로 트랙터 체결부, 흡입·이송부, 파쇄부, 1차 및 2차 이송부, 수집부로 구성하여 제작하였다. 요인시험은 탈과 속도(540, 750, 1050 rpm), 작업 속도(0.1, 0.15, 0.2 m/s), 재배양식(조간-주간 70:25 cm, 70:40 cm, 90:30 cm)을 요인으로 수행하였다. 요인시험은 15 m 구간을 3반복하여 탈과성능, 수집부 성능, 손상율, 이물질 혼입

을 분석하였다. 콧옥수수 수확 시험장치 성능시험 결과, 탈과 속도 540 rpm, 작업 속도 0.1 m/s, 주간·조간이 70-40 cm에서 가장 양호한 것으로 분석되었다. Duncan 분석결과 미탈과율의 경우 탈과속도, 주행속도, 재배양식간의 유의성이 나타났으며, 손상율의 경우 탈과속도와 주행속도간의 유의성이 나타났으나, 재배양식간의 유의성은 나타나지 않았다. 수집율의 경우 재배양식간의 유의성이 나타났으나, 탈과속도와 주행속도간의 유의성은 나타나지 않았다. 수확물 조성비의 경우 모든 요인의 유의성이 나타나지 않아, 수집 및 수확물 조성비 성능향상을 위한 시험장치 보완제작 및 추가적인 요인시험이 필요한 것으로 분석되었다.

후 기

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호 : PJ01347801)의 지원으로 수행되었음.

References

- 1) H. C. Ji et al., "Agronomic Characteristics of Waxy Hybrid Corn on the paddy soil conditions", Korean Journal of Agricultural Science, Vol.33, No.2, pp.123-127, 2006.
- 2) S. K. Kim et al., "Effect of Nursery Stage and Plug Cell Size on Growth and Yield of Waxy Corn", Korean Journal of Crop Science, Vol.55, No.1, pp.24-30, 2010.
- 3) H. B. Lee et al., "Study on waxy corn XIII. Botanical characteristics and crude incomes analysis of Daedukchal 1". CNU Journal of Agricultural Science, Vol.38, No.1, pp.1-6, 2011.
- 4) H. J. Park et al., "Development of a Plastic Mulch Wrapper Using a Hydraulic System" Proceedings of 2019 Spring Conference on Drive and Control, pp.148-153, 2019.
- 5) Rural Development Administration, 2018 Agricultural and Stockbreeding Products Income Data Sheet for Improving Agricultural Management, p.136, 2018.
- 6) K. J. Choe et al., "Chopping Performance of Forage Crop Harvester for the Application of Green Manure Crop", Proceedings of the KSAM 2007 Winter Conference, Vol.12, No.1, pp.216-221, 2007.
- 7) T. W. Jung et al., "Quality Characteristics of Waxy Corn Hybrids with White and Black Kernel Color", Proceedings of 2010 Korean Society of Crop Science Spring Conference, pp.312-313, 2000.
- 8) S. L. Kim et al., "Changes of Major Quality Characters during Grain Filling in Waxy Corn and Super Sweet Corn", Korean Journal of Crop Science, Vol.39, No.1, pp.73-78, 1994.
- 9) S. B. Kim et al., "Analysis of Physical Properties and Harvest Efficiency of Harvester Among Pepper Cultivars", Journal of Agriculture & Life Science, Vol.48, No.2, pp.1-6, 2017.
- 10) ASAE Standards, Moisture content measurement, In ASAE Standard S358.2, 2003.
- 11) T. H. Heo et al., "Changes in Ear and Growth Characteristics of the Waxy Corn Cultivar of 'Mibaek 2' at Different Sowing Times", Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences, Vol.29, No.3, pp.172-177, 2017.
- 12) H. C. Ji et al., "Effect of Different Drained Conditions on Growth, Forage Production and Quality of Silage Corn at Paddy Field", Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science, Vol.29, No.4, pp.329-336, 2009.
- 13) Y. S. Choi and S. N. Yoo, "Harvesting Performance of the Experimental Pick-up Type Pulse Crop Harvester for Red Bean", Journal of Agriculture & Life Science, Vol.51, No.1, pp.213-221, 2017.
- 14) S. I. Kang et al., "Development of a Vine Crusher for Harvesting Sweet Potato", Journal of Biosystems Engineering, Vol.36, No.1, pp.9-14, 2011.
- 15) Rural Development Administration, Research analysis criteria about agricultural science and technology, 2012
- 16) Y. Choi, "Development of the Pepper Mechanical Harvesting System", Doctoral Dissertation, Chonnam National University, 2006.