

RESEARCH ARTICLE

시뮬레이션을 통한 속도 및 경사지 조건에 따른 다목적 밭농업 플랫폼의 주행 토크 분석

강호준¹, 이민하¹, 박민재², 양철우², 박민종², 박종대², 전현호², Md. Abu Ayub Siddique², 백승민³, 백승윤³, 김용주^{1,2,3*}

¹충남대학교 스마트농업시스템기계공학과

²충남대학교 스마트농업시스템학과

³충남대학교 친환경 수소 전기 농기계 연구소

Analysis of driving torque of multi-purpose field agricultural platform according to speed and climbing angle through simulation

Ho-Joon Kang¹, Min-Ha Lee¹, Min-Jae Park², Cheol-Woo Yang², Min-Jong Park², Jong-Dae Park², Hyeon-Ho Jeon², Md. Abu Ayub Siddique², Seung-Min Baek³, Seung-Yun Baek³, Yong-Joo Kim^{1,2,3*}

¹Department of Smart Agriculture Systems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

²Department of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

³Eco-friendly Hydrogen Electric Tractor&Agricultural Machinery Institute, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

*Corresponding author: babina@cnu.ac.kr



OPEN ACCESS

Journal of Agricultural Machinery Engineering
5(2):69-77

DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.2025.5.2.3>

Received: June 26, 2025

Revised: June 28, 2025

Accepted: June 29, 2025

Copyright: © 2025 Korean Society for Agricultural Machinery



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

The mechanization rate of field crop farming in Korea remains significantly lower at 63.3% compared to rice farming at 99.3%. While crops like garlic (59.7%) and onion (31.4%) show progress, pepper and cabbage still record single-digit mechanization rates in seeding and harvesting stages. This study develops a driving performance simulation model for a four-wheeled electric drive field agricultural platform under various speed and slope conditions.

The platform features a 2,000 mm wheelbase, 2.25-ton total weight, 1,400 mm ground clearance, and 40 kWh battery system with variable track widths (1,000 mm, 1,200 mm, 1,500 mm) to accommodate domestic field crop cultivation methods. Using RecurDyn software, a multi-body dynamics analysis was conducted to simulate climbing performance. Simulation conditions included slopes of 6°, 15°, and 24° at driving speeds of 1 km/h and 5 km/h, reflecting the actual slope distributions in major Korean field crop regions. Tire model parameters incorporated vertical stiffness of 76 N/mm, vertical damping ratio of 0.2, longitudinal slip stiffness of 50,000 N/%, and lateral slip stiffness of 60,000 N/rad. Results showed torque increased proportionally with climbing angle across all wheel positions. At 5 km/h, front wheels experienced higher torque than rear wheels across all slopes. Maximum

torque reached 801 Nm at 24° climbing angle, demonstrating sufficient driving force capability on steep slopes. This study provides essential baseline data for the development of electric agricultural platforms tailored to Korea's field crop farming conditions and contributes to enhancing mechanization in underdeveloped crop sectors.

Keywords: Field agricultural platform, Simulation, Climbing angle, Driving speed

Introduction

2023년 기준 국내 농농사의 기계화율은 99.3%임에 비해 밭농사의 기계화율은 63.3%로 농농사에 비해 낮은 수준이다 (e-나라지표, 2023). 마늘(59.7%)과 양파(31.4%) 등 일부 작물 종류에서 기계화가 진전되었으나, 배추의 파종, 수확 단계 기계화율은 0%이며 고추의 파종 단계 기계화율은 0.3%, 수확 단계 기계화율은 0%를 기록하고 있다(KOSIS, 2023). 이를 해결하고 밭농업 기계화율을 높이기 위해 다양한 밭농업기계들이 개발되고 있다. 특히, 밭농업 기계화에 어려움을 겪는 국내 상황을 고려할 때, 해외 사례는 기술적 방향성과 대안 모색에 중요한 참고가 된다. 해외에서는 밭농업 로봇 플랫폼에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 덴마크 FARMDROID社의 FD20은 1.25 kg의 상대적으로 낮은 무게를 갖고 있어 토양 구조를 보호할 수 있고, 1.6 kW 용량의 4개 태양광을 탑재한다. 하루 최대 6.5 ha, 18~24시간 연속 작업이 가능하다. 작업 기능에는 파종, 제초, 살포가 있으며 설탕무, 비트, 양파, 유채, 시금치 등 50종 이상의 작물과 호환 가능하다. 프랑스 Naïo Technologies社의 TED는 전기 및 4륜 구동으로 작동하고 하루 최대 5~6.5 ha, 8~10시간 작업이 가능하다. 프랑스 ViTiBot社의 BAKUS-P75S는 전기구동과 완전 자율주행이 가능하며 최대 작업시간은 10~12 시간이다. 줄 간격 1.75 m, 높이 1.75 m 이하의 좁은 포도밭에서 사용된다. TED와 BAKUS 모두 포도밭 농작업에 사용되지만 TED는 단일 RTK GPS를 사용하지만 BAKUS-P75S는 이중 RTK GPS 시스템을 이용하여 주행 안정성을 높였다는 차이점이 존재한다. 국내에서는 한국로봇융합연구원(KIRO)이 4륜 구동 및 4륜 조향 방식의 모듈형 플랫폼을 개발하였다. 각 바퀴에 높낮이 조절이 가능한 자체 제어 시스템이 있어 경사지 주행, 운반 등 여러 작업에 대응이 가능하도록 설계되어 있다(Cho et al., 2020).

상용화와 개발 측면에서 해외의 밭농업 플랫폼이 국내보다는 진보되어 있으나, 국내 밭토양 조건은 해외 농작업 조건과는 다르기 때문에 그대로 구매하여 사용하기에는 한계가 있다. 대표적으로 국내 밭농업 환경은 62% 정도가 경사도 7% 이상 분포해 있으며, 이에 따라 주로 평지에 맞추어 개발된 해외 밭작물 플랫폼의 특성상 국내에서 사용 시 성능저하가 발생할 가능성이 있다(Jang et al., 2016; FARMDROID, 2023). 또한, 해외 로봇들은 주로 현지에서 재배되는 작물에 최적화되어 개발되어 있다. 몇몇 제품들은 포도밭 작업에 특화 되어있으며, 50종 이상의 작물과 호환 가능하다고 홍보하고 있으나 한국의 주요 작물인 고추, 배추, 무 등 한국 특화 작물에 대한 최적화는 미흡한 실정이다. 이에 따라 우리나라에 적합한 밭농업용 플랫폼 개발이 필요한 실정이다.

농업용 플랫폼을 개발할 때, 작업 안정성에 대한 평가는 필수적이며, 농기계 분야에서는 시뮬레이션 모델을 이용한 성능평가가 수행되고 있다. Lee et al (2021)는 시뮬레이션을 이용하여 다목적 농업 로봇에 결합되는 작업기의 작업점을 고려하여 작업기 변화에 따른 로봇 플랫폼의 선회 및 조향 특성에 관한 연구를 진행하였다. Song et al (2020)은 3차원 다물체 동역학 기법을 이용하여 밭농업로봇의 다물체 동역학을 모델링하였고 연성해석을 이용하여 자율주행 제어기의 성능을 평가하였다. Park (2023)은 소형 이동 로봇용 휠 모듈을 개발하고 시뮬레이션 모델을 통해 주행 환경에 따른 감쇠 계수 별 동적 특성을 평가 및 분석하였다. 위 연구들을 참고하여 본 연구에서는 현재 개발 중인 4륜 전기구동 밭농업용 플랫폼의 시뮬레이션을 통하여 실제 현장 적용 가능성을 파악하고 성능 분석에 대한 연구를 수행하였다. 특히 국내 밭농업 환경의 특수성을 고려하여 경사지 주행성능에 중점을 두고 다물체 동역학 시뮬레이션을 수행하였다.

Materials and Methods

본 연구에 활용된 플랫폼은 아래 Fig 1과 같으며 사양은 Table 1과 같이 축간거리 2,000 mm, 웨이트 포함한 중량 2.25 ton, 지상고 1,400 mm, 플랫폼 좌/우에 배치된 배터리 40 kWh, 조향방식 4WIS(4 Wheel-Independent-Steering), 각 바퀴들이 독립적인 제어 시스템을 갖춘 기술인 코너 모듈(e-corner module)을 활용한 차폭 변경 시스템을 갖고 있는 가변 차폭 구조이다. 작물 종류에 따라 각각 1,000 mm, 1,200 mm, 1,500 mm의 차폭을 가지며 고추의 경우 이랑의 너비는 800 ~ 1500 mm 가지며 배추의 경우 이랑의 너비는 1200 ~ 1500 mm를 가지기에 이러한 가변 차폭은 밭작물의 재배방식에 효과적으로 대응할 수 있도록 한다(제주특별자치도 농업기술원, 2017; 농촌진흥청, 2009).



Fig. 1. Four-wheeled electric drive field agricultural platform

Table 1. Specification of four-wheeled electric drive field agricultural platform

Item	Unit	Specification
Wheelbase	mm	2,000
Weight	ton	2.25
Ground clearance	mm	1,400
Steering mechanism	-	4WIS
Vehicle width	mm	1,000 / 1,200 / 1,500
Battery capacity	kWh	40

Table 2. Specification of the drive motor used in field agricultural platform

Item	Unit	Specification
Rated power	kW	10
Rated voltage	V	96
Rated speed	rpm	3,000
Rated torque	Nm	31.8
Maximum torque	Nm	63.6
Weight	kg	31.2

플랫폼 시뮬레이션 모델

4륜 전기구동 밭 농업용 농기계 플랫폼의 모델링은 RecurDyn(V9R4, FunctionBay, Korea)을 이용하였으며, 플랫폼 제작 시 고려된 제원을 이용하였다. 플랫폼 모델의 세부 제원은 총 길이 2,000 mm, 폭 1,730 mm, 높이 1,400 mm, 무게 2,500 kg이다. 시뮬레이션 구속조건은 차량의 구동 방식을 고려하여 구현하였다. 움직임이 필요 없는 고정대상인 차체 - 배터리, 차체 - 치기 간의 연결에 고정 구속조건을 부여하였고, 플랫폼 차체 각 구동축의 회전운동에는 회전 구속조건이 부여되었다. 시뮬레이션 초기 10초 전후 구간에서 차량의 좌우 흔들림이 발생하였고 이에 따라 토크 값에 큰 오차가 발생할 수 있기에 해당 구간을 시뮬레이션 모델 안정화 구간으로 설정하였으며 모델 구동을 위하여 시뮬레이션 목적과 무관한 기계요소를 제거하여 간소화 작업을 수행하였다.

타이어 모델

타이어의 반지름은 330 mm, 폭 170 mm, 림 반지름 200 mm, 무게 10 kg이다.

Farhadi et al (2015) 는 단일 휠 테스터 시험을 이용하여 농업용 타이어의 구름저항 및 슬립율을 측정하였고 Park et al (2024) 은 재료시험기를 이용하여 수직 강성 계수의 측정과 실측 및 수식을 이용한 종방향 강성 계수를 측정하였다. Sun et al (2019) 은 농업용 타이어의 특성을 타이어 종합 시험기를 이용하여 타이어의 동적 특성과 강성을 분석하였다. 이 외의 계수인 캠버 강성, 횡방향 슬립 강성 계수, 댐핑 계수는 해당 플랫폼을 이용한 선행연구를 참고하였다(Yoon et al., 2022). Table 3은 위의 선행연구를 통해 도출된 타이어 시뮬레이션 모델의 입력 파라미터이다.

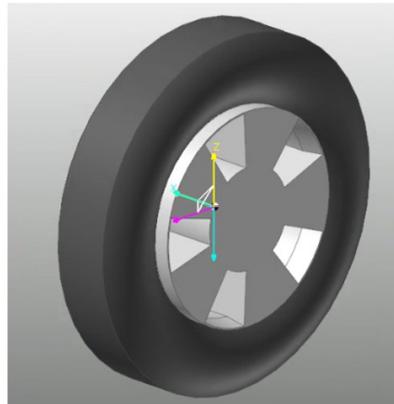


Fig. 2. A photo of tire model of simulation model development

Table 3. Tire model parameters used in RecurDyn simulation

Item	Unit	Specification
Radius x Width	mm	330 x 170
Weight	kg	10
Vertical Stiffness	N/mm	76
Vertical Damping ratio	-	0.2
Longitudinal Slip Stiffness	N/%	50,000
Lateral Slip Stiffness	N/rad	60,000
Camber Stiffness	N/rad	3,000
Rolling Resistance Length	mm	0.2
Max. Friction Coefficient	-	0.7
Min. Friction Coefficient	-	0.7

시뮬레이션 조건

경사지 주행 성능 평가는 주행속도와 등판각에 따른 토크 분석을 통하여 진행하였다. 등판각은 국내 밭작물 재배 환경의 실제 경사도 분포를 반영하였다. 선행연구를 통하여 국내 대표 밭작물인 배추, 감자의 주산지인 경상도의 경사도를 조사한 결과 $6^{\circ} \sim 24^{\circ}$ 가 주요 경사각 범위로 확인되어 경사각은 6° , 15° , 24° 로 선정하였다(Lee and Heo, 2018; Yang et al., 2023). Fig 3은 시뮬레이션으로 구현한 6° (좌측), 15° (중앙), 24° (우측)의 경사지이다. Kim et al (2019)은 주요 농작업인 쟁기 작업이 국내에서 $5 \sim 7$ km/h의 속도로 진행된다는 조사를 진행 후 연구를 하였고, Lee et al (2022)의 연구에 따르면 콤바인의 선별 성능 시험을 진행했을 때 1.5 m/s (5.4 km/h)의 속도에서 선별 손실이 최소를 보였으며 완전립 비율이 최고를 보였다는 점을 참고하여 작업 최저속도인 1 km/h와 최고속도인 5 km/h로 선정하였다(Cho et al., 2020; Lim et al., 2020).

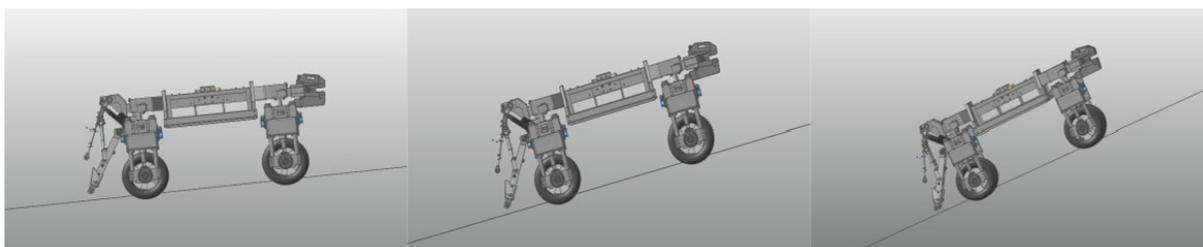


Fig. 3. Inclined terrain modeling and simulation considering climbing angles (6° , 15° , 24°)

Results and Discussion

경사각별 토크 분석

본 연구에서는 시뮬레이션 시간을 동일하게 진행 시 플랫폼의 주행속도가 증가함에 따라 토양 모델의 끝에서 플랫폼의 낙하가 발생하기에 속도에 따라 각각 1 km/h 일 때 650 sec, 5 km/h 일 때 180 sec 동안 진행하였다. 시뮬레이션 결과는 Table 4, 5, 6에 나온 것과 같이 주행속도가 1 km/h일 때 경사각 6° 에서 전륜 좌측, 우측에서 발생하는 토크는 각각 115 , 118 Nm, 후륜 좌측, 우측에 발생하는 토크는 384 , 381 Nm를 보였다. 5 km/h 일 때 전륜 좌측, 우측에 445 , 446 Nm, 후륜 좌측, 우측에서 316 , 313 Nm를 보였다. 경사각 15° , 주행속도가 1 km/h일 때 전륜 좌측, 우측에서 발생하는 토크는 538 , 528 Nm, 후륜 좌측, 우측에 발생하는 토크는 217 , 202 Nm를 보였다. 5 km/h 일 때 전륜 좌측, 우측에 515 , 494 Nm, 후륜 좌측, 우측에 270 , 241 Nm를 보였다. 경사각 24° , 주행속도가 1 km/h일 때 전륜 좌측, 우측에서 발생하는 토크는 573 , 801 Nm, 후륜 좌측, 우측에서 703 , 279 Nm를 보였다. 5 km/h일 때 전륜 좌측, 우측에 624 , 654 Nm, 후륜 좌측, 우측에 530 , 469 Nm를 보였다. 토크 분석 결과, 경사각과 주행속도 조건에 따라 전륜과 후륜 간 토크 분배가 다르게 나타났다. 경사각 15° 에서 전륜 토크 평균 520 Nm, 후륜 토크 평균 233 Nm의 결과를 보였으며 24° 에서는 전륜 토크 평균 663 Nm, 후륜 토크 평균 495 Nm의 결과를 보이며 전륜의 토크가 후륜보다 증가하였다. 또한 경사각 24° 에서 최대 토크는 801 Nm까지 기록되었으며, 이는 해당 플랫폼이 가파른 경사지에서도 충분한 구동력을 제공할 수 있음을 보여준다.

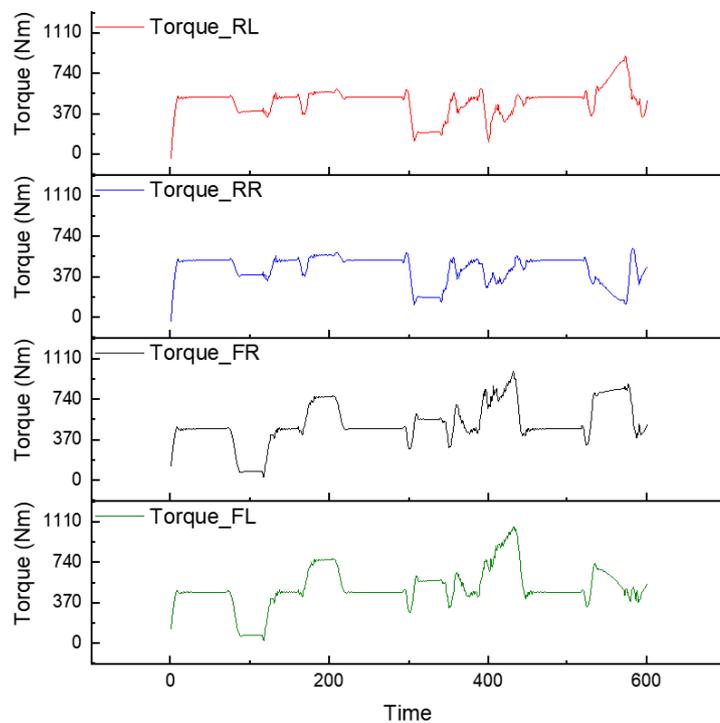


Fig. 4. Wheel torque depending on vehicle speed (1 km/h)

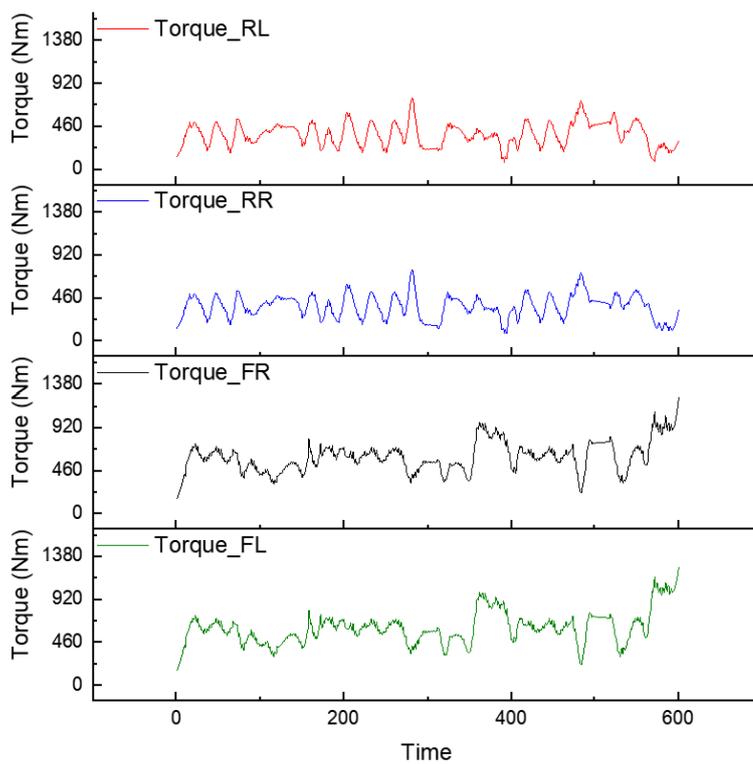


Fig. 5. Wheel torque depending on vehicle speed (5 km/h)

Table 4. Driving torque at climbing angle 6° (Nm)

Driving speed(km/h)	Wheel torque			
	FL	FR	RL	RR
1	115	118	381	384
5	445	446	313	316

Table 5. Driving torque at climbing angle 15° (Nm)

Driving speed(km/h)	Wheel torque			
	FL	FR	RL	RR
1	538	528	202	217
5	515	494	241	270

Table 6. Driving torque at climbing angle 24° (Nm)

Driving speed(km/h)	Wheel torque			
	FL	FR	RL	RR
1	573	801	279	703
5	624	654	469	530

Conclusion

본 연구는 현재 개발 중인 4륜 전기구동 밭 농업용 플랫폼의 실 농작업 환경에서 경사지 주행성능을 다물체 동역학 시뮬레이션을 통해 체계적으로 평가하였다. 국내 밭작물 주산지의 실제 경사각 조건을 반영하여 6°, 15°, 24°의 등판각과 1, 5 km/h의 주행속도 조건에서 토크를 분석한 결과, 경사각이 증가할수록 전륜 좌측, 전륜 우측, 후륜 좌측, 후륜 우측에 발생하는 토크가 증가하였다. 5 km/h로 주행 시 전륜에 걸리는 토크는 6°에서 평균 445.5 Nm, 15°에서 평균 504.5 Nm, 24°에서 평균 639 Nm의 값을 보였고, 후륜에 걸리는 토크는 6°에서 평균 314.5 Nm, 15°에서 평균 209.5 Nm, 24°에서 499.5 Nm의 값을 보였기에 모든 경사에서 전륜의 토크가 후륜보다 크게 발생하였다. 1 km/h로 6°의 경사지를 주행 시 후륜에 걸리는 평균 토크는 382.5 Nm로 전륜보다 더 큰 토크가 발생했으나 15°, 24°일 경우 전륜에 각 533 Nm, 687 Nm의 토크가 발생하여 전륜보다 큰 토크가 발생하였다. 전륜보다 후륜에 큰 토크가 발생하는 이유는 전륜 접지압의 감소로 인한 전륜의 구동력을 토크의 증가로 보상하기에 해당 현상이 발생한다고 판단된다. 본 연구의 한계점으로는 시뮬레이션에서 사용된 토양 매개변수가 실제 다양한 토양 조건을 완전히 반영하지 못한다는 점이다. 향후 연구에서는 다양한 토양 조건(토양 수분, 토양 경도 등)에서의 실제 시험을 통한 시뮬레이션 결과 검증이 필요하다. 또한 작업기 부착 시의 하중 변화와 동적 특성 변화에 대한 추가 연구가 요구된다. 본 연구 결과는 밭농업 기계화 확산에 기여할 것으로 기대되며, 향후 변량 시비, 선택적 수확 등 정밀농업 작업의 정확도를 높이는 데 필수적인 요소인 경사지에서의 안정적인 주행성능 확보를 통하여 정밀작업이 가능한 농업 로봇 플랫폼의 설계에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

Acknowledgements

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 밭농업기계화촉진기술개발사업(과제번호:RS-2023-00230838)의 지원을 받아 연구되었음.

References

- Choi SY, Jang JH, Park NY, Lee DH, Park JK, Park M. 2016. Characterization and Distribution of Clay Minerals in Corn Field Soils in Korea. *Korea Journal of Soil Science and Fertilizer* 49(6): 813-818. [in Korean]
- Heo IK, Lee SH. 2018. Impact of Climate on Yield of Highland Chinese Cabbage in Gangwon Province, South Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 53(3): 265-282. [in Korean]
- Kim JH, Kim SJ, Jang MK, Nam JS, Yang YJ. 2023. A Study on the Current State of Conventional Cultivation System and Harvesting Practice in Summer Potato Major Producing Areas. *Journal of Agricultural Life and Environmental Sciences* 35(4): 533-541. [in Korean]
- Bang BJ, Joo YH, Lim H, Seo MK, Shin HY, Yun BU. 2020. Development of Steering Control System for a Self-Propelled Potato Harvester Using a Displacement Difference Ridge Tracking Method. *Journal of Korean Institute of Electrical Engineers* 70(1): 213-223. [in Korean]
- Cho YJ, Woo SY, Song SH, Hong HG, Yun HY, Oh JS, Kim JS, Kim DW, Seo KH, Kim DH. 2020. A Study on Modular Agricultural Robotic Platform for Upland. *Journal of Korea Robotics Society* 15(2): 124-130. [in Korean]
- John O, Liz H. 2021. Monitoring wheel slip for fuel efficiency. NSW Department of Primary Industries. Primeface DOC21-80927, First edition
- Choi KS, Seo JH. 2013. Analysis of Sediment Reductions Effects of VFS Systems for the General Characteristics of Uplands in Korea. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(4): 121-131. [in Korean]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023. 발작물 기계화율. Accessed in https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Fconn_path%3DMTZTITLE%2F%26list_id%3DK1_14%26obj_var_id%3D%26seqNo%3D%26tblId%3DDT_143004N_025%26vw_cd%3DMT_ZTITLE%26itm_id%3D%26language%3Dkor%26lang_mode%3Dko%26orgId%3D143%26 [in Korean]
- e-나라지표. 2023. 농업 기계화 현황. Accessed in https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1288 [in Korean]
- Damanauskas V, Janulevicius A. 2023. Influence of Tractor Slippage on Crop Yield. *Engineering for rural development* 22: 108-113
- A Aboltins, H Beloov, V Adamchuk, V Bulgakov, V Kaminskiy, V Kyurchev, V Nadykto. 2021. Maximum Admissible Slip of Tractor Wheels without Disturbing the Soil Structure. *Applied Sciences* 11(15): 6893-6902
- Ajay K, Manojit C. 2022. Tractor Wheel Slip Measurement and Optimazation. *Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences* 2(9): 260-269
- Cho YJ, Kim GM, Kang MS, Lee JW, Oh JS, Park HC, Park MR, Seo KH. 2021. A Study on the Environment-Based Turning Characteristics of Multi-Purpose Agricultural Robots. *Journal of Korea Robotics Society* 16(4): 319-326 [in Korean]
- Han JB, Oh JS, Seo KH, Song HJ, Song SH, Yang KM. 2020. Study on the Model based Control considering Rotary Tillage of Autonomous Driving Agricultural Robot. *Journal of Korea Robotics Society* 15(3): 233-239 [in Korean]
- Park SY. 2023. Development of a Wheel Module for a Small Mobile Robot Equipped with a Semi-Active

- Suspension Based on Dynamic Characteristic Analysis. Master dissertation, Pukyong National Univ., Busan, Korea [in Korean]
- eurostat. 2020. Agriculture statistics – family farming in the EU. Accessed in https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agriculture_statistics_-_family_farming_in_the_EU
- FARMDROID. 2023. FARMDROID FD20 FACTSHEET. Accessed in <https://farmdroid.com/wp-content/uploads/Factsheet-FD20-Metricimperial-2023.pdf>
- Baek SM, Baek SY, Jeon HH, Kang DI, Kim YJ, Ma SJ, Park MJ. 2024. Development of simulation model of an electric all-wheel-drive vehicle for agricultural work. *Korean Journal of Agricultural Science* 51(3):315-329 [in Korean]
- Yoon SY, Jeon HH, Baek SM, Baek SY, Lee JH, Kim YJ. 2022. Development of multi-body dynamics simulation model of agricultural 4WD electric vehicle platform for upland farming. *Precision Agriculture Science and Technology* 4(4):227-235 [in Korean]
- Farhadi P, Golmohammadi A, Malvajerdi AS, Shahgholi G. 2020. Tire and soil effects on power loss: Measurement and comparison with finite element model results. *Journal of Terramechanics* 92:13-22
- Sun PF, Feng GY, Zhou ST, Qiu CZ, Fan JW. 2019. Experimental Analysis of Radial Tire Stiffness and Grounding Characteristics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 677(2)
- 농촌진흥청. 2019. 농사로. Accessed in <https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psz/psza/contentSub.ps?menuId=PS03172&sSeCode=335001&cntntsNo=101627> [in Korean]
- 제주특별자치도 농업기술원 동부농업기술센터. 2017. 핵심기술지도요강. Accessed in <https://agri.jeju.go.kr/dongbu/technologycenter/technology/vegetable.htm?page=9&act=view&seq=39787> [in Korean]
- Moon SP, Baek SM, Lee NG, Park SU, Choi YS, Choi CH, Kim YJ. 2020. Safety Factor Analysis of Range-Shift on Multi-Purpose Agricultural Implement Machinery. *Journal of Drive and Control* 17(4):141-151 [in Korean]
- Lee MH, Woo JK, Choi IS, Choi Y, Kim YK. Performance Evaluation of Separation Part for High Performance of Head-feed Type Combine. *Journal of Agricultural Machinery Engineering* 2(1):1-7 [in Korean]