

트랙터 부착용 밀 파종 및 시비장치 기초 연구

백이, 김동억, 홍순중, 강동현*
한국농수산대학교 교양학부

Basic Study on Tractor-Attached Wheat Sowing and Fertilizing Machine

Yee Paek, Dongeok Kim, Soonjung Hong, Donghyeon Kang*
Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries

요약 한국산 밀 생산량은 연간 3.5만 톤으로 자급률이 1.3 %에 불과하여 식량안보와 국제 곡물시장의 가격변동에 취약하다. 한국정부에서는 2025년까지 밀 자급률 5 %를 목표로 밀산업육성법을 2020년 2월 시행하였다. 우리나라의 농업농촌의 현황은 고령화, 노동력 부족, 농산물 가격의 급등락 및 대량소비의 문제점이 나타나고 있다. 본 연구에서는 밀 작업을 위한 파종 및 시비용 농용트랙터 부착용 작업기를 개발하였다. 파종 및 시비량 선정(10a)을 위하여 선정요인은 밀무게, 목표파종량, 조건거리, 조수, 고랑폭 등을 고려하였으며 파종량이 8 ~ 20 kg일 경우 1립당 간격은 1.39 ~ 3.44 cm로 분석되었고, 시비량은 기비 20 kg, 추비는 15 kg으로 산정하였다. 밀의 생육현황을 조사한 결과 초장은 시험구에서는 500 ~ 520 mm, 대조구에서는 420 ~ 440 mm이고 분얼수는 4 ~ 7개, 대조구는 1 ~ 2개, 직경은 시험구 3.14 ~ 3.60 mm, 대조구 1.45 ~ 2.22 mm, 뿌리의 길이는 시험구 15 ~ 24 mm, 대조구 5 ~ 8 mm로 나타났다. 세조파를 한 시험구에서 초장, 분얼수, 직경 및 뿌리의 길이가 양호한 것으로 나타났다. 금후 시작기를 보완 실용화 및 보급화를 위하여 연구를 계속할 것이 필요하다.

Abstract The annual wheat production in Korea is 35,000 tons, and the self-sufficiency rate is about 1.3 %, making it vulnerable to food security and price fluctuations in the international grain market. The Korean government implemented the Wheat Industry Promotion Act in February 2020 with the goal of 5 % self-sufficiency of wheat by 2025. In this study, a working machine for attaching to a tractor for sowing and fertilizing for wheat farming was developed. It was analyzed that when the seeding amount ranged from 8 to 20 kg, the spacing per seed was between 1.39 and 3.44 cm. The fertilizing amount was estimated to be 20 kg for base fertilizer and 15 kg for additional fertilizer. As for the growth of wheat, it was found that the plant length, tiller number, diameter, and root were good in the test site. It is necessary to continue research for complementary practical use and dissemination of the beginning period in the future.

Keywords : Fertilization, Machine, Sowing, Tractor, Wheat

본 논문은 농촌진흥청 노지디지털농업기술단기고도화(R&D)사업(과제번호:RS-2022-RD010066)의 지원으로 수행되었음

*Corresponding Author : Donghyeon Kang(Korea National University of Agriculture and Fisheries)

email: kang6906@korea.kr

Received June 27, 2024

Revised July 23, 2024

Accepted August 2, 2024

Published August 31, 2024

1. 서론

한국산 밀 생산량은 2020년 17,000 ton에서 2022년 35,000 ton으로 증가 추세이며, 자급률은 2020년 0.8 %에서 2022년 1.3 %로 증가하고 있는 추세이나 밀산업 육성법(2020년 2월 시행)에서 목표로 하고 있는 2025년 까지 5 % 달성에는 크게 못 미치고 있다[1]. 밀 생산량 증진을 위해서는 밀 파종방법 확립과 생육단계별 토양수분의 체계적인 관리를 통해 수량의 구성 요소 및 증수 요인 구명이 필요하다. 밀은 월동 전에 본 잎 5 ~ 6매가 확보되어야 안전월동이 가능하므로 지역별로 적기에 파종하는 것이 중요하고, 파종이 늦어질 경우 동사하거나 분얼 전개가 늦어져 유효수수가 적어질 수 있어 생산량이 줄어든다[2]. 밀의 파종방식은 지역에 따라 큰 차이가 있으나 기본적으로 점파, 조파, 산파의 3가지로 구분할 수 있고, 파종량은 지역이나 토양 조건에 따라 다르지만, 밀은 10a당 휴립광산파는 16 ~ 20 kg이고 세조파 재배는 11 ~ 13 kg을 파종하며, 품종의 초형에 따라 이랑 너비를 조절하여 파종을 하며 파종시기가 늦어졌을 경우에는 종자량을 기준으로 20 ~ 30 % 증량 파종하고 밀거름으로 인산, 가리를 증시해야한다[2, 3]. 하지만 대부분의 농가에서 20 kg/10a 이상을 파종하였고, 기비량은 복합비료를 기준으로 2012년 32.9 kg/10a, 2011년 29.7 kg/10a 권장량보다 50 %이상 많은 양의 파종 및 시비가 이루어 지고 있다고 보고하였다[4]. 또한 밀은 습해에 약하기 때문에 토양과습으로 인해 토양산소 결핍으로 인해 생육불량 및 작물수량 감소가 발생할 수 있어 배수로 정비 중요하고 보고된바 있다[5]. 밀 재배의 생력기계화의 작업체계 확립을위하여 작업단계를 파종-시비, 배토, 수확작업 단계로 크게 구분된다. 농촌진흥청에서 개발된 벼 건담집파기를 활용하여 논에서 부분경운을 통한 보리 재배시험을 통해 수분이 높은 논에서도 기계작업은 가능하다고 보고된 바 있다[6]. 기계화 작업의 대부분은 트랙터에 부착된 개별 작업기를 활용하고 있으며, 각 작업별 소요시간은 파종 17.5 분/10a, 시비 16.3 분/10a, 배토 68.3 분/10a로 총 102.1 분/10a으로 조사되었으며, 일관 작업기는 51.9 분/10a으로 49 % 절감되는 것으로 보고하였다[7, 8]. 각 작업별 분석은 광산파를 적용하였고, 복합작업은 세조파를 적용하였으며, 모든 작업에서는 경운작업은 포함되지 않아 추가 작업량 단축 및 양의 절감이 필요한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 밀작업에서 적정시비, 경운, 골파기, 파종, 진압 작업의 일관작업기를 개발하기 위한 기초연구로서 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 밀 파종 및 시비장치 구성

밀 파종 및 시비작업의 생력기계화를 위하여 밀 파종 및 시비용 농용트랙터 부착용 작업기를 개발하였다.

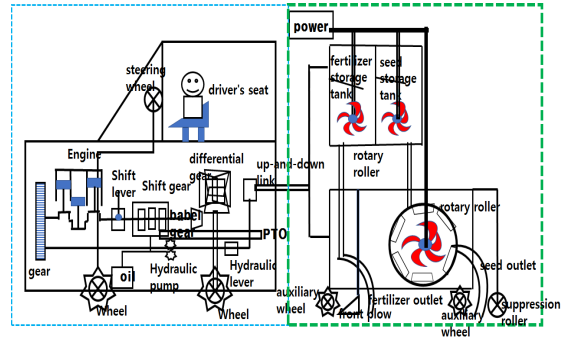


Fig. 1. Configuration of fertilizing and sowing device for tractor attachment

Table 1. Type and specifications

Engine	Standard (mm)	Length(mm)	1,615
		Width(mm)	2,040
		Height(mm)	1,140
	Power(HP)	40 ~ 50	
	Weight(kg)	310	
	PTO speed(rpm)	1,500	
sowing device	Length(mm)	1,615	
	Width of sowing(mm)	2,040	
	Quantity of seeding (kg/h)	40	
Fertilizing device	Length(mm)	400 ~ 500	
	Width(mm)	2,040	
	Application amount (kg/h)	40	

Fig. 1은 밀을 파종할 수 있는 농용트랙터 부착용 시비 및 파종장치의 구성도를 나타내고 있다. 농용트랙터 후방부착형으로 토양 경운 및 로터리작업은 트랙터의 Power Take-Off(이하 PTO)를 이용하여 동력을 추출 하였으며, 3점링크 장치를 이용하여 작업기의 부착과 승하강을 이용하였다. 승강은 유압을 이용하였으며 하강은 자중을 이용할 수 있도록 설치하였으며 로터리의 구굴은 깊이 300 mm내외이고 구굴폭은 180 mm 내외로 할 수 있도록 구성하였다. 밀을 파종할 수 있는 파종 및 시비장치의 제원과 특성은 Table 1과 같다.

2.2 밀 파종 및 시비장치 설계 및 제작

밀 파종 및 시비작업을 위한 밀 파종 및 시비용 농용 트랙터 부착용 작업기를 개발하였다. Fig. 2는 개발 기종의 시작기를 나타낸 것이다. 파종을 위한 씨앗 저장조와 시비를 할 수 있는 시비저장조를 분리하여 설계하고 시비와 파종은 제어장치를 통하여 일정량을 투하할 수 있도록 하였으며 시비파종 앞쪽에 로터리로 경운을 한 후 씨앗파종 및 시비를 하고 복토 및 진압을 할 수 있는 진압기로 설계 및 제작하였다.



Fig. 2. Fertilizing and sowing device attached with tractor.

동력원은 경유를 연료로 사용하는 디젤 47마력으로서 동력전달은 Fig. 3과 같이 기관, 클러치, 변속기어, 차동장치, 최종구동장치 및 바퀴로 전달되며 유압펌프, 유압실린더, PTO를 통하여 작업기를 작동하도록 하였다.

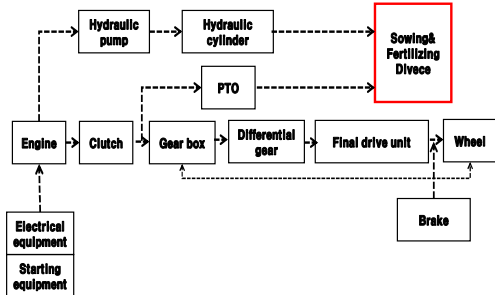


Fig. 3. Power transmission circuit diagram of tractor

Fig. 4는 파종롤러를 나타내고, Fig. 5는 시비롤러를 나타낸 것이다. 파종 조건거리는 150 mm이며 14조로 구성하였다. 종자 및 비료 저장구에서 회전롤러를 통하여 종자나 시비 배출구를 통하여 토양에 파종 및 시비를 하며 진압롤러를 통하여 다짐작용을 하도록 설치하였다. 파종 및 시비에 필요한 동력은 단독 직류진압을 이용하여 제어를 통하여 파종량을 결정하도록 구성하였다. 파종 및 시비의 동력전달은 Fig. 6과 같이 구성하였다. 전

원(12 V)을 이용하여 시비 및 파종을 위한 모터를 제어할 수 있으며, GPS는 트랙터의 속도 및 위치를 인식하여 속도대응 파종, 속도 및 위치대응 가변시비가 가동하도록 설계하였다. 경운, 시비, 파종 후 최종적으로 진압 롤러를 이용하여 씨앗의 발아를 균일하게 하도록 하였다.

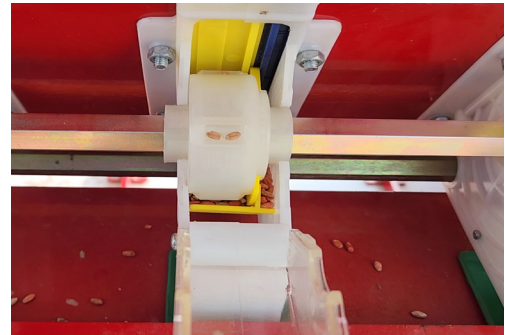


Fig. 4. Sowing roller

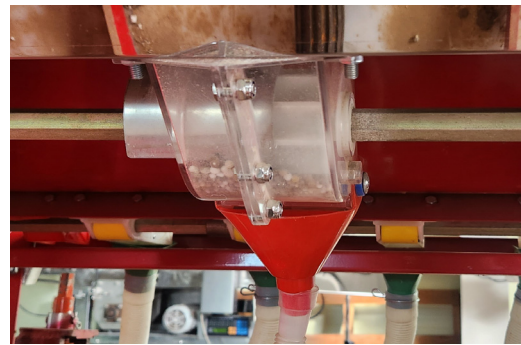


Fig. 5. Fertilizing roller

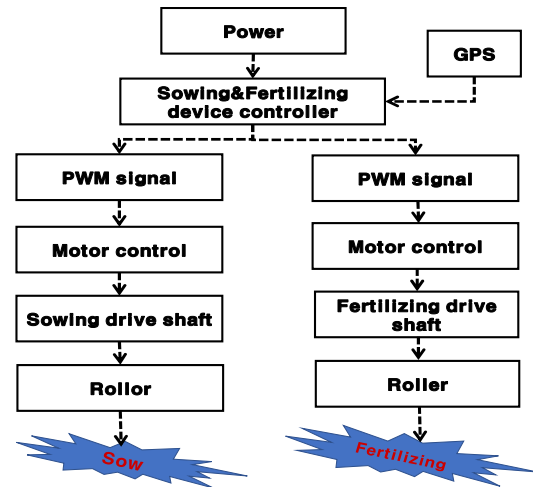


Fig. 6. Circular diagram of wheat sowing and fertilizing device.

2.3 시험 재료 및 방법

2.3.1 밀 종자 파종량과 시비량 산정

밀 종자 파종량과 시비량 산정은 Eq. (1)을 이용하여 단위 면적당(kg/10a) 종자배출량 및 시비량을 산정하였다.

$$Q = \frac{Q_0}{A_0} \times 10 \quad (1)$$

여기서,

Q : Sowing and fertilizing rate(kg/10a)

Q₀ : Total sowing and fertilizing quantity(kg)

A₀ : Sowing and fertilizing area(a)

본 개발된 시작기의 파종 조수 14조임을 고려하여 제어를 위한 목표 파종량에 따른 종자간 거리를 산정하였다. 시작기의 시비부 조수는 8조로써 목표 시비량에 따른 실제 시비 제어량을 산정하였다.

2.3.2 품종별 밀 종자 구조 및 특성 분석

파종부의 롤러 홈을 설계하기 위하여 국산 밀의 형상을 조사하였다. 대표적인 밀 품종인 '백강', '새금강', '조경' 3품종에 대하여 Fig. 7과 같이 길이, 장폭, 단폭, 장폭비 및 구형도를 조사하였다. 구형도 조사는 Eq. (2)를 이용하여 산정하였다[9].

$$\begin{aligned} Sphericity &= \left(\frac{\text{Volume of solid}}{\text{Volume of circumscribed sphere}} \right)^{1/3} \\ &= \left[\frac{(\pi/6)abc}{(\pi/6)a^3} \right]^{1/3} = \left(\frac{bc}{a^2} \right)^{1/3} \\ &= \frac{\text{geometric mean diameter}}{\text{major diameter}} = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서

a = Long width

b = Short width

c = Longest intercept normal to a and b

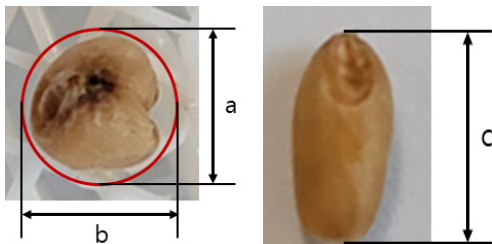


Fig. 7. measurement of wheat size

2.3.3 밀 파종 방법에 따른 작업시간 조사

개발 시작기를 활용한 밀 파종 및 시비에 대한 작업을 위하여 인력과 기계화에 따른 소요 작업시간을 비교하였으며, 밀 파종작업 투입 농기계는 작업성능과 소요시간은 아래 Eq. (3)과 같이 농업과학기술 연구조사 분석기준 [10]의 농작업기계 포장성능 분석으로 투입기종의 작업 성능을 산출하여 비교하였다.

$$P_{performance}(h/10a) = \left(\frac{50}{v} + t \right) \times \left(\frac{20}{3600 \times b} \right) \quad (3)$$

여기서,

v : Average operating speed(m/s)

t : Average turning time(s)

b : Average working width(m)

2.3.4 밀 파종에 따른 생육조사

Fig. 8은 밀을 파종한 후 '23. 4월18일 밀의 생육을 나타낸 것이다. 시작기를 활용한 줄뿌림 시험구와 관행으로 산파한 밀의 초장, 분얼수, 직경, 뿌리길이 등 생육 상태를 조사하였다.

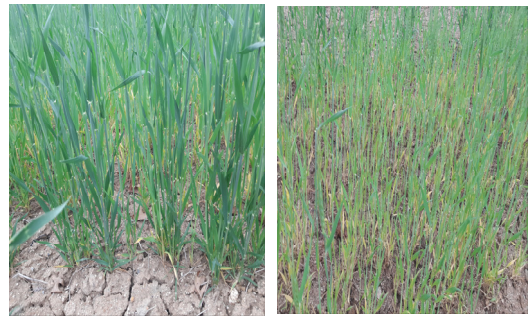


Fig. 8. Growth of test plot (left) and control plot (right)

3. 결과 및 고찰

3.1 밀 종자 파종량과 시비량 산정

목표 파종량 선정(10a, 10×100, m)을 위하여 고랑 폭(25 cm), 이랑수 4.5개 설정하여 분석 결과는 Table 2와 같다. 목표 파종량은 모종 1개당 2.32 cm(목표 파종량 12 kg/10a) 간격으로 분석되었으며, 이때 10 cm 간격으로 파종할 경우 4 ~ 5개의 종자를 파종하는 것으로 산정하여 제어하여야 하는 것으로 분석되었다. 포장

상태 및 토양 비옥도에 따라 목표파종량을 선정하고 Table 2를 활용하여 제어에 활용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Table 2. Estimating the amount of wheat sowing(10a)

Target seeding amount (kg)	Amount of sowing (g/m)	Number of seeds (EA/m)	Spacing per seed (cm/EA)
8	1.142	29	3.44
10	1.429	36	2.78
12	1.714	43	2.32
20	2.857	72	1.39

목표 시비량 20 kg/10a를 산정하여 분석한 결과는 Table 3과 같다. 기비의 경우 1 m당 시비량은 5.47 g으로 산정하여 비료가 공급될 수 있도록 시비롤러의 회전 제어를 수행 해야하며, 추비의 경우 1 m당 시비량은 3.72 g으로 산정하여 시비하여야 할 것으로 분석되었다.

Table 3. Calculation results for uniform fertilizer application

	Target fertilizer amount (kg/10a)	Basic fertilizer amount (g/m)
Basic fertilizer amount	17.5	5.47
Additional fertilizer amount	11.9	3.72

3.2 품종별 밀 종자 구조 및 특성 분석

Table 4는 밀종자의 형태적 특성을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 조사한 밀의 품종은 백강, 새금강, 조경의 3품종으로 길이는 6.24 ~ 6.76 mm, 장폭 3.22 ~ 3.31 mm, 단폭 2.83 ~ 3.08 mm, 구형도 1.21 ~ 1.25, 장폭비 2.12 ~ 1.99 및 천립중은 38.33 ~ 45.15 g으로 나타났다. 품종별 길이, 구형도, 장폭비, 천립중은 백강이 크게 나타났으며, 장폭, 단폭은 조경이 크게 나타났다.

Table 4. Characteristics of wheat varieties

	Baggang	Saageumgang	Chogyeong
Length (mm)	6.76	6.24	6.74
Long width (mm)	3.22	3.15	3.31
Short width (mm)	2.94	2.83	3.08
Sphericity	1.25	1.21	1.25
Long width ratio	2.12	1.99	2.05
Weight (g)	45.15	38.33	44.47

3.3 밀 파종 방법에 따른 작업시간 조사

밀 파종 작업의 작업성능 분석은 기계파종의 경우 회전을 이용하여 밀을 호퍼에서 배출관을 통하여 바닥에 떨어뜨리는 방식을 적용하였으며, 관행은 인력을 이용하는 관행 방법을 적용하였다. 밀 파종에 따른 작업성능은 양호하였으며, 작업속도 0.5 m/s, 선회시간 75.65 s, 작업폭 1.5 m에서 분석하였으며, 작업시간은 기계파종이 0.60 h/10a로, 관행 10 h/10a에 비하여 약 16배 노력 절감의 효과가 있는 것으로 분석되었다.

3.4 밀 파종에 따른 생육조사

Table 5는 4월 18일 밀의 생육조사를 실시한 결과를 나타낸 것이다. 초장은 시험구에서는 500 ~ 520 mm, 대조구에서는 420 ~ 440 mm이고 분얼수는 4 ~ 7개, 대조구는 1 ~ 2개, 직경은 시험구 3.14 ~ 3.60 mm, 대조구 1.45 ~ 2.22 mm, 뿌리의 길이는 시험구 15 ~ 24 mm, 대조구 5 ~ 8 mm로 나타났다. 세조파를 한 시험구에서 초장, 분얼수, 직경 및 뿌리의 길이가 양호한 것으로 나타났다.

Table 5. Wheat Growth of test plot and control plot

	Test plot	Control plot
Length (mm)	500 ~ 520	420 ~ 440
Tiller number (EA)	4 ~ 7	1 ~ 2
Diameter (mm)	3.14 ~ 3.60	1.45 ~ 2.22
Root length (mm)	15 ~ 24	5 ~ 8

4. 결론

본 연구에서는 밀작업을 위한 파종 및 시비용 농용트랙터 부착용 작업기를 개발하기 위한 기초연구로 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 경유를 연료로 사용하는 디젤 47마력으로서 동력 전달은 기관, 클러치, 변속기어, 차동장치, 최종구동장치 및 바퀴로 전달되며 유압펌프, 유압실린더, PTO를 통하여 작업기를 작동하도록 하였다.
- 나. 파종 및 시비량 선정(10a)을 위하여 선정요인은 밀무게, 목표파종량, 조건거리, 조수, 고랑폭 등을 고려하였으며, 파종량 8 ~ 20 kg일 때 1립당 간격은 1.39 ~ 3.44 cm로 분석되었고, 시비량은

- 기비 20 kg, 추비는 15 kg으로 산정하였다.
- 다. 밀 종자의 특성을 조사한 결과 길이는 6.24 ~ 6.76 mm, 장폭 3.22 ~ 3.31 mm, 단폭 2.83 ~ 3.08 mm, 구형도 1.21 ~ 1.25, 장폭비 2.12 ~ 1.99 및 천립중은 38.33 ~ 45.15 g으로 조사되었다.
- 라. 밀생육현황을 조사한 결과, 초장은 시험구에서는 500 ~ 520 mm, 대조구에서는 420 ~ 440 mm 이고 분얼수는 4 ~ 7개, 대조구는 1 ~ 2개, 직경은 시험구 3.14 ~ 3.60 mm, 대조구 1.45 ~ 2.22 mm, 뿌리의 길이는 시험구 15 ~ 24 mm, 대조구 5 ~ 8 mm로 조사되어 세조파를 한 시험구에서 초장, 분얼수, 직경 및 뿌리의 길이가 양호한 것으로 나타났다.

References

- [1] Major statistics of agriculture, forestry, livestock, and food, Ministry of agriculture, food and rural affairs(MAFRA), 2023, pp.313.
- [2] Agricultural Technology Guide: Wheat, Rural Development Administration(RDA), 2020, p.115-116.
- [3] U. A. Soomro, M. U. Rahman, E. A. Odhano, S. Gul, A. Q. Tareen, "Effects of sowing method and seed rate on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*)", *World Journal of Agricultural Sciences*, Vol.5 No.2, pp.159-162, 2009.
- [4] C. S. Kang, K. H. Kim, Y. W. Seo, S. H. Woo, M. R. Heo, B. K. Choo, J. N. Hyun, K. J. Kim, C. S. Park. "Current regional cultural situation and evaluation of grain characteristics of Korean wheat. I. survey of production practices in Korean wheat cultivar growers by region", *Korean Journal of Crop Science*, Vol.59, No.1, pp.1-15, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7740/KJCS.2014.59.1.001>
- [5] B. K. Kim, H. Y. Gong, J. S. Shim, S. D. Hong, "Water use efficiency of barley, wheat and millet affected by groundwater table under lysimeter", *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, Vol.43, No.3, pp.253-259, 2010.
- [6] B. C. Koo, J. C. Kim, Y. H. Yang, M. S. Kang, Y. S. Cho, S. H. Park, K. G. Park, C. K. Lee, J. C. Shin, "Barley sowing by partial tillage direct grain seeder in wet paddy field", *Korean Journal of Crop Science*, Vol.52, No.3, pp.259-263, 2007.
- [7] H. S. Kim, K. H. Kim, C. S. Kang, S. H. Shin, Y. K. Jeong, C. K. Lee, K. H. Kim, K. G. Park, K. H. Park, "Difference of agricultural characteristics and labor saving in wheat cultivation using a simultaneous working machine", *Journal of Agriculture & Life Sciences*, Vol.5, No.1, pp.17-50, 2014.
- [8] H. S. Kim, Y. J. Kim, K. H. Kim, K. W. Lee, S. H. Shin, Y. K. Cheong, K. H. Park, "Effect of mechanical working system on labor-saving in wheat cultivation", *Korean Journal of Crop Science*, Vol.57, No.4, pp.331-336, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7740/KJCS.2012.57.4.331>
- [9] C. H. Lee, S. W. Lee, "Peeling operations of root vegetables: potato, sweet potato and carrot", *Korean journal of food science and technology*, Vol.16, No.3, pp.329-335, 1984.
- [10] Standards for agricultural science and technology research investigation and analysis, pp.235, Rural Development Administration(RDA), Korea, 2012.

백 이(Yee Paek)

[정회원]



- 1997년 2월 : 경상대학교 대학원 농업기계공학과(공학박사)
- 2000년 6월 ~ 2021년 6월 : 농촌진흥청 국립농업과학원
- 2021년 7월 ~ 현재 : 한국농수산대학교 교양학부

<관심분야>

농업공학, 신재생에너지, 스마트팜

김 등 역(Dongeok Kim)

[정회원]



- 2005년 8월 : 충북대학교 대학원 농업기계공학과(공학박사)
- 1993년 8월 ~ 1998년 10월 : 농촌진흥청 국립원예특작과학원
- 1998년 10월 ~ 2014년 8월 : 농촌진흥청 국립농업과학원
- 2014년 9월 ~ 현재 : 국립한국농수산대학교 교양학부 교수

<관심분야>

농업기계, 스마트팜

홍 순 중(Soonjung Hong)

[정회원]



- 2012년 2월 : 충남대학교 대학원 농업기계공학과 (공학박사)
- 1994년 7월 ~ 2006년 7월 : 대전광역시농업기술센터
- 2006년 7월 ~ 2018년 12월 : 농촌진흥청 농촌인적자원개발센터
- 2019년 ~ 현재 : 국립한국농수산대학교 교양학부 교수

<관심분야>

농업기계공학, 정밀농업, 농업기계안전, 스마트팜, 드론

강 동 현(Donghyeon Kang)

[정회원]



- 2006년 2월 : 경상대학교(공학박사)
- 2008년 3월 : 교토대학(농학박사)
- 2008년 11월 ~ 2020년 3월 : 국립농업과학원 농업연구사
- 2020년 3월 ~ 현재 : 한국농수산대학교 교양학부 부교수

<관심분야>

스마트농업, 디지털농업, 농업로봇