Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 24, No. 12 pp. 598-604, 2023

https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.12.598
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

조파식 마늘 파종기 개발 및 성능 검증

이명희, 강연구, 천창욱, 박석호*
농촌진흥청 국립농업과학원 밭농업기계화연구팀

Development and Performance Verification of Line Sowing Type Garlic Planter

Myung-Hee Lee, Youn-Koo Kang, Chang-Uk Cheon, Seok-Ho Park*
Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

요 약 마늘 재배 전 과정 작업의 기계화율은 평균 61.8%이며, 그중 파종작업의 기계화율은 14.8%로 작업공정 중 낮은 수준이다. 마늘 파종 작업은 주로 점파식 마늘 파종기를 이용하고 있으나, 결주율과 거꾸로 파종률이 높아 기계화율이 낮은 실정이다. 본 연구에서는 마늘 파종 기계화율을 높이기 위해 조파식 마늘 파종기를 설계·제작하여 포장 성능시험 및 현장 실증 실험을 수행하였다. 조파식 마늘 파종기는 트랙터 부착형으로 설계되었으며, 마늘 파종과 두둑 성형, 제초제 살포, 비닐피복 작업이 동시에 가능하도록 제작되었다. 조파식 마늘 파종기의 현장 실증시험 결과 입모율이 97.4~135.3%, 거꾸로 파종률은 3.0%로 나타나 관행의 점파식 마늘 파종기에 비해 파종상태가 크게 개선된 것으로 나타났다. 마늘의 초기 생육은 비닐 피복 처리구가 양호한 것으로 보였지만, 수확시기에 도달할수록 비닐을 피복하지 않은 처리구와 유사해지는 것을 확인할 수 있었다. 조파식 마늘 파종기의 경제성은 1,723,349원/ha로 관행 점파식 마늘 파종기에 비해 비용을 37% 감소시킬 수 있을 것으로 나타났다.

Abstract The mechanization rates of the entire garlic cultivation process and sowing work are 61.8% and 14.8%, respectively, the lowest among work processes. Garlic sowing is done mainly using a spacing drill type of a garlic seeder, but the mechanization rate is low because of the high miss-planted rate and the reverse sowing rate of this garlic seeder. In this study, a line type of garlic seeder was developed to increase the mechanization rate of garlic sowing, and field performance tests and field verification tests were performed. The line-sowing type of garlic seeder was manufactured as a tractor-attached type capable of sowing, ridging, spraying herbicides, and covering with plastic simultaneously. In the field demonstration test, the seedling establishment rate of the garlic planter was 97.4-135.3%, and the reverse sowing rate was 3.0%, showing that the seeding performance was improved significantly compared to the conventional spacing drill type of garlic planter. The initial growth of the garlic was good in the plastic-coated treatment group, but as the harvest time was reached, it became similar to the treatment group not covered with plastic. The cost of the seeding-type garlic seeder was 1,723,349 won/ha, which was a 37% savings compared to the conventional spacing drill type of garlic seeder.

Keywords : Field Demonstration Experiment, Garlic Planter, Miss-planted Rate, Planted Ratio, Seedling Establishment

본 논문은 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호:PJ017144)의 지원으로 수행되었음.
*Corresponding Author : Seok-Ho Park(National Institute of Agricultural Sciences)
email: shpark1827@korea.kr
Received November 1, 2023 Revised December 1, 2023
Accepted December 8, 2023 Published December 31, 2023

1. 서론

우리나라의 마늘 재배 면적은 2016년 기준 20,758 ha에서 23년 24,700 ha로 증가 하였으나[1], 마늘 재배 작업의 기계화율은 평균 61.8%로 경운•정지 99.9%, 비닐피복 54.8%, 방제 95.7%, 수확 43.8%에 비해, 파종 작업의 기계화율은 14.8%로 재배 작업공정 중 가장 낮은 수준이다[2]. 마늘 재배 작업의 노동 투하 시간은 10 a 당 총 277.5시간이 소요되며 그중 파종 작업이 49.8시간으로[3], 노동력이 가장 많이 투입 되는 작업이다. 또한 마늘 생산비는 2016년 3,271천 원에서 2022년 3,777천 원으로 증가하였으며, 그중 노력비는 53%로 높은 비율을 차지한다[4]. 따라서 마늘 생산의 노력 및 비용 절감을 위해 마늘 파종 기계화가 필요한 실정이다.

국내는 마늘 파종 시 종자의 파종 자세가 마늘의 생육, 수확량과 상품성 등에 영향을 미쳐 맹아부가 위로 오도록 마늘을 세워 파종한다[5]. 이에 마늘이 직립 되도록 파종하기 위하여 3가지의 배종 장치를 제작하여 배종판 경사도와 버킷 형태를 구명하는 연구를 진행하였으며[6], 일정한 간격으로 파종할 수 있도록 호퍼가 회전하며 마늘을 파종하는 경운기 부착형 점파식 마늘 파종기를 개발하여 멀칭 재배 시 적정 혈공 크기를 구명하고, 진압륜에 의한 마늘 위치 변화를 분석하였다[7]. 또한 마늘 재배 지역의 토양 조건을 고려하여 식양토와 사질양토 두 종류의 포장에서 함수율에 따른 1립 파종률, 결주율 등을 분석하였다[8]. 하지만 대부분의 마늘 파종기는 비스듬한 형태로 파종되어 이에 따른 수확량 분석을 위해 파종 형태와 파종 깊이별 수확량을 분석하여 최적 작업조건을 구명하고, 마늘 파종기와 관행 작업을 비교하여 경제성 분석을 실시하였다[9]. 최근엔 이산요소법을 이용한 시뮬레이션 프로그램과 동역학적 해석 프로그램을 사용하여 종자 이송부에 따른 파종 정확도 확인 및 파종기 주요부의 가속도 분석을 수행하는 등[10,11] 국내에서 마늘 파종 기계화를 위해 연구가 수행되고 있다. 그러나 점파식 마늘 파종기의 경우 비닐의 구멍을 뚫으며 마늘을 파종하기 때문에 마늘이 거꾸로 심기는 문제점이 발생한다. 마늘이 거꾸로 뒤집어져 파종된 경우 출현 시기가 늦어지고 생장도 더디며 수확량이 떨어질 수 있다[12]. 이러한 문제로 일부 한지형 마늘 재배 지역 외엔 보급이 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 마늘 파종 시 노동력 절감과 마늘 파종 방향 개선을 위해 트랙터 부착형 조파식 마늘 파종기를 설계·제작 하였으며, 품종별 배종 상태 파악을 위한 마늘 배종 실험을 진행하였고, 포장 성능시험 및 현장 실증 실험을 통하여 마늘의 파종 및 생육 상태를 바탕으로 조파식 마늘 파종기의 성능 분석을 실시하였다.

2. 마늘 파종기 성능 평가

2.1 조파식 마늘 파종기 설계 및 제작

기존 개발된 점파식 마늘 파종기의 문제점을 보완하기 위해 파종 골을 만들어 골 안으로 마늘을 떨어뜨려 마늘을 심는 조파식으로 설계하였다.

조파식 마늘 파종기는 트랙터 부착형으로 마늘 파종 시 들어가는 노동력을 줄이기 위해 마늘 파종과 동시에 두둑 성형, 제초제 살포, 비닐피복이 가능한 방식으로 다음 Fig. 1과 같이 제작되었으며, 제원은 Table 1과 같다. 원통형 드럼에 의해 배종 및 진압륜이 구동되고, 트랙터에 전원을 연결하여 펌프에 의해 직경 1.2 mm의 노즐 6 개에서 제초제가 살포되도록 설계되었다. 또한 파종부는 8조식으로 폭 120 cm인 두둑 위로 주간 조절 장치를 이용하여 간격을 7~13 cm 범위로 조절할 수 있도록 설계하였다.

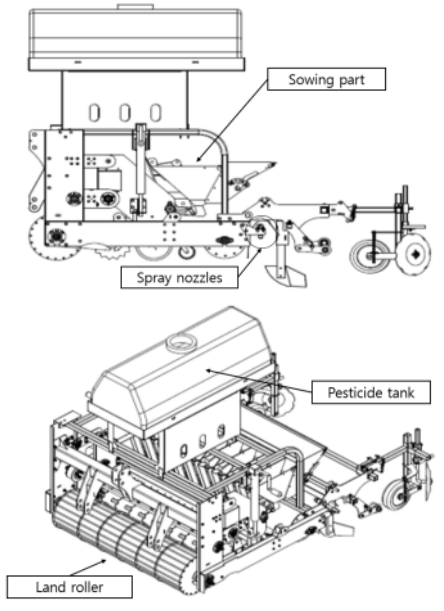

Fig. 1. Shapes of a line-sowing type garlic planter.

Table 1. Specification of garlic planter

Length × Width × Height (cm)	155×200×67
Row	8
Interrow spacing (cm)	13
Planting distance (cm)	7~13
Ridge width (cm)	120
Seeding depth (cm)	1~7
Weight (kg)	532

2.2 마늘 배종 실험

마늘 품종과 배종컵 회전수에 따른 배종 상태를 확인하기 위해 대서마늘(Daeseo), 홍산마늘(Hongsan), 남도마늘(Namdo)을 이용하여 배종 실험을 실시하였다. 실험에 사용한 마늘 시료는 마늘 쪽분리기를 이용하여 선별하였으며, 마늘 품종별 형상 비교를 위해 마늘의 높이를 축경(Length), 인편의 단면과 단면 사이의 외곽 거리를 단경(Minor axis), 인편 단면의 폭을 장경(Major axis)으로 설정하여 각 부위의 길이와 무게(Weight)를 측정하였다. 측정 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Characteristics of garlic shape

	Length (mm)	Minor axis (mm)	Major axis (mm)	Weight (g)
Daeseo	30.93±2.91	15.66±2.23	18.17±2.22	4.44±0.92
Hongsan	23.04±2.19	13.92±2.83	17.3±2.16	3.01±0.72
Namdo	24.67±1.93	16.16±2.32	19.12±2.39	4.08±0.96

배종컵 회전수는 AC모터의 회전수를 조절하여, 마늘 파종기의 작업속도 0.2, 0.3, 0.4 m/s로 작업하였을 때의 회전수인 204, 375, 621 rpm으로 설정하였다. 이때 회전수에 따른 결주율(Miss-planted rate), 1립 파종률(Single planted ratio), 2립 파종률(Double planted ratio), 3립이상 파종률(Rate of planted over three)을 조사하였다. 결주율, 1립 파종률, 2립 파종률, 3립이상 파종률은 아래 Eq. (1), (2), (3), (4)와 같이 계산하였으며, 품종별 결과는 Table 3에서와 같다[13].

$$P_{mr} = \frac{E_i - E_s - E_d - E_t}{E_i} \times 100 \quad (1)$$

Where, P_{mr} Miss-planted rate (%), E_i The number of garlic intended to be plant (ea), E_s The number of garlic single planted (ea), E_d The number of garlic double planted (ea), E_t The number of garlic planted three or more (ea)

$$P_{sr} = \frac{E_s}{E_i} \times 100 \quad (2)$$

Where, P_{sr} Single planted ratio (%), E_i The number of garlic intended to be plant (ea), E_s The number of garlic single planted (ea)

$$P_{dr} = \frac{E_d}{E_i} \times 100 \quad (3)$$

Where, P_{dr} Double planted ratio (%), E_i The number of garlic intended to be plant (ea), E_d The number of garlic double planted (ea)

$$P_{tr} = \frac{E_t}{E_i} \times 100 \quad (4)$$

Where, P_{tr} Rate of planted over three (%), E_i The number of garlic intended to be plant (ea), E_t The number of garlic planted three or more (ea)

세 품종에서 배종컵 회전수가 빠를수록 1립 파종률이 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 이때 홍산마늘의 경우 다른 품종의 마늘보다 2립 파종률과 3립 이상 파종률이 높게 나타났는데, 이는 남도마늘과, 대서마늘에 비해 크기가 작아 영향을 미친 것으로 판단하였다.

Table 3. Metering performance by rotation speed

	RPM	Miss-planted rate (%)	Single planted ratio (%)	Double planted ratio (%)	Rate of planted over three (%)
Daeseo	204	0.87	65.99	32.85	0.29
	375	2.25	77.63	19.50	0.63
	621	5.50	81.13	12.88	0.50
Hongsan	204	0.00	19.50	51.00	29.50
	375	0.00	22.54	55.11	22.36
	621	0.88	38.00	47.63	13.50
Namdo	204	0.60	53.63	43.15	2.62
	375	0.26	69.66	28.39	1.69
	621	2.13	73.88	22.75	1.25

2.3 마늘 파종기 포장 성능시험

개발된 조파식 마늘 파종기의 작업 성능과 작업정도 측정을 위해 국립농업과학원 농업공학부 시험포장에서 성능시험을 진행하였다. 파종량, 작업 성능, 복토 두께,

주간거리, 결주율, 2립 파종률, 마늘 파종 방향(직립, 수평, 거꾸로) 등을 측정하였다.

2.3.1 측정 방법

파종량은 파종기에 투입된 마늘의 무게에서 파종 후 호퍼에 남은 마늘 무게를 뺀 무게를 측정하였고, 작업 성능은 56 m를 기준으로 직진 작업시간, 직진 횟수, 선회 시간, 선회 횟수를 측정하여 환산하였다. 복토 두께는 총 6 구역의 1 m 구간에서 8개 지점을 임의로 선택 후, 지표에서 마늘 상단부까지의 거리 측정하였다. 주간거리, 결주율, 마늘 파종 방향은 총 6 구역에서 1 m 구간에 파종된 마늘 전체를 확인하였으며, 주간거리는 마늘과 마늘 사이의 거리를 측정하였다. 결주는 주간거리가 13 cm 이상인 마늘 개수, 2립 파종은 주간거리 5 cm 이하인 마늘의 개수를 확인하였다. 마늘 파종 방향은 Fig. 2와 같이 마늘의 발근부에서 발아부를 연결하였을 때, 지면과의 각도가 45~135° 일 때 직립(Upright), 225~315° 일 때를 거꾸로(Inverted), 그 외를 수평(Horizontal)으로 파종된 것으로 보았다.

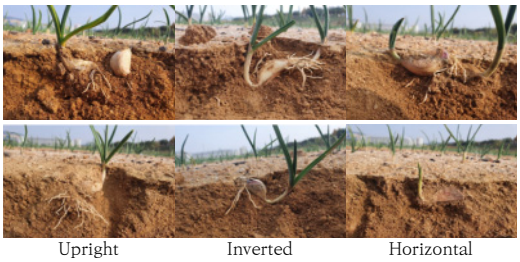

Fig. 2. Shape of garlic according to the sown direction.

2.3.2 성능시험 결과

마늘 파종기의 작업 성능은 46.8분/10 a로 나타났으며, 평균 작업속도는 0.23 m/s이었다. 10 a 당 마늘의 파종량은 141.6 kg로 조사되었으며, 마늘의 평균 복토 두께는 2.4 cm, 주간거리는 13.2 cm이었다. 마늘 파종 방향에 따른 파종률은 수평 파종률 67.7%, 직립 파종률 29.3%로 나타났으며, 거꾸로 파종률은 3.0%로 관행 점파기의 10%에 비해 크게 개선된 것으로 나타났다[5].

2.4 마늘 파종기 현장 실증

마늘 파종기의 성능 확인을 위하여 국립원예특작과학원 파속채소연구소 시험포장에서 현장 실증 실험을 수행하였다. 비닐과 부직포 각각의 피복 여부에 따른 생육 상태 비교를 위해 4 개의 처리구를 형성하였다. 비닐 피복과 부직포 피복을 한 처리구 1(Field 1), 부직포 피복 없이 비닐 피복만 진행한 처리구 2(Field 2), 비닐 피복 없이 부직포 피복만 진행한 처리구 3(Field 3), 비닐과 부직포 피복을 하지 않은 처리구 4(Field 4)로 설정하였으며, 그에 따른 마늘 생육 상태 및 각 처리구의 수확량을 비교하였다.

2.4.1 조사 방법

각 처리구에 따른 마늘의 생육 상태 비교를 위하여, 1 m 구간에 파종된 마늘을 한 구역으로 보아 처리구당 3 구역의 마늘 생육 및 수확량을 확인하였다.

마늘의 생육은 입모율(Seedling establishment), 결주율, 2립 파종률을 조사하였으며, 입모율의 경우 4 개의 처리구에서 조사하였고, 결주율과 2립 파종률은 부직포와 비닐을 피복하지 않은 처리구 4에서 측정하였다. 입모율은 마늘 파종기로 파종하였을 때 평균 주간거리(13.2 cm)를 기준으로 1 m 구간에 파종되었어야 할 마늘 개수를 기준으로 계산하였으며, 식은 아래 Eq. (5)와 같이 계산하였다. 마늘의 초장(Plant height), 엽장(Leaf length), 엽수(Leaf number), 줄기경(Stem diameter)을 조사하였으며, 생육은 총 세 번에 걸쳐 확인하였다. 수확량 조사는 처리구당 3 구역에서 수확된 마늘의 무게 평균을 10 a 당 수확량으로 환산하여 계산하였다.

$$P_{es} = \frac{E_s}{E_t} \times 100 \quad (5)$$

Where, P_{es} Seedling establishment (%), E_t Total number of garlic planted (ea), E_s The number of seedlings standing (ea)

2.4.2 현장 실증 실험 조사 결과

마늘의 생육 조사 결과 Table 4와 같다. 초기 생육은 부직포 피복 여부에 상관없이 비닐 피복을 한 처리구가 생육 상태가 양호한 것으로 보였지만, 수확시기에 도달할수록 비닐을 피복하지 않은 처리구와 유사해지는 것을 확인할 수 있었다. 조파식 마늘 파종기로 파종했을 때 입모율은 Table 5와 같으며, 처리구 2, 처리구 1, 처리구 3, 처리구 4 순으로 높은 것으로 확인되었다. 파종 시 결주율은 8.6%이었지만, 입모율은 97.4~135.3%로 높게 나타났다. 마늘 입모율은 15℃, 20℃, 30℃에서 각각

Table 4. Result of investigation on the growth of garlic based on vinyl and non-woven fabric mulching

	Plant height (cm)			Leaf length(cm)			Leaf number(ea)			Stem diameter(mm)		
Date	11/23	03/21	05/17	11/23	03/21	05/17	11/23	03/21	05/17	11/23	03/21	05/17
Field 1	23.3±5.0	44.3±3.2	76.4±7.5	22.1±4.9	42.0±3.1	37.6±4.6	5.7±1.2	7.4±0.6	6.5±1.0	6.7±5.4	13.4±1.6	12.1±3.6
Field 2	23.4±5.9	41.1±3.5	73.7±8.2	22.1±5.8	39.4±3.2	39.2±6.6	5.4±0.7	7.6±0.7	6.6±0.9	6.8±5.8	11.8±2.2	10.9±3.9
Field 3	11.6±3.6	36.5±3.3	73.4±5.5	10.8±3.6	30.6±2.8	47.6±4.0	3.8±0.9	7.6±0.7	9.9±1.2	4.2±0.9	12.2±1.8	13.3±2.6
Field 4	11.0±4.1	30.4±3.0	66.9±6.9	10.2±3.9	26.7±2.8	43.7±5.9	3.5±1.2	7.3±0.6	9.7±1.4	4.0±1.2	10.4±1.3	13.2±0.8

93.8%, 78.1%, 75%로 온도가 높을수록 입모율이 떨어지는 것으로 보고되었으며[14], 종자의 상태, 토양함수율, 결주율 등에 따라 입모율이 달라진다. 재식밀도 및 작물의 생육을 고려하였을 때, 입모율이100% 내외가 이상적이나, 본 실험에서의 입모율이 100% 이상으로 나오는 경우는 2립 파종된 마늘에 의해 결주가 보상되거나, 그 이상으로 마늘이 심겨 발생한 것으로 판단하였다. 이에 마늘 파종 시 실제 결주율은 거의 없는 것으로 판단하여, 관행 점파식의 결주율 8%에 비해 크게 개선된 것으로 나타났다[8]. 수확량 또한 처리구 1에서 1,814.3 kg/10 a로 높았으며, 처리구 2, 3, 4에서 각각 1,767.3, 1,209.6, 1,443.0 kg/10 a 로 조사되었다.

3. 마늘 파종 기계화 작업체계

3.1 마늘 파종 기계화 작업체계

관행적으로 수행되던 마늘 파종의 경우 두둑 성형과 제초제 살포를 동시에 진행한 후, 비닐 피복을 하며 점파식 파종기로 작업을 진행하거나 인력 파종 후 비닐 피복을 실시한다. 이때 마늘 파종에 소요되는 노동 투하 시간은 33.8시간/10 a으로 전체 노동 투하 시간의 29%를 차지한다. 파종 시 소요되는 노동력 절감 및 작업시간을 줄이기 위해 마늘 파종 기계화 표준 작업체계를 다음과 같이 설정하였다. 피복 재배 시 별도의 제초 작업 없이 두둑 성형·조파식 마늘 파종·제초제 살포·비닐피복을 동시에 작업하고, 무피복 재배 시 두둑 성형·조파식 마늘 파종·제초제 살포·비닐피복 작업을 동일하게 진행하고 파종 전후(부직포 피복 시 11월, 부직포 제거 시 3월)로 붐방제기 등을 이용하여 제초제 살포 작업을 실시하였다. 기존 두둑 성형·제초제 살포 작업과 비닐피복·마늘 파종 작업을 분리하여 작업하였지만, 조파식 마늘 파종기를 이용하여 재배관리와 파종을 동시에 작업하는 방향으로 설정하였다.

Table 5. Result of field Demonstration experiment

Seedling establishment (%)				Missing planting ratio (%)	Double planted ratio (%)
Field 1	Field 2	Field 3	Field 4		
114.4	135.3	100.7	97.4	8.6	5.6

3.2 마늘 파종기 경제성 비교

조파식 마늘 파종기의 경제성은 관행의 점파식 마늘 파종기의 경제성과 비교하였다. 인건비는 남자, 여자 인건비의 평균으로 계산하였으며, 유류비는 경유 기준 1,187원으로 계산하였다[15]. 제초제 살포는 3회를 기준으로 작성하였다. 분석 결과는 Table 6에서와 같이 조파식 마늘 파종기를 사용하였을 때 관행의 작업보다 37%의 비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 10 a당 마늘 평균 수확량이 1,288 kg이었을 때[16], 조사구 3을 제외한 처리구에서 높게 나타나 파종 시 투입되는 노동력과 비용 등을 고려하여 기계 파종이 유리할 것으로 판단하였다.

Table 6. Economic analysis of Garlic Planter

	Line sowing type			Spacing drill type			
	Tractor	Garlic planter	Herbicide applicator	Tractor	Ridger	Herbicide applicator	Garlic planter
Price (1,000 won)	69,000	16,000	8,100	69,000	19,000	8,100	18,000
Durable years (year)	8	6	6	8	6	6	6
Usage time (hour/year)	143	50	50	143	50	50	50
Hourly expenses (won/hour)	208,858		134,649	223,533		134,649	119,726
Operational performance (hour/ha)		7.8	0.7		7.70	0.7	7.8
Expense required (won/ha)	1,723,349			2,749,320			
Index(%)	63			100			

4. 결론

본 연구는 마늘 생산의 노력 및 비용 절감을 위해 트랙터 부착용 조파식 마늘 파종기를 설계 및 제작하여 포장 성능시험 및 현장 실증 실험을 수행하였다. 조파식 마늘 파종기의 작업 성능 측정 및 결주율, 2립 파종률, 파종 방향 등을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 트랙터 부착형 마늘 파종기는 조파식으로 마늘 파종과 두둑 성형, 제초제 살포, 비닐피복 작업이 동시에 가능하도록 설계되었다. 8조식으로 주간 조절 장치를 이용하여 간격을 조정 할 수 있도록 제작하였다.
2) 대서, 홍산, 남도마늘을 대상으로 배종실험을 실시하였으며, 배종컵 회전수가 빨라질수록 1립 파종률이 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.
3) 조파식 마늘 파종기의 성능 분석을 위해 또한 포장 성능시험을 진행하여, 파종량, 작업 성능, 복토 두께, 주간거리, 결주율, 2립 파종률, 마늘 파종 방향(직립, 수평, 거꾸로) 등을 측정하였다. 현장 실증 시험 결과, 결주율은 거의 없는 것으로 나타났으며, 2립 파종률 5.6%로 나타났다.
4) 마늘 파종기의 성능 확인을 위해 현장 실증 실험을 수행하였으며, 비닐·부직포 피복 여부에 따른 생육 상태를 비교하였다. 마늘의 초기 생육은 비닐 피복 처리구가 양호한 것으로 보였지만, 수확시기에 도달할수록 비닐을 피복하지 않은 처리구와 유사해지는 것을 확인할 수 있었다.
5) 재배관리와 파종을 동시에 작업하는 조파식 마늘 파종기를 이용하여, 마늘 파종 작업의 노동력 및 작업시간을 줄이기 위해 마늘 파종 기계화 표준 작업체계를 설정하였으며, 경제성 분석 결과 조파식 마늘 파종기를 이용하였을 때 비용을 약 37% 감소시킬 수 있을 것으로 판단하였다.

References

[1] KOSIS, “Agricultural Land Area”, Korea Statistical Information Service, 2023, Available form: https://www.kosis.co.kr/, Feb. 2023.

[2] KOSIS, “Mechanization Rate of field crops”, Korea Statistical Information Service, 2023, Available form: https://www.kosis.co.kr/, Feb. 2023.

[3] NAS, Study on adaptability of garlic planter, National Institute of Agricultural Sciences, Research Report, NAS, Korea, pp.7-9.
DOI: https://doi.org/10.23000/TRKO201800043722

[4] KOSIS, “Agricultural Production Cash Costs and Returns”, Korea Statistical Information Service, 2022, Available form: https://www.kosis.co.kr/ Sep. 2023.

[5] W. K. Park, D. K. Choi, Y. K. Kim, “Development of a Garlic Clove Planter (I)-Survey for planting condition and physical properties of garlic clove-”, *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*, Vol.26, No.6, pp.495-502, Jun. 2001.

[6] D. K. Choi, S. H. Park and J. Y. Kim. “Development of Garlic Planter (1) - Development of Matering Deveice.” *Journal of Biocystems Engineering*, vol.3, no.2, pp. 27-34, Jun. 1998.
DOI: https://doi.org/10.5307/JBE.2008.33.4.217

[7] D. K. Choi, S. H. Park, T. K. Kang, T. Y. Kwak and Y. J. Kim. “Development of a Garlic Clove Planter for Film Mulching (1) -Analysis of Shape of Planted Soil Holes and Planted Positions of a Garlic-.” *Journal of biocystems Engineering*, vol.33, no.4, pp.217-223, Aug. 2008.
DOI: https://doi.org/10.5307/JBE.2008.33.4.217

[8] D. K. Choi et al. “Development of a Garlic Clove Planter Attached to Power Tiller.” *Journal of biocystems Engineering*, vol.34, no.3, pp.140-146, Jun. 2009.
DOI: https://doi.org/10.5307/JBE.2009.34.3.140

[9] T. G. Kang, S. H. Lee, Y. Choi, Y. S. Kwon, T. H. Kim, “Study on the Optimum Condition of Mechanical Sowing of a Garlic.” *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 22, no.4, pp.360-366, Apr. 2021.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.4.360

[10] S. W. Park, Y. J. Jeong, C. H. Lee, “Acceleration Analysis of Sowing of Garlic Seeder using RecurDyn” *Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference*, vol.24, no.1, pp.496-497, May. 2019.

[11] D. H. Park, J. W. Ha, D. H. Kim, J. Y. Rhee, “Simulation on Seed Spacing Performance of Garlic Planter.” *Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference*, vol.25, no.2, pp.107-107, Oct. 2020.

[12] Y. K. Ahn, G. L. Choi, H. S. Choi, M. K. Yoon, H. D. Suh, “Effect of Planting Depth and Angle of Non-Cloyed Bulb Garlics on the Garlic Growth and Yield.” *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, vol.25 no.2, pp.82-88. Jun. 2007.

[13] D. K. Choi, S. C. Cho, C. S. Lee, S. H. Park, H. J. Kim, T. K. Kang, C. K. Kim, T. Y. Kwak, “Development of a Metering Device for the Garlic Planter.” *Journal of biocystems Engineering*, vol.26, no.6, pp.525-534, Dec. 2001.

[14] K. H. Moon, K. S. Choi, I. C. Son, E. Y. Song, S. Oh, “A Simple Emergence Model of Southern Type Garlic

Based on Temperature." *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, vol.16, no.4, pp.343-348, Dec. 2014.
DOI: https://doi.org/10.5532/KJAFM.2014.16.4.343

[15] RDA, 2022 Standard Data Collection for Economic Analysis of Agricultural Science and Technology, RDA, 2022, pp.89-111.

[16] KOSIS, "Crop Production Survey", Korea Statistical Information Service, 2023, Available form: https://www.kosis.co.kr/, Nov. 2023.

이 명 희(Myung-Hee Lee) [정회원]

- 2018년 2월 : 전북대학교 전북대학원 농업기계공학과 (공학석사)
- 2022년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립농업과학원 전문연구원

〈관심분야〉
농업기계, 정밀농업

강 연 구(Youn-Koo Kang) [정회원]

- 1999년 2월 : 충북대학교 농업기계공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 농업기계공학과 (공학박사)
- 2007년 8월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업연구사

〈관심분야〉
농업기계, 농업에너지

천 창 욱(Chang-Uk Cheon) [정회원]

- 2020년 2월 : 충남대학교 농업기계공학과 (공학학사)
- 2023년 7월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업연구사

〈관심분야〉
농업기계, 정밀농업

박 석 호(Seok-Ho Park) [정회원]

- 1995년 2월 : 충북대학교 농과대학 농업기계공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대하교 농과대학 농업기계공학과 (공학박사)
- 1992년 7월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업연구관

〈관심분야〉
농업기계, 밭농업기계