

자동제어식 파종조절장치 개발⁺

Development of Automatic Seed Metering Device

이용국*	이대원*	오영진*
Y. K. Lee	D. W. Lee	Y. Z. Oh

Summary

Planting, transplanting, and harvesting are important processes for the successful production of farm products in Korea because those require the high labor intensity during limited period.

Recently, many researches of using automatic control with a microcomputer are carried in the agricultural field, but are not much spread to the seeder development. Automatic sowing technology would be much attractive if there was a way to assure that each seed was count accurately in the seed metering device. Thus, an automatic seed metering device was designed and constructed to be controlled by microcomputer.

This device could be improved in not only counting the number of seeds in but also sowing seeds between row spacings. Automatic seed metering device consisted of conveyor belt and temporary storage device. Performance of seed metering device depends on the apparatus including sensor, stepping motor and DC-solenoid.

Research contents and results are summarized as follows.

1. The seed metering device involving seed hopper, sorter and temporary storage device was designed and constructed.
2. A seed counting system with six photo electric sensors, designed and built for this project, was adequate for transferring and counting seeds accurately.
3. Operating algorithm for stepping motor and photo electric DC-solenoid was developed. The Seed metering device proved to be a smooth and accurate operating device using the algorithm.
4. The performance of second prototype metering device was examined with five kinds of seeds ; mung beans, red beans, white beans, black beans and corn to transfer and count the seeds. The error ratio of seed metering was less than 3.5%.

+ 이 논문은 1993년도 한국과학재단의 핵심전문연구과제로 수행되었음

* 성균관대학교 생명자원과학대학 농업기계공학과

1. 서론

우리 나라의 총경지면적은 약 226만 ha로써 이중 약 88만 ha가 발작물의 재배면적으로 추정된다. 1992년도 주요 발작물의 재배면적을 보면 맥류가 약 10만 3천 ha, 두류 약 13만 5천 ha, 고추 약 8만 ha, 배추 약 4만 4천 ha, 무우 약 3만 3천 ha 등이다¹⁰⁾. 이상의 주요 전작 재배는 연중 지속적 이루어지며 노동 집약적인 산업적 특성을 갖고 있다. 전작 및 시설농업 중 노동력이 많이 투입되는 작업은 파종, 이식 및 수확작업이다. 그중 파종작업은 다른 작업에 비해 인력에 대한 의존도가 매우 높으며 기계화의 필요성이 절실한 분야라 하겠다.

1992년 말 현재 동력 파종기는 9,251대가 보급되었다¹⁰⁾. 현재 개발된 파종기는 상당수가 단일 품종용으로 개발된 파종기로서 여러 가지 품종을 파종하기 어렵다¹¹⁾³⁹⁾. 또한 다목적으로 개발된 파종기도 또한 각 종자별로 추출장치를 교환하는 방식을 사용하는 등 실용적인 면에서 부족한 것이 사실이다¹²⁾³⁾¹¹⁾. 이와 같은 견지에서 본 연구의 목적은 기존의 파종기와 달리 마이크로 컴퓨터에 의해 파종량 및 파종간격이 제어되고 따로 추출장치를 교환하지 않고 여러 종자를 파종할 수 있는 파종조절장치를 개발하는 데 있다.

본 연구의 목적을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 종자의 안정적인 보관과 이송이 용이한 종자통, 이송벨트에 의해 종자를 추출하는 추출장치, 종자를 임시보관하는 임시보관장치를 설계한다.

둘째, 추출된 종자의 갯수를 인식하는 센서부를 설계한다.

셋째, 마이크로 컴퓨터를 이용하여 작업을 제어하는 알고리즘을 개발한다.

넷째, 개발된 파종조절장치 전체 시스템의 작동 상태를 검증한다.

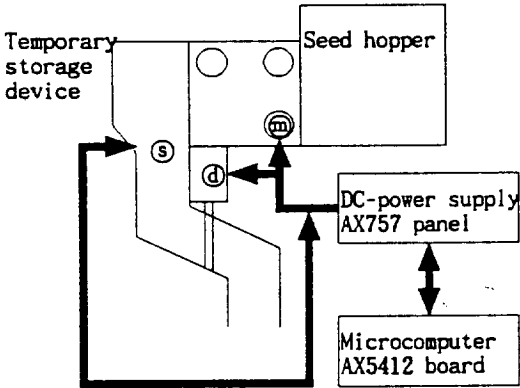
2. 실험장치 및 방법

가. 실험장치

개발된 파종조절장치는 크게 종자통, 추출장치, 이송벨트, 센서부, 임시보관장치로 구성되어 있다. 그림 1은 종자통, 추출장치, 이송벨트 구동을 위한 스테핑 모터, 임시보관장치, 센서, 임시보관장치 개폐를 위한 DC-솔레노이드의 전체 제어 계통도를 보여준다. 그림 2는 개발된 파종조절장치의 실제 모습을 나타내며, 그림 3은 종자통, 추출장치, 임시보관장치를 결합한 파종조절장치의 개략도이다. 각 부분의 기능에 대해 살펴 보면 우선 종자를 보관하고 추출장치로 용이하게 이송되도록 종자통을 설계 제작하였다. 이송벨트는 홈을 설치하여 종자를 종자통에서 임시보관장치로 이송할 수 있도록 제작하였으며 스테핑 모터에 의해 회전하도록 되어 있다. 센서부를 설치하여 추출된 종자가 임시보관장치로 이송되는 동안 그 갯수를 측정할 수 있도록 하였다. 임시보관장치는 추출된 종자를 임시로 보관하였다가 파종 순간에 배출하도록 제작하였으며 DC-솔레노이드에 의해 개폐가 이루어지도록 하였다.

그림 4는 전체 시스템의 작동 과정을 나타낸 순서도이다. 우선 전원이 연결되고 프로그램이 작동되면 스테핑 모터가 회전을 시작한다. 종자는 이송벨트에 의해 종자통 밖으로 추출되고 이렇게 추출된 종자는 센서부에 의해 갯수가 측정되어 진다. 갯수가 측정된 종자는 닫혀진 상태의 임시보관장치에 담겨진다. 마이크로 컴퓨터는 센서부에서 측정한 갯수가 초기에 설정된 파종될 종자의 갯수와 같은가를 비교한다. 측정된 갯수가 설정된 종자의 갯수와 같거나 클 경우 스테핑 모터는 정지한다. 이 때 마이크로 컴퓨터는 설정된 파종간격이 되었는가를 판단하게 된다. 설정된 파종간격에 도달하지 않은 경우 시스템은 정지된 상태로 시간을 보낸다. 그러나 설정된

파종간격에 도달한 경우 임시보관장치의 칸막이를 개방하여 담겨진 종자를 배출하고 칸막이를 닫은 후 스텝핑 모터는 다시 회전을 시작한다. 이렇게 하여 파종작업의 조절이 가능하도록 되어 있다.



- : Interface
- Ⓧ : DC-solenoid
- Ⓢ : Photo electric sensor
- Ⓜ : Stepping motor

Fig. 1. Schematic diagram of system interface

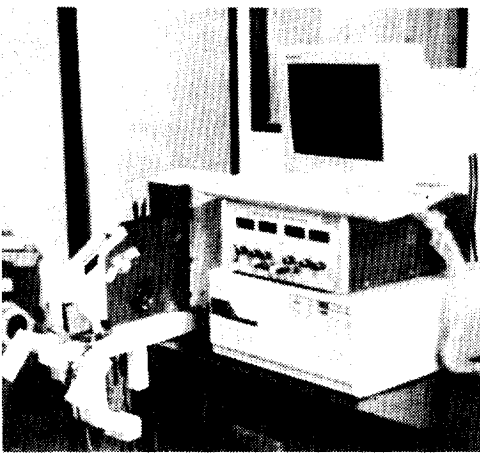


Fig. 2. Picture of seed metering device

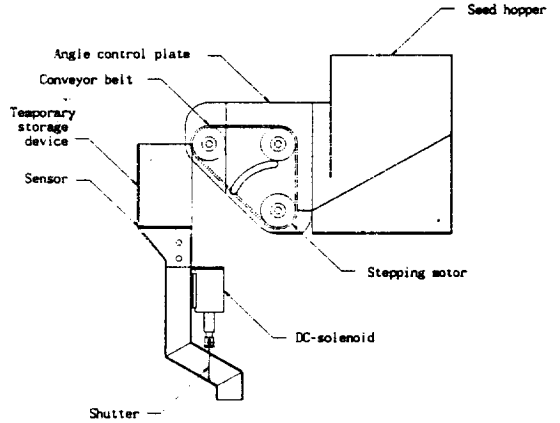


Fig. 3. Seed metering device

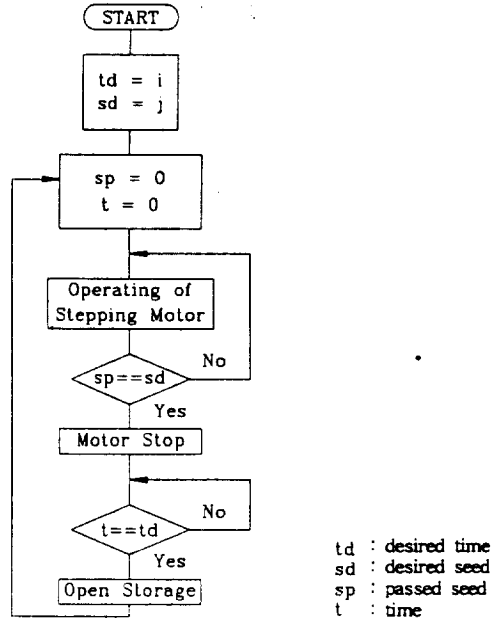


Fig. 4. Flow chart of system operation

각 장치의 구성 및 제원을 구체적으로 살펴보면, 우선 종자를 보관하는 구실을 하는 종자통은 전체적으로 두변의 길이가 같은 삼각기둥 형태이고, 앞부분에 추출장치를 연결하였으며, 종자통의 전체 높이는 270mm이고, 삼각 기둥의 각 변의 길이는 각각 228mm, 228mm, 268mm이다. 각 시료의 안식각 등을 고려하여 밑면의 경사가

은 30°로 제작하였다. 홈의 설계는 Trier¹²⁾에 적용되는 홈의 설계원리를 도입하여 설계하였다.

본 연구에서 제작된 홈의 치수는 외경 15mm, 밀면의 직경 6mm, 깊이는 전체 벨트의 두께를 고려하여 4.9mm로 제작하였고, 벨트의 전체 길이는 500mm, 폭은 40mm, 두께는 5mm이다. 홈과 홈 사이의 간격은 50mm로 하여 총 10개의 홈이 설치되어 있다.

종자를 종자통에서 밖으로 추출하는 구실을 하는 추출장치는 위에서 설명한 이송벨트를 포함하고 있으며 종자통의 앞부분에 부착되어 있다. 추출장치는 전체적으로 직각삼각기둥의 형태를 지니고 있으며, 각 삼각형의 꼭지점 부분에 풀리가 설치되어 모두 3개의 풀리로 이송벨트를 회전시키도록 되어 있다. 풀리의 직경은 50mm이다.

이송벨트를 회전시키기 위해 스테핑 모터를 사용하였고, 우측 하단의 풀리를 회전시킴으로써 구동이 이루어지도록 하였다. 추출장치는 종자통과 분리되어 있고 스테핑 모터 구동축을 중심으로 45°~90°까지 각도 조절이 가능하도록 되어 있다.

이송벨트의 회전을 위한 스테핑 모터, 센서부에 설치된 광전센서의 ON/OFF 신호 감지, 임시보관장치의 개폐를 위한 DC-솔레노이드의 작동 등을 마이크로 컴퓨터로 제어하도록 설계하였다. 스테핑 모터의 속도 조절을 위해 스텝과 스텝 사이의 지연시간 설정을 제어¹³⁾하고, 센서의 신호를 입력받아 추출된 종자의 갯수를 계산하고, 파종시간을 계산하여 임시보관장치에 설치된 DC-솔레노이드의 작동 시간을 계산하는 과정 또한 마이크로 컴퓨터로 수행하였다. 마이크로 컴퓨터는 IBM-AT 호환 기종을 사용하였다.

마이크로 컴퓨터에는 스테핑 모터, 광전센서, DC-솔레노이드 등과 신호 교환을 위하여 AX5412 고속 데이터 수집 보드(AX5412 high speed data acquisition board)를 설치하였다. 이 보드는 마이크로 컴퓨터의 신호를 받아 이송벨트의

구동에 필요한 스테핑 모터의 스텝을 4개의 출력 릴레이를 이용하여 발생시키고, 센서부의 ON/OFF 신호를 감지하여 마이크로 컴퓨터로 전달하여 종자의 갯수를 측정하도록 하였다. 그리고 마이크로 컴퓨터의 신호에 따라 임시보관장치의 개폐를 위해 설치된 DC-솔레노이드의 작동을 출력 릴레이 기능을 이용하여 제어하도록 되어 있다. 분해능은 12비트이고 입력과 출력은 각각 8채널인 AX5412 고속 데이터 수집 보드(Axiom Technology Inc.)와 각각의 장치와의 입출력을 위하여 AX757 입출력 패널(AX757 8 CHANNEL RELAY ACTUATOR & 8 CHANNEL OPTO-ISOLATED D/I PANEL)을 사용하였다. 이 입출력 패널은 입력과 출력을 동시에 수행할 수 있으며 출력은 릴레이를 통하도록 설계되어 실험 장치의 제어가 용이하도록 되어 있다.

추출장치에 부착된 이송벨트를 회전시키기 위하여 회전각 및 ON/OFF 제어가 용이한 스테핑 모터(Step-Syn. Model 103-746-1. SANYO DENKI Co.,LTD)를 사용하였다. 스테핑 모터의 스텝각은 1.8°, 입력 전압은 3.4V, 입력 전류는 2.9A, 출력 토크는 10.8kg·cm이다.

센서부에는 BU-50 광전센서(Autronics Co.)를 사용하였으며 이 센서는 물체의 유무를 전류나 전압의 변화가 아닌 ON/OFF 신호로 직접 출력하기 때문에 신호의 처리가 매우 용이하다. 또한 BU-50 센서는 투과형이며 감지거리가 50mm로 고정되어 있고, 직경 1.5mm 이상의 물체는 모두 감지할 수 있다. 센서의 작동을 위해 필요한 전압은 DC 10.8V~33V로 전압 공급이 용이하다. 측정의 정확도를 높이기 위하여 6개의 센서를 임시보관장치의 중간 부분에 설치하였다. 6개의 센서를 수평으로만 배치하고 배치된 센서들이 이루는 평면을 종자가 수직으로 떨어지는 방식을 취하였다.

추출장치를 지나 센서부에서 갯수가 측정된 종자는 임시보관장치에서 잠시 멈추게 된다. 이때 임시보관장치는 설정된 파종시간까지 닫혀 있게 되며 파종시간에 개방하게 된다. 임시보관

장치의 개폐작용을 위해 DC-솔레노이드를 사용하였다. 임시보관장치의 전체 높이는 385mm이며, 폭은 70mm이다. 전체적으로 크랭크 모양으로 굽은 형태를 가지고 있으며 임시보관장치의 중간부분에 칸막이를 설치하여 DC-솔레노이드로 개폐가 가능하도록 제작하였다. 사용한 DC-솔레노이드는 1950g의 무게를 끌어 당길 수 있으며 전원은 DC 24V를 사용하였다. DC-솔레노이드의 구동은 AX5412 데이터 수집 보드로부터 신호를 입력받아 릴레이를 통해 전원을 연결하도록 하였다. 또한 DC-솔레노이드를 수직으로 설치하여 동력이 전달되면 칸막이를 들어 올리고 동력이 차단되면 중력에 의해 내려가는 방식으로 제작하였다.

나. 실험방법

실험은 AX5412 데이터 수집 보드가 설치된 마이크로 컴퓨터와 DC-전원공급장치, 그리고 개발된 파종조절장치로 구성된 전체 시스템을 가지고 수행하였으며, 추출장치에 설치된 스텝핑 모터, 종자의 갯수 측정을 위한 광전센서, 임시보관장치의 개폐를 위한 DC-솔레노이드 등은 마이크로 컴퓨터에서 제어신호를 발생시켜 AX5412 데이터 수집 보드와 AX757 입출력 패널을 이용하여 각 장치에 신호를 전달한다. 또한 스텝핑 모터, 광전센서, DC-솔레노이드의 전원은 DC-전원공급장치를 이용하여 AX757 입출력 패널의 릴레이를 통해 연결시킨다. 실험을 수행함에 있어서 각 종자는 한번에 3개씩 파종하는 것으로 가정하였으며, 또한 파종간격은 각 종자별로 프로그램에서 임의로 설정한 지연시간으로써 나타내었다. 통계처리 및 성능분석을 용이하게 하기 위하여 모든 종자가 3개씩 파종하는 것으로 가정하였다. 실험의 순서는 예비실험을 통하여 각 종자별 스텝핑 모터 스텝지연시간의 최적값 및 이송벨트 설치 각도의 최적값을 구한다. 스텝지연시간은 스텝핑 모터의 각 스텝 사이의 지연시간을 의미한다. 스텝지연시간이 6ms 일

경우 스텝핑 모터의 속도는 47.36rpm, 8ms 일 경우는 35.64rpm, 10ms 일 경우는 28.8rpm 로 측정되었다. 이송벨트 설치 각도의 최적값은 각 스텝지연시간에 따라 벨트의 설치 각도를 달리 하여 가능한 한 흙에 한 개의 종자가 올라오는 경우를 선정하였다. 여기서 구한 각 값을 프로그램 작동시 설정하여 주었다. 그리고 각 종자별로 종자 3개씩 20회의 파종이 실시되도록 프로그램을 작성하여 전체 시간을 측정하고 각 횟수별 파종량을 측정하였다. 이 모든 실험의 과정을 5회 반복하여 수행하도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

예비실험을 통하여 구한 각 종자별 스텝핑 모터 스텝지연시간의 최적값 및 이송벨트 설치 각도의 최적값을 표 1에 나타내었다. 최적값의 선정 기준은 되도록 흙 하나에 한 개의 종자가 올라오는 경우를 고려하였다. 기준을 이렇게 설정한 것은 센서부를 지나가는 과정에서 동시에 여러 개의 종자가 지나갈 경우 센서가 종자의 갯수를 정확히 인식하지 못하는 경우가 발생할 가능성이 높기 때문이다. 본 실험은 표 1의 결과를 기준으로 1회 파종시 3개의 종자가 파종된다고 가정하고 각 종자별로 20회의 파종을 하도록 하였다. 20회의 파종에 대하여 실제 통과된 종자의 갯수와 마이크로 컴퓨터가 인식한 종자의 갯수를 같이 측정하여 그 총계와 평균 및 분산값을 측정하였다. 이 과정을 다섯 가지 종류의 시료 전체에 실시하였다. 표 2는 그 결과값을 나타낸 것이다.

실험 결과를 토대로 성능을 분석한 결과는 표 3에 나타내었다. 실제 파종된 종자의 갯수와 마이크로 컴퓨터가 인식한 갯수와의 비율, 실제 파종된 종자와 20회 파종동안 이상적으로 파종되어야 하는 종자의 갯수와의 비율 등을 계산하여 나타내었다.

Table 1. Optimum angle and step delay time

	Degree (°)	Step delay time (ms/step)
Mung beans	90	8
Red beans	50	8
White beans	50	6
Black beans	50	8
Corn	50	6

가 측정되었다. 표 2에서 보듯이 종자의 크기가 가장 작은 녹두의 경우 5회 실험한 전체의 평균 값이 70.8개로 20회의 파종에서 10개 이상의 종자가 초과 파종되었다. 또 1회 파종당 평균 3.5개의 종자가 파종되는 것으로 계산되었고 실제 추출된 종자의 갯수와 이상적으로 추출되어야 하는 종자의 갯수에 대한 비율이 118%로 나타나 문제점이 있는 것으로 나타났다. 그러나 종자

Table 2. Result of system performance

		Mung beans		Red beans		White beans		Black beans		Corn	
		Act.	Comp.	Act.	Comp.	Act.	Comp.	Act.	Comp.	Act.	Comp.
1	Sum	73	71	65	64	59	59	61	61	60	60
	Average	3.65	3.55	3.25	3.20	2.95	2.95	3.05	3.05	3.00	3.00
	Variance	0.24	0.26	0.20	0.17	0.26	0.26	0.05	0.05	0	0
2	Sum	69	67	66	65	62	62	60	60	60	60
	Average	3.45	3.35	3.30	3.25	3.10	3.10	3.00	3.00	3.00	3.00
	Variance	0.26	0.24	0.22	0.20	0.10	0.10	0	0	0	0
3	Sum	70	68	65	64	63	63	62	62	60	60
	Average	3.50	3.40	3.25	3.20	3.15	3.15	3.10	3.10	3.00	3.00
	Variance	0.26	0.25	0.20	0.17	0.13	0.13	0.10	0.10	0	0
4	Sum	72	70	66	65	64	64	61	61	60	60
	Average	3.60	3.50	3.30	3.25	3.20	3.20	3.05	3.05	3.00	3.00
	Variance	0.25	0.26	0.22	0.20	0.17	0.17	0.05	0.05	0	0
5	Sum	70	66	65	64	64	64	63	63	60	60
	Average	3.50	3.30	3.25	3.20	3.20	3.20	3.15	3.15	3.00	3.00
	Variance	0.26	0.22	0.20	0.17	0.17	0.17	0.13	0.13	0	0
Avg.	Sum	70.8	68.4	65.4	64.4	62.4	62.4	61.4	61.4	60.0	60.0
	Average	3.54	3.42	3.27	3.22	3.12	3.12	3.07	3.07	3.00	3.00
	Variance	0.25	0.25	0.21	0.18	0.17	0.17	0.07	0.07	0	0

Act. : Actual number of passed seeds.

Comp. : Computed number of passed seeds by microcomputer.

작은 종자의 경우 무게가 가벼워 스테핑 모터의 회전이 정지하더라도 이송벨트에 올려져 있던 종자가 떨어져 임시보관장치로 이동하였다. 이 과정에서 설정된 종자의 갯수보다 많은 갯수

갯수 측정 부분은 실제 추출된 종자의 갯수와 마이크로 컴퓨터가 인식한 종자의 갯수에 대한 비율이 녹두에 있어서 최고 103.5%로 나타나 센서부의 성능은 양호한 것으로 나타났다. 또한

평균값에 대한 분산이 0.25로 나타나 각각의 파종에 대해 균일한 파종량을 유지하는 것으로 나타났다.

큰 종자의 경우는 설정된 값과 정확하게 일치하는 갯수의 종자가 추출되고 측정되었음을 알 수 있다. 또한 추출된 종자의 갯수와 이상적으로 추출되어야 하는 종자의 갯수가 같게 나타났다. 표 3에서 이송벨트의 성능을 나타내는 수치인 실제 추출된 종자의 갯수를 컴퓨터가 측정 한 종자의 갯수로 나눈값(Actual/Computed)은 종자의 크기에 따라 변화 폭이 크게 나타나 이송벨트의 성능이 종자의 크기에 크게 좌우됨을 알 수 있다. 그러나 센서부의 성능을 나타내는 수치인 실제 추출된 종자의 갯수를 이상적으로 파종되어야 하는 종자의 갯수로 나눈값(Actual/Ideal)은 종자의 크기에 대해 상대적으로 변화 폭이 적어 센서부의 성능이 안정적임을 보여주고 있다.

종자의 갯수 측정을 위해 설치한 센서로부터 발생하는 신호 감지, 임시보관장치의 개폐를 위한 DC-솔레노이드의 작동 등을 제어하기 위하여 IBM-AT 호환 기종의 마이크로 컴퓨터에 AX 5412 데이터 수집 보드를 장착하였다. 이 데이터 수집 보드에 AX757 입출력 패널을 연결하여 각각의 작업을 제어하도록 하였고, AX757 입출력 패널의 릴레이 출력기능을 이용하여 추출장치용 스테핑 모터, 임시보관장치 개폐용 DC-솔레노이드 등을 제어하도록 하였다. 또한 AX757 입출력 패널의 입력기능을 이용하여 추출된 종자의 갯수 측정을 위해 광전센서에서 발생된 종자의 유무 신호를 마이크로 컴퓨터로 전송하도록 하였다.

예비실험에서는 각 종자별로 최적의 이송벨트 상태를 파악하고 이 최적의 상태를 본 실험에 사용하였다. 실험 결과 옥수수와 같이 큰 종자의 경우는 설정된 갯수의 종자추출 및 갯수 측정작

Table 3. Performance of seed metering device

		Mung beans	Red beans	White beans	Black beans	Corn
1	Actual/Computed	102.8	101.6	100.0	100.0	100.0
	Actual/Ideal	121.7	108.3	98.3	101.7	100.0
2	Actual/Computed	103.0	101.5	100.0	100.0	100.0
	Actual/Ideal	115.0	110.0	103.3	100.0	100.0
3	Actual/Computed	102.9	101.6	100.0	100.0	100.0
	Actual/Ideal	116.7	108.3	105.0	103.3	100.0
4	Actual/Computed	102.9	101.5	100.0	100.0	100.0
	Actual/Ideal	120.0	110.0	106.7	101.7	100.0
5	Actual/Computed	106.1	101.6	100.0	100.0	100.0
	Actual/Ideal	116.7	108.3	106.7	105.0	100.0
Avg.	Actual/Computed	103.5	101.6	100.0	100.0	100.0
	Actual/Ideal	118.0	109.3	104.0	102.3	100.0

4. 결론

이송벨트의 회전을 위한 스테핑 모터의 구동,

업이 정확하게 이루어 졌으나 설정된 파종시간 동안 설정된 갯수의 종자를 추출시키지 못하는 경우가 발생하였으나 파종사이의 간격시간을 늘

려 잡아 해결할 수 있었다. 파종사이의 간격시간을 늘린다는 것은 결주를 의미하는 것이 아니라 작업기의 속도가 느려짐을 의미한다. 작업기의 속도가 느려지지 않기 위한 방법은 개발된 파종 조절장치를 2조 이상으로 배치한다면 해결 가능하다. 또한 녹두와 같이 크기가 작은 종자의 경우 추출장치가 멈추더라도 이송벨트에 남아있던 잔여 종자가 추출되는 현상이 나타났다. 이것은 이송벨트의 최상부와 센서부와의 거리가 멀기 때문에 발생하는 현상으로 생각된다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 밀면에 경사각을 주어 종자가 추출장치로 이동할 수 있도록 설계된 증자통을 제작하였다. 또한 스테핑 모터를 사용하여 추출장치를 개발하였다. 홈을 설치한 이송벨트를 추출장치에 부착하여 종자를 추출하도록 하였다. 또한 마이크로 컴퓨터의 신호를 받아 DC-솔레노이드에 의해 개폐가 이루어지는 임시보관장치를 개발하였다.
2. 추출된 종자의 갯수를 측정하는 센서부를 설치하였다. 광전센서는 모두 6개를 설치하여 측정하도록 하였으며 이로 인하여 측정의 신뢰도를 높일 수 있었다.
3. 마이크로 컴퓨터를 이용하여 스테핑 모터의 구동, 센서부의 신호 감지, DC-솔레노이드의 작동 등을 제어할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 스테핑 모터의 스텝과 광전센서의 신호감지, 작동 시간의 측정, 적절한 시간에 DC-솔레노이드의 작동 등을 동시에 수행할 수 있도록 프로그램을 작성하였다.
4. 개발된 파종조절장치를 통해 파종조절실험을 수행하였다. 전체적으로 개발된 파종조절장치는 오차율이 평균 3.5% 이하로 나타나 전체적으로 작동이 양호하였으며 광전센서를 이용한 갯수의 측정과 임시보관장치를 통하여 적절한 간격의 파종작업이 되도록 할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 김진영, 주경노, 정성근. 1988. 진공식파종기 개발시험. '88시험연구보고서. 농업기계화 연구소, pp.175-183.
2. 김진영, 주경노, 정성근. 1989. 경운기용 진공식파종기 개발연구. 농시연보 31(3) : 20-27.
3. 김진영, 주경노, 정성근, 이영렬. 1989. 트랙터용 진공식파종기 개발연구 '89시험연구보고서. 농업기계화연구소, pp.197-199.
4. 김진영, 주경노, 홍종태. 1984. 경운기용 감자파종기 제작시험 '84시험연구보고서. 농업기계화연구소, pp.143-145.
5. 김진영, 주경노. 1991. 트랙터용 땅콩파종기 개발연구 '91시험연구보고서. 농업기계화연구소, pp.169-171.
6. 이대원. 1993. 자동제어용 스테핑 모터(I). 한국농업기계학회지 18(1) : 78-88.
7. 이대원. 1993. 자동제어용 스테핑모터 제어방법과 구동회로(II). 한국농업기계학회지 18(3) : 296-310.
8. 이용국, 이대원, 황헌, 오영진. 1993. Robot식 다목적 파종기 개발. 성균관대학교 논문집과 학기술편 43(2) : 805-817.
9. 주경노, 홍종태, 김진영. 1984. 경운기용 콩파종기 제작시험 '84시험연구보고서. 농업기계화 연구소, pp.139-143.
10. 한국농기구공업협동조합, 농업기계연감, 1993
11. 홍종태, 주경노, 김진영, 이영렬. 1986. 경운기부착용 다목적 파종기 개발연구. 농시연보 28(1) : 18-27.
12. Grochowicz, J. 1980. Machines for cleaning and sorting of seeds. pp.264-294, Warsaw, Poland