

관리기용 다목적 파종기 개발⁺

Development of Multi-purpose Seeder for Cultivator

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

ABSTRACT

Sowing with an automatic seed metering device is increasing in popularity. Since 100% planting is not likely, a major problem is to find any place which contains no seeds between row spacings in the agricultural field. Automatic sowing technology, including the implementation of a microcomputer, appears to be an attractive alternative to the use of manual labor for accomplishing this task. Thus, the multi-purpose seeder attached to a cultivator was designed and constructed with an automatic seed metering device. This seeder proved to be a reliable system for sowing seeds in the agricultural field. Multi-purpose seeder for cultivator consists of an automatic seed metering device, a trench device, a covering device, and a press wheel

1. 서론

우리 나라 농업은 현재 중대한 전환점에 와 있다고 할 수 있다. 세계적으로 식량문제가 큰 문제로 대두되고 있으며 국제무역장벽은 해가 다르게 높아만 가고 있는 것이 사실이다. 식량산업은 국제적으로 보나 우리 나라 현실로 보나 매우 중요한 부분임에도 불구하고 소외되어 있는 것이 현실이다.

시설농업이 보급되면서 발작물 재배는 연중 지속적으로 이루어지고 있다. 또한 이러한 발작물 재배는 노동 집약적인 산업적 특성을 갖고 있다. 우리 나라 농업현실에서 큰 문제점으로 지

적되는 지속적인 농촌 노동력 감소와 이에 따른 농촌 인구 노령화 등으로 나타나는 노동력 부족 현상은 적기에 이들 주요 발작물 재배 작업이 수행되는데 큰 걸림돌로 지적되고 있다.

국제적으로는 WTO체제 정착과 기초 농산물 수입개방 압력 등에 대처해야 하는 어려움마저 존재하는 실정이다. 따라서 생산성 증대와 경영 개선을 기하기 위해서는 기계화 기술 도입이 당면과제라 할 수 있다.

발작물 재배 과정 가운데 노동력이 많이 투입되는 작업은 파종, 이식 및 수확작업이다. 그 가운데 파종작업은 다른 작업에 비해 인력 의존도가 매우 높으며 기계화 필요성이 절실한 분야라

+ 본 연구는 한국농업기계학회의 '94 산학협동연구비에 의하여 연구함

* 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

하겠다. 파종작업은 적기에 수행해야 하며, 짧은 기간에 집중적으로 인력이 투입된다. 그러므로 파종작업에 대한 자동화를 통하여 인력을 최소화하여야 할 것이다.

본 연구에서는 다양한 크기와 형태를 갖는 종자를 파종할 수 있는 관리기용 다목적 파종기를 설계 제작하고자 한다. 자동제어식 관리기용 다목적 파종기가 개발된다면 포장에서뿐만 아니라 시설재배 파종작업에도 이용될 수 있을 것이다. 이 연구에서 개발된 파종기가 향후 전작 및 시설재배 자동화에 실질적으로 투입된다면, 경비 절감에 크게 기여할 것으로 사료된다.

마이크로컴퓨터로 제어될 파종기 시스템은 종자추출장치, 구굴기, 복토기, 관리기 지지대로 구성하며, 파종간격 제어를 위해 관리기 주행속도를 측정하는 기술을 도입하고자 한다. 전체 시스템은 마이크로컴퓨터로 제어되도록 하며, 개발된 파종기로 포장시험을 수행한 후 성능을 평가하고자 한다.

2. 시험장치 및 방법

가. 시험장치

개발된 파종기는 몇 가지 부분으로 나눌 수 있다. 우선 종자통에서 종자를 추출해 내는 추출장치를 설치하였으며, 추출된 종자를 파종할 때까지 보관하였다가 파종 순간에 배출하도록 하는 임시보관장치를 설치하였다. 임시보관장치로 종자가 이송되는 동안에 종자수를 카운팅하는 센서부를 설치하였다. 마이크로컴퓨터를 이용하여 모든 장치들을 제어하도록 설계하였다.

추출된 종자가 파종될 수 있도록 토양에 골을 파는 구굴기를 설치하였고, 파종 후 골을 덮을 복토기를 체인으로 제작하였으며 진압륜을 설치하여 덮인 흙을 눌러 주도록 제작하였다. 파종간격을 제어하기 위해 관리기 바퀴에 센서를 설치하였으며, 추출장치 및 기타 장치들을 관리기에 부착하기 위해 지지대를 설계, 제작하였다.

그림 1은 관리기용으로 개발된 다목적 파종기의 개략도를 나타낸 것이다. 그림 2는 제작된 관리기용 다목적 파종기가 관리기에 설치된 모습이며 포장에서 시험을 수행하기 직전의 모습이 다.

개발된 파종기를 전체적으로 살펴보면 종자가 추출장치로 용이하게 이송되도록 종자통을 설계, 제작하였다. 또한 흙과 버켓이 설치되어 종자를 종자통에서 임시보관장치로 이송할 수 있도록 만들어진 이송벨트를 설치하였다. 이송벨트는 마이크로컴퓨터로부터 신호를 받아 구동되는 스테핑 모터에 의해 회전하도록 하였다. 추출된 종자가 임시보관장치로 이송되는 동안 종자수를 측정할 수 있도록 센서부를 설치하였다. 추출된 종자를 임시로 보관하였다가 파종 순간에 배출하는 임시보관장치를 제작하였다. 임시보관장치는 마이크로컴퓨터로부터 신호를 받아 작동하는 DC-솔레노이드에 의해 개폐가 이루어지도록 하였다.

시험에 사용한 관리기는 D회사에서 제작, 판매중인 다목적관리기(AMC-700N)를 사용하였다. 이송벨트 회전을 위한 스테핑 모터 구동, 센서부에 설치된 광전센서에서 발생하는 ON/OFF 신호 감지, 임시보관장치를 개폐시키기 위해 DC-솔레노이드를 작동시키는 작업, 주행거리 측정을 위해 관리기 바퀴에 설치한 광전센서 등을 마이크로컴퓨터로 제어하도록 설계하였다. 스테핑 모터 속도 조절을 위해 스텝과 스텝 사이에 주어야 하는 지연시간을 제어하고, 센서부에서 발생하는 신호를 입력받아 추출된 종자수를 계산하고, 파종시간을 계산하여 임시보관장치에 설치된 DC-솔레노이드 개폐 시간을 계산하며, 관리기 바퀴에 설치된 마킹판과 센서로부터 출력되는 신호를 통해 주행거리를 계산하는 과정 또한 마이크로컴퓨터로 수행하였다. 마이크로컴퓨터는 IBM-AT 호환 기종을 사용하였으며, 1 Mbyte의 RAM 과 40Mbyte 의 하드 디스크가 탑재되어 있다. 또한 마이크로컴퓨터에는 추출장치에 설치된 스테핑 모터, 종자수 측정을 위한 광전센서, 임시보관장치의 개폐를 위한 DC-솔레

노이드 등은 마이크로컴퓨터에서 제어신호를 발생시켜 AX5412 데이터 수집 보드(AX5412 high speed data acquisition board)와 AX757 입출력 패널을 이용하여 각 장치에 신호를 전달한다. 또한 스테핑 모터, 센서부에 설치된 광전센서 및 관리기 주행거리 측정을 위해 설치된 광전센서, DC-솔레노이드의 전원은 DC-전원공급장치를 이용하여 AX757 입출력 패널의 릴레이를 통해 제어하도록 되어 있다. 전체 시스템을 제어하기 위한 프로그램은 Turbo C 2.0을 사용하여 작성되었다.

AX5412 고속 데이터 수집 보드 보드가 하는 일은 마이크로컴퓨터에서 신호를 받아 이송벨트 구동에 필요한 스테핑 모터 스텝을 출력 릴레이 4개를 이용하여 발생시키고, 센서부에서 발생하는 ON/OFF 신호를 감지한 후 마이크로컴퓨터로 전달하여 종자수를 측정하도록 한다. 마이크로컴퓨터에서 발생하는 신호에 따라 출력 릴레이 기능을 이용하여 DC-솔레노이드를 작동하도록 한다. 관리기 바퀴에 설치된 마킹판과 광전센서에서 발생하는 신호를 감지한 후 마이크로컴퓨터로 전달하여 파종간격을 제어하도록 한다.

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. 이송벨트를 통해 추출되는 종자수를 정확히 측정하기 위하여 센서부를 설치하였다. 센서부에는 BU-50 광전센서(Autonics Co.)를 사용하였으며 이 센서는 물체 유무를 ON/OFF 신호로 직접 출력하기 때문에 신호 처리가 매우 용이하다. 광전센서 하나로는 개수를 제대로 측정할 수 없으므로 30mm의 폭에 모두 8개의 광전센서를 병렬로 배치하여 그 사이를 종자가 통과하는 구조로 제작되었다. 이렇게하여 하나의 홈에 여러 개의 종자가 없혀져 센서부로 넘어오더라도 종자가 서로 붙어서 지나가지 않는한 개수를 측정할 수 있다.

관리기 주행거리를 측정하기 위해 관리기 우측 바퀴에 아크릴 판으로 된 마킹수 30개, 마킹 간격 7mm인 원형 마킹판을 구동축에 부착하였

다. 이 아크릴 판에 설치된 마킹을 BU-50 광전센서를 이용하여 감지하므로써 주행거리를 측정할 수 있도록 하였다. 관리기 주행거리를 계산하는 방법은 BU-50 광전센서를 이용해 측정된 마킹수에 시험을 통해 구한 시험상수를 곱하여 계산하도록 하였다.

아울러 파종이 가능하도록 고랑을 내는 구굴기를 임시보관장치에서 종자가 배출되는 배출구 앞쪽에 설치하였다. 구굴기가 고랑을 내고 임시보관장치에서 종자가 배출구를 통해 배출되면 복토기를 통해 고랑을 덮도록 되어 있다. 복토기는 주변에서 쉽게 구할 수 있고 이미 쓰이고 있는 체인으로 제작하였다. 복토기가 고랑을 덮으면 그 뒤를 이어 진압륜이 진압작업을 하도록 되어 있다.

파종조절장치, 센서부, 임시보관장치, 구굴기, 복토기 및 진압륜 등을 관리기에 부착시키기 위해 관리기 부착용 지지대를 설계, 제작하였다. 관리기 부착용 지지대는 각 장치들이 가장 적은 공간을 차지하며 설치될 수 있도록 설계되었으며 관리기용 작업기를 부착하는 곳에 부착할 수 있도록 설계되었다.

나. 시험방법

시험시료는 흰콩, 검은콩, 마늘을 시료로 선택하였다.

파종조절장치 성능 분석시험을 수행함에 있어서 이송벨트 성능에 영향을 미치는 가변 요인은 다음 두 가지로서 평면에 대한 각도 변화와 스테핑 모터 속도 변화가 그것이다. 평면에 대한 이송벨트의 각도 변화는 최대 90°에서 최소 50°까지의 범위에서 임의로 변화시킬 수 있다. 본 시험에서는 50°, 65°, 75°, 90° 네 가지 변화를 주어 각도 변화만 4회를 설정하여 시험을 수행하였다. 둘째, 스테핑 모터 속도 변화는 스테핑 모터 구동에 필요한 스텝 발생에 있어 스텝 지연 시간을 조절함으로써 가능하다. 무부하 상태 시험을 통하여 최소 스텝지연시간은 7ms 정도로 결정되었다. 최소 7ms에서 최대 9ms까지 7ms, 8ms, 9ms 3회를 설정하여 시험을 수행하였다.

벨트 각도 변화 4회, 스텝핑 모터의 속도변화 3회를 주어 각 종자별로 60초 동안 실시하여 이송벨트를 통해 추출된 종자수를 측정하였다.

시스템 작동 검증시험에는 AX5412 데이터 수집 보드가 설치된 마이크로컴퓨터와 DC-전원공급장치, 및 파종조절장치로 구성된 전체 시스템을 가지고 수행하였다. 시험을 수행함에 있어서 각 종자는 한번에 3개씩 파종하는 것으로 가정하였으며, 또한 파종간격은 관리기 바퀴에 마킹판과 광전센서를 설치하여 마킹수와 주행거리를 계산하는 형태로 조절하였다.

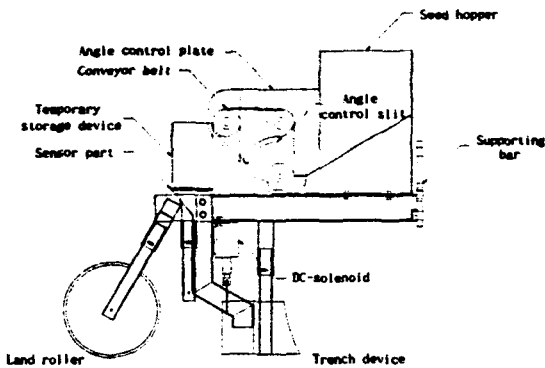


Fig 1. Seeder assembly.

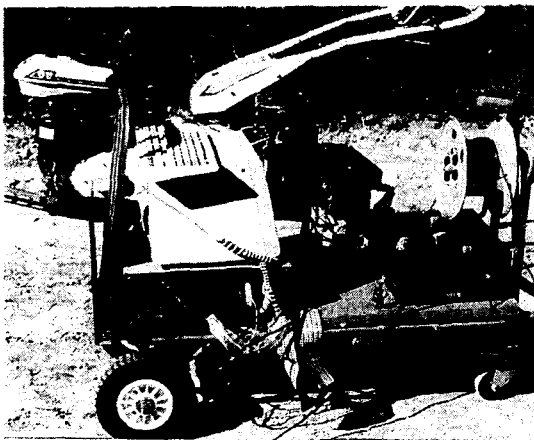


Fig 2. The experimental seeder attached to cultivator.

시스템 작동상태 검증시험은 파종조절장치 성능 분석시험 결과를 기준으로 1회 파종시 환공과

검은콩은 3개, 마늘은 1개씩 파종하도록 입력하고 각 종자별로 30회 파종을 하도록 하였다. 30회의 파종에 대하여 실제 통과된 종자수와 파종간격을 측정하여 그 총계와 평균 및 분산값을 구하였다. 이 과정을 세 가지 종류의 시료 전체에 대해 각 10회씩 실시하였다. 시스템 작동상태 검증시험은 종자수와 파종간격 제어에 대한 검증이 주목적으로 구굴기 및 복토에 대한 상태 측정은 시험에서 제외되었다.

3. 결과 및 고찰

시료 세 가지 종류를 사용하여 수행한 파종조절장치 성능 분석시험 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1에서 각도는 이송벨트가 평면과 이루는 각도를 말한다. 스텝지연시간은 스텝핑 모터 구동에 필요한 각 스텝 사이에 설정해 주어야 하는 지연시간을 의미한다. 표 1은 이송벨트를 통해 추출되어 임시보관장치를 통해 배출된 종자수를 5회 반복 측정된 값을 평균하여 나타내었다. 분산은 파종립수를 측정된 평균값의 분산을 의미한다.

표 1의 결과를 토대로 각 종자별 각도 및 스텝지연시간의 최적값을 표 2에 나타내었다. 최적값의 선정 기준은 되도록 파종간격에 스텝핑 모터가 멈추지 않고 지속적으로 파종이 이루어질 수 있는 값을 실험을 통해 선정하였다. 기준을 이렇게 설정한 것은 스텝핑 모터가 멈추었다가 다시 동작하는 과정에서 진동에 의해 흠에 없혀 있던 종자가 떨어지는 경우가 종종 있기 때문에 이러한 문제점을 막고자 하기 때문이다.

표 3은 시스템 작동상태 검증시험 결과값 가운데 제일 첫 시험의 결과값만을 나타낸 것이다. 표 4는 전체 세 가지 종류의 시료에 대해 각 10회씩 실시한 시스템 작동상태 검증시험의 총계, 평균 및 분산값을 나타낸 것이다.

파종조절장치 성능 분석시험 결과를 살펴보면 종자 크기가 작은 종자일 수록 일정하지 않은 결과를 가져왔다. 이것은 이송벨트를 통해 추출하기 때문에 작은 종자의 경우 이송벨트에 설치

된 홈에 여러 개의 종자가 올려진다거나 하는 이유 등으로 인해 발생한 결과이다. 물론 여러 개의 종자가 올려져 추출된다 하더라도 센서부에서 종자수를 측정하기 때문에 파종시에는 정확한 종자수로 파종할 수 있었다. 종자가 여러 개 올려져 추출되더라도 종자가 동시에 센서부를 통과하는 경우는 극히 드물기 때문에 각 종자의 개수는 정확히 측정할 수 있었다. 또한 센서부를 동시에 통과하더라도 모두 8개의 광전센서를 통과하여야 하기 때문에 센서를 통해 입력되는 입력값을 가공하여 개수를 측정할 수 있었다.

관리기 주행거리 측정 결과 40m를 주행한 후 실제 거리와 광전센서를 이용하여 측정한 거리차가 평균 15.3cm로 나타났다. 표 4에서와 같이 30회 파종에서 각 파종당 종자수에 대한 분산값은 검은콩 0.27, 흰콩 0.28, 마늘 0.13으로 나타나 각 파종당 종자수를 매우 양호하게 제어할 수 있었다. 또한 각 표 9에서 보듯이 각 시료별로 파종 간격에 대한 분산값은 검은콩을 파종할 때 0.61, 흰콩을 파종할 때 0.69, 마늘을 파종할 때 0.75등으로 나타나 파종 간격 또한 매우 양호한 수준으로 제어할 수 있음을 알 수 있다.

Table 1. Performance of the seed metering device

	Degree (°)	90°			75°			65°			50°		
	delay time (ms/step)	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9
White beans (EA)	1	142	89	25	156	112	43	163	123	62	170	152	72
	2	142	76	26	155	118	41	158	128	70	165	117	70
	3	140	79	22	151	115	43	164	122	68	172	130	74
	4	138	74	27	149	116	43	160	121	65	168	122	69
	5	145	84	22	155	111	47	161	124	67	169	148	71
	Average	141	80	24	153	114	43	161	124	66	169	134	71
	Variance	5.4	30	4.2	7.4	6.6	3.8	4.6	5.8	7.4	5.4	194	3
Black beans (EA)	1	73	41	14	103	68	30	138	86	170	102	102	68
	2	70	43	12	109	63	27	136	78	168	97	97	74
	3	68	42	13	107	65	31	136	81	167	98	98	69
	4	67	37	12	103	64	36	140	82	166	104	104	72
	5	68	42	13	103	68	32	137	79	165	102	102	70
	Average	69	41	13	105	66	31	137	81	167	101	101	71
	Variance	4.6	4.4	0.6	6.4	4.2	0.6	2.2	7.8	3.0	7.0	7.0	4.6
Carlic (EA)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	9	9	7
	2	0	0	1	0	1	0	0	2	4	8	8	6
	3	0	1	0	0	1	1	0	2	2	8	8	5
	4	0	0	0	0	0	0	0	1	4	6	6	5
	5	0	0	0	0	1	0	0	1	5	6	6	5
	Average	0.0	0.2	0.2	0.0	0.6	0.2	0.0	1.4	3.6	7.4	7.4	5.6
	Variance	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	1.0	1.4	1.4	0.6

Table 2. Optimum angle and step delay time for system performance test

	Degree (°)	Step delay time (ms/step)
White beans	90	8
Black beans	90	8
Garlic	50	8

Table 3. The first raw data of system performance test

Seeding time	Black beans		White beans		Garlic	
	Seeding dist. (cm)	No. of seeds (EA)	Seeding dist. (cm)	No. of seeds (EA)	Seeding dist. (cm)	No. of seeds (EA)
1	30	3	30	3	30	1
2	31	4	31	3	31	1
3	29	3	32	4	30	1
4	30	3	29	3	31	1
5	31	3	31	3	29	2
6	30	4	30	3	30	1
7	31	3	31	4	31	1
8	29	3	29	3	32	1
9	30	4	30	3	29	1
10	31	3	31	3	30	1
11	29	4	32	4	32	1
12	30	3	29	3	29	2
13	31	3	30	4	30	1
14	30	3	31	4	32	1
15	30	4	32	3	29	1
16	31	3	29	3	30	1
17	29	3	30	3	30	1
18	30	3	29	4	29	2
19	31	3	31	3	31	1
20	32	4	32	3	32	1
21	30	4	30	4	30	1
22	31	3	31	3	31	1
23	30	2	29	3	29	1
24	30	3	30	3	30	1
25	31	3	31	3	30	1
26	31	2	29	4	30	2

27	29	2	32	3	29	1
28	30	3	30	3	31	1
29	31	3	29	4	32	1
30	29	3	29	3	29	1
SUM	907.00	94.00	909.00	99.00	908.00	34.00
AVG	30.23	3.13	30.30	3.30	30.27	1.13
VAR	0.65	0.32	1.14	0.21	1.06	0.12
STD	0.80	0.56	1.07	0.46	1.03	0.34

Table 3. Result of the system performance test

Seeding time	Black beans		White beans		Garlic	
	Seeding dist. (cm)	No. of seeds (EA)	Seeding dist. (cm)	No. of seeds (EA)	Seeding dist. (cm)	No. of seeds (EA)
SUM	9052.00	963.00	9059.00	957.00	9058.00	348.00
AVG	30.17	3.21	30.20	3.19	30.19	1.16
VAR	0.16	0.27	0.69	0.28	0.75	0.13
STD	0.78	0.52	0.83	0.53	0.87	0.37

4. 결론

시험은 파종조절장치 성능 분석시험과 시스템 작동 상태 검증시험을 실시하였다. 파종조절장치 성능 분석시험에서는 각 종자별로 최적의 이송벨트 상태를 파악하고 이 최적의 상태를 시스템 작동 검증시험에 사용하였다. 시험 결과 마늘의 경우 90°각도에서는 추출을 해내지 못하였다. 그러나 50°의 경우에는 파종이 가능할 정도로 추출되었다. 검은콩과 흰콩은 무난히 추출되어 파종작업에는 아무런 지장도 없었다.

시스템 작동 상태 검증시험 결과를 살펴보면 관리기 주행거리 측정을 위해 부착한 광전센서 성능이 우수함을 알 수 있고 실제로 파종작업에서 거리측정 방법에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 안식각 등을 고려하여 밀면에 경사각을 준 종자통을 개발하였다. 또한 스테핑 모터를

사용하여 추출장치를 개발하였다. 또한 종자통과 추출장치의 분리로 각도 조절이 용이하도록 하였다. 여러 가지 종자를 이송할 수 있도록 홈과 버켓을 병행하여 설치한 이송 벨트를 개발하여 추출장치에 부착하였다. 또한 마이크로컴퓨터의 신호를 받아 DC-솔레노이드에 의해 개폐가 이루어지는 임시보관장치를 개발하였다.

2. 광전센서를 이용하여 이송벨트를 통해 추출된 종자수를 측정하는 센서부를 설치하였다. 또한 광전센서를 이용하여 바퀴에 부착된 마킹판을 읽어 관리기 주행속도를 측정하도록 하였다.
3. 스테핑 모터를 위한 스텝과 광전센서에서 발생하는 신호감지, 작동 시간의 측정, 적절한 시간에 DC-솔레노이드의 작동 등을 동시에 수행할 수 있도록 프로그램을 작성하였다.
4. 파종조절장치 성능 분석시험은 스테핑 모터의 속도, 이송벨트의 각도 등을 결정하는 시험으로 포장에서의 최적 상태를 구하였다.
5. 개발된 관리기용 다목적 파종기를 통해 포장에서 파종시험을 수행하였다. 전체적으로 원하는 파종립수를 잘 맞추는 부분은 0.13 - 0.28 정도로 양호한 것으로 나타났으며, 관리기 주행거리 측정 정확도는 분산이 0.62 - 0.75 정도로 양호하게 나타났다.
6. 거리측정 부분에서 발생할 수 있는 오차는 양측바퀴에 마킹판을 설치하여 슬립이 일어나는 쪽 측정값을 무시하는 방식으로 개선할 수 있을 것으로 사료된다.
7. 개발된 관리기용 다목적 파종기는 실용적으로 적용이 가능할 것으로 판단되며 시험에 사용한 종자 이외에 보다 많은 종자를 파종할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김진영, 주경노, 정성근. 1988. 진공식파종기 개발시험. '88시험연구보서.농업기계화연구소, 175-183.
2. 농촌진흥청, 표준영농교본-67 콩.옥수수 재배. 30-31, 62-70, 144-145, 1989.
3. 이대원. 1993. 자동제어용 스테핑 모터(I). 한국농업기계학회지 18(1): 78-88.
4. 이대원. 1993. 자동제어용 스테핑 모터 제어 방법과 구동회로(II). 한국농업기계학회지 18(3): 296-310.
5. 주경노, 홍종태, 김진영. 1984. 경운기용 콩 파종기 제작시험 '84시험연구보고서. 농업기계 화연구소, 139-143.
6. 홍종태, 주경노, 김진영, 이영렬. 1986. 경운기부착용 다목적 파종기 개발연구. 농시연보 28(1): 18-27.1.
7. AXIOM Technology Co., Ltd. 1991. AX5412 HIGH SPEED DATA ACQUISITION BOARD USER'S MANUAL.
8. AXIOM Technology Co., Ltd. 1991. AX7578 CHANNEL RELAY ACTUATOR & 8 CHANNEL OPTO-ISOLATED D/I PANEL USER'S MANUAL.
9. Grochowicz, J. 1980. Machines for cleaning and sorting of seeds. 264-294, Warsaw, Poland.
10. Kuo, B. C., 1979. Incremental motion control volume step Motors, SRL Publishing Company.
11. Meiering, A.G., R.E., Subden, G., Hayward, 1989. Adaptive Fermentation control by Microcomputer. Trans. ASAE.32(4): 1470 - 1476.
12. Mitchell, B. W., 1989. Microcomputer-Based Distributed Control and Monitoring System for Environmental Control. Trans. ASAE. 32(3): 1097-1104.