

기계시각을 이용한 박과채소 종자 정렬 파종시스템 개발

Development of a seeding system using machine vision for seed line-up of cucurbitaceous vegetables

김동익* 조한근** 장유섭* 김현환* 김종구*
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

D. E. Kim H. K. Cho Y. S. Chang H. H. Kim J. K. Kim

1. 서론

공정육묘장에서 소립종자의 파종작업은 기계화가 이루어졌으나 대목으로 사용하는 종자와 호박종자는 대부분 인력으로 파종하고 있으며, 일부에서 반자동식 파종기를 사용하여 파종작업을 하고 있으나 작업능률은 떨어진다.

일본에서는 박과채소 대립종자를 정렬파종하기위해 육묘공장에서 인력으로 파종하고 있으며(小林 등 1998), 이를 기계화하기 위하여 종자방향만을 정렬해 주는 파종기(山田 2004)와 배아 방향을 판별하여 정렬파종해 주는 파종기(小林 등 1998; 小林 2003)에 대한 연구개발이 계속 진행되고 있다.

대립종자의 경우는 소립종자와 달리 같은 방향으로 정렬하면서 파종하더라도 종자의 놓인 상태에 따라 싹이 올라오는 위치가 판이하게 다르다. 접목작업의 완전기계화를 위해서는 줄기 위치가 일정하며, 잎의 방향이 고른 것이 좋다. 따라서 종자의 배아위치도 맞추어 파종할 필요가 있다.

본 연구는 대립종자를 배아가 일정한 방향을 향하도록 파종하기 위하여 종자를 정렬하여 공급하고, 온라인상에서 자동으로 종자방향을 판정하여 파종장치에 일정한 방향으로 투입하여 정렬 파종하는 파종시스템을 개발하고 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 종자 정렬 파종시스템 설계 및 제작

종자 정렬 파종시스템은 크게 공급장치, 이송·배출장치, 기계시각시스템, 방향수정장치, 파종장치, 공압시스템 및 시스템 제어부로 구성되어 있다. 종자는 보울피더와 직선피더를 조합 구성한 공급장치에 의하여 자동으로 공급된다. 이송·배출장치는 공급장치에서 공급된 종자를 받아 기계시각시스템의 카메라와 방향수정장치를 거쳐 파종호퍼로 이송한다. 기계시각시스템에서는 종자방향을 판정하고 방향수정장치에서 종자방향을 수정한다. 파종장치는 종자를 육묘트레이에 일렬로 정렬하면서 배종한다. 시스템 제어부는 기계시각시스템으로부

* 농촌진흥청 농업공학연구소 생산기반공학과

** 충북대학교 농업생명과학대학 바이오시스템공학과

터 종자방향의 반전여부 신호를 받으며 시스템 전반을 제어한다. 기계시각시스템은 영상을 입력하기위한 Color CCD카메라(GC-405NB, LG산전) 및 C마운트 망원렌즈(60mm, f1.8), 삼파장 형광등의 조명장치, 입력된 영상을 저장하고 처리하기 위한 영상처리보드(Myvision board, Microrobot), 데이터처리 및 프로그램을 위한 컴퓨터(Pentium III 850 MHz, Advantech)로 구성되어 있다. 영상처리 프로그램은 윈도우즈 기반의 Visual C++6.0으로 컴파일하여 실행하였다. 정렬 파종시스템의 구성도는 그림 1과 같고, 주요제원은 표 1과 같다.

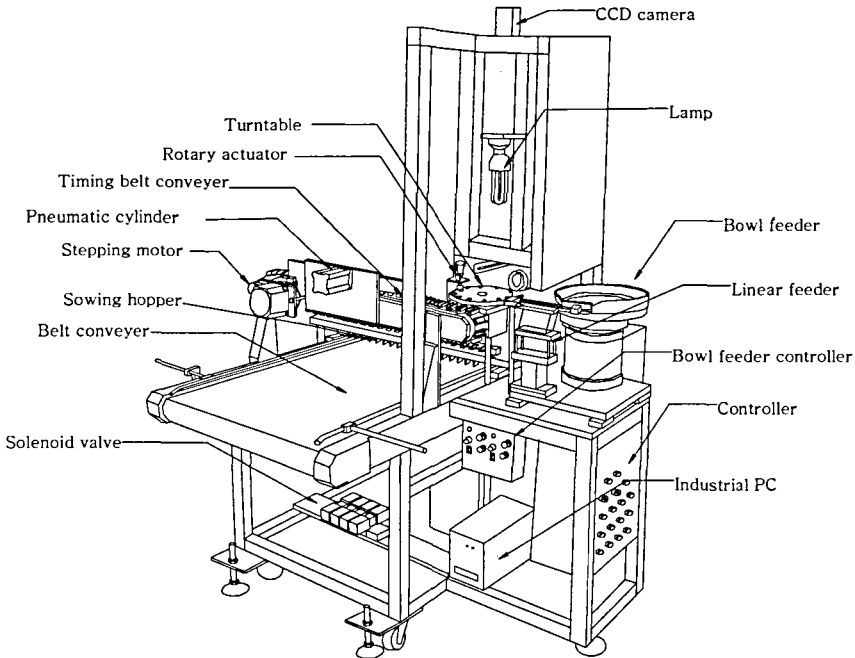


Fig. 1 Schematic diagram of a seeding system for seed line-up

나. 종자방향판정 소프트웨어

종자방향을 판정하기 위한 방향판정알고리즘은 영상이진화, 외접사각형의 설정, 배아위치의 판정 순으로 이어지며, 종자방향판정은 외접사각형의 중심과 종자영역의 도심위치를 비교하여 구하였다. 판정 소프트웨어는 카메라로 획득한 영상 중 관심영역만 화면에 나타내도록 하였으며, 입력영상 표시창, 영상처리수행결과 표시창 그리고 간단한 설정창만으로 메인화면구성을 하였다.

Table 1 Specification of a seeding system for seed line-up

Items	Specification
Size(L×W×H, mm)	1100 × 1550 × 1780
Control unit	PLC
Sowing rows	18
Metering device	Bowl feeder & conveyer
Conveyor operation	Step control by microcontroller
Seed direction discrimination	Image processing
Belt conveyer speed(m/min)	48.9

다. 시험재료 및 시험방법

시험은 수박의 대목으로 주로 사용하는 박의 일종인 참박, 참외의 대목으로 주로 사용하는 호박의 일종인 특토좌호박, 오이의 대목으로 주로 사용하는 흑종호박 종자를 대상으로 하였다. 그림 2는 실험에 사용한 종자의 모양이다.

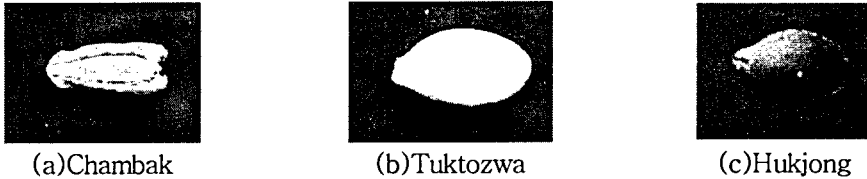


Fig. 2 Pictures of seeds used in experiment

그림 3은 종자방향판별 정도를 시험하기 위한 소프트웨어의 실행화면이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 판정 소프트웨어는 영상처리를 수행하는 관심영역의 변경과 영상이치화시 Hue 문턱값의 변경이 가능하도록 구성하였다. 또한 영상처리시간을 계산하여 설정창에 표시하도록 하였으며, 씨눈위치가 있는 쪽으로 화살표가 표시되도록 하였다. 종자 방향 판별시험으로서 종자의 기울기에 따른 판별정도를 알아보기 위하여 종자의 기울기를 0, 15, 30°로

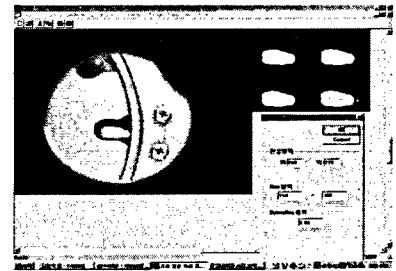


Fig. 3 A view of main screen of a image processing program

하여 영상을 획득하고 종자의 기울기에 따른 판별성능을 시험하였다. 또한 조명조건이 영상처리결과에 어떠한 영향을 주는 지 알아보기 위하여 바닥의 수평면 조도를 7.5, 10, 12.5 kLux 세 수준으로 변화시키면서 종자방향 판별정도를 조사하였다. HSI 컬러 공간에서 색상(H) 문턱값이 영상처리결과에 어떠한 영향을 주는 지 알아보기 위하여 문턱값을 60에서 180까지 5단계로 설정하여 생성되는 이진영상의 변화와 종자방향 판별정도를 조사하였다. 종자방향 판별 소요시간은 각 종자를 자동공급하면서 실험하였다. 종자의 정렬정도는 파종 후 트레이에 파종된 상태를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 종자의 기울기에 따른 종자방향 판별정도

종자공급장치에 의해 자동으로 공급되는 종자의 각도는 실험결과 $10 \pm 8^\circ$ 이었으며, 20° 이상 기울어져 공급되는 종자도 있었다. 이에 종자의 기울기에 따른 판별정도를 알아보기 위하여 종자의 기울기에 따른 종자방향 판별정도를 시험하였다. 그림 4는 참박종자의 기울기가 15° , 30° 인 상태의 입력영상과 방향판정결과를 나타낸 것이다. 종자의 기울기에 따른 종자방향 판별실험결과 0° , 15° , 30° 기울어진 각각의 참박, 특토좌호박, 흑종호박 종자의 판별정도는 100%의 판별 정확도를 나타내었다.



Fig. 4 Input image from CCD camera and results of image processing according to gradient of chambak

나. 수평면 조도에 따른 종자방향 판별정도

수평면 조도에 따른 종자방향 판별시험결과 참박종자는 7.5 kLux에서, 특토좌호박 종자는 10.0 klux에서, 흑중호박 종자는 7.5 kLux에서 다른 조도 조건하에서의 영상처리결과보다 이진영상에 잡음이 적었다. 특토좌호박과 흑중호박 종자에서는 12.5 kLux에서 잡음이 많이 나타났다. 따라서 종자방향 판정에 적당한 조명조건은 수평면조도 7.5~10.0 kLux범위인 것으로 판단된다.

다. 이진화 처리 문턱값에 따른 종자방향 판별정도

이진화 처리를 위한 적절한 Hue의 문턱값은 수평면조도가 7.5 kLux, 카메라의 조리개 수치가 11인 조건에서 참박 종자에서는 90~180, 특토좌호박 종자는 90~180범위에서 양호한 결과를 얻었다. 또한 흑중호박 종자에서는 90~180범위에서 판별은 가능하였으나 90에서는 종자추출이 매끄럽지 않은 것으로 나타났다. 그림 5는 참박 종자의 Hue 문턱값 수치에 따른 영상처리 결과 이미지이다.

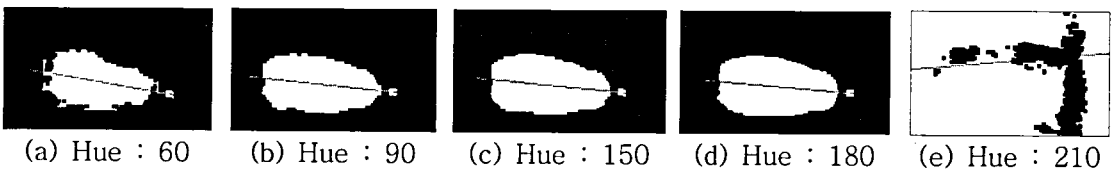


Fig. 5 Results of image processing of chambak according to the value of hue

라. 종자방향 판별 소요시간

종자판정소요시간은 표 2에서 보는 바와 같이 참박, 특토좌호박, 흑중호박 종자 각각 49.0 ± 0.7 , 49.2 ± 0.7 , 49.4 ± 0.7 ms로 초당 약 20개를 판별할 수 있는 것으로 나타났다.

마. 종자의 정렬정도

트레이 혈공 후 열립 지연시간과 열린 후 상승 지연시간을 0.2 초로 설정한 상태에서 파종 후 종자의 정렬정도를 실험한 결과를 표 3에 나타내었다. 표 3에서 보는 바와 같이 파종 후 종자의 정렬상태가 양호한 경우는 95% 이상인 것으로 나타났으며, 불량한 경우는 3% 이하인 것으로 나타났다.

Table 2 Processing time for discrimination of seed direction

Variety	Processing time(ms)
Chambak	49.0±0.7
Tuktozwa	49.2±0.7
Hukjong	49.4±0.7

Table 3 Arraying rate of seeds by the seeding system

Variety	Good (%)	Fair (%)	Bad (%)
Hukjong	95.2	3.2	1.6
Tuktozwa	96.6	1.6	1.8
Chambak	95.4	2.2	2.4

바. 파종시스템의 작업능률

파종시스템의 작업능률은 표 4에 나타난 바와 같이 162구 육묘트레이에 파종하는 경우 시간당 10,140립의 파종이 가능하여 인력에 의한 파종작업시 시간당 3,240립 보다 3.1배 능률적인 것으로 나타났다.

Table 4 Seeding performance of the seeding system for seed line-up

Item	Seeding system	Manual work	Remark
Efficiency(grain/h)	10,140	3,240	Feeder exciting voltage : 150 V

4. 요약 및 결론

박과채소 종자의 종자방향을 판정하여 육묘트레이에 일렬로 파종하는 정렬파종시스템을 구성하고 성능실험을 한 결과 다음과 같다.

- 가. 종자각도 30°이하인 종자에 대해서 100%의 판별 성능을 나타내었으며, 수평면조도가 7.5~10.0 kLux범위일 때 그리고 이진화 처리를 위한 Hue의 문턱값이 120~180범위일 때 판별성능이 양호한 것으로 나타났다.
- 나. 기계시각시스템에 의한 판정소요시간은 참박, 특토좌호박 호박, 흑종호박 종자 각각 49.0±0.7, 49.2±0.7, 49.4±0.7 ms로 나타났다.
- 다. 파종호퍼의 개폐 지연시간을 0.2 초로 설정하고 정렬성능시험을 한 결과 파종된 종자의 95%이상 정렬상태가 양호한 것으로 나타났다.
- 라. 파종시스템 작업능률은 162구 육묘트레이에 파종하는 경우 시간당 10,140립의 시간당 10,140립의 파종이 가능하여 인력에 의한 파종작업시 시간당 3,240립 보다 3.1배 능률적인 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 山田久也. 2004. 大粒種子整列播種裝置. 農業機械學會誌 66(2) : 21-23.
2. 小林 研, 笹谷定夫. 1998. 整列播種裝置の開發(第1報). 第57回農業機械學會年次大會講演要旨 pp 311-312.
3. 小林 研. 2003. 高精度1粒播種を高能率で. 機械化農業. 2003.11 pp 4-7.