

기계시각을 이용한 대립종자의 씨눈위치 판정알고리즘 개발

김동억 · 손재룡* · 장유섭 · 장익주¹

농업공학연구소, ¹경북대학교

Development of an Algorithm for the Embryo Location of Seed by using Machine Vision

Dong Eok Kim, Jae Ryong Son*, Yu Seob Chang, and Ik Joo Jang¹

National Institute of Agricultural Engineering, Rural Development Administration, Suwon 441-100, Republic of Korea

¹Kyungpook National University, Daegu 702-701, Republic of Korea

Abstract. This study was conducted to develop an algorithm for the embryo location in seed by using machine vision. The topic of this research is to detect the embryo location in seed regardless of seed supply direction. In order to detect the embryo location in Cham Bak, Tuktojwa and Hukjong, the effect of seed posture in the supply line was investigated. When the seed posture angle of Chambak from horizontal direction was 30°, the detection accuracy for embryo location was 77.8%, while detection accuracy was 100% for the 0° or 15°. When seed posture angle of Tuktojwa was 30° from the horizontal direction, the detection accuracy was 89.5% and it was 100% for the 0° and 15°. Embryo location detection accuracy for the Hukjong was 94.4% when the seed posture angle from the horizontal direction is 30°, and it was 100% for the 0° and 15°. When seeds are fed into the posturing and seeding line, the seed postures within 30° with mechanical means, and at most 15° seed stand posture, the developed algorithm can detect the embryo position in the seed. So, this embryo detection system is very useful tool in the posturing and seeding line.

Key words : seeding, seed, machine vision

*Corresponding author

서 언

씨앗으로부터 싹이 트고 새순이 나서 작물이 자라게 될 때 작물과 작물사이의 간격이 일정하게 위치해 있을 때 모든 작물에 동일한 광합성 및 영양분이 골고루 섭취되어 건전모 생산 및 충실한 열매가 결실된다.

그러기 위해서는 여러 가지 생육환경조건을 최적으로 유지하여야 함은 물론이거니와 우선적으로 해결하여야 할 과제로서 파종할 때 일정한 씨앗의 파종위치와 방향 등이 요구된다. 특히 인력파종이 아닌 기계파종으로 작업을 할 경우 일정 간격으로 파종은 가능하나 씨앗의 씨눈이 한쪽 방향으로만 향하게 하는 정렬파종은 어려운 실정이다.

현재까지 육묘생산에 있어서 완전 자동화 또는 부분 자동화가 이루어지고 있는 공정은 파종, 관수, 접목 등이 있다. 파종에 있어서는 진공 흡인식으로 씨앗을 흡착하여 공급되는 트레이에 한 줄씩 파종하는 기계가 개발되어 있고, 레일 위를 이송하면서 노즐에 의한 분사로 관수가 행해지고 있으며, 반자동식 접목기가 부분적으로 공급되고 있으나 대부분 인력에 의존한 접목작업이 이루어지고 있는 실정이다.

육묘생산 공정의 자동화를 위한 연구를 보면 Min et al. (2000) 등은 진공 노즐식으로 종자를 흡착하여 트레이에 파종하는 파종기를 개발함에 있어서 노즐구경, 노즐팁, 종자호퍼 바닥판 사이의 간격, 흡착부압, 진동되는 종자 바닥판으로부터의 종자의 진동높이 및 육묘트레이의 이송속도를 변수로 하여 파종

기의 최적인 작동조건을 구명하였다. 노지에서외의 파종기 개발에 관한 연구로는 Choi et al. (2001) and Park et al. (2001) 등에 의해 시도된 바 있고, Lee et al. (2000) 등은 롤러형 파종기에 있어서 구동용 직류모터의 회전속도를 제어하는 연구를 수행하였다. 영상처리 시스템을 이용하여 트레이 내의 결주나 불량모를 검출하는 보식작업의 자동화에 관한 연구가 수행(Kim et al., 1999; Son et al., 2001)되는 등 전진모 생산을 위한 자동화 연구가 많이 수행되고 있다.

접목 작업의 노동 경감을 위한 연구로는 Hwang et al. (1999) 등에 의해 수행되었으며 일본에서는 실용화에 성공하여 농가에 보급되어 사용되고 있다.

이와 같이 육묘 생산 공정에 있어서 현재까지는 작업 단계별 부분적인 자동화 및 실용화되어 보급되어 있다. 파종에 있어서도 씨눈이 놓이는 위치에 상관없이 자동 파종되는 장치가 공급되고 있지만, 여기에 추가하여 씨눈의 위치도 일정한 방향으로 파종시킴으로써 씨이 트는 방향이 일정하게 되어 더욱더 충실한 모가 생산될 때 육묘 생산의 완전 자동화는 한층 앞당겨질 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 기계시각을 이용하여 대립종자의 씨눈 위치가 공급 방향을 기준으로 앞 또는 뒤 쪽 어느 쪽에 위치해 있는지를 검출함으로써 보다 정밀한 기계 개발을 완성하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료 및 시험방법

대립종자는 그림 1에서 보는바와 같이 싹이 트고 식물의 줄기가 형성되는 부위를 배아 혹은 씨눈이라고 불리는데 본 연구에서는 기계시각으로 이 부위를 자동 판정하고자 하였다. 실험에 사용된 공시재료는 참박, 특토좌, 흑종으로서 품종에 따라 색상과 형상이 상이하고, 특히 참박의 경우는 씨눈 쪽에서 뒤쪽으로 가면서



Fig. 1. Picture of samples.

블록해지다가 다시 오목하게 들어가고, 씨는 반대쪽에서 가운데 부분이 오목하게 들어가는 형상을 띠고 있다. 이와 같은 참박 종자의 기하학적인 특성은 특토좌나 흑종의 씨앗이 일반적인 형태인데 비해 매우 특이한 형상을 하고 있다.

씨눈위치 판정을 위해 구성된 영상처리시스템은 영상을 입력하기 위한 Color CCD 카메라(JAI, CV-M70)와 입력된 영상을 저장하고 처리하기 위한 영상처리보드(Meteor II/MC, Matrox co.) 그리고 데이터 처리 및 프로그램을 위한 컴퓨터(IBM, Pentium 4) 등으로 구성하였다. 영상처리 프로그램은 윈도우즈 기반의 Visual C++6.0으로 컴파일 하여 실행하였고, 각종 영상처리함수들은 영상처리보드에서 제공되는 MIL 6.0 라이브러리를 이용하였으며, 여기서 제공되지 않는 영상처리 함수들은 사용자가 직접 함수를 만들어 사용하였다.

실험에 사용된 종자는 품종별 20개씩 선발하였고, 씨앗은 각 품종에 따라 형상이나 색상이 다르게 나타났다. 한꺼번에 20개의 종자가 CCD 카메라에 입력되도록 하였고, 또한 기계적으로 자동 공급되는 종자는 씨눈의 방향이 전진 방향과 반드시 수평(0°)으로 공급되지 않을 수 있다는 점을 고려하여 카메라로부터 씨앗의 입력 영상을 다음과 같이 고려해서 획득하였다. 즉, 씨눈의 방향이 화면의 평면상의 수평이 되는 위치를 0°라고 하고, 그것을 기준으로 15° 및 30°로 각각 변화시켜 가면서 영상처리에 의한 씨눈 검출정도를 조사하였다.

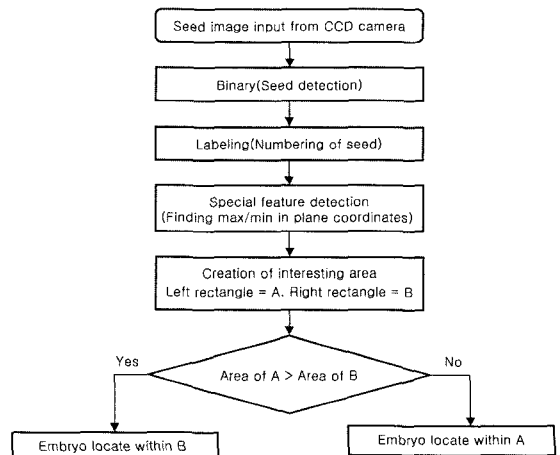


Fig. 2. Flowchart of embryo detection.

2. 영상처리알고리즘

씨눈의 판정을 위한 영상처리 단계는 그림 2와 같이 『영상입력 → 이치화(중자추출) → 라벨링(중자 계수) → 특징점 추출(중자의 x, y방향 최대/최소값 좌표점출) → 영상처리 영역설정(씨눈 쪽/산대 쪽) → 면적값 추출(씨눈 쪽/산대 쪽) → 씨눈 판정』의 순서로 하였다. 입력된 영상은 씨앗과 배경이 존재하며, 배경은 동일한 색상으로 구성하였기 때문에 씨앗과 배경 두 가지 색상이 존재하게 된다. 따라서 히스토그램에서 나타나는 계곡을 자동으로 찾는 자동 문턱값 설정에 의해 씨앗과 배경의 분리가 가능하다. 라벨링은 MIL 6.0 라이브러리에서 제공되는 Blob 함수에 의해 이치화된 중자들의 계수를 하였다. 특징점 추출에 있어서도 Blob 함수를 이용하여 찾은 x, y 방향의 최대 최소값을 검출하였으며, 영상처리 영역설정은 특징점을 추출한 좌표를 이용하여 관심영역의 설정이 가능하였다.

CCD 카메라로부터 입력된 대립종자는 히스토그램에 의한 문턱값 처리로 배경과 노이즈를 제거한 후 중자만을 추출하여 2진영상을 생성하고, 입력된 씨앗들에 대해서 영상처리순서를 정하기 위하여 화면상의 좌상단을 기준 점으로 해서 오른쪽과 아래방향으로 차례대로 스캔해 가면서 씨앗을 찾아 그 순서대로 번호를 부여한다. 그런 다음 그림 3과 같이 각 개체에 대해서 x, y 방향으로 평면상의 최대/최소값을 검출하는 특징점 추출과정을 거친다. 대립종자는 기하학적인 형상으로 볼 때 씨눈 쪽의 형상이 반대쪽에 비해 약간 뾰족한 형상(그림 1 및 그림 3 참조)을 띄고 있기



Fig. 3. Detection of special features.

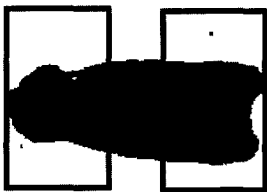


Fig. 4. Creation of interesting area for embryo detection.

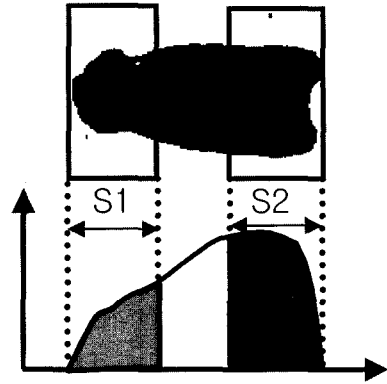


Fig. 5. Sum of pixels within interesting area.

때문에 그림 4와 같이 사각형의 두 개의 관심영역을 설정한다. 관심영역내의 gray 값은 이치화된 영상이므로 0과 1의 두 단계의 값이 존재하게 되는데 여기서는 검정 색이 씨앗이므로 0의 값이 종자에 해당하는 부분이 된다.

따라서 그림 5와 같이 처리하고자 하는 관심영역 안에 존재하는 모든 pixel들에 대해서 0의 값을 가지는 gray 값을 적분하여 왼쪽 영역에는 s1으로 오른쪽에는 s2로 각각 저장을 하고, 이들을 서로 비교한다. 이 때 s1보다 s2의 값이 크면 s1쪽이 씨눈이라고 판정을 하게 된다.

결과 및 고찰

영상처리를 위한 프로그램 메뉴 구성은 그림 6과 같이 두 개의 영상저장 버퍼와 처리된 결과들이 출력되는 리스트 박스 그리고 팝업메뉴 등으로 구성하였다. 카메라에서 입력된 대립종자들이 한꺼번에 20개의 씨앗을 한 프레임에 입력되게 하는 화면 좌 상단의 RGB 영상 버퍼와 씨눈의 위치판정을 위해서 이치화 수행, 관심영역설정 그리고 특징점 추출 등의 작업을 수행하기 위한 화면 우 상단에 또 다른 RGB 영상버퍼를 설정하였다. 또한, 씨눈의 위치 판정에 대한 결과는 화면 하단에 리스트박스를 만들어 출력하도록 하는 영상처리프로그램을 개발하였다.

그림 7과 8은 씨앗의 놓인 위치가 15°인 상태로서 그림 7은 입력영상이고 그림 8은 이치화된 결과를 나타냈다. 또한 그림 9와 10은 30°인 상태에서의 결과로서 그림 9는 입력영상이고 그림 10은 입력영상에

기계시각을 이용한 대립종자의 씨눈위치 판정알고리즘 개발

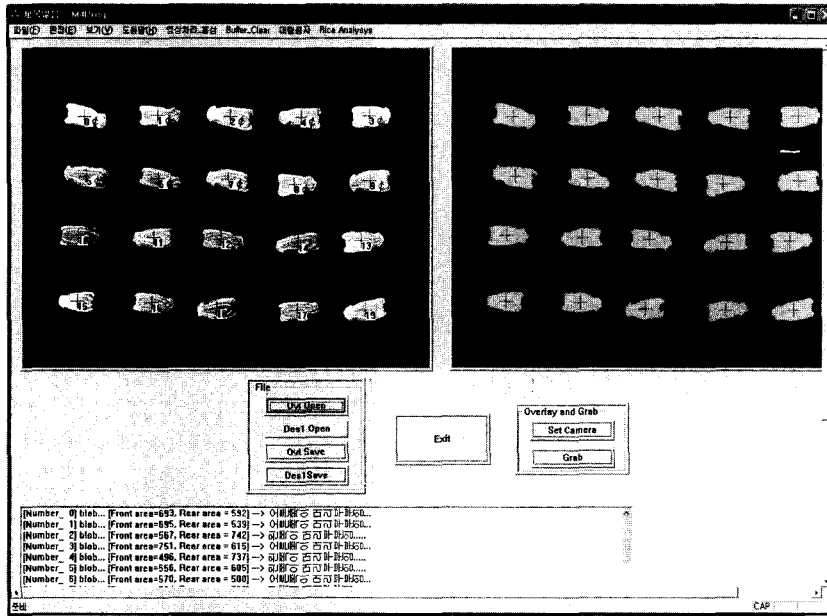


Fig. 6. Picture of image processing for embryo detection.

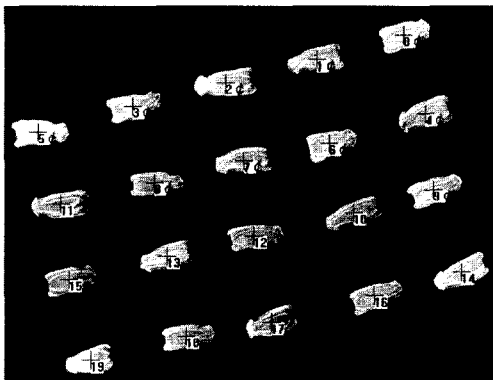


Fig. 7. Input image from CCD camera at 15°.

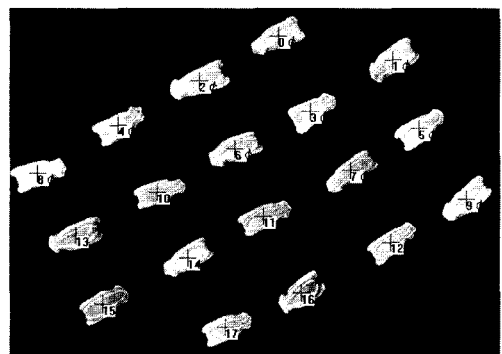


Fig. 8. Input image from CCD camera at 30°.

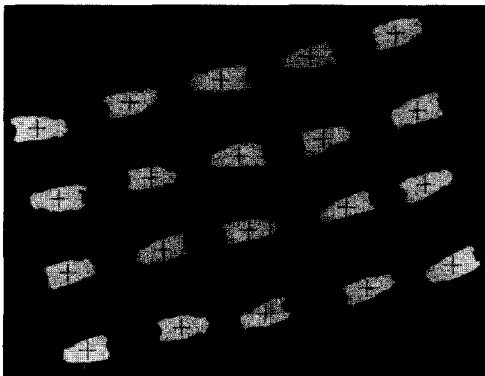


Fig. 9. Results of binary image.

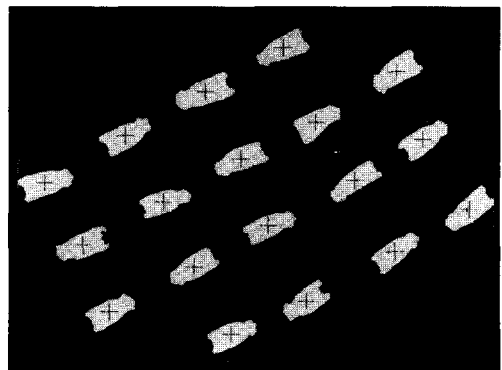


Fig. 10. Results of binary image.

Table 1. Results of embryo detection by a kind and posture of supply line.

Posture of supply line	Chambak			Tuktojwa			Hukjong		
	0°	15°	30°	0°	15°	30°	0°	15°	30°
Success ratio (%)	100	100	77.8	100	100	89.5	100	100	94.4

대한 이치화 결과이다.

카메라로부터 입력되는 각 종자들의 씨눈 방향은 서로 동일하지 않게 임의로 위치시켜 영상처리를 하였다. 표 1에서는 품종별 및 씨눈위치 공급 자세에 따른 씨눈판정 정도에 대한 시험결과로서 참박의 경우 씨눈의 공급자세가 30°일 경우에는 77.8%의 정확도를 나타냈지만, 0°와 15°일 때는 100% 검출 정확도를 나타내었다. 또한, 특토좌의 경우 공급자세 30°에서 89.5%, 0°와 15°에서는 100%의 판정 정확도가 나타났다. 한편, 흑종의 경우에 있어서는 공급자세 30°에서 94.4% 이었고 나머지는 100%의 정확도를 나타냈다.

이와 같이 특토좌나 흑종에 비해서 참박의 경우에 있어서 공급자세가 30°일 때 판정오차가 크게 나타나게 되는데, 이것은 참박 종자의 특성상 형상이 특이하기 때문이다. 특히 씨눈의 반대쪽 형상을 보면 가운데 부분이 오목하게 들어가 있어서 이치화 영상으로 관심영역을 설정할 때 그 부분이 관심영역 내에 포함되어 있다. 따라서 관심영역 내에 존재하는 0의 gray 값을 적분하여 씨눈을 판정함에 있어서 참박이나 흑종과는 달리 씨눈 반대쪽의 오목한 부분으로 인해 씨눈 부분의 관심 영역 내에 존재하는 총 화소수의 값이 씨눈 반대편에 있는 관심영역내의 총 화소수 값 차이를 비교할 때 참박과 흑종에 비해 상대적으로 적게 차이가 발생하기 때문이다. 더욱이 공급자세가 많이 경사지게 되면 그렇지 않은 경우 보다 씨눈 쪽과 반대쪽의 영상면적차이가 더욱 작아지게 되어 이에 따른 오차로 판단되었다.

그러나, 정렬파종장치의 공급부에서 종자가 공급될 때 기계적인 메카니즘으로 30° 이상 기울어지는 것을 방지할 수 있고, 본 연구 결과에 따르면 최대 15°까지 기울어진다 해도 씨눈의 위치를 자동으로 판정할 수 있기 때문에 향후 파종장치의 한 부분으로서 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

적 요

대립종자의 자동정렬파종기의 씨눈위치 자동판정장

치를 개발하기 위한 연구로서 수행된 이 연구는 기계시각을 이용하여 대립종자의 씨눈 위치가 공급 방향을 기준으로 앞 또는 뒤쪽 어느 쪽에 위치해 있는지를 검출하기 위함이다.

참박, 특토좌, 흑종에 대한 씨눈위치를 판정하기 위하여 종자의 공급자세에 따른 판정정도를 조사하였다. 참박의 경우 공급자세가 30°일 경우에는 77.8%의 정확도를 나타냈지만, 0°와 15°일 때는 100% 검출 정확도를 나타내었다. 특토좌의 경우 공급자세 30°에서 89.5%, 0°와 15°에서는 100%의 판정 정확도가 나타났다. 흑종의 경우에 있어서는 공급자세 30°에서 94.4% 이었고 나머지는 100%의 정확도를 나타냈다.

따라서 정렬파종장치의 공급부에서 종자가 공급될 때 기계적인 메카니즘으로 30° 이상 기울어지는 것을 방지할 수 있고 15°까지 기울어진다 해도 씨눈위치를 판정할 수 있기 때문에 향후 파종장치의 한 부분으로서 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

주제어 : 파종, 씨앗, 기계시각

인 용 문 헌

1. Choi, D.K., S.C. Cho, C.S. Lee, S.H. Park, H.J. Kim, T.K. Kang, C.K. Kim, and T.Y. Kwak 2000. Development of a metering device for the garlic planter. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 26(6): 525-534 (In Korean).
2. Hwang, H., S.C. Kim, and K.D. Ko 1999. Development of prototype automatic grafting system for fruit-bearing vegetables. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 24(3):217-224 (In Korean).
3. Kim, C.S., M.S. Kim, and K.D. Kim 1999. Image processing algorithm for robotic plug-seedling transplanter. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 24(1):51-88 (In Korean).
4. Min, Y.B., S.T. Kim, and T.S. Chung 2000. Optimum operating conditions of a vaccum nozzle seeder. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 25(6): 463-470 (In Korean).
5. Park, W.K., D.K. Choi, and Y.K. Kim 2001. Develop-

기계시각을 이용한 대립종자의 씨눈위치 판정알고리즘 개발

- ment of a garlic clove planter(1) - survey for planting condition and physical properties of garlic clove -. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 26(6): 495-502 (In Korean).
6. Rhee, J.Y., Y.Y. Kim, and S.R. Park 2000. Speed control of DC motor for roller type seeder. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 25(5):351-358 (In Korean).
7. Son, J.R., C.H. Kang, K.S. Han, S.R. Jung, and K.Y. Kwon 2001. Recognition of missing and bad seedlings via color image processing. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 26(3):253-262 (In Korean).