

양파정식기 개발: 채소정식기의 식부장치 형태에 따른 식부궤적 분석

민영봉 · 강정균 · 유찬석*

경상대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과(농업생명과학연구원)

접수일(2015년 6월 15일), 수정일(2015년 11월 24일), 게재확정일(2015년 11월 26일)

Development Onion Transplanter: Analysis a Transplanting Locus on The Type of Transplanting Devices for a Vegetable Transplanter

Young Bong Min · Jeong Kyune Kang · Chan Seok Ryu*

Bio Industrial Machinery Engineering(Institute of Agriculture and Life Science), Division of Agro-system Engineering, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Received: JUN. 15. 2015, Revised: NOV. 24. 2015, Accepted: NOV. 26. 2015

초록

본 연구에서는 양파정식기의 적합한 식부장치를 제시하기 위하여 채소정식기의 식부장치 형태에 따른 식부궤적을 조사 및 분석하였다. 조사대상은 채소정식기에 사용되고 있는 휠 방식, 로터리 방식, 4절 링크 방식, 4절 링크-캠 방식 식부장치들의 구조와 정지궤적을 기준으로 AutoCAD를 이용하여 주행상태에서의 운동궤적(식부궤적)을 작도하였다. 이 식부궤적으로 식부개공기가 토양에 관입될 때 밀림거리, 토양-식부개공기의 상대속도 0이 되는지 분석하였다. 식부궤적 분석결과 각 식부장치들은 밀림거리를 가졌으며, 가장 적은 밀림거리를 가진 식부장치는 로터리 방식 식부장치이지만 토양-식부개공기의 상대속도 0는 될 수 없다고 판단된다. 4절 링크-캠 방식 식부장치의 가장 작은 밀림거리는 주간거리 130mm에서 정식할 때 밀림거리 9.89mm로 나타났고 토양-식부개공기의 상대속도가 0이 되지 않았다. 하지만 4절 링크-캠 방식 식부장치의 구조는 캠형상을 변경하여 토양-식부개공기의 상대속도가 0으로 정식 할 수 있다고 판단된다.

검색어 - 식부장치, 양파정식기, 4절 링크-캠 방식

ABSTRACT

In this study, transplanting device was investigated and analyzed according to the form of the transplanting device of vegetable transplanter to address transplanting device of a onion transplanter. Investigation was the structure and locus of each transplanting device used in vegetable transplanter. transplanting locus was constructed using AutoCAD. The transplanting locus was analysis by pushed distance and relative velocity 0. The transplanting locus was analyzed by pushed distance and relative velocity 0. The transplanting locus analysis results of each transplanting devices had a pushed distance. transplanting device with the smallest pushed distance is 4bar link-cam transplanting device, when the row space 130mm to pushed distance 9.89mm. 4bar link-cam transplanting devices hopper-soil Relative velocity was not zero. But, If you change a cam shaped, will be able to close the hopper-soil relative velocity 0. Therefore, 4bar link-cam transplanting device in accordance with the needs row space by the hopper-soil relative speed zero have a cam shape is expected to maximize the transplanting performance.

Key words - Onion transplanter, Transplanting device, 4bar link-cam type

*Corresponding author: Chan Seok Ryu

Tel: +82-55-772-1897

Fax: +82-55-772-1899

E-mail: ryucs@gnu.ac.kr

서론

Research Institute of Onion Products(2010)에 따르면 양파는 각종 비타민과 칼슘, 인산 등 우리 몸에 좋은 무기질이 많은 기능성 건강식품으로 알려지면서 소비가 꾸준히 늘어나 가격의 상승과 재배면적의 지속적인 증가로 이어졌다. Jeong et al. (2006)에 따르면 양파의 수분 및 가용성 무질소물의 함량은 약 92% 및 5%로 나타났으며, 양파에 많이 함유되어 있는 무기성분으로는 K, Na 및 Ca가 있으며 주요 유리당은 glucose, fructose, sucrose가 있다. 생리활성물질로는 glutamic acid, phenylalanine, aspartic acid, vitamin C, quercetin 등이 있다.

양파 재배법은 지역에 따라 다양하고, 조수는 4, 6, 8조, 주간거리는 약 130mm ~ 150mm 정도로 조사되었다. Lee et al.(2013)은 무공 투명 비닐에 횡으로 정식(주간 130mm, 조간 200mm) 종으로 정식(주간 200mm, 조간 130mm)하여 정식하였고 인력 정식 휴폭 1800mm, 기계 정식 휴폭 1500mm, 1200mm로 정식하여 시험을 수행하였다고 한다. Moon et al.(1997)에 따르면 채소의 생산과정에서 육묘와 정식작업이 차지하는 노동투하량은 10%, 5% 정도이나 짧은 시간에 대량의 육묘를 정식하여야 하며 연간 2~3회 반복되는 중노동으로 노동력 부족과 노령화에 따른 정식작업의 생력화가 절실히 요구된다. 국내에 개발 보급된 채소정식기의 식부장치는 휠 방식, 로터리 방식, 4절 링크 방식, 4절 링크-캠 방식이 있다. 휠 방식은 휠에 식부개공기를 다수 설치하여 휠 속도에 맞추어 정식을 하는 방식이다. 그리고 속도가 변하더라도 일정하게 정식할 수 있고 구조가 단순한 것이 특징이다. 하지만 휠 방식 식부장치는 부피가 크고 다수의 식부개공기가 장착되어야 하는 단점이 있다. 휠 방식에 대해 Kim et al.(2004)은 식부개공기가 끝단이 토양 속에 고정되기 때문에 식부개공기가 끌리는 현상은 발생하지 않을 것으로 판단된다고 하였다. 로터리 방식은 크랭크샤프트를 통해 동력을 받고 기어 케이스들과 식부개공기가 회전하면서 식부개공기의 타원모양 정지궤

적을 그리며 정식하는 방법으로 채소정식에 가장 많이 사용되는 식부장치이다. 로터리 방식에 대해 Park et al.(2004)^a은 식부호퍼가 토양에서 끌리거나 밀리는 현상은 발생하지 않았지만 식부개공기가 토양에서 빠져나올 때 식부개공기가 열리면서 흙을 뒤쪽으로 밀어 토양에 구멍이 넓어져 묘가 쓰러지는 현상이 발생하였다고 하였다. 4절 링크 방식은 크랭크 링크를 통해 동력을 받아 구동하며 4절 링크 방식 식부장치의 특징은 식부개공기가 앞으로 나와 있어 묘의 줄기가 길어도 정식할 수 있다는 특징이 있다. 식부개공기의 정지궤적은 커플러곡선의 궤적으로 정식한다. 4절 링크 방식에 대해 Park et al. (2004)^b은 식부개공기가 45°의 각도로 토양 속으로 삽입되었다가 토출될 때도 45°로 나오기 때문에 묘의 식부자세가 비스듬하게 심겨질 것으로 판단된다고 하였다. 4절 링크-캠 방식은 4절 링크 방식에 식부개공기를 캠으로 밀어 토양과 식부개공기의 상대속도를 0으로 만드는 방식이 특징이다. Min et al.(1999)이 개발한 양파정식기는 비닐멀칭하에서 정식 일관작업이 가능하도록 개발되었다. 양파정식기의 정식작업공정은 묘판탐재-묘판1칸 내림-묘취출-묘이송-식부로 이루어져 있다. 이 공정 중 식부장치는 현재 4절 링크-캠 방식 식부장치를 사용하고 있다. 하지만 4절 링크-캠 방식 식부장치의 식부궤적에 대한 분석 결과가 없었다.

본 연구에서는 양파정식기 개발을 위한 채소정식기의 식부장치 형태에 따른 식부궤적 분석을 하였다. 국내에서 개발된 대표적인 식부장치들의 구조와 식부개공기의 정지궤적을 조사하여 식부개공기의 식부궤적을 분석하였다. 양파의 다양한 재배법을 고려하여 주간거리 130mm, 140mm, 150mm를 기준으로 각 식부장치의 식부궤적을 조사하였다.

재료 및 방법

1 식부장치

정식기의 식부장치는 묘를 식부개공기로 받아서

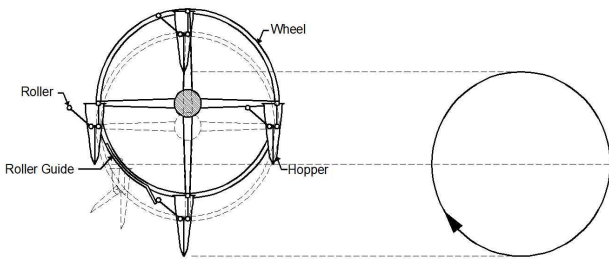


Fig. 1. A wheel type transplanting device and a locus.

토양 속에 꽂는 작업 장치이다. 묘를 토양 속에 필요 깊이에 바른 자세로 심기 위해서는 식부개공기가 땅속에 관입되고 토출될 때 식부개공기와 토양의 상대적 밀립을 최소화해야한다. 식부개공기와 토양의 상대적 밀립을 이론적으로 조사·분석하기 위해서 식부개공기의 운동궤적인 식부궤적을 분석하였다. Fig. 1, 2, 3, 4는 본 연구에서 비교할 채소정식기에 이용되고 있는 휠 방식, 로터리 방식, 4절 링크 방식, 4절 링크-캠 방식 식부장치의 구조와 정지궤적이다.

2 식부궤적 분석

정식기가 주행하지 않은 상태의 식부개공기의 정지궤적(Fig. 1, 2, 3, 4)이 아닌 정식기가 주행하는 상태에서의 운동궤적을 계산 및 도식화하기 위해 AutoCAD(Ver. 2010, Autodesk Inc. USA)를 이용하여 작도하였다. 휠 방식, 로터리 방식, 4절 링크 방식, 4절 링크-캠 방식 식부장치들의 주요치수는 관련논문 Min et al.(1999), Kim et al.(2004),

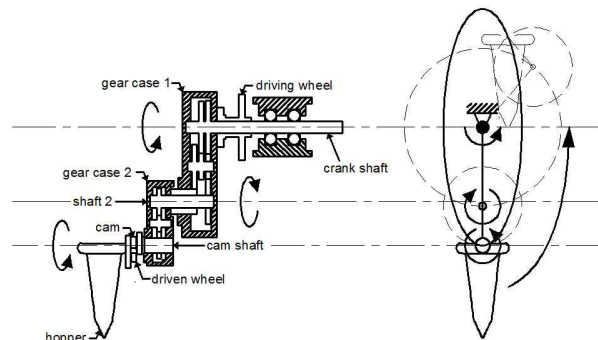


Fig. 2. A rotary type transplanting device and a locus.

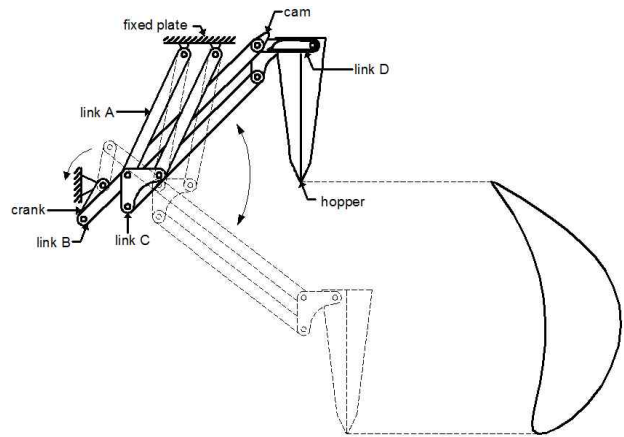


Fig. 3. A 4bar link type transplanting device and a locus.

Park et al.(2004)^a, Park et al.(2004)^b을 참고하였다. 각 식부장치의 치수는 4절 링크-캠 방식을 기준으로 상하행정 228.28mm이 되도록 AutoCAD를 이용하여 작도하였다.

Table. 1은 관련논문에서 식부장치의 주요치수를 나타내었다. 식부 운동궤적(이하, 식부궤적)을 분석하기 위해 식부정식기의 주행속도는 각 식부장치가 1초당 1회 정식하도록 구간거리에 맞춰 130mm/s,

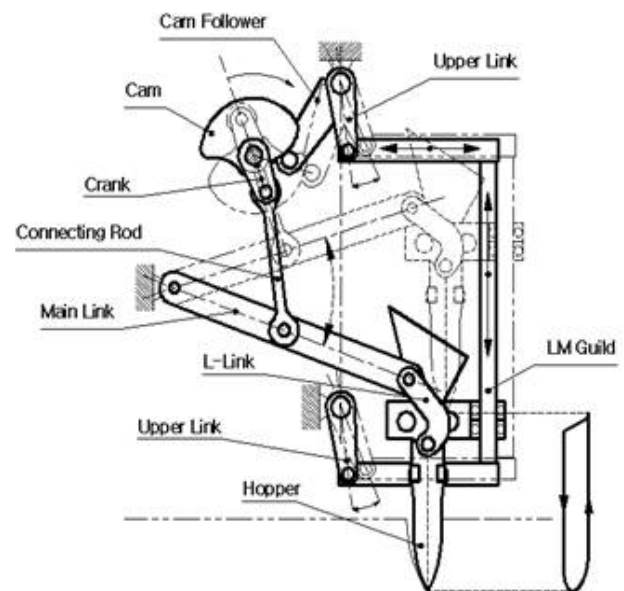


Fig. 4. A 4bar link-cam type transplanting device and a locus.

140mm/s, 150mm/s로 하였다. 식부궤적은 식부장치 10°씩 회전시켜 수직으로 고정된 식부개공기의 하단 끝단을 기준으로 작성된 정지궤적의 연속적인 형태로 작도하였고, 여기에 주간거리만큼 이동한 x축 거리를 정지궤적에 더하여 식부궤적을 작도하였다.

3 밀림거리 분석

양파정식기의 식부개공기가 토양에 60mm만큼 관입하여야 묘의 자세가 안정적이기 때문에 식부궤적 하사점에서 y축 방향으로 상단 60mm지점을 토양으로 하였다. 식부개공기가 토양에 관입 시작한 지점부터 토출 지점까지의 거리를 측정하여 밀림거리를 측정하였다.

Table 1. Size of each transplanting device

Wheel type	Size
Wheel diameter	228.28mm
Rotary type	Size
Crank shaft-shaft 2 distance	71.94mm
Shaft 2-cam shaft distance	42.2mm
4bar link type	Size
Crank length	35.16mm
Link A length	120.53mm
Link B length	222.73mm
Link C length	166.31mm
4bar link-cam type	Size
Crank length	43mm
Connecting rod length	154.7mm
Main link length	140mm
Connecting rod-main link Connection Spot	300mm
L link length	75.55mm
Cam follower length	105mm
Upper link, under link length	75mm
LM Guide length	335mm
Upper-under link between length	359mm
Cam follower-Upper link between angle	43°

결과 및 고찰

1 식부궤적 분석 결과

Fig. 5, 6, 7은 상하행정정은 228.28mm, 개공깊이는 60mm를 기준으로 각 식부장치의 식부궤적을 주간거리에 따라 나타낸 것이다. Fig. 5는 주간거리 130mm일 때, Fig. 6은 주간거리 140mm일 때, Fig. 7은 주간거리 150mm일 때 양파정식기 식부개공기의 식부궤적과 식부장치 종류별 식부개공기의 식부궤적들을 비교한 그래프이다. 전체적으로 휠 방식은 사이클로이드 곡선으로 식부궤적을 가졌고, 로터리 방식은 타원의 식부궤적을 가졌고, 4절 링크 방식은 커플러곡선의 식부궤적을 가졌고, 4절 링크-캠 방식은 사다리꼴 모형의 식부궤적을 가졌다. 각 식부장치들은 정지궤적과 식부궤적이 거의 비슷한 궤적을 가진다고 판단된다.

2 밀림거리 분석 결과

Table 2는 식부궤적의 밀림거리를 나타낸 것이다. 주간거리 130mm일 때 식부장치의 식부개공기가 토양에 관입하여 토출하는 동안 밀림거리는 휠 방식이 31.18mm, 로터리 방식이 9.34mm, 4절 링크 방식이 45.56mm, 4절 링크-캠 방식이 9.89mm로 나타났다. 4절 링크 방식이 가장 밀림거리가 컸고 로터리 방식이 가장 작게 나타났다. 4절 링크-캠 방식의 밀림거리와 로터리 방식의 밀림거리는 큰 차이가 없었지만 주간거리 130mm에 최적화된 모형이 아니기 때문이라 판단된다.

주간거리 140mm일 때 식부장치의 식부개공기가 토양에 관입하여 토출하는 동안 밀림거리는 휠 방식이 22.29mm, 로터리 방식이 7.11mm, 4절 링크 방식이 43.64mm, 4절 링크-캠 방식이 12.85mm로 나타났다. 4절 링크-캠 방식의 밀림거리가 로터리 방식보다 큰 이유는 캠의 형상이 주간거리 140mm에 최적화된 모형이 아니기 때문이라 판단된다.

주간거리 150mm일 때 식부장치의 식부개공기가 토양에 관입하여 토출하는 동안 밀림거리는 휠 방식이 14.14mm, 로터리 방식이 4.89mm, 4절 링크 방

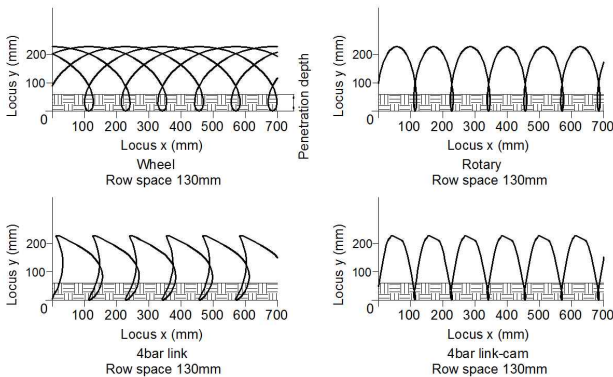


Fig. 5. Loci of a transplanting hopper with row space of 130mm.

식이 41.83mm, 4절 링크-캠 방식이 16.09mm로 나타났다. 4절 링크 방식이 가장 밀림거리가 컸고 로터리 방식이 가장 작게 나타났다. 4절 링크-캠 방식의 주간거리 130mm보다 150mm가 더 긴 밀림거리를 가지는 이유는 캠의 모형이 주간거리 130mm에 적합하다고 판단된다.

휠 방식은 시뮬레이션에서 오차가 크지만 식부개공기가 토양에 관입하면서 토양에 고정된다면 밀림이 없을 것으로 판단된다. 로터리 방식은 좌우가 대칭이 되며 식부개공기가 토양에 정식하는 동안 밀림이 가장 적은 궤적을 가지는 것으로 판단된다. 4절 링크 방식은 커플러곡선의 식부궤적을 가져 밀림거리가 크고, 식부개공기가 45°의 각도로 토양 속으로 삽입되었다가 토출될 때도 45°로 나오기 때문에 묘의 식부자세가 비스듬하게 심겨질 것으로 판단된다.

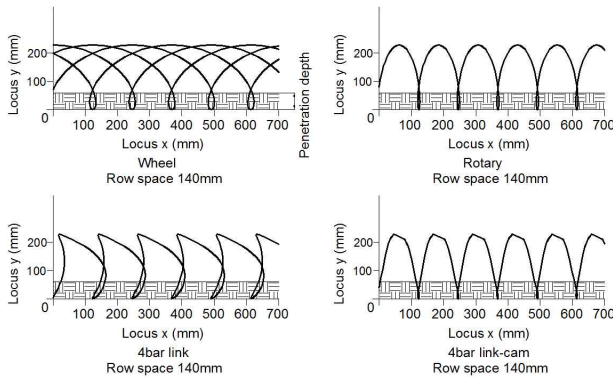


Fig. 6. Loci of a transplanting hopper with row space of 140mm.

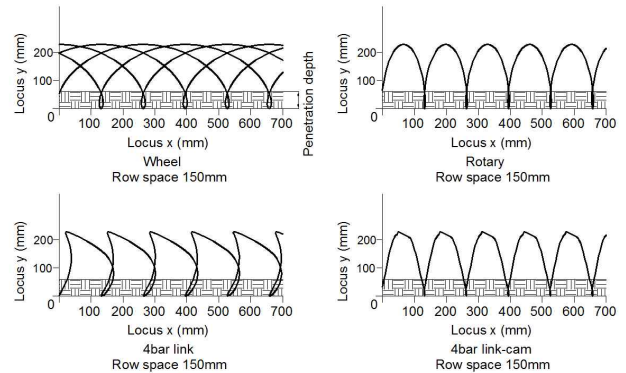


Fig. 7. Loci of a transplanting hopper with row space of 150mm.

4절 링크-캠 방식은 사다리꼴 모양의 식부궤적을 가지며, 양파정식기의 식부개공기는 4절 링크에 의해 상하행정만 한다. 여기서 캠이 양파정식기의 주행거리만큼 식부개공기를 밀어주기 때문에 토양-식

Table 2. Pushed distance of each transplanting device to row space

Row space 130mm	Pushed distance
Wheel type	31.18mm
Rotary type	9.34mm
4bar link type	45.56mm
4bar link-cam type	9.89mm
Row space 140mm	Pushed distance
Wheel type	22.29mm
Rotary type	7.11mm
4bar link type	43.64mm
4bar link-cam type	12.85mm
Row space 150mm	Pushed distance
Wheel type	14.14mm
Rotary type	4.89mm
4bar link type	41.83mm
4bar link-cam type	16.09mm

부개공기 상대속도를 0으로 만들 수 있는 구조이다. 하지만 본 시험에 사용된 4절 링크-캠 방식 식부장치의 캠은 양파정식기에 적합하지 않는 형상을 갖는 것으로 판단된다.

본 시험에서 밀림거리가 가장 작은 경우는 로터리 방식 식부장치로 주간거리 150mm로 정식할 때이며 밀림거리는 4.89mm로 나타났다. 이는 전체적으로 로터리 방식이 평균적으로 밀림거리가 작게 나타났지만 로터리 방식 구조상 토양-식부개공기 상대속도가 0이 될 가능성은 없다고 판단된다. 하지만 4절 링크-캠 방식은 수직으로 상하행정만 하는 식부개공기를 양파정식기의 주행거리만큼 캠이 밀어 토양-식부개공기 상대속도 0으로 만들 수 있는 구조이기 때문이다. 따라서 캠의 모형을 수정하면 토양-식부개공기 상대속도가 0으로 될 수 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부의 첨단기술개발사업 지원으로 수행되었음.

References

Kim JY, Park SH, Jo SC, Choi DK, Kim CG, and Kwak TY. 2004. Motion Analysis for Wheel Type of Transplanting Device, Journal of Korea Society For Agricultural Machinery, 9(2): 145-149
 Min YB, Moon SD, Ha JG, Moon KG, Kim DW,

Park JC, Jeon HT, Je SR, Woo CN, Kang HG, Sin KS, Kim SH, Seong KH, Han GJ, Seo JG, and Ha IJ. 1999. Development of a transplanter for laborsaving mechanization of onion cultivation. Journal of the Research Institute of Greenhouse Horticulture 6: 1-100.
 Moon JS, Kim HD, Ha IJ, Lee SY, Lee JT, and Lee SD, 2010, Chemical Component of Red Onion (*Allium cepa* L.) according to Cultivars and Growing Areas, Korean Journal of Horticultural Science & Technology 28(6): 921-927.
 Jeong CH, Kim JH, and Shim KH. 2006. Chemical Components of Yellow and Red Onion, Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 35(6): 708-712.
 Lee ET, Kim CW, Choi IH, Hwang EJ, Bae SG, Park GG, and Song IH. 2013. Growth and Yield Onion as Affected by Transplanting Method for Mechanical Cultivation, Journal of Korea Society for Horticultural Science. pp. 57-57.
 Park SH, Jo SC, Kim JY, Choi DK, Kim CG, and Kwak TY. 2004. Motion Analysis for 3bar Link Type of Transplanting Device, Journal of Korea Society for Agricultural Machinery. 9(2): 150-154^a.
 Park SH, Jo SC, Kim JY, Choi DK, Kim CG, and Kwak TY. 2004. Motion Analysis for 4bar Link Type of Transplanting Device, Journal of Korea Society for Agricultural Machinery. 9(2): 155-159^b.
 Research Institute of Onion Products, 2010, Components of Onion, <http://cnonion.or.kr/> (2013.10.15.)