한국농업기계학회 2005 하계 학술대회 논문집 10(2):343-346

박과채소의 단근합접용 접목로봇 개발
- 접목시스템의 작업성능

Development of a Root-removed Splice Grafting Robot for Cucurbitaceous Vegetables
- Operating performance of grafting system

강창호* 이승규** 한길수* 최홍기*
정회원 정회원 정회원 정회원
C. H. Kang S. K. Lee K. S. Han H. K. Choi

1. 서론

우리나라에서 과채류의 접목재배는 1960년대에 수박을, 1980년대부터는 수박과 오이 등 박과채소를 중심으로 시작되었다. 그리고 1991년에는 플러그 육묘방법이 국내에 도입되면서 접목묘를 전문으로 생산하는 공정육묘장이 설립되기 시작하였으며, 공정육묘장의 설치개소는 1995년 30개소에서 2003년에는 131개소로 증가되었다. 이처럼 공정육묘장의 수가 증가하면서 농가는 공정육묘장에서 모종을 구입하여 재배하는 형태로 변화되었으며, 이러한 과채류의 육묘와 재배 분업화는 앞으로도 지속될 전망이다(김과 이, 2000).

공정육묘장에서 접목작업은 인력에 의존하고 있으며, 접목작업에 소요되는 투하노동력은 접목묘의 생산을 위하여 투하되는 총노동력의 70~80%에 달한다고 한다(정, 2004). 그리고 접목작업은 크기가 작고 연약한 식물체가 대상이므로 섬세성과 정밀성이 요구된다. 더욱이 접목작업의 성공여부는 고품질의 모종생산에 절대적인 영향을 미치므로 숙련된 일손의 확보가 매우 중요하다. 반면, 공정육묘장에서 접목묘의 생산에 있어 가장 어려움을 겪고 있는 것은 숙련된 기능인력의 안정적 확보(53.6%), 활착실의 적정환경조성(34.2%) 등으로 나타나(김과 이, 2000), 접목작업을 할 수 있는 일손의 확보에 어려움을 겪고 있음을 엿볼 수 있다.

따라서 접목작업을 생력화할 수 있는 기계기술의 개발이 시급한 과제라고 생각된다. 이러한 실정을 감안하여 그동안 국내외에서 다양한 형식의 접목작업 기계기술이 개발되었다. 그러나 실용화가 미흡한 실정인데, 이는 기존의 인력에 의한 접목묘 생산체계를 변화시키지 않고도 도입할 수 있는 기계기술이 개발되지 못한 것에 한 원인이 있다고 한다(小林, 2004).

여기서는 공정육묘장에서 수박과 오이 등 박과채소에 대한 기존의 접목묘 생산방식과 체계를 가급적 변화시키지 않고 도입할 수 있도록 개발한 단근합접용 접목메카니즘(강 등, 2004)으로 구성하는 시제품을 제작하고, 이를 공시하여 공정육묘장에서 수박과 오이를 대상으로 작업능률 및 작업정밀도 등을 조사한 결과를 보고한다.

* 농업공학연구소 생산기반공학과
** 경상대학교 농과대학 생물산업기계공학과

2. 재료 및 방법

가. 공시기의 제작

공시기는 접목메카니즘의 구성요소로 개발한(강 등, 2004) 대목과 접수의 공급장치와 가공장치, 클립의 공급장치, 접합장치와 접합된 모의 배출장치, 제어부 등을 구성시켜 그림 1과 같은 구조로 제작하였다. 접목로봇의 크기(가로×세로×높이)는 670×1,080×950 ㎜, 주동력원은 AC 220V의 전원을 사용하였다. 그리고 접목메카니즘에 사용된 매니퓰레이터 및 액튜에이터는 최대 0.7 MPa의 공기압으로 작동되도록 하였다. 작업공정은 작업자가 대목과 접수를 1주씩 공급하면 자동으로 필요없는 부분을 절단 → 클립의 공급 → 클립으로 대목과 접수의 접합 → 접목된 모의 배출 등이 한 싸이클이 되어 연속적으로 작업이 수행된다.

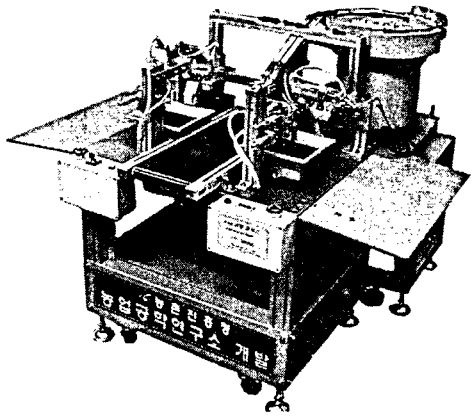

Fig. 1. Prototype of the grafting robot.

나. 시험방법

접목로봇의 작업성능은 인력으로 단근합접하는 수박과 오이의 대목과 접수를 대상으로 작물별 2회에 걸쳐 공정육묘장에서 작업능률 과 작업정밀도 등을 조사하였다. 수박과 오이의 공시주수는 수박의 경우 560주 및 320주, 오이는 3,400주 및 1,080주 등이었으며, 접목조건은 접수의 배축길이를 6㎜, 대목과 접수의 경시절단각은 40° 및 30°를 기준하였다. 그리고 접목작업은 시험장소인 공정육묘장에서 인력의 접목작업에 종사는 작업자 3인 즉, 대목과 접수의 공급에 각각 1인, 모의 준비와 접목된 모의 삽목에 1인을 배치하여 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

가. 작업능률

접목로봇의 작업능률은 표 1과 같다. 접목작업공정의 한 사이클에 6초가 소요되므로 대상작물에 관계없이 접목로봇의 이론작업능률은 분당 10주

Table 1. Grafting performance of the grafting robot

Items		Watermelon		Cucumber	
		I	II	I	II
Operation time(min)	Theoretical operation time	56.0 (100)	32.0 (35.5)	340.0 (100)	108.0 (100)
	Total operation time	61.3 (109)	35.5 (111)	373.9 (110)	116.9 (108)
	Actual operation time	57.6	33.4	349.8	111.0
Working performance (seedling/min)	Working performance	9.1	9.0	9.1	9.2
	Actual working performance	9.7	9.6	9.7	9.7

※ ( ) : Ratio of operation time

이다. 그러나 접목로봇의 작업능률은 수박과 오이에서 분당 9.0~9.2주로 거의 같은 것으로 나타났으며, 총작업시간에서 시험 중에 작업이 중단된 시간을 제외한 실작업시간을 기준으로 한 실작업능률은 수박과 오이 모두 분당 9.6~9.7주 등로 나타났다.

이와 같이 접목로봇의 작업능률이 이론작업능률보다 낮은 것은 접목에 소요된 총작업시간이 이론작업시간보다 8~11%가 더 소요되었기 때문이었다. 이는 성능시험에서 작업자가 모의 공급시 파지핸드가 이송되는 것에 놀라서 모를 적시에 공급하지 못하는 경우가 있었기 때문으로, 모의 공급작업에 경험이 축적되면 충분히 해결될 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 성능시험 중에 시험이 중단된 시간은 모두 클립의 변형으로 인하여 가이드에 걸린 클립을 제거하는데 소요된 시간이었다. 클립은 공정육묘장에서 일반적으로 400개 단위로 포장된 것을 구입하여 사용하고 있었는데, 연구자가 직접 클립의 형상을 조사한 결과 10%정도는 클립의 형상이 좌우 대칭이 아니고 끝부분에 클립재료의 일부가 붙어 있었다. 따라서 우선적으로 클립은 선별하여 사용할 필요성이 있었으며, 금후 클립의 제조업체에서 품질관리를 철처히 하여 변형율을 줄이던지 클립을 접목로봇에 맞도록 개량하는 것도 검토할 필요성이 있다고 생각된다.

나. 작업정밀도

표 2는 접목로봇의 접목한 모를 활착시킨 상태에서의 작업정도를 조사한 결과이다. 우선, 접목된 모의 활착은 시험장소의 공정육묘장에서 인력에 의한 접목묘를 활착하는 조건에서 실시되었는데, 활착실의 하루중 습도는 95~98%를 유지하였고 온도는 오후 7시에서 오전8시까지는 20℃, 오전 9시에서 오후 6시까지는 25~30℃를 유지하였다. 조도는 자연광에 따라 12시간씩 명암으로 구분되었는데, 낮에는 2,000~3,000 lux 범위로 나타났다. 이는 접목묘의 일반적인 활착조건으로 제시된 온도 25~30℃, 습도 95% 이상(이, 2004)과 거의 같은 조건이었다.

수박과 오이의 접목률과 활착률은 각각 95~99% 및 97~98%, 접목활착률은 94~96% 등으로 나타났다. 이와 같은 작업정밀도는 인력에 의한 접목시 접목활착률이 70~80%라는 보고(이, 2004)와 비교할 때 상당히 높은 것을 알 수 있었다.

Table 2. Grafting accuracy of the grafting robot

Items		Watermelon		Cucumber	
		I	II	I	II
Gafted seedling(seedling)		553	305	3,342	1,055
Rooted seedling(seedling)		538	300	3,195	1,014
Accuracy (%)	Grafted ratio	99	95	98	98
	Rooted ratio	97	98	96	96
	Survival ratio	96	94	94	94

한편, 성능시험에서 접목불량 및 미활착한 주수를 종합하면, 접목불량주수는 클립으로 미고정된 것이 17.1%, 대목과 접수의 접목부위가 비틀어진 것이 31.4%, 대목 또는 접수의 가

공이 불량한 것이 46.7%, 수박에서 대목의 배축이 손상을 입은 것이 4.8% 등으로 나타났다. 미활착주수는 접수가 고사된 것이 55.6%, 접목부위가 불량한 것이 44.4%로 나타났다. 여기서 미접목주수에서 대목 또는 접수의 가공이 불량한 것은 모 공급의 적부와 관계가 있는데, 이는 작업자의 모의 공급정도와 관계가 있으므로 로봇의 이용경험이 축적되면 모의 가공불량에 의한 미접목주수는 대부분 줄일 수 있다고 생각된다.

그리고 성능시험 중에 접목로봇의 작동상태는 형상이 변형된 클립의 공급에 문제가 있는 것을 제외하고는 문제가 없었으며, 작업자의 반응은 모두 작업시간에 여유가 있다는 의견이 있었다. 특히, 모의 준비와 삽목을 담당하는 작업자는 시간적 여유가 있으므로 1명이 접목로봇 2대에 사용할 모의 준비가 가능할 것으로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

공정육묘장에서 수박과 오이 등 박과채소에 대한 기존의 접목묘 생산방식과 체계를 가급적 변화시키지 않고 도입할 수 있도록 개발한 단근합접용 접목메카니즘으로 구성하는 시제품을 제작하고, 공정육묘장에서 수박과 오이를 대상으로 작업성능 및 작업정밀도 등을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 시제품은 대목과 접수의 공급장치와 가공장치, 클립의 공급장치, 접합장치와 접합된 모의 배출장치, 제어부 등을 구성시켜 작업자가 대목과 접수를 공급하면 자동으로 절단 → 클립공급 → 클립으로 접합 → 접목된 모의 배출 등이 한 싸이클이 되어 연속적으로 접목작업이 수행되도록 구성하였다.

나. 접목로봇의 작업능률은 수박과 오이에서 분당 9.0~9.2주로 거의 같은 것으로 나타났으며, 실작업능률은 분당 9.6~9.7주 등으로 나타났으며, 접목에 소요된 총작업시간이 이론작업시간보다 8~11%가 더 소요되었는데, 이는 작업자가 모를 적시에 공급하지 못하거나 접합자재인 클립이 변형되어 공급이 원활하지 못했기 때문이었다.

다. 수박과 오이의 접목률과 활착률은 각각 95~99% 및 97~98%, 접목활착률은 94~96% 등으로 인력에 의한 접목시 접목활착률이 70~80%정도 보다 월등히 높았으며, 미접목주수는 작업자의 모의 공급정도와 관계가 있어 로봇의 이용경험이 축적되면 이는 줄일 수 있으로 생각된다.

5. 참고문헌

1) 김광용, 이지원. 2000. 한국의 채소 플러그묘 생산현황과 과제. 한시설원예연구회 세미나자료
2) 정민교. 2004. 접목묘 생산 공정육묘장의 운영사례. 농공연 세미나자료
3) 小林 研. 2004. 日本における接ぎ木作業の機械化技術. 농공연 세미나자료
4) 강창호 등 6인. 2004. 박과채소 맞접식 접목로봇 개발. 농기학회 동계학술대회 논문집 9(1)
5) 강창호. 2004. 접목작업의 기계기술과 실용화 과제. 농공연 세미나자료
6) 이상규. 2004. 접목묘 공정생산을 위한 재배기술. 농공연 세미나자료