

접목로봇의 고추묘 접목 효율성 비교

김혜민¹ · 황승재^{1,2,3*}

¹경상대학교 대학원 응용생명과학부, ²경상대학교 농업생명과학대학 원예학과, ³경상대학교 농업생명과학연구원

Comparison of Pepper Grafting Efficiency by Grafting Robot

Hye Min Kim¹ and Seung Jae Hwang^{1,2,3*}

¹Department of Horticulture, Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²Department of Horticulture, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract. Manual grafting is a labor-intensive operation and highly susceptible to human error. Development of grafting robot has been considered as an effective alternative to manual grafting. The study was conducted to investigate the grafting efficiency between the domestically produced automated grafting robot and traditional manual grafting performed in a commercial plug seedling greenhouse. Plug seedlings of pepper (*Capsicum annuum* L.) ‘Buchon’ and ‘Anseongmatchum’ were sown as scions and rootstocks, respectively on March 29, 2013. The grafting was performed by a grafting robot, amateur grafters, and professional grafters on May 31, 2013. After grafting, the seedling efficiencies and seedling characteristics were compared in terms of plant height, the number of success as well as failure of seedling grafts produced in an hour. The results showed that plant heights were most uniform in the grafts performed by the professionals that had a 0.6 cm difference whereas an uneven difference of 2.1 cm difference was observed in plug seedling grafted by an amateur. However, plug seedlings grafted by the grafting robot were found to be uniform with 1 cm plant height difference. Moreover, the maximum number of grafting processed plug seedlings per hour (667 plants) was achieved by the grafting robot on compared with the seedlings grafted (466 plants) by the professionals. Furthermore, the least failure rate of 21.7% was noted upon the usage of grafting robot than the manual grafters. Thus, the results demonstrate that the technology of automated grafting robots is the most appealing and can be employed in commercial plug seedling greenhouses to overcome the drawbacks of manual grafting.

Additional key words : greenhouse, plant height, plug seedling, uniform

서 론

공정묘 또는 플러그묘(plug seedlings)란 응집성이 있는 소량의 배지가 담긴 개개의 셀(cell)에서 길러진 묘종을 말하며(Jeong, 1998b), 고품질 규격화 된 묘의 대량 생산체계이다(Chung, et al., 1998; Jeong, 1998a). 과거의 육묘는 대부분의 작업이 인력에 의존하였으나 현재는 시설 장치화 및 기계화의 비율이 높아지고 있다. 우리나라의 공정육묘 산업은 1990년대 초반부터 도입되어 발달하기 시작했으며, 현재는 규격묘를 약속한 날에 공급해 주는 주문육묘의 시대로 바뀔 만큼 비약적인 발달을 하였다(Ito, 1992; Jeong, 1996).

우리나라의 채소 재배면적 중 박과인 수박, 멜론, 오이, 그리고 가지과인 토마토, 가지, 고추의 시설재배면적은 2014년 기준 34,338ha이며, 이 중 접목묘의 이용 비율은 수박 95%, 멜론 90%, 오이 75%, 토마토 25%, 가지 20%, 고추 10%이고, 주로 박과작물에서 접목묘의 이용 비율이 높고, 가지과에서도 접목묘 이용률이 증가하고 있다(Lee, 2010). 육묘과정 중 가장 많은 노동력을 필요로 하는 접목 작업은 수확량 증가, 신초생장 증진, 내병성 증가, 선충 내성 증가, 저온 내성 증가, 고온 내성 증가, 양분흡수 강화, 수분 흡수력 강화, 염분토양 스트레스 내성 강화, 습한 토양 내성 강화, 중금속 및 유기물 오염 내성, 수확 기간 연장 등 생물적 및 비생물적 스트레스에 대해 내성을 증가시킬 수 있다. 또한 삽접, 호접, 활접, 단근삽접, 편접, 그리고 합접 등의 다양한 방법으로 접목묘가 생산되고 있다(Colla, et al., 2010a, 2010b, 2010c; Colla, et al., 2011).

*Corresponding author: hsj@gnu.ac.kr
Received January 15, 2015; Revised February 10, 2015;
Accepted March 25, 2015

우리나라뿐만 아니라 일본과 네덜란드 등의 경제적인 농업 선진국에서도 농촌 인력 부족으로 인해 자동 접목 장치의 개발과 활용을 위한 노력을 기울이고 있다. 우리나라는 유일하게 H사에서 접목로봇을 생산하고 있으며, 네덜란드와 일본에서도 완전 자동 또는 반자동 형태의 접목기가 생산되고 있으나 가격, 정확도, 효율성 등에서 여전히 보완해야 할 문제점이 많은 것으로 지적되고 있다. 이중 한국의 H사에서 개발한 접목로봇은 가격이 저렴하고 작동이 쉬워 전 세계적인 주목을 받고 있고 현재 일부 공장육묘장에 보급 되고 있지만 생산현장에서 농민들의 관심 부족과 잦은 오류 등의 이유로 실질적인 현장 적용을 하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 국내에서 생산된 접목로봇과 농가에서 행해지는 수작업 접목방식과의 비교연구를 통한 자동화 장치의 효율성 구명과 이의 활용도 향상 방안을 제시하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

경상남도 사천시에 위치한 ‘용현 육묘장’에서 고추 (*Capsicum annuum* L.) ‘부촌’(Hungnong Seed Co., Ltd, Pyeongtaek, Korea)과 ‘안성맞춤’(Seminis Korea Seed Co., Ltd, Seoul, Korea)을 각각 접수와 대목으로 하여 실험을 수행하였다. 2013년 3월 29일에 105구 육묘용 플러그 트레이(길이 550mm × 폭 270mm × 높이 50mm, Bumnong Co. Ltd., Jeongeup, Korea)에 대목과 접수로 사용될 고추 2품종을 파종하였다. 대목과 접수는 암상태의 발아실에서 평균 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 평균 상대습도 $90 \pm 5\%$ 의 환경조건에서 4일간 발아시킨 후 플라스틱 온실내 재배상으로 이동하여 60일 동안 육묘 후, 2013년 5월 31일에 접목 효율성 비교 실험을 진행하였다. 접목로봇(GR-600CS, Helper Robotech Co. Ltd., Korea)과 초보자, 그리고 전문가의 3처리를 두었고, 처리당 3반복(1시간 동안 접목한 것을 1반복으로 간주함)으로 실험하였다. 초보자는 실험 당일 1시간 동안 교육 받았으며, 전문가는 10년 이상의 경력을 가지고 있었다. 접목방법은 고추에서 관행적으로 행해지는 접목으로서 접수와 대목을 면도칼을 이용하여 45° 각도로 자른 후 접수의 상배측과 대목의 하배측 절단면을 붙이고 접목집게로 고정하는 합접의 방법으로 하였다. 접목로봇은 본체와 집게공급기, 컴프레셔로 구성 되어 있으며, 표준 접목 능력은 시간당 600주 이상이고, 본체의 크기는 길이 1,350mm × 폭 1,270mm × 높이 1,060mm이다. 접목로봇과 집게공급기의 사용전력은 AC 220V를 사용하였고, 컴프레셔의 사용 공기압은 $5 \pm 0.5\text{kg/cm}^2$ 이었다(Fig. 1). 접목로봇은 처리당 접수 공급자, 대목 공급자, 수령자의 3인 1조로 작업되었으며, 초보자와 전문가 역시 3인 1조로 작



Fig. 1. Grafting robot (GR-600CS) used for experiment.

업 하였다. 접목된 묘를 3주씩 5그룹으로 선발하여 초장을 조사하였고, 접목시 시간당 접목 성공률, 실패율(대목과 접수의 부정교합), 기계적 오류 횟수(접목로봇의 작동 중지), 집게 오류 횟수(집게 공급장치의 오류로 인한 불량묘 발생), 작업자 실수 횟수(접수와 대목의 적기공급 실패 등), 만보계(PE 105, 3D Pedometer Co., Ltd, Korea)를 이용한 작업자의 총 이동 걸음 수를 조사하였다. 접목 후에는 묘를 플라스틱 터널형 접목활착실로 옮겼으며, 평균온도 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 와 상대습도 $90 \pm 5\%$ 로 일반적인 접목활착실 환경으로 유지하였다. 그리고 접목 후 대목과 접수의 물관부와 체관부가 유합되어 물과 양분의 이동이 원활하면 접목이 성공된 것으로 간주하였으며, 접목성공여부를 조사하기 위해 접목 2주 후 생존한 고추의 접목묘를 백분율로 나타내었다. 또한 초보자, 전문가, 접목로봇에 의한 접목 부위의 절단각도와 접합상태를 관찰하기 위해 실체현미경(Stemi 2000-C, Carl zeiss, Germany)으로 관찰하였다. 실험결과는 SAS(Statistical Analysis System, V. 9.1, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 Duncan 다중검정으로 통계적 유의성을 검정하였으며, 그래프는 SigmaPlot(10.0, Systat Software, Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 작성하였다.

결과 및 고찰

초보자, 전문가, 접목로봇에 의한 접목묘를 3주씩 5그룹으로 선발하여 초장을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 균일한 접목묘 생산 여부를 판단하기 위한 척도로서 측정된 접목묘의 초장은 초보자에 의한 접목의 경우 최소 13.8cm에서 최대 15.9cm로 2.1cm 차이를 보였다. 전문가에 의한 접목묘의 초장은 최소 16.2cm에서 최대 16.8cm로 0.6cm 차이가 났으며, 이는 초보자에 의한 접목보다 균일하였다. 또한 접목로봇에 의한 접목에서는 최소 15.2cm에서 최대 16.2cm로 1cm 차이가 났다. 접목로봇은 전문가에 의한 접목보다는 균일하지 않았지만

최대 초장 차이가 1cm 정도로 비교적 균일하였다. 결과적으로 전문가의 인력을 통한 접목작업에서 초장이 가장 균일 하였으며, 초보자에 의한 접목 작업에서 가장 불균 일하였다. 접목로봇을 통한 접목은 전문가의 접목보다는 균일도가 낮았으며, 초장을 균일하게 맞추기 위해서 접 목장치를 작동시키는 작업자의 숙련도를 높이고, 장치의 초기 값 설정을 정밀하게 보정하고 작업 중에 수시로 미미하게 달라지는 접목위치의 재설정 작업을 병행해야 할 것으로 판단된다.

Fig. 3은 접목방식에 따른 접목 후 묘의 균일도를 확인 하기 위한 사진으로 전문가, 초보자, 접목로봇의 순으로 나 타냈다. Fig. 2에서 나타낸 접목묘의 초장 측정결과와 유사 하게 Fig. 3의 육안 관찰결과에서도 초보자에 의한 접목의 경우 집게가 고정된 접수와 대목 유합 부위의 높이와 식물 전체 길이가 가장 불균일하였으며, 전문가와 접목로봇에

의한 접목은 균일하게 나타났다. 접목로봇과 전문가에 의 해 작업된 접목묘는 초장의 균일도에서 큰 차이는 없지만 전문가에 의한 접목묘가 더 균일하였으며, 집계에 의한 고 정과 묘의 상태가 접목로봇에 의한 접목묘보다 더욱 우수 해 보였다. 이는 접목로봇을 다루는 작업자의 기계적인 조 작 및 숙련도에 의해 극복될 수 있는 것으로 효율성과 작 업속도 증가측면에서 접목로봇이 더 우수하리라 판단된다. 또한 농번기 인력수급이 어렵고, 인력의 노령화 등으로 접 목 전문가를 확보하기가 어려운 시기에 접목로봇의 활용도 가 더 높아지리라 판단된다. 초장의 균일도는 후기 묘소질 을 평가하는 기준으로 고려되며 정식 후 과실의 균일한 착 과 및 일시 수확을 위해 가장 중요하게 고려되는 육묘기술 중의 하나로 접목로봇의 사용시 접수와 대목 유합 부위의 정밀한 조정 후 작동을 시키면 전문가에 의한 접목처럼 균 일한 접목묘가 생산될 것이라고 판단된다.

Fig. 4는 성공적으로 접목 작업이 이루어진 접목묘로

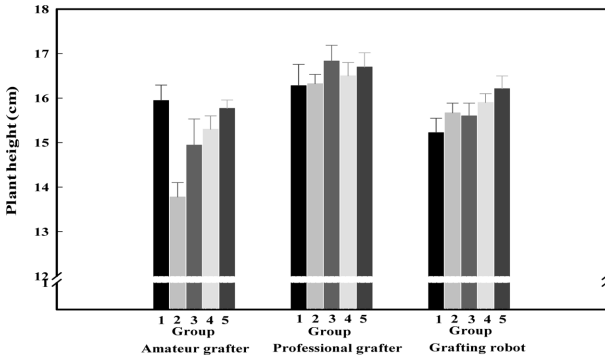


Fig. 2. Plant height of grafted plug seedling as affected by amateur grafter, professional grafter, and grafting robot in selected total 5 groups per treatment. Vertical bars represent the standard error (n = 3).



Fig. 4. Successfully grafted plug seedling by grafting robot with method of splice grafting in pepper.



Fig. 3. The uniformity of plant height in grafted plug seedling as affected by professional grafter, amateur grafter, and grafting robot.

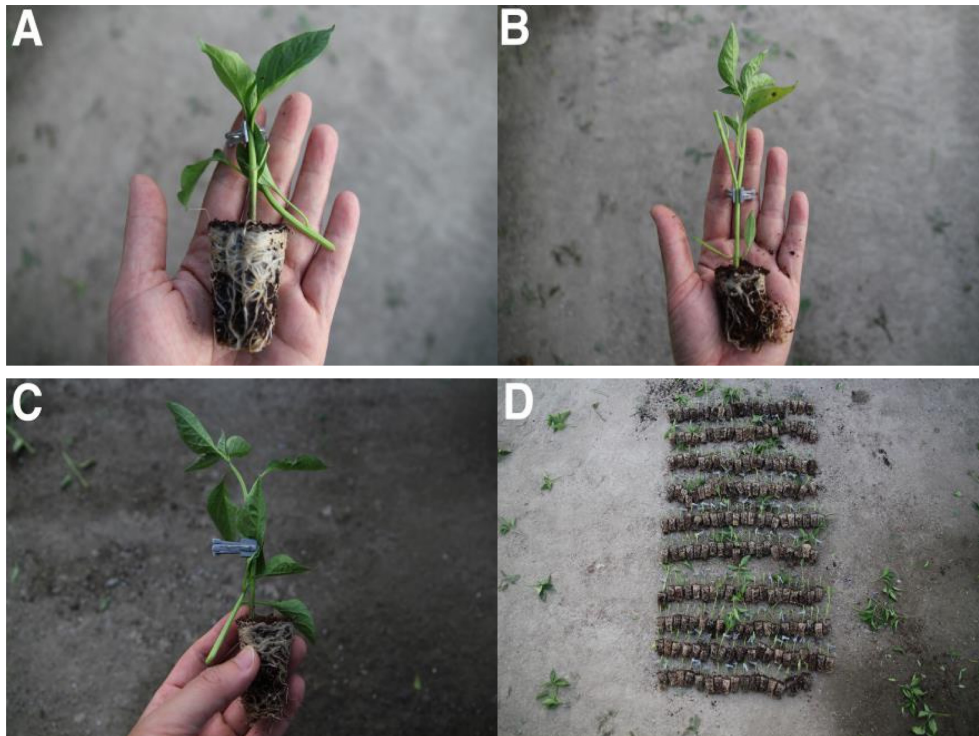


Fig. 5. Various grafting errors by the grafting robot. A, conglutination of plant residue on grafted plug seedling; B, imperfect cutting in rootstock; C, imperfect cutting in scion; and D, the number of faulty grafted plug seedling by grafting robot for one hour.

써 접수와 대목이 각각 45°로 절단되어 절단면이 정확히 접합된 후 집게로 고정된 상태이다. 접목묘의 접합부는 접수와 대목의 관다발이 결합되어 융합되는 부위이고, 줄기절단면의 접합면 고정, 접목 후 접목상의 최적 환경 조건(온도, 상대습도, 광조사 등) 설정이 접목활착 성공을 위한 중요한 요인이 된다(Fernández-García et al., 2004; Flaishman et al., 2008). 그러므로 대목과 접수의 굵기가 동일하고 절단각도와 융합면의 유착이 정확하게 이루어져야 성공적인 접목이 가능하다. Fig. 5는 접목로봇을 이용한 접목시 발생된 여러 종류의 불량묘를 나타낸 사진이다. Fig. 5A는 접수와 대목 공급장치의 주변 식물 잔류물의 원활한 제거가 이루어지지 않은 상태에서 고속으로 작업이 진행되어 식물 잔류물과 함께 접수와 대목이 접목된 상태이다. 이러한 경우 수작업을 통한 2차적인 검수작업이 필요하다. Fig. 5B는 대목이 완전히 절단되지 않은 상태에서 접수와 융합한 상태이고, Fig. 5C는 접수가 완전히 절단되지 않은 상태로 대목과 함께 집게로 고정되어 있는 상태이다. Fig. 5B와 5C의 경우에는 접사가 직접 접수나 대목을 다시 절단하여 접목해야 하는 과정이 필요하다. Fig. 5D는 한 시간 동안 접목로봇의 사용으로 발생된 불량 접목묘 개체이다. 이러한 묘는 수작업을 통해서 불량묘들을 재활용 할 수 있지만 추가 작업시간과 노력이 소요 되며, 묘의 스트레스로 인

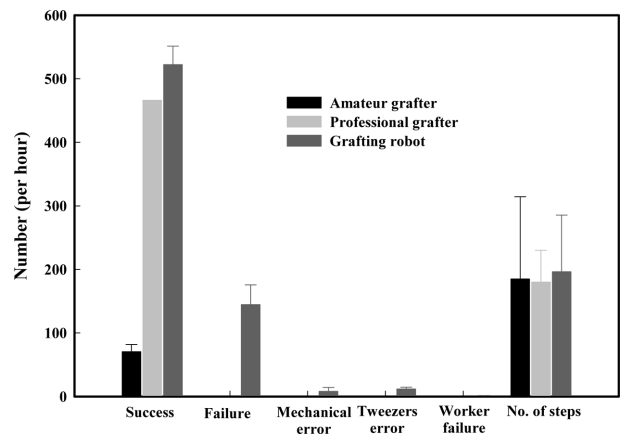


Fig. 6. The number of success and failure, Mechanical error, tweezers error, worker failure, and no. of steps per hour by amateur grafter, professional grafter, and grafting robot in pepper grafting. Vertical bars represent the standard error (n = 3).

한 접목활착 실패율이 증가되는 단점이 있다.

Fig. 6은 초보자, 전문가 그리고 접목로봇에 의한 접목시 성공률, 실패율(접수와 대목의 부정확한 절단 및 부정교합), 기계적 오류(접수 혹은 대목 작업 후 부산물에 의한 접목로봇의 일시적 작동중지), 집게 오류(집게 공급장치의 오류발생), 작업자 실수(접수와 대목의 적기공급 실패 등)의 빈도수, 작업자의 이동량을 조사한 것이다. 3인

1조로 진행된 접목로봇의 시간당 처리주수는 667주로 3인 1조로 진행된 전문가의 시간당 접목 처리주수인 466주보다 201주 더 많았다. 하지만, 접목로봇을 통한 접목시 Fig. 5에서 나타낸 것과 같은 불량묘가 시간당 145주로 나타나 실질적인 시간당 처리주수는 522주로 나타났다. 접목로봇을 이용한 방식이 시간당 가장 많은 접목묘를 생산 했지만 실패율이 21.7%에 달하였다. 이는 접목장치의 연속적인 작동이 다소 불안정하였고, 기계적 오류나 집게 오류 등이 시간당 평균 5회 이상 발생했기 때문이다. 작업자의 이동량은 처리 간에 유의적인 차이가 없었다. 접목 활착률은 초보자 95.7%, 전문가 99.7%, 접목로봇 99.4%로 초보자에 의한 접목에서 가장 낮았다(Fig. 7). 이는 접목에 숙련되지 않은 초보자가 접수와 대목의 절단면을 맞붙일 때 물관부와 체관부의 위치를 어긋나게 고정시켜 대목과 접수 사이에 물과 양분의 흐름이 원활하지 못하여 고사한 것으로 판단된다(Kim et al., 2013a, 2013b).

Fig. 8은 초보자, 전문가, 접목로봇에 의해 접목된 접수와 대목의 접합상태를 실체현미경으로 촬영한 사진이다. 초보자에 의한 접수와 대목의 접합상태는 전문가와 접목로봇에 의한 접목에 비해 교합이 불완전하였다. 접목로봇으로 작업된 접목묘는 절단각도가 모두 일정하고, 절삭면이 예리하여 접수와 대목의 유합이 용이하였다.

결과적으로, 접목로봇에서 시간당 처리 주수와 절단

및 접합면이 우수한 상태를 보였으나 연속적인 공급 진행이 불안정하며, 접목 후 배출 컨베이어에 투하시 충격으로 접목부위 이탈, 핸들링 과정의 어려움, 집게 공급 장치의 잦은 오류, 집게의 기계파지 오류, 떡잎과 접목 부위의 결합, 절삭 커터에 의한 떡잎의 손상 등과 같은 다양한 문제점이 관찰되었다. 접목로봇 이용에서 발생하는 실패율을 줄이고, 빠르고 정확하게 접목을 한다면, 접목 효율의 증가로 농가 실사용에 효과적인 것으로 판단된다. 또한, 향후 접목로봇의 효율성 개선과 보급의 활성화 및 사용의 장려를 위해 접목로봇의 연속적인 작업과정 흐름개선을 위한 접목 공급장치 모듈의 정밀도 향상, 105구 트레이 전용이 아닌 50구 트레이에서 생산된 대목을 취급할 수 있는 대목 파지장치의 효율성 향상, 접목 후 배출 컨베이어에 투하시 충격에 의한 접목부위 이탈방지 및 예방, 매뉴얼 숙지만으로 작동이 간편한 단순화면서 내구성이 높은 장비의 개발, 정밀한 집게 공급장치의 개발을 통한 잦은 오류예방, 접목 후 추가적인 집게제거 작업이 없이도 자연스럽게 집게가 이탈되는 연질 튜브형 집게의 개발(묘종의 경경이 커짐에 따라 자연이탈) 혹은 단가가 낮은 집게의 개발, 집게의 기계파지 오류방지 문제해결, 떡잎과 접목부위로의 결합방지와 절삭 커터에 의한 떡잎의 일부 절단 및 손실방지, 충격에 의한 접수와 대목의 접목부위의 이탈 방지장치 개발, 절단 작업 중 작업자 부상방지 및 안전성 고려, 접목로봇 사용시 대목과 접수의 경경을 맞추기 위한 균일한 묘의 재배생산기술의 개발(생장억제제사용을 최소화 하고 균일한 초장의 묘를 생산하기 위한 미세환경조절이 가능한 식물공장 시스템에서의 재배기술 개발 등), 전용 커터의 개발, 커터 자동소독 장치의 개발, 작동의 편리 기능 보완, 접목로봇 가격의 현실화, 신속한 사후 관리 서비스 등의 개선이 필요 할 것으로 판단된다. 접목 로봇의 사용으로 접목 인력수급, 접목교육을 위한 시간과 노력 없이 균일한 묘를 생산할 수 있을 뿐만 아니라 작업속도 및 정밀도를 극대화 할 수 있으리라 예상된다. 향후 접목로봇의 효율성 및 활용도 향상을 위해 기계상의 잦은 오류를 개선하기 위한 지속적인 노력이 요구되

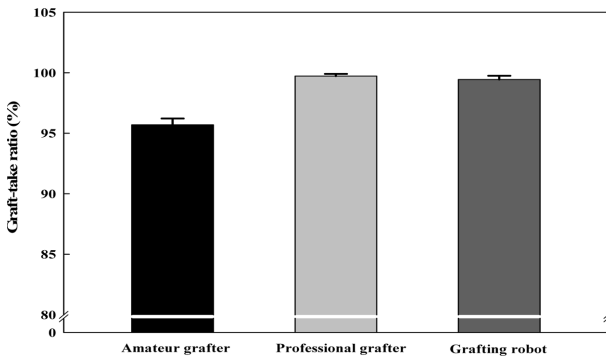


Fig. 7. The graft-take ratio by amateur grafter, professional grafter, and grafting robot in pepper grafting. Vertical bars represent the standard error (n = 3).



Fig. 8. The cutting region of grafted seedling by amateur grafter, professional grafter, and grafting robot. A, grafted seedlings to the incorrect angle by amateur grafter; B, grafted seedlings to the correct angle by professional grafter; and C, grafted seedlings at the correct angle by grafting robot.

며, 대목과 접수의 경경을 맞추기 위한 균일한 묘 재배 생산기술도 병행하여 연구되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

전통적인 접목은 노동 집약적인 작업이며, 접사의 실수에 의한 불량 접목묘가 쉽게 발생할 수 있다. 접목로봇의 개발은 전통적인 접목방법의 대안책으로써 주목받고 있다. 본 연구에서는 상업적으로 생산된 자동 접목로봇과 공정육묘장에서 전통적으로 행해지는 접목방법에서의 접목 효율성을 구명하기 위해 수행되었다. 고추 (*Capsicum annuum* L.) ‘부춘’과 ‘안성맞춤’ 품종이 각각 접수와 대목으로 2013년 3월 29일에 파종되었으며, 접목로봇과 초보자, 접목 전문가에 의해 2013년 5월 31일에 접목되었다. 접목 후 접목 효율성과 접목 특성을 초장, 시간당 접목 성공률과 실패율로 비교하였다. 초장은 전문가에 의한 접목묘의 초장의 차이가 최대 0.6cm로 가장 균일하게 나타났으나 초보자에 의한 접목묘의 초장 차이는 최대 2.1cm로 가장 불균일하였다. 접목로봇에 의한 접목묘의 최대 초장 차이는 최대 1cm로 균일하였다. 시간당 접목묘의 개수에서 접목로봇에 의해서 접목된 묘의 수는 접목로봇(667주)에서 전문가(466주)에 의한 접목에 비하여 가장 많게 나타났다. 그러나 접목로봇에 의한 접목 실패율은 21.7%로 가장 높게 나타났다. 본 연구 결과는 접목로봇 기술이 농업에서 현장 적용 가치가 있으며, 상업적 공정육묘장에서 사용될 수 있고 전통적인 접목의 단점을 보완할 수 있다는 것을 증명하였다.

추가 주제어 : 온실, 식물 초장, 플러그묘, 균일성

사 사

본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제 번호 312034-04)의 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Chung, H.D., Y.J. Choi, and S.H. Shin. 1998. Effects of top dressing fertilizers on growth of pepper plug seedling in vermiculite-based root media. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:1-7.
- Colla, G., Y. Roupael, M. Cardarelli, A. Salerno, and E. Rea. 2010a. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environ. Exp. Bot.* 68:283-291.
- Colla, G., C.M.C. Suarez, M. Cardarelli, and Y. Roupael. 2010b. Improving nitrogen use efficiency in melon by grafting. *HortScience* 45:559-565.
- Colla, G., Y. Roupael, C. Leopardi, and Z. Bie. 2010c. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae* 127:147-155.
- Colla, G., Y. Roupael, C. Mirabelli, and M. Cardarelli. 2011. Nitrogen-use efficiency traits of mini-watermelon in response to grafting and nitrogen-fertilization doses. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174:933-941.
- Fernández-García, N., M. Carvajal, and E. Olmos. 2004. Graft union formation in tomato plant: Peroxidase and catalase involvement. *Ann. Bot.* 93:53-60.
- Flaishman, M.A., K. Loginovsky, S. Golobowich, and S. Lev-Yadun. 2008. *Arabidopsis thaliana* as a model system for graft union development in homografts and heterografts. *J. Plant Growth Regul.* 27:231-239.
- Ito, T. 1992. Springer Netherlands. p. 65-82. In: *Transplant Production Systems* (eds.). Present state of transplant production practices in Japanese horticultural industry.
- Jeong, B.Y. 1996. Cooperative raising seedling. High-technology greenhouse management and cultural technique. The Agriculture and Fishery Development Corporation. p. 465-562.
- Jeong, B.R. 1998a. Plug production. Management of and cultural techniques in the high technology glasshouse. Rural Development Corporation p. 451-661.
- Jeong, B.R. 1998b. Technology and environment management for the production of plug transplants of flower crops. *Kor. J. Hort. Sci. Tech.* 16:282-286.
- Kim, S.E., M.H. Lee, and Y.S. Kim. 2013a. Efficient light treatment for graft-take and early growth of grafted tomato seedlings. *Protected Horticulture Plant Factory* 4:322-327.
- Kim, S.E., M.H. Lee, and Y.S. Kim. 2013b. Effect of scion age on survival rate and initial yield of the grafted tomato seedlings. *Protected Horticulture Plant Factory* 4:335-340.
- Lee, J.M. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127:93-105.