식물공장생산을 위한 일시수확형 수경상추의 수확적기 구명
Optimum time to harvest by the roots of leaf lettuce in plant factory system

문보흠* · 조일환 · 김태영 · 김기덕 · 남은영
원예연구소 시설재배과
Boheum Mun* · Ill-Hwan Cho · Tae-Young Kim
Ki-Deog Kim · Eun-Young Nam
Div. of Protected Cultivation, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

서 론

식물생산공장은 작물의 생육에 적합하도록 환경을 최적화시킬 수 있기 때문에 최단기간에 작물을 작물을 생산할 수 있는 장점이 있다. 또한 지상부나 지하부 환경을 적절히 조절하거나 인위적인 품질제어기술을 이용하여 기존의 상품보다 품질이 월등히 높은 작물을 생산할 수 있는 여건과 설비가 조성될 수 있다. 이러한 식물공장 생산방식은 부가가치가 높은 화훼류나 분화류에 많이 적용되고 있지만, 생산기간이 길고 난방 등의 에너지가 상대적으로 많이 소요된다. 그러나 채소작물 중 상추는 생육기간이 절대적으로 짧고, 우리나라에서 소비가 많은 채소이며 생산적인 면에서 계절적 장애를 받지 않으면서 청정 · 공정생산이라는 식물공장방식에 부합하는 작물이다.

한편 상추를 식물공장에서 생산하기 위해선 기존 방식보다 생산단가가 월등히 저렴해야 하고, 특히 품질이 우수해야 비교우위를 점할 수 있다. 그리고 자동화 · 무인생산화 방식으로 나아가야 하기 때문에 현재 계속 잎을 따서 수확하는 방식은 지양되어야 하고, 어느 정도 생육이 이루어지고 품질이 균일한 상추를 포기째 수확하는 일시수확형 방식으로 나가야 할 것으로 생각된다. 그러나 상추는 생육이 빨라 적정한 수확시기를 놓치면 웃자라게 되어 외관적 품질이 나빠지거나 광이용효율이 크게 낮아져 단위면적당 생산효율이 급격히 감소하게 된다. 이를 해결하기 위해서는 광이나 온도 등의 환경에 따른 상추 생육 특성과 품질을 파악하여 경제적으로 식물공장을 운용할 수 있는 적정한 수확시기를 밝혀야 한다. 따라서 본 연구는 수확시기별 상추의 생육을 살펴보고 최적 수확 시기를 밝히고자 수행되었다.

재료 및 방법

잎상추(청치마, 신젠타종묘(주))를 2002년 12월 9일 우레탄스폰지에 파종하여 수돗물에 침지시킨 발아상을 원예연구소 탑동 소재 벤로온실에 옮겨놓고, 발아 후 야마자키

처방액 1배 농도의 양액을 공급하였다. 파종후 21일째 본엽이 2매 정도일 때 120공 플러그 트레이(30×60cm)에 44개체가 되도록 지그재그로 가식하였고, 32일째(2003년 1월 10일) 본엽이 4~5매인 균일한 상추를 9열 정식판(60×56cm)에 약 20cm 간격으로 플라스틱하우스(5×25M, 이중 PE film 피복) 내의 수경재배시스템에 정식하였다. 너비 0.6m인 수경베드의 총 길이는 10m로 1.2m 간격으로 2베드를 설치하였으며, 난방면적을 줄이기 위해 베드내에 아치형 터널을 씌워 PE film(0.05mm)으로 피복하였다. 그리고 각 베드마다 130L용 플라스틱통을 놓고 양액을 순환하였으며, heating coil(1.5kw · h^{-1})을 이용하여 18 및 10℃ 야간설정구는 20℃로, 2℃ 설정구는 10℃로 유지하였다. 이때 베드내 수위는 약 3cm였으며, 야마자키 처방액의 1배 양액을 300L씩 공급하였다.

온도에 따른 수확시기의 영향을 검토하기 위하여 야간설정온도를 달리하였는데, 경유온풍기(화인, 60,000kcal · h^{-1})를 이용하여 각 하우스마다 터널내의 야간온도를 2, 10 및 18℃로 유지하였다. 주간의 지나친 고온상승을 막기 위하여 송풍 팬을 터널 외부에 설치하여 26℃ 이상에서 터널내의 공기가 환기되도록 하였다. 정식 후 일정 시기별로 1cm 이상인 엽을 육안으로 계측하였고, 수확시 생육특성을 분석하여 최적 수확시기를 구명하였다. 또한 환경을 CR10X(Campbell Sci. Inc.)을 이용하여 기온, 광도 및 액온 등을 계측하였고, 이들이 수확시기에 미치는 영향을 검토하였다.

결과 및 고찰

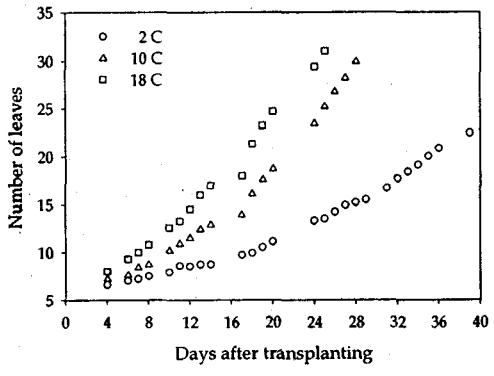


Fig. 1. Number of leaves per plant with respect to days after transplanting for leaf lettuce over 3 night air temperature.

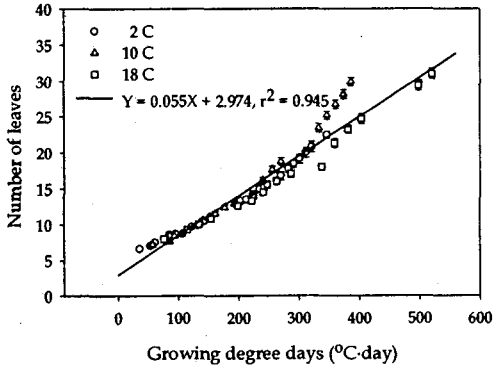


Fig. 2. Number of leaves per plant with respect to growing degree days for leaf lettuce over 3 night air temperature.

생육일수에 따른 상추의 생육(Fig. 1)은 야간온도에 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며, 일정한 생육에 도달하는 일수는 적정온도에 가까울수록 단축되었다. 온도에 대한 상추의 생육반응으로 최저 2.5, 최적 24 및 최고한계온도는 36℃ 근처로 밝혀져(문 등, 2002), 주간의 하우스내 온도가 생육을 억제하지 않는 범위 내에서는 야간 온도가 최적온도에 가까울수록 생육도 촉진되는 것으로 판단된다. 또한 생육유효 적산온도(growing degree days, GDD; McMaster와 Wilhelm, 1997; NeSmith,1997)에 따라 엽수

는 직선적으로 증가하여 상추의 생육에 온도에 따른 영향이 크게 나타남을 알 수 있다(Fig. 2). 따라서 계절에 따른 광도의 영향을 배제한다면 지상부 온도가 수확기를 결정하는 주요한 요인으로 작용할 수 있다.

한편, 정식후 26일째부터 약 일주일간의 상추 엽수변화(Fig. 3)를 보면, 수확적기인 상추의 시장성이 있는 가식엽수는 대략 11~14매 전후로 추정되며, 총엽수에 대해 가식엽수가 차지하는 비율이 45% 이상이어야 할 것으로 판단된다(Fig. 4). 이 때 가계경제와 직결되는 가식엽중(Fig. 5)은 생육이 진전될수록 급격히 증가하지만, 수확적기를 벗어나 너무 과도하게 생육한 상추의 경우 쌈용으로 먹기에 너무 부드럽고 크기 때문에 소비자 기호성과 저장성이 떨어진다. 특히 식물공장에서 작물을 경제적으로 생산하려면 하루라도 생산기간을 단축하는 것이 유리하다.

생육일수별로 상추의 잎을 펼쳐보았을 때(Fig. 6), 생육이 진행될수록 속에 묻히는 잎이 많아 광이용효율이 떨어지고 노엽이 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 가식엽수가 약 13매 전후일 때 수확하는 것이 너무 과번무하지 않으면서 시장성이 있는 상추로 판단된다.

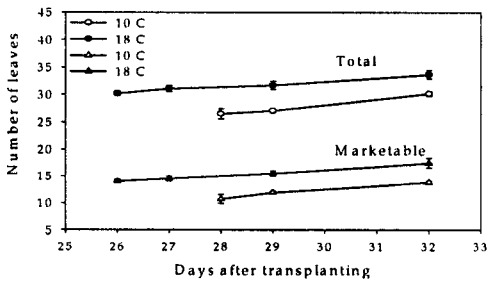


Fig. 3. Number of total and marketable leaves with respect to days after transplanting for leaf lettuce over 2 night air temperature.

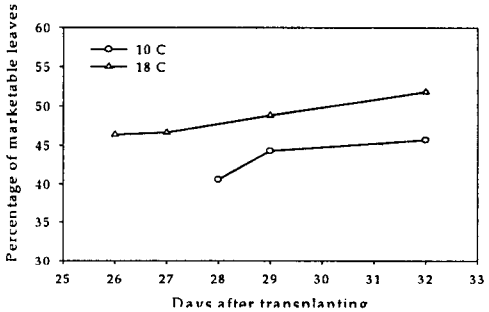


Fig. 4. Percentages of marketable leaves over total with respect to days after transplanting for leaf lettuce over 2 night air temperature.

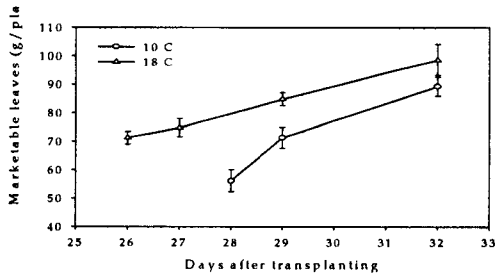
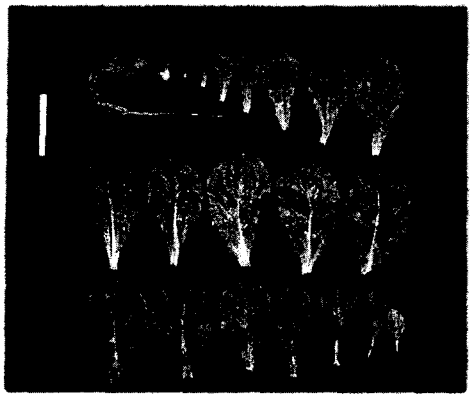
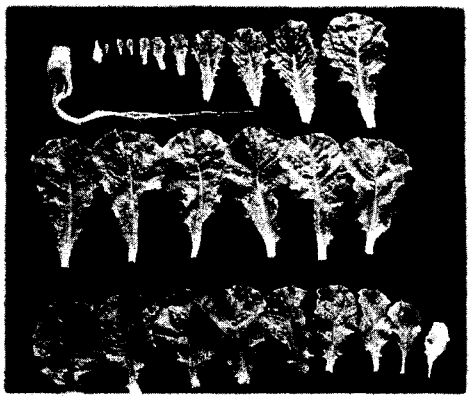


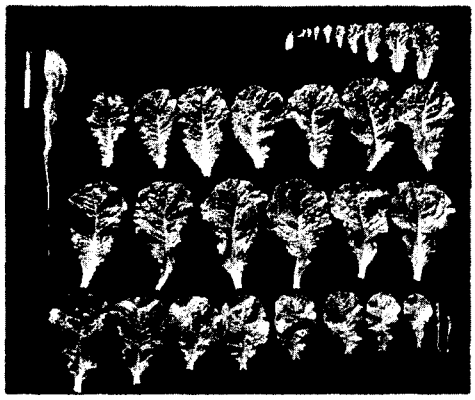
Fig 5. Fresh weight of marketable leaves with respect to days after transplanting for leaf lettuce over 2 night air temperature.



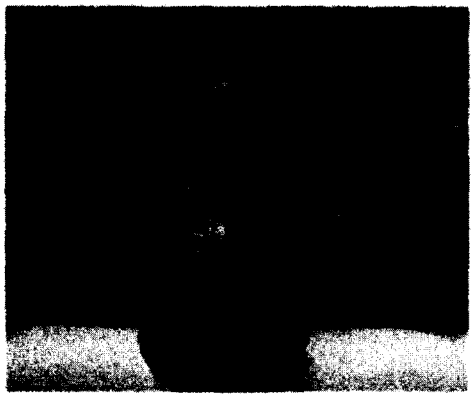
A. 18 DAT



B. 24 DAT



C. 31 DAT



D. Marketable lettuce

Fig. 6. Individual leaves of leaf lettuce sampled by growth stages and marketable lettuce by the roots.

요약 및 결론

야간온도에 따른 상추의 시기별 생육이 상당히 다양하기 때문에 적정 엽수를 추정하는데 GDD가 유효할 것으로 판단되며, 13매 정도의 가식엽수를 갖는 상태에서 수확하는 것이 타당할 것이다. 이 때 상추의 생체중은 약 120g이고 총엽수는 약 30매 전후로써 45% 이상의 가식엽중을 갖는 상태에서 수확하는 것이 적합하였다.

인용문헌

1. McMaster GS, Wilhelm WW. 1997. Growing dgree-days: one equation, two interpretations. Agr. For. Meteol.87:291-300.
2. 문보흠, 조일환, 김기덕. 2002. 식물공장생산을 위한 상추 생육 적합 환경과 생체중 예측. 원예과학기술지 20(별호II):67.
3. NeSmith DS. 1997. Summer squash (Cucurbita pepo L.) leaf number as influenced by thermal time. Sci. Hort. 68:219-225.