

아스파라거스 'Atlas'의 노지 및 비가림하우스 재배에 따른 생장 특성과 생산량

하서연^{1,2} · 이태현^{1,2} · Rayhan Ahmed Shawon^{1,2} · 허복구³ · 김호철^{1,2} · 배종항^{1,2} · 구양규^{1,2,4*}

¹원광대학교 원예산업학부, ²원광대학교 식물육종연구소,
³(재) 나주시 천연염색문화재단, ⁴원광대학교 생명자원과학연구소

Growth Characteristics and Yield of Asparagus 'Atlas' Grown in an Open Field and Rain-Shelter House System

Seo Yeon Ha^{1,2}, Tae Heon Lee^{1,2}, Rayhan Ahmed Shawon^{1,2}, Buk Gu Heo³,
Ho Cheol Kim^{1,2}, Jong Hyang Bae^{1,2}, and Yang Gyu Ku^{1,2,4*}

¹Department of Horticulture Industry, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

²Institute of Plant Breeding, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

³Naju Foundation of Natural Dyeing Culture, Naju 58280, Korea

⁴Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

*Corresponding author: ygku35@wku.ac.kr

Abstract

This study was performed to select cultivation systems best-suited for cultivation of asparagus (*Asparagus officinalis*) cultivar 'Atlas' in Korea. Bud break, spear yield, and underground part growth characteristics under two different cultivation systems (rain-shelter and open field) were investigated. Asparagus grown in the rain-shelter greenhouse emerged from dormancy about 10 days earlier than that grown in the open field, and demonstrated a 3-fold higher yield in terms of the number and weight of spears, which increased with increasing plant age. In the analysis of the growth characteristics of the underground part, the mean bud diameter of asparagus grown in the rain-shelter greenhouse was 1.7-fold thicker than those of grown in the open field. Roots of asparagus grown in the open field were lighter but longer than those of asparagus grown in the rain-shelter greenhouse. The higher fresh and dry weight of the roots and larger bud size of asparagus grown in the rain-shelter greenhouse are expected to lead to higher yield in the following year. Selection of cultivation systems that can accelerate bud break and increase spear yield will contribute to increasing farming income. Therefore, growing the 'Atlas' cultivar in the rain-shelter house is expected to lead to higher yield, and will contribute to increasing farming income.

Additional key words: bud size, cultivation system, seedling age, spear, sprout emergence

서 언

백합과 다년생 식물인 아스파라거스(*Asparagus officinalis* L.)는 아시아, 아메리카, 유럽, 아프리카, 오세아니아 등의 다양한 지역에서 재배되고 있다(Ku et al., 2007). 이들 지역에서는 주로 노지 재배되고

Received: December 8, 2019

Revised: January 14, 2020

Accepted: January 28, 2020

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
38(2):169-176, 2020

URL: <http://www.hst-j.org>

pISSN : 1226-8763

eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2020 Korean Society for Horticultural Science.

This research was supported by the Wonkwang University Research Grants in 2018.

있으나, 국내에서는 노지 재배 시 여름철의 고온 다습한 기후 조건 및 폭우로 인해 경고병이 발생하는 등의 원인으로 생산량이 낮다(Choi et al., 1981). 이런 이유로 국내에서 아스파라거스는 주로 비가림하우스 재배를 하고 있다. 비가림하우스 재배를 하면 노지 재배한 것보다 지상부 개수, spear(유경-幼莖)의 개수, bud(눈-芽)의 개수 및 뿌리의 개수가 더 많았고(Kim et al., 2016), sprouting(맹아-萌芽) 출현이 5 - 6일 가량 빠르며, 생산량은 78% 정도 증수된 것으로 나타났다(Seong et al., 2001). 맹아 출현 시기에 먼저 나온 유경이 있으면 *correlative inhibition* 현상으로 인해 유경이 수확되기 전까지 다음 유경의 생장이 억제되므로 비가림하우스 재배는 노지 재배보다 맹아 출현과 유경의 생장이 촉진되어 수확기간 내에 수확 할 수 있는 유경의 개수가 증가하여 생산량이 증가한다(Feller et al., 2012; Ku et al., 2018). 아스파라거스의 생산량은 눈의 개수와 크기와 정의 상관성이 있으며(Woolley et al., 2008), 눈의 생성과 발달은 주로 여름에 지상부 생장과 발달 후부터 시작되어 가을까지 진행된다(Robb, 1984; Haynes, 1987).

아스파라거스 재배 시 겨울철의 온도 조건은 휴면 유도과 이듬해 맹아 출현과 밀접한 관련이 있다. 국내의 기후 조건에서 재배되는 아스파라거스는 겨울철에 지상부가 황화되어 고사하게 되며, 이듬해 휴면타파를 위해 저온처리가 요구된다(Ku et al., 2007; Nie et al., 2016). 휴면타파 처리 온도는 0 - 10°C 범위인데, 5°C가 가장 적당한 온도이다(Ku et al., 2007; Lee et al., 2013; Nie et al., 2016). 최근 연구에 의하면 저온을 2°C에서 30일간, 5°C에서 45일간 처리하였을 때 2°C에서 15일, 5°C에서 30일 이하로 처리한 것에 비하여 휴면타파가 촉진되었으며(Nie et al., 2016), 'Jersey Supreme' 품종을 5°C에서 4주 이상 저온처리 했을 때 처리기간이 길수록 유경의 생장이 촉진되었다(Lee et al., 2013). 재배 온도가 10°C 이하일 때는 저온 감응 정도에 따라 휴면타파 소요일수가 달라지고 20°C 이상이 되면 저온처리 기간에 관계없이 맹아 출현이 진행되었다(Ku et al., 2007; Ku et al., 2008).

아스파라거스는 재배부터 생산까지 많은 시간이 소요되기 때문에 재배농가에서는 생산성을 높이기 위해 기후 조건이나 재배 지역에 적합한 품종을 재배해야 한다. 또한 휴면이 필요하고 생육 환경에 따라 맹아 출현의 시기가 달라지며 이에 따라 생산량에 변화가 있기 때문에 아스파라거스 재배 시 아스파라거스 품종의 특성을 잘 파악하고 적절한 시기에 맹아 출현을 유도하는 것이 중요하다. 아스파라거스 생산 농가에서는 위와 같은 특성과 지역의 기후조건을 감안해 주로 'UC157'과 'Grande' 품종을 재배하고 있다(Lee et al., 2015). 최근에는 일부 농가를 중심으로 품질이 좋고 생산량이 높은 것으로 알려진 'Atlas' 품종(Benson et al., 1996; Cueto and Lesnick, 1999; González, 2007; Cermeño et al., 2008)의 재배를 시도하고 있다. 그런데, 아스파라거스는 품종에 따라 생장 특성 및 생산량이 환경의 영향을 크게 받는데 비해 최근 국내에서 재배를 시도하고 있는 'Atlas' 품종에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구는 'Atlas' 품종의 비가림하우스와 노지 재배에 따른 맹아 출현, 유경의 생산량 및 눈의 크기와 개수에 대한 기초자료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구는 원광대학교 채소 포장의 비가림하우스와 노지에서 2016년 9월부터 2019년 5월까지 수행하였다. 암·수 혼합 품종인 'Atlas' 품종을 50공 플러그 트레이에 재배용 상토(알파플러스 상토, Sanglim, Korea)를 넣고 파종하였고, 비가림하우스로 이동하여 생육시켰다. 파종 후 7개월(2017년 4월)째에는 펠라이트(에코라이트, 호민산업, Korea)와 코코피트, 상토, 퇴비를 혼합한 용토를 넣은 플라스틱 포트(직경 59cm × 높이 38cm)에 정식한 후 비가림하우스에서 재배 관리를 했다. 파종 후 12개월(2017년 9월)째에는 아스파라거스를 비가림하우스와 노지에 각각 15주씩 나누어 완전임의 배치하였다.

아스파라거스는 관행에 준해 재배 관리했으며, 파종 후 17개월(2018년 2월)째에는 모든 실험구에서 아스파라거스의 지상부 전체가 황화하여 지상부를 제거했다. 비가림하우스와 노지의 온도 변화를 파악하기 위해 2018년 1월 1일부터 3월 2일까지 Hortplus datalogger(Micro Logger, Dallas Semiconductor, USA)를 이용하여 지표면에서 1m 높이에 설치하여 30분 간격으로 주야간 평균온도를 측정하였다(Fig. 1). 겨울철 휴면기간 동안 비가림하우스 내 평균 온도는 주간 11.5°C, 야간 -0.6°C, 노

지 평균 온도는 주간 1.2°C, 야간 -4.3°C였다. 비가림하우스와 노지에 재배된 아스파라거스는 맹아 출현을 유도하기 위하여 2월말에 관수를 시작하였고, 맹아 출현은 온도를 제외한 재배환경의 영향을 받지 않기 위해 토양수분측정기(6440FS, Spectrum Technologies, UK)를 이용하여 주기적으로 15cm 깊이의 토양수분함량을 측정하여 적정 수분함량인 40 - 50%를 유지하였다(Fig. 2).

아스파라거스의 맹아 출현과 유경의 생산량은 파종 후 19개월(2018년 4월) 및 30개월(2019년 3월)된 아스파라거스를 대상으로 조사했다. 아스파라거스의 맹아 출현 일수는 비가림하우스와 노지에서 첫 번째로 맹아 출현이 시작하여 토양에서 1cm 이상 출현한 날을 1일로 계산했다. 아스파라거스의 생산량은 유경의 길이 20cm 이상 자란 것을 수확하여 개수, 직경 및 무게를

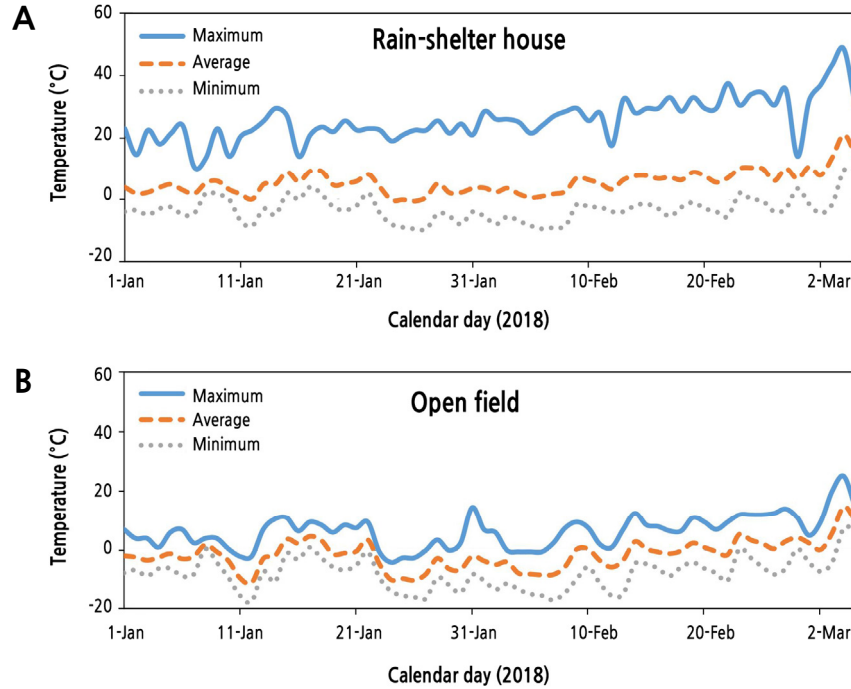


Fig. 1. Temperature of both rain-shelter house (A) and open field (B) during the experiment.

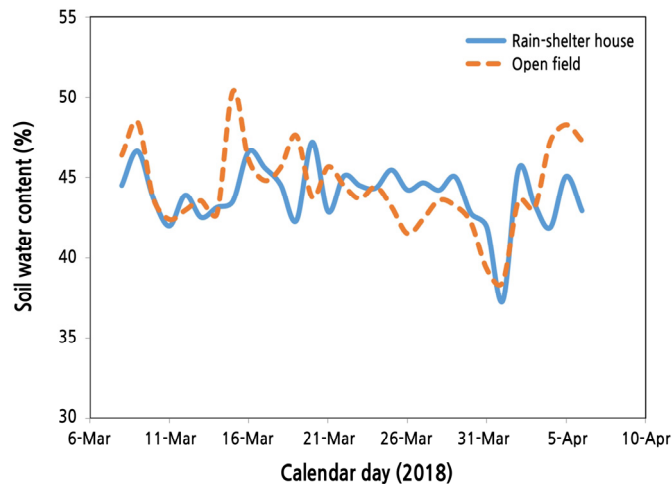


Fig. 2. Soil water content of 'Atlas' plants grown in both rain-shelter house and open field during the experiment. The soil water content was measured by Time Domain Reflectometry (TDR).

측정하였다. 유경의 직경은 20cm 길이로 자른 하단부에서 1cm 위를 버니어캘리퍼스(CD-20APX, Mitutoyo, Japan)로 측정하였고, 유경의 무게는 전자저울(HS210A, Hansung, Korea)을 이용하여 측정하였다.

재배시스템에 따른 'Atlas' 품종의 눈의 개수와 크기, 뿌리의 길이와 생체중은 파종 후 30개월 된 아스파라거스를 대상으로 조사했다. 눈의 개수와 크기는 crown(크라운) 위에 있는 흙을 제거한 후 눈의 개수를 조사했고, 이중 가장 큰 것 3개를 선정 후 버니어캘리퍼스로 직경을 측정한 후 평균값을 산정했다. 뿌리의 생체중은 뿌리 주위에 있는 물을 제거한 후 측정하였고 건물중은 열풍건조기(VS-1202D2, Vision Scientific, Korea)에 넣고 뿌리를 60°C에서 10일간 건조한 후 측정하였다.

아스파라거스는 비가림하우스와 노지 재배로 나누어 처리당 15반복으로 완전임의배치 하였다. 눈의 직경, 개수, 뿌리의 길이, 생체중과 건물중은 처리당 4주를 선정하여 조사하여 분석하였다. 본 실험에서 얻어진 자료들은 SPSS 프로그램(Version 24.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 T-test로 95% 신뢰수준에서 처리 간의 유의차를 비교하였다.

결과 및 고찰

비가림하우스와 노지 재배의 온도는 7.6°C 차이를 보여(Fig. 1) 아스파라거스의 맹아출현은 재배온도와 밀접한 연관이 있다. 온도가 높은 비가림하우스에서 노지 재배보다 맹아출현이 촉진되었다. 파종 후 19개월과 30개월 된 아스파라거스 'Atlas' 품종의 맹아 출현은 비가림하우스에서 재배한 것이 노지 재배에 비해 각각 10일 및 15일 빠르게 나타났다(Fig. 3). 아스파라거스 재배 시 맹아 출현이 촉진되면 유경의 생장이 빨라지고 수확기간 내에 수확할 수 있는 유경의 개수가 증가하여 생산량이 증가하며(Feller et al., 2012; Lee et al., 2013; Lee et al., 2015), 유경은 직경이 7mm 이상으로 굵을수록 시장가치가 높다(Roth and Gardner, 1990; González and Pozo, 2002)는 점에서 맹아 출현 시기는 중요하게 다뤄지고 있다. 일반적으로 아스파라거스 맹아출현은 저온처리 온도와 저온처리 기간에 대한 의존성이 크며(Ku et al., 2007; Nie et al., 2016), 저온에 일정 기간 감응된 후 재배온도 상승에 따라 유경의 출현이 발생하고, 20°C 이상으로 상승하면 맹아출현이 촉진될 뿐만 아니라 유경의 생산량이 크게 증가한다(Dufault, 1996; Dean, 1999; Krug, 1999; Ku et al., 2007; Ku et al., 2008; Gąsecka et al., 2009). 그러므로 추운 겨울이 있는 국내에서 아스파라거스 재배 시 맹아출현을 위한 저온처리는 필수적이라 할 수 있는데, 본 실험 결과 비가림하우스 내의 온도는 저온 감응에 충분한 온도임과 동시에 맹아출현에 촉진 작용을 한 것으로 나타났다. 아스파라거스를 비가림하우스와 노지에서 5년간 재배하였을 때, 비가림하우스 재배는 노지 재배보다 맹아출현이 3일 가량 촉진되었고 생산량은 2배 가까이 증가하였다(Seong et al., 2001)는 보고 또한 본 연구 결과와 유사했다. 따라서 아스파라거스 'Atlas' 품종의 국내 재배 시 맹아출현 특성은 다른 품종과 크게 다르지 않고, 비가림하우스 재배 시에 촉진된다는 사실이 확인되었다.

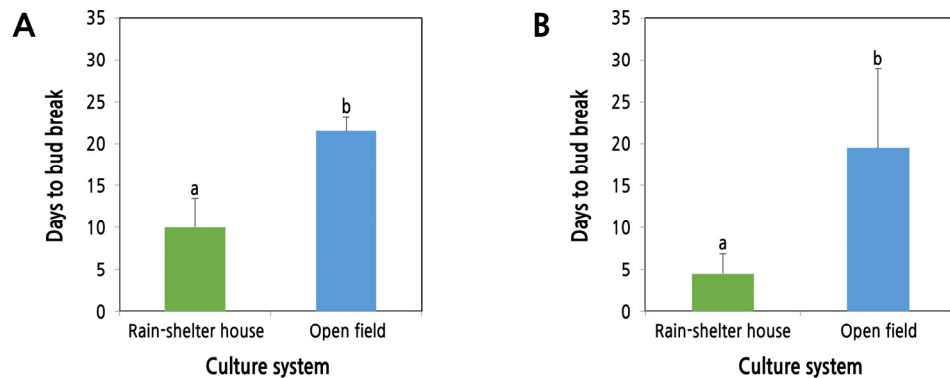


Fig. 3. Days to bud break of 'Atlas' plant grown in both rain-shelter house and open field cultivation at 19 months (A) and 30 months (B) after planting. Vertical bars represent \pm standard deviation ($n = 15$). Different letter above each bar is significantly different by T-test at $p \leq 0.05$.

아스파라거스 'Atlas' 품종을 비가림하우스와 노지에서 각각 재배한 결과 유경의 개수는 비가림하우스 재배에서 2.8 - 3.3 배 많은 것으로 나타났다(Fig. 4). 파종 후 19개월 된 'Atlas' 품종의 유경 개수는 비가림하우스에서 재배한 경우 13개로 노지 재배 4개보다 3.3배가 많았다. 파종 후 30개월 된 주(株)의 유경 개수는 노지 재배의 5개보다 비가림하우스에서 14개로 2.8배가 더 많았다. 비가림하우스에서 재배한 것은 이처럼 묘령에 관계없이 유경의 개수가 많은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 비가림하우스에서 재배한 아스파라거스는 노지 재배보다 유경의 개수가 많았다는 Lee et al.(2013)와 Seong et al.(2001)의 연구 결과와 일치했다. 'Atlas' 품종은 2년차부터 7년차까지 묘령이 증가할수록 유경의 개수가 증가한다는 Cantaluppi(2012)의 보고와 유사한 경향을 나타냈다.

아스파라거스 'Atlas' 품종을 비가림하우스와 노지로 구분해서 재배한 결과 생산된 유경의 직경은 19개월 된 것과 30개월 된 것 모두 비가림하우스 재배에서 굵은 것으로 나타났다(Fig. 5). 비가림하우스에서 재배한 아스파라거스 유경의 직경은 파종 후 19개월 된 주(株) 경우 9.8mm로 노지 재배보다 1.6mm가 굵었으며, 30개월 된 주(株)는 9.9mm로 노지 재배보다 2.4mm가 굵은 것으로 나타났다. 국내에서는 직경 14 - 20mm의 유경을 선호하고, 비가림하우스에서 재배한 아스파라거스는 노지 재배보다 유경의 직경이 두꺼워 상품성이 좋고 가격도 양호한 편이다. 유경의 직경이 굵어도 유경의 개수가 적으면 생산량이 떨어질 수도 있는데, 비가림하우스에서 재배한 아스파라거스 유경의 개수는 노지에서 재배한 것에 비해 2.8 - 3.3배가 많게 나타난 Fig. 4의 결과를 고려할 때 'Atlas' 품종의 비가림하우스 재배는 유경의 생산 측면에서 효과적인 재배법임을 알 수 있다.

아스파라거스 'Atlas' 품종을 비가림하우스와 노지에서 각각 재배한 결과, 유경의 생체중은 비가림하우스 재배구에서 3.1 -

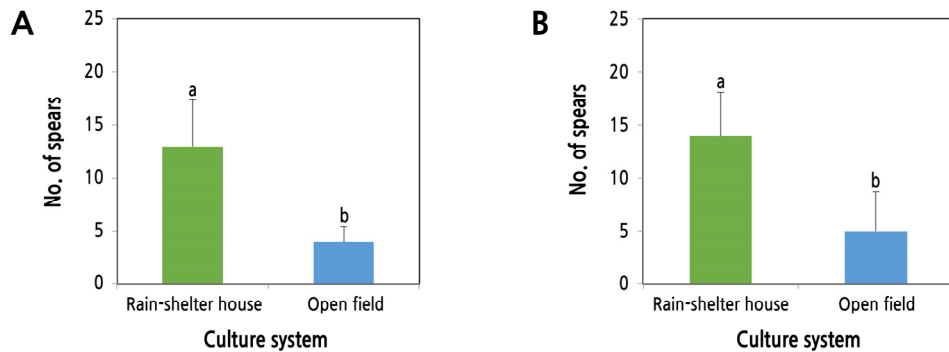


Fig. 4. Spear number of 'Atlas' plant grown in both rain-shelter house and open field cultivation at 19 months (A) and 30 months (B) after planting. Vertical bars represent \pm standard deviation ($n = 15$). Different letter above each bar is significantly different by T-test at $p \leq 0.05$.

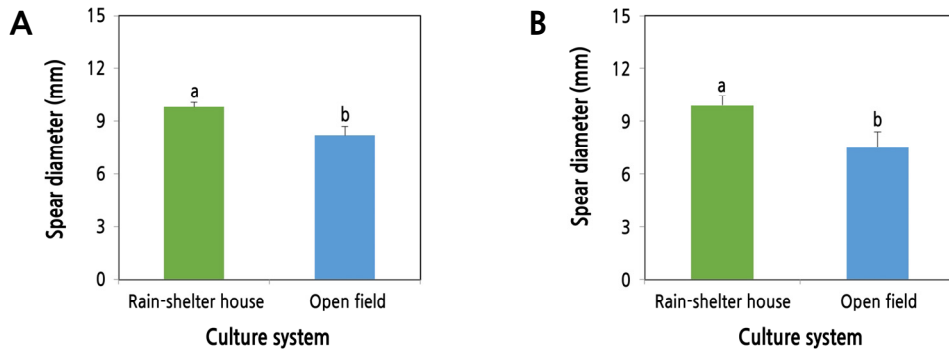


Fig. 5. Spear diameter of 'Atlas' plant grown in both rain-shelter house and open field cultivation at 19 months (A) and 30 months (B) after planting. Vertical bars represent \pm standard deviation ($n = 15$). Different letter above each bar is significantly different by T-test at $p \leq 0.05$.

4.3배 무거운 것으로 나타났다(Fig. 6). 유경의 생체중은 비가림하우스 평균 107g으로 노지 35g보다 3.1배 정도 유의하게 높았고, 30개월 된 주(株)에서 유경의 생체중은 비가림하우스 평균 150g으로 노지 35g보다 4.3배 정도 유의하게 높았다. 'Atlas' 품종은 2001년부터 2003년까지 묘령이 증가할수록 유경의 개수와 생산량이 증가한다(González, 2007)는 보고처럼 비가림 하우스에서 재배한 경우 19개월된 것은 107g인데 30개월된 것은 150g으로 증가했다. 그러나 노지에서 재배한 것은 묘령에 따른 차이가 없었는데, 이는 노지에서 재배한 것의 경우 유경의 개수와 직경의 차이가 크지 않기 때문으로 생각된다.

아스파라거스 'Atlas' 품종을 비가림하우스와 노지에서 재배하고 파종 후 30개월 때에 눈의 개수와 크기, 뿌리의 길이와 무게를 조사한 결과는 Table 1에 나타났다. 눈의 개수는 비가림하우스에서 재배한 경우 44개로 노지 재배 31개에 비해 많았다. 눈의 크기 또한 비가림하우스에서 재배한 것이 12.3mm로 노지 재배 7.0mm에 비해 유의하게 컸다. 눈의 개수가 많고 눈의 크기가 크면 맹아 출현 후 유경의 개수가 많아지고 직경이 굵어 아스파라거스의 생산량이 증가한다(Woolley et al., 2008; Ku et al., 2008)는 점에서 비가림하우스 재배의 유용함을 나타낸 결과였다. 아스파라거스 눈의 생성과 발달은 뿌리와 밀접한 연관이 있다. 아스파라거스 눈은 지상부의 광합성뿐만 아니라 뿌리의 양분 흡수를 통해서도 생성된다. 봄 수확기간 동안 15 - 30%, 입경 후에 70% 생성된 눈은 이듬해 유경으로 생장하므로 봄 수확을 마치고 난 후 지상부 관리가 매우 중요하다.

비가림하우스에서 재배한 뿌리의 크기는 노지보다 크고 두꺼웠으며, 노지에서 재배한 뿌리의 길이는 비가림하우스보다 길었다(Table 1, Fig. 7). 노지 재배한 아스파라거스의 뿌리는 평균 114cm로 비가림하우스보다 23cm 더 길었다. 뿌리의 길이는 노지와 비가림하우스 모두 약 1m 가량 성장하므로 아스파라거스의 원활한 양·수분 흡수를 위해서 1m 깊이로 식재하는 것을 권장한다. 'UC157' 품종의 묘를 30cm 이상 깊이로 식재하면 식재의 깊이 10cm, 20cm보다 유경의 개수가 감소하지만 유경의 직경이 굵어지고 시장성이 높아진다(McCormick and Thomsen, 1990; González and Pozo, 2002). 뿌리의 생체중은 비가림 하우스에서 평균 990.5g으로 노지 재배 506.6g보다 약 1.9배 정도 높았으며, 뿌리의 건물중은 비가림하우스에서 재배한 것이 506.4g으로 노지에서 재배한 163.4g보다 3.0배가 무거운 뿌리에 저장된 양분이 많을 것으로 추정되었다. 아스파라거스 crown(크라운)의 크기는 유경의 생산과 지상부의 생장에 밀접한 연관이 있으며, 크라운의 크기가 클수록 지상부의 생장을 촉진시키고 광합성 양이 증가하여 유경의 개수, 무게, 직경, 생산량이 증가한다(Krzesiński et al., 2008; Gąsecka et al., 2009).

이상의 결과를 종합하면, 아스파라거스 'Atlas' 품종은 국내에서 재배 중인 다른 품종(Lee et al., 2015)의 아스파라거스와 마찬가지로 비가림하우스에서 재배했을 때는 노지 재배에 비해 맹아 출현일이 빠르고, 유경의 개수가 많고 직경이 굵으며 생체중이 무거웠다. 눈의 개수도 많고 굵었으며, 뿌리의 무게 또한 무거운 것으로 나타났다. 더욱이 비가림하우스에서 재배한 아스파라거스는 노지에서 재배한 것보다 생리활성물질이 더 많다는 보고들(Feller et al., 2012; Lee et al., 2015; Kim et al., 2016; Ku et al., 2018)도 있다. 따라서 'Atlas' 품종의 비가림하우스 재배 시 생산량과 소득을 향상시킬 수 있을 것으로 생각되나 시설 투자비용에 따른 생산성도 함께 고려되어야 한다.

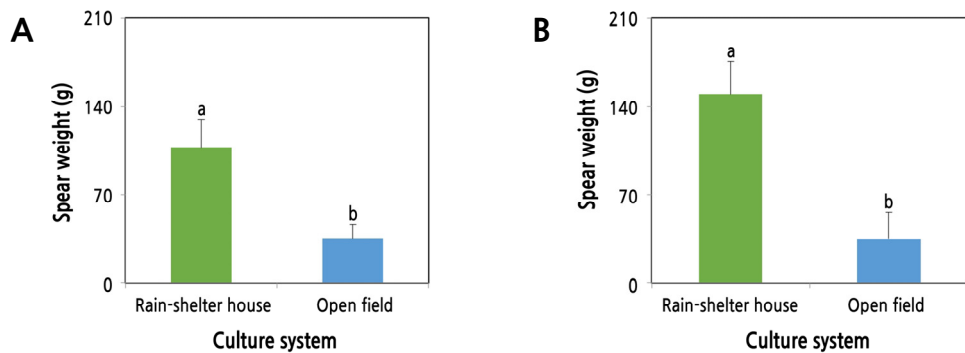


Fig. 6. Spear weight of 'Atlas' plant grown in both rain-shelter house and open field cultivation at 19 months (A) and 30 months (B) after planting. Vertical bars represent \pm standard deviation ($n = 15$). Different letter above each bar is significantly different by T-test at $p \leq 0.05$.

Table 1. Bud diameter, bud number, root length, root fresh weight and root dry weight of asparagus cultivar grown in both rain-shelter house and open field cultivation at 30 months after planting

Culture system	Bud diameter (mm)	Bud number (no.)	Root length (cm)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
Rain-shelter house	12.3 ^z a ^y	44 a	91.6 a	990.5 a	506.3 a
Open field	7.0 b	31 a	114.3 a	506.6 b	163.3 b

^zEach value is the mean of four replications per treatment.

^yDifferent letters within columns indicate significantly different by T-test at $p \leq 0.05$.



Fig. 7. Crown size and root length of 'Atlas' plants grown in both rain-shelter house and open field cultivation at 30 months after planting.

초 록

본 연구에서는 국내에서 재배하기 적합한 재배시스템을 선택하기 위해 비가림하우스와 노지 재배에 따른 아스파라거스의 맹아 출현, 유경의 생산량, 지하부 생장특성을 조사하였다. 비가림하우스에서 재배한 아스파라거스는 노지보다 맹아 출현이 10일 이상 빨랐다. 비가림하우스에서 생산된 유경의 직경은 노지보다 두꺼웠고 유경의 개수와 무게는 노지보다 3배 이상 많았으며 묘령이 증가할수록 유경의 개수와 무게가 증가했다. 아스파라거스의 지하부 생장특성을 조사한 결과, 비가림하우스에서 재배한 눈의 크기는 노지보다 1.7배 컸다. 노지에서 재배한 뿌리는 비가림하우스보다 무게가 낮은 반면에 뿌리의 길이가 길었다. 비가림하우스에서 재배한 아스파라거스는 노지 재배보다 뿌리의 생체중과 건물중이 높고 눈의 크기가 크고 많아 이듬해 생산량이 높을 것으로 판단된다. 따라서 'Atlas' 품종은 국내에서 재배 중인 다른 품종과 마찬가지로 비가림하우스 재배에 의해 생산량을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

추가 주요어 : 눈 크기, 재배시스템, 묘령, 유경, 맹아 출현

Literature Cited

- Benson BL, Mullen RJ, Dean BB (1996) Three new green asparagus cultivars: Apollo, Atlas and Grande and one purple cultivar, Purple Passion. *Acta Hort* 415:59-66. doi:10.17660/ActaHortic.1996.415.8
- Cantaluppi CJ (2012) Replicated asparagus cultivar evaluation 2007-2012. www.vegnet.osu.edu
- Cermeño P, Ortega FR, Calado S, Rubio V (2008) Performance of green and white asparagus cultivars in southern Spain. *Acta Hort* 776:339-344. doi:10.17660/ActaHortic.2008.776.44
- Choi JK, Kwon YS, Yu YH (1981) Studies on the control of stem blight of asparagus caused by *Phoma asparagi* Sacc. *Korean J Plant Prot* 20:117-121
- Cueto GG, Lesnick DJ (1999) Yield performance of new asparagus cultivars at Dole Tropifresh, Polomolok, Philippines. *Acta Hort* 479:163-168. doi:10.17660/ActaHortic.1999.479.21
- Dean BB (1999) The effect of temperature on asparagus spear growth and correlation of heat units accumulated in the field with spear yield. *Acta Hort* 479:289-296. doi:10.17660/ActaHortic.1999.479.40
- Dufault RJ (1996) Relationship between soil temperatures and spring asparagus spear emergence in coastal South Carolina. *Acta Hort* 415:157-162. doi:10.17660/ActaHortic.1996.415.23
- Feller C, Graefe J, Fink M (2012) Bud and spear development of asparagus under constant temperature. *Agric Sci* 3:455-461. doi:10.4236/as.2012.34053
- Gąsecka M, Krzesiński W, Stachowiak J, Knaflewski M (2009) The effect of temperature and crown size on asparagus yielding. *Folia Hort* 21:49-59. doi:10.2478/fhort-2013-0125
- González MIA (2007) Evaluation of green asparagus varieties in the Bio-Bio region, Chile. *Agric Téc (CHILE)* 67:227-235. doi:10.4067/S0365-28072007000300001
- González MIA, Pozo AD (2002) Influence of planting depth and plant population on yield and quality of green asparagus. *Acta Hort* 589:123-127. doi:10.17660/ActaHortic.2002.589.15
- Haynes RJ (1987) Accumulation of dry matter and changes in storage carbohydrate and amino acid content in the first 2 years of asparagus growth. *Sci Hort* 32:17-23. doi:10.1016/0304-4238(87)90012-4
- Kim HC, Heo BG, Bae JH, Lee SY, Kang DH, Ryu CS, Kim DE, Choi IJ, Ku YG (2016) Comparison of plant growth characteristics and biological activities of four asparagus cultivars by cultural method. *Korean J Plant Res* 29:495-503. doi:10.7732/kjpr.2016.29.4.495
- Krug H (1999) Seasonal growth and development of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) IV. Crown activity as a function of incubation temperature and temperature gradient. *Gartenbauwissenschaft* 64:84-88
- Krzesiński W, Gasecka M, Stachowiak J, Zurawicz A, Knaflewski M, Goliński P (2008) The effect of plant age and crown size of asparagus on fern growth in terms of carbohydrate balance. *Acta Sci Pol Hortorum Cultus* 7:93-102
- Ku YG, Kang DH, Lee CK, Lee SY, Ryu CS, Kim DE, Polovka M, Namieśnik J, Gorinstein S (2018) Influence of different cultivation systems on bioactivity of asparagus. *Food Chem* 244:349-358. doi:10.1016/j.foodchem.2017.10.044
- Ku YG, Woolley DJ, Hughes AR, Nichols MA (2007) Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth in asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J Hort* 82:446-450. doi:10.1080/14620316.2007.11512257
- Ku YG, Woolley DJ, Nichols MA (2008) The effect of chilling duration and temperature on asparagus spear growth. *Acta Hort* 776:445-451. doi:10.17660/ActaHortic.2008.776.57
- Lee JH, Bae JH, Ku YG (2013) Effect of two male cultivars of asparagus with low temperature treatment on bud breaking and spear growth. *Korean J Hort Sci Technol* 31:141-145. doi:10.7235/hort.2013.12152
- Lee JW, Heo BG, Bae JH, Ku YG (2015) Comparison of plant growth, dormancy breaking, yield, and biological activities of extracts in four asparagus cultivars. *Korean J Hort Sci Technol* 33:796-804. doi:10.7235/hort.2015.15080
- McCormick SJ, Thomsen DL (1990) Management of spear number, size, quality and yield in green asparagus through crown depth and population. *Acta Hort* 271:151-158. doi:10.17660/ActaHortic.1990.271.19
- Nie LC, Chen YH, Liu M (2016) Effects of low temperature and chilling duration on bud break and changes of endogenous hormones of asparagus. *Eur J Hort Sci* 81:22-26. doi:10.17660/eJHS.2016/81.1.3
- Robb AR (1984) Physiology of asparagus (*Asparagus officinalis*) as related to the productivity of the crop. *NZ J Exp Agric* 12:251-260
- Roth RL, Gardner BR (1990) Asparagus spear size distribution and earliness as affected by water and nitrogen applications. *Trans Amer Soc Agric Eng* 33:480-486. doi:10.13031/2013.31354
- Seong KC, Lee JS, Lee SG, Yoo BC (2001) Comparison of growth characteristics by varieties and effects of rain shelter and mulching on the production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J Bio-Environ Control* 10:187-196
- Woolley DJ, Daningsih E, Nichols MA (2008) Bud population dynamics and productivity of asparagus. *Acta Hort* 776:429-434. doi:10.17660/ActaHortic.2008.776.55