

아스파라거스 지상부 친경 제거시기가 익년도 수량에 미치는 영향

손동모^{1,*} · 김효중¹ · 정종모¹ · 김성준¹ · 김병삼¹ · 윤봉기¹ · 이정현²

¹전라남도농업기술원, ²전남대학교

Effect of Removal Period of Asparagus Above-Ground Part Mother Stem on the Yield of Spear in the Following Year

Dong-Mo Son^{1,*}, Hyo-Joong Kim¹, Jong-Mo Jung¹, Seong-Jun Kim¹,
Byeong-Sam Kim¹, Bong-Ki Yun¹ and Jeong-hyun Lee²

¹Jeonnam Agricultural Research & Extension Service, Naju, 58213, Korea

²Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju, 61186, Korea

*Corresponding author: dmson0810@korea.kr

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of the mother stem removal period on the above-ground part of the asparagus stem in the non-heated greenhouse of Jeonnam Agricultural Research & Extension Service on the quantity of spear in the following year. For the test variety, 'Super Welcome' (Sakata, Japan) was notified, and for the removal period of the mother stem on the above-ground part of the stem, it was set as green leaf period, yellow leaf period and dead leaf period according to the change in the stem & leaf color to be treated. As a result of comparing the average temperature for 15 days before removing the stem & leaf that just came up, the temperature was lower when the sulfuration level was more severe and the removal period was more delayed. Especially, the dead leaves that were removed in late December showed minimum temperature of 0.9℃ and daily average temperature of 7.2℃ to be 3.5℃ lower than the yellow leaf period (10.7℃). For the initial harvesting date for each treatment, the yellow leaf period and the dead leaf period were February 17, 2015 to be 5 days earlier than February 22 of the green leaf period. As for the number of harvesting days, the green leaf period was 175 days, and the yellow leaf period and the dead leaf period were 180 days to have 5 days difference, but the harvesting frequency was 87~88 times for all three periods to have no difference between the treatments. In the growth & development of the mother stem of above-ground stem for each treatment, the plant height and the number of stems were 190cm and 8.0EA in the dead leaf period to be the longest and highest in number, and the stem diameter was 15.3mm in the yellow leaf period to be the thickest. For the characteristics of the harvesting spear for each above-ground removal period, the number

of spear per week was 42.8EA in the green leaf period, 44.8EA in the yellow leaf period, and 44.9EA in the dead leaf period. For the spear diameter, the thickest was 16.2mm in the dead leaf period, followed by 15.9mm in the green leaf period, and 15.7mm in the yellow leaf period. As for the average spear weight per 1EA, the dead leaf period showed 30.2g to have the most weight, followed by 28.4g in the yellow leaf period, and 28.0g in the green leaf period. For the quantity of spear per 10a for each treatment, the dead leaf period showed 1,510kg to have 7% increase compared to 1,399kg in the yellow leaf period, but in the green leaf period where the current of nutrients from the stem was not enabled appropriately, it decreased 6% to 1,331kg. As seen in the results shown above, it is considered that removing the stem in the period between the yellow leaf and the dead leaf, where the nutrients from above-ground are completely flowed to the underground stumps by the decrease in temperature without disease and insect pest is favorable in the nutrient management when harvesting in long-term in spring and summer at Jeonnam region on the following year.

Additional key words: asparagus, part mother stem, removal period, yield of spear, following year

서 론

백합과의 다년생 채소인 아스파라거스(*Asparagus officinalis* L.)는 주로 봄에 맹아되는 어린줄기(若莖, 幼莖) 즉 순(筍)을 식용으로 이용한다(Drost, 1997; Seong et al., 2002). 이러한 아스파라거스 순은 인체의 콜레스테롤 감소와 암의 발생을 억제하는 rutin과 saponin 성분(Chin and Garrison, 2008; Fanasca et al., 2009; Maeda et al., 2005; Rodríguez et al., 2005; Shao et al., 1996; Shou et al., 2007), 활성산소 제거와 항산화 효과를 가진 caffeic산과 ferulic 산(Fanasca et al., 2009; Hartung et al., 1990; Sun et al., 2007) 등 인체 건강에 유익한 기능성 및 약리작용 효과를 갖는 성분들을 다량으로 함유하고 있는 것이 알려지면서 최근 국내 소비량이 급속하게 증가하는 추세이다(Ku et al., 2010). 따라서 국내 소비량을 충족시키기 위해 생산성 증대가 필요한 실정인데 지금까지 생산성 증가를 위한 연구개발 기술로는 봄 수확 후 입경 수와 수확기간 조절(Ku et al., 2011), Mother fern(친경)관리 재배시스템(Inoue et al., 2008; Maeda et al., 2010; Shou et al., 2007) 등이 알려지고 있다. 특히 Mother fern 재배 시스템은 봄 수확(3월~5월까지)후 5~8개의 어미줄기를

입경 한 후 55~60일 이후부터 9월말까지 수확하는 방법으로 이렇게 하면 봄 수확보다 여름 수확이 1.5배 더 높다(Inoue et al., 2008; Maeda et al., 2010). 모경관리 재배시스템이 중요한 점은 입경된 순으로부터 생성된 동화산물이 근권으로 이동과 저장에 촉진되고 또한 이 시기에는 다음 해에 생육할 눈(Bud)이 60~70% 정도로 형성되기 때문이다(Haynes, 1987; Pressman et al., 1993; Robb, 1984). 따라서 아스파라거스 생산성 증대를 위해서는 입경 후 줄기와 cladophyll(엽상지)가 늦가을이나 초겨울에 순조롭게 황화되어 생성된 동화산물을 근권으로 이동, 저장해야 한다. 하지만 국내 아스파라거스 재배에서는 입경 후 지상부 경엽의 고밀도 재배 등 적절한 재배관리 부족과 7~8월의 고온 다습으로 인한 통풍불량, 반점병 등 병해 발생 등으로 지상부 경엽에서 동화산물의 생성 부족과 지하부의 근주로 전류가 원활하게 이루어지지 않아 눈의 형성이 적어 다수확을 기대하기는 어렵다(Ku et al., 2011, 2012). 이와같이 입경 후 지상부의 경엽 관리가 동화산물의 생성과 지하부에서 근주의 눈(Bud) 형성에 중요한 영향을 끼치지만 지상부 경엽의 적정 제거시기에 따른 익년의 아스파라거스 약경의 생산성에 관한 연구는 현재까지 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 전남

지역을 중심으로 반축성재배시 아스파라거스 지상부 친경 제거시기가 익년 약경의 수량성에 미치는 영향을 구명하여 재배의 안정성을 확보하고 생산성을 향상시키고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 전남 나주시에 소재한 전라남도농업기술원 원예연구소 시설하우스(위도 35° 3'N, 경도 126° 54'E)에서 시험품종으로는 2012년에 정식한 ‘슈퍼웰컴’(일본 사카다종묘) 품종 3년생을 이용하였다. 입경 지상부 친경의 제거시기는 3회로 2014년 11월 20일 경엽이 녹색일 때 제거한 처리구를 “녹엽기”, 12월 5일경 경엽이 최절정의 황화현상을 나타냈을 때 제거한 시험구를 “황엽기”, 그리고 12월 20일에 경엽의 황색이 탈색되어 낙엽직전의 상태를 “고엽기”로 설정(Fig. 1)하여 난괴법 3반복으로 처리하였다. 처리 1개월 후 제거구 루터기 잔경은 소형 화염방사기를 사용하여 제거한 다음 기비를 이용하였다. 10a당 시비량은 N-P-K-퇴비를 각각 20-15-18-2,000kg를 표준시비량으로 하고 퇴비와 P는 전량 기비로 사용하고 N과 K는 70%를 기비로 나머지 30%는 추비로 여름수확개시 후 1개월에 한번 씩 총 3회를 이용하였다. 관수 방법은 점적호스를 이랑 중앙에 20cm 간격으로 2열로 설치하고 1주일에 3회, 한번 줄때 식물체 1주당 15ml 씩을 관수하여 시험 포장의 수분상태를

토양수분계(Tensiometer. SR-1000, SDEC, Frans)를 이용 pF 1.8~2.0 수준을 유지하였다. 기타 관리에는 전라남도농업기술원 발행 아스파라거스 고품질재배기술에 준하였고 봄 수확 종료 후 1주당 입경수는 7~8본을 유지하였다. 주요 조사항목으로는 지상부 친경의 제거(녹엽기 '14년 11월 25일, 황엽기 '14년 12월 5일, 고엽기 '14년 12월 20일) 전 15일 동안의 1일 시간대별 평균온도(Spectrum Technologies, E1650, USA)의 변화, 지상부 친경 제거시기에 따른 익년의 수확 특성 및 입경 지상부의 생장 그리고 수확 약경의 특성과 총 약경수량 등을 조사하였으며 총 약경 수량과 상품율, 수확약경 분포율 등은 수확종료 후 적산하였다. 평균값의 비교는 SPSS(IBM SPSS Statistics, version18) 프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석(One-way analysis of variance)을 실시하였다. 일원배치 분산분석 시 평균값에 대한 사후분석은 Duncan's multiple range test 방법에 의거 0.05% 수준에서 각 처리의 평균값 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

아스파라거스 봄과 여름 2계절 수확의 장기재배에서 익년의 약경의 생산성을 향상시키기 위해 전년도 “Mother fern” 즉 친경관리 재배법(Inoue et al., 2008; Maeda et al., 2010; Shou et al., 2007)



Fig. 1. Stem & leaf condition for each removal period (Green leaf period – Nov. 25, 2014, Yellow leaf period – Dec. 5, 2014, Dead leaf period – Dec. 20, 2014) of the asparagus above-ground mother stem.

이 보편화되면서 입경한 지상부 관리가 무엇보다 중요한 재배적 요인이 되고 있다. 이러한 친경의 광합성 동화 산물의 지하부 근주로의 이동에는 온도조건, 그 중에서도 저온이 크게 관여 하는데 본 시험에서 각 처리별로 입경한 지상부 친경을 제거하기 전, 15일 간의 시간대별 평균 온도를 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 여름 약경 수확이 종료된 지 얼마 되지 않은 처리 전의 평균 온도가 18.5℃로 가장 높았고 처리 간에는 경엽의 황화 정도가 심하고 친경 제거시기가 늦어질수록 평균 온도가 낮은 경향을 보였으며 특히 12월 하순의 고엽기 제거는 최저 온도 0.9℃, 1일 평균 온도가 7.2℃로 황엽기 10.7℃, 녹엽기의 11.6℃ 보다 각각 3.5℃와 4.4℃가 낮아 동화 양분의 전류가 빠르고 많았을 것으로 생각된다. 이와 같이 저온에 조우하고 경엽의 엽상지(cladophyll)를 순조롭게 황화 고엽화시켜 입경 지상부의 친경을 제거하면 이듬해 생산성을 향상시킨다는 Ku et al.(2011)의 보고와 유사한 경향을 보였다.

입경 지상부 친경 제거시기에 따른 익년의 약경 수확 특성은 Table 1과 같다. 아스파라거스 재배에서 이른 봄 순이 출현하고 약경의 수확이 시작되었다는 것은 근주의 휴면이 타파되었다는 것을 의미하는데 본 시험에서 약경 첫 수확일은 황엽기와 고엽기가 2월 17일로 녹엽기의 2월 22일보다 5일이 빨랐고 친경 제거 후 첫 수확까지의 소요일수는 녹엽기 94일, 황엽기 74일, 고엽기 59일로 녹엽기 대비 고엽기는 35일, 황엽기는 20일이 짧았다. 이와 같이 입경 지상부 제거 후 첫 수확까지의 소요일수는 지상부 제거 시기가 늦을수록 현저하게 단축이 되었는데 이는 지상부가 80~90% 이상 황변하는 12월 이후까지 지상부 제거시기를 늦추는 것이 이듬해 순 출현시기가 현저하게 단축된다는 연구결과와 일치하는 경향이였다(Lee et al, 2013; Bae et al, 2013). 국내의 기후조건에서 아스파라거스 새순 출현이 늦어져 봄 수확 시간이 늦어지면 입경 후에 지상부 근각 형성이 지연됨으로 광합성에 제한적인 요인이 되고 반면에 봄 수확

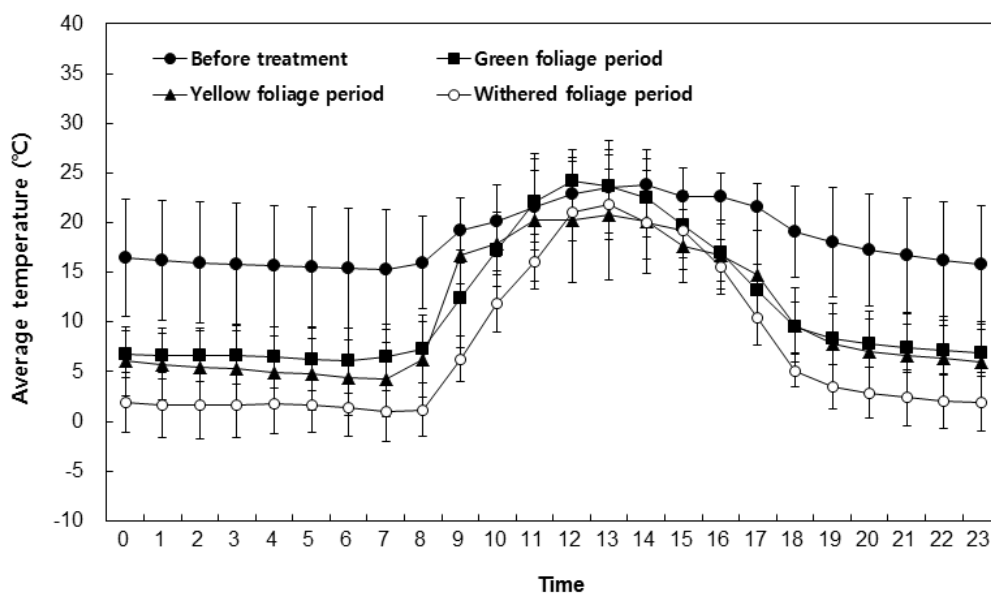


Fig. 2. Daily average temperature change for each time-zone for 15 days before removing the asparagus above-ground mother stem(Green foliage period – Nov. 25, 2014, Yellow foliage period – Dec. 5, 2014, Withered foliage period – Dec. 20, 2014). The symbols indicate before treatment(●), green foliage period(■), yellow foliage period(▲), withered foliage period(○). The vertical bars indicate standard deviation(n=15).

Table 1. Change in the harvesting characteristics and stem growth & development according to the above-ground mother stem removal period on asparagus long-term harvesting.

Mother stem removal period	Initial harvesting date (Month·Day)	Number of harvesting days after treatment (Day)	Harvesting finishing date (Month·Day)	No. of harvesting days (Day)	Harvesting frequency (Times)	Stem		
						Height (cm)	No. of stem (EA)	Stem Diameter (mm)
Green leaf period	'15. 2. 22.	94	'15. 9. 21.	175	87	186 b ^Z	7.5 b	14.5 b
Yellow leaf period	'15. 2. 17.	74	'15. 9. 21.	180	87	185 b	7.7 b	15.2 a
Dead leaf period	'15. 2. 17.	59	'15. 9. 21.	180	88	190 a	8.0 a	14.9 a

^J: Number of days from the above-ground stem removal date to the first harvesting date.

^Z: Mean separation within columns by Duncan's multiple test at 5%.

시 새순의 출현이 빨라지면 생산량 증대뿐 아니라 지상부 근락 형성이 정상적으로 이루어져 이듬해의 수량 증대에 기여하게 된다는 보고와 일치하였다(Wilson et al., 1999). 수확 종료일은 각 처리 모두 9월 21일로 차이가 없이 일정하게 수확을 마쳐 전체 수확 일수는 녹엽기 제거 175일 대비 황엽기와 고엽기 제거는 첫 수확일이 빨랐던 5일 만큼 수확 일수가 길어진 180일이었으나 수확 횟수는 녹엽기와 황엽기 제거가 87회로 차이가 없었으며 첫 수확일이 빨라 수확 일수가 많았던 고엽기 제거는 88회로 녹엽기와 황엽기 제거보다 1회가 많았는데 이 또한 약경 수량의 증가 요인에 해당하는 것으로 사료된다. 아스파라거스는 지난해 가을에 양분을 저장근에 저장하고 이듬해 봄에 그 양분을 이용하여 약경을 수확한다. 그러나 계속해서 수확하면 근주의 양분 소실로 결국 맹아가 멈추게 된다. 따라서 남부지방 장기재배시적당할 때 봄 수확을 중단하고 동화 양분을 생산할 수 있는 어린 순을 생장시켜 동화 산물을 생성, 뿌리로 보내는 입경을 실시하고 있다(Son et al, 2015). 봄 수확 종료 후 입경한 지상부 생육을 보면 지상부 제거 시기가 가장 늦은 고엽기가 초장 190cm, 경수 8.0개로 유의적으로 가장 왕성한 생육을 나타냈으며 그 다음이 황엽기와 녹엽기 순이었으나 유의적인 차이는 없었다. 아스파라거스 근부의 눈 생

성은 여름 입경 후 지상부 생장과 더불어 가을까지 진행된다(Robb, 1984; Haynes, 1987). 최근 보고에 의하면 눈 생성은 여름철 입경 후 지상부 생장, 성숙 및 황화단계와 봄 수확기간에도 20~30% 정도 진행된다고 한다(Daningsih, 2005; Woolley et al., 2004). 그러나 국내에서는 봄 수확 후 고온 다습 조건과 밀식으로 통풍이 원활하지 않아 반점병, 갈변병 및 잣빛 곰팡이 발생이 심하여 10월말 전후로 지상부가 괴사되어 눈의 형성과 생성이 억제된다(Ku et al., 2012). 따라서 익년의 생산성 증대를 위해서는 입경 지상부 양상지가 11월말 이후까지 관리하는 것이 절실히 필요하다고 판단된다.

아스파라거스의 암그루는(雌株)는 열매를 생산하기 때문에 수그루(雄株)에 비해 지상부에서 생성된 동화 산물이 근권으로 이동과 저장에 적어 생산량이 15~20% 정도 낮은 것으로 보고되고 있다(Abe and Kameya, 1986; Seong et al, 2001; Sinton and Wilson, 1999). 하지만 본 시험에서는 수그루만을 대상으로 봄 수확 종료 후 입경한 지상부 친경의 제거시기별 수확 약경의 특성 및 수량 조사 결과는 Table 2와 같다. 1주당 총 수확 약경수는 녹엽기 42.8개, 황엽기 44.8개, 고엽기가 44.9개로 황엽기와 고엽기가 녹엽기 대비 2.0개와 2.1개 많았는데 이는 수확 일수가 많은 것에 기인한 것으로 사료되며 약경 직경과 평균 약경중도

Table 2. Harvesting spear and quantity characteristics according to the above-ground mother stem removal period on asparagus long-term harvesting.

Mother stem removal period	No of spear (plant ⁻¹)	Spear Diameter (mm)	Average spear weight (g)	Total spear weight (g/plant ⁻¹)	Yield of spear(kg/10a)			Yield index	Marketability [†] (%)
					Total	Spring	Summer		
Green leaf period	42.8 b ^z	15.9 b	28.0 b	1,198 c	1,331 c	784 b	547 b	94	99.3
Yellow leaf period	44.8 a	15.7 b	28.4 b	1,273 b	1,415 b	800 b	614 a	100	98.9
Dead leaf period	44.9 a	16.2 a	30.2 a	1,359 a	1,510 a	886 a	624 a	107	99.2

[†]: Spear weight is 8g or more, and there must be no disease and insect pest, product spear weight/Total spear weight × 100.

^z: Mean separation within columns by Duncan's multiple test at 5%.

고엽기 제거가 16.2mm와 30.2g으로 가장 두껍고 무거웠다. 식물체1주당 봄과 여름에 수확한 총 약경 중은 약경수가 많고 개체 당 평균 약경중이 무거운 고엽기 제거가 1,359g으로 가장 많았고 그 다음이 황엽기 제거가 1,273g, 수확 약경 수도 적고 약경 중도 가벼운 녹엽기는 1,198g으로 가장 적었다. 각 처리별 10a당 총 약경 수량도 고엽기가 1,510kg으로 황엽기의 1,415kg 대비 7%가 유의성 있게 증수되었으나 녹엽기는 1,331kg으로 오히려 6%가 감소되었다. 봄과 여름 수확시기별 약경 수량에서는 3처리 모두 봄 수확이 여름 수확보다 6.5%~8.9%가 많은 경향을 보였고 상품율은 98.9%~99.3%로 처리 간에 큰 차이가 없었다. 이상의 결과 입경한 지상부 친경의 제거 시기가 늦어지면 늦어질수록 휴면타파 촉진으로 첫 수확일 단축,주당 약경 수와 약경 중 그리고 10a당 총 약경 수량도 증가하는 경향이였다. 이는 지상부 제거 시기가 늦어지면 엽상지의 광합성 작용에 의해 동화산물이 생성되고 점차적인 기온의 하강에 따라 엽상지의 황화 및 고엽화 현상이 촉진되어 지상부 친경으로부터 만들어진 동화 산물이 지하 근주로 이동 저장된다는 Ku et al.(2011)의 보고와 일치하였다.

아스파라거스 판매시 시장 등급을 좌우하는 지상부 친경의 제거시기별 수확 약경의 크기별 분포

율은 Fig. 3과 같다. 각 처리별 25g 이상의 특대 약경 생산비율은 고엽기가 79.9%로 가장 높았고 녹엽기는 76%로 그 다음이었으며 황엽기는 75.7%로 가장 낮았으나 16~25g의 대 약경 생산비율은 반대로 황엽기가 16.8%로 가장 높고 녹엽기 15.0%, 고엽기 13.8% 순이었다. 실제 시장에서 판매 가능 등급인 12g 이상의 약경 비율은 고엽기 98.2%, 황엽기 97.8%, 녹엽기 97.3% 순이었으나 처리간에 큰 차이는 없었다. 따라서 본 연구의 결과, 아스파라거스 입경 지상부의 관리 및 제거시기는 익년 새순의 휴면타파와 생산성 향상에 중요한 영향을 미치는 요인으로 판단된다.

요 약

본 연구는 전라남도 농업기술원 무가온 시설하우스에서 아스파라거스 입경 지상부의 친경 제거 시기가 익년도 약경 수량에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다. 시험품종은 ‘슈퍼월کم’(일본 사카다종묘) 품종을 공시하고 입경 지상부 친경의 제거시기는 경엽이 색깔의 변화에 따라 녹엽기, 황엽기, 고엽기로 설정하여 처리하였다. 입경한 경엽을 제거하기 전 15일간의 평균온도를 비교한 결과 경엽의 황화정도가 심하고 제거시기가 늦어질수록

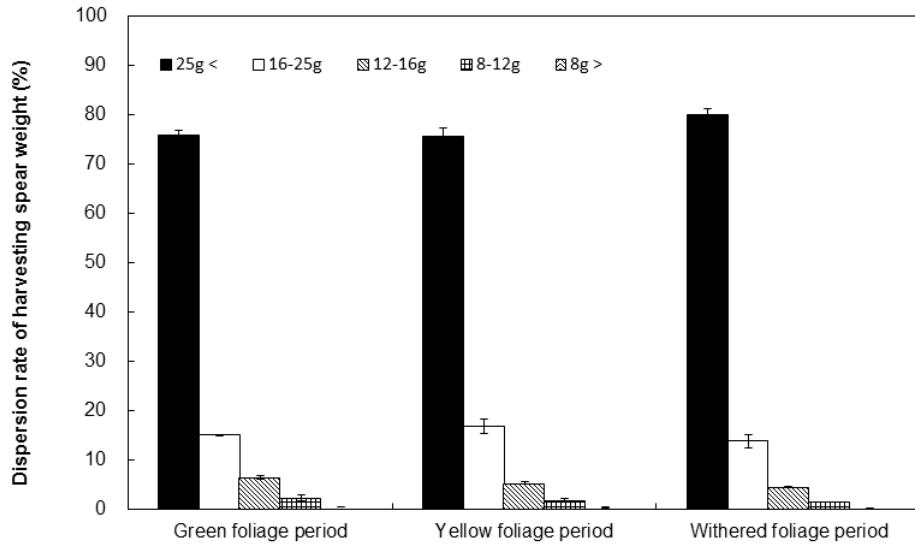


Fig. 3. Dispersion rate of harvesting spear weight for each removal period of the asparagus above-ground mother stem. The vertical bars indicate standard deviation(n=3).

온도가 점점 낮아지는 경향을 보였으며 특히 12월 하순에 제거하는 고엽기에는 최저온도가 0.9℃, 1일 평균기온이 7.2℃로 황엽기의 10.7℃보다 3.5℃가 낮았다. 각 처리별 최초 수확일은 황엽기와 고엽기가 ‘15년 2월 17일로 녹엽기의 2월 22일보다 5일이 빨랐고 수확일수는 녹엽기가 175일, 황엽기와 고엽기는 180일로 5일간 차이가 있었으나 수확횟수는 각 처리 모두 87~88회로 처리 간에 차이가 없었다. 각 처리별 입경 지상부 친경의 생육에서 초장과 경수는 고엽기가 190cm와 8.0개로 가장 길고 많았으며 줄기직경은 황엽기가 15.3mm로 가장 두꺼웠다. 지상부 제거 시기별 수확 약경의 특성으로 주당 약경수는 녹엽기 42.8개, 황엽기 44.8개, 고엽기가 44.9개순으로 많았고 약경 직경은 고엽기가 16.2mm로 가장 두꺼웠고 그 다음이 녹엽기 15.9mm, 황엽기는 15.7mm로 가장 가늘었다. 1개당 평균 약경중은 약경 직경이 가장 무거운 고엽기가 30.2g으로 가장 무거웠고 황엽기는 28.4g으로 그 다음이었고 녹엽기는 28.0g으로 가장 가벼웠다. 각 처리별 10a당 총 약경 수량은 고엽기가 1,510kg으로 황엽기의 1,399kg 대비 7%가 증수 되었으나 입경한 줄기로부터 양분의 전류가 제대로 이루어지지 않은 녹엽기는 1,331kg으로

6% 감수 되었다. 이상의 결과로 볼 때 입경한 줄기는 병해충 없이 기온의 하강에 의해 지상부의 영양분이 지하 근주로 완전히 전류가 완료되는 시점인 황엽기부터 고엽기 사이에 줄기를 제거하는 것이 이듬해 전남지방의 봄과 여름수확 장기재배 시 양분관리에 유리할 것으로 사료된다.

사 사

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agricultural Science and Technology Development(Project No. PJ010178)” Rural Development Administration, Republic of Korea

참고문헌

1. Drost, D.T. 1997. Asparagus, p.621-649. In: H.C. Wien (ed). The physiology of vegetable crops. CAB International, New York.
2. Chin, C.K. and S.A. Garrison. 2008. Functional

- elements from asparagus for human health. *Acta Hort.* 776: 219-225.
3. Fanasca, S., Y. Rouphael., E. Venneria., E. Azzini., A. Durazzo, and G. Maiani. 2009. Antioxidants properties of raw and cooked spears of green asparagus cultivars. *International J. Food. Sci. and Technol.* 44: 1017-1023.
 4. Maeda, T., H. Kakuta, T. Sonoda, S. Motoki, R. Ueno, T. Suzuki, and K. Oosawa. 2005. Antioxidation capacities of extracts from green, purple, and white asparagus spears related to polyphenol concentration. *HortScience.* 40: 1221-1224.
 5. Rodríguez, R., S. Jaramillo, G. Rodríguez., J. A. Espejo., R. Guillén., J. Fernández-Bolaños., A. Heredia, and A. Jiménez. 2005. Antioxidant activity of ethanolic extracts from several asparagus cultivars. 53: 5212-5217.
 6. Shao, Y., C.K. Chin, C.T. Ho, W. Ma, S.A. Garrison, and M.T. Huang. 1996. Antitumor activity of the crude saponins obtained from asparagus. *Cancer Lett.* 104: 31-36.
 7. Shou, S.Y., G. Lu, and X.Z. Huang. 2007. Seasonal variations in nutritional components of green asparagus using the mother fern cultivation. *Sci. Hort.* 112: 251-257.
 8. Hartung, A. C., M. G. Nair, and A. R. Putnam. 1990. Isolation and characterization of phytotoxic compounds from asparagus(*Asparagus officinalis* L.) roots. *J. Chem. Eco.* 16(5): 1707-1718.
 9. Sun, T., J. R. Powers, and J. Tang. 2007. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food Chemistry.* 105: 101-106.
 10. Ku, Y.G., D.J. Wolley, S.J. Ahn, and J.H. Lee. 2010. Affecting asparagus *officinalis* shoot and root growth characteristics with CPPU foliar sprays and soil drenching. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28: 167-171
 11. Ku, Y.G., J.H. Lee, S.K. Bae, K.D. Moon, S.J. Ahn, and G.C. Chung. 2011. Effect of harvesting duration and establishing fern number on spear number, diametern sugar content and yield of asparagus. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29(Suppl. II): 57.(Abstr.)
 12. Inoue, K., T. Shigenatsu, and Y. Ozaki. 2008. Effect of training the mother fern and time of pruning secondary branching on the yield and size of spears in semi-forced green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) *Hort. Res.* 7: 91-95.
 13. Maeda, T., K. Honda, T. Sonoda, S. Motoki, K. Inoue, T. Suzuki, K. Oosawa, and M. Suzuki. 2010. Light condition influences rutin and polyphenol contents in asparagus spears in the mother-fern culture system during the summer-autumn harvest. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 79: 161-167.
 14. Haynes, R. J. 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.
 15. Pressman, E., A. A. Schaffer, D. Compton, and E. Zamski. 1993. Seasonable changes in the carbohydrate content of two cultivars of asparagus. *Sci. Hort.* 53: 149-155.
 16. Robb, A.R. 1984. Physiology of asparagus (*Asparagus officinalis*) as related to the production of the crop. *N.Z. J. Exp. Agri.* 12: 251-260.
 17. Ku, Y.G., J.H. Lee, G.C. Chung, and J. H. Bae. 2012. Effect of plant density on the characteristics of spear grow thand yield of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30: 75.(Abstr.)
 18. Lee, J. H., J. H. Bae, and Y. G. Ku. 2013. Effect of two male cultivars of asparagus with low temperature treatment on bud breaking and spear growth. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31(2): 141-145.
 19. Bae, J. H., Jeong, P. H., Oh, S. K, and Y. G. Ku. 2013. Effect of Shoot Removal Period on Bud Break and Yield of the Asparagus (*Asparagus*

- officinalis L.). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(1): 57-58.
20. Wilson, D. R., S. M. Sinton, and C. E. Wright. 1999. Influence of time of spear harvest on root system resources during the annual growth cycle of asparagus. Acta Hort. 479: 313-319.
 21. Daningsih, E. 2005. Growth development and related changes in morphology-physiology of asparagus plants associated with their productivity. Ph D thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
 22. Abe, T. and T. Kameya. 1986. Promotion of flower formation by atrazine and diuron in seedlings of asparagus. Planta. 169: 289-291.
 23. Seong, K.C., J.S. Lee, S.G. Lee, and B.C. Yoo. 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.
 24. Sinton, S.M. and D.R. Wilson. 1999. Comparative performance of male and female plants during the annual growth cycle of a dioecious asparagus cultivar. Acta Hort. 479: 347-353.
 25. Ku, Y.G., J.H. Lee, S.K. Bae, K.D. Moon, S.J. Ahn, and G.C. Chung. 2011. Effect of harvesting duration and establishing fern number on spear number, diameter, sugar content and yield of asparagus. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29: 57(Abstr.).