

저농도 액비처리에 따른 밤나무 생장 및 결실특성과 과실품질

이 옥* · 황석인 · 김만조 · 김지혜
국립산림과학원 특용자원연구과

Growth and Fruiting Characteristics, and Nut Qualities of *Castanea crenata* by Low-Concentrated Liquid Fertilizer

Uk Lee*, Suk-In Hwang, Mahn-Jo Kim and Ji-Hye Kim

Division of Special-purpose Trees, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

요 약: 밤나무의 수고와 근원경은 액비처리구와 화학비료처리구에서 가장 많은 성장량을 나타냈으며 수관폭 성장량은 동-서방향과 남-북방향에서 각각 액비처리구와 화학비료처리구에서 우수하였다. 결과지의 총 길이와 착구부~정단부의 길이생장은 액비처리구에서 가장 우수하였으며 기부~착구부의 길이는 액비처리구와 화학비료처리구에서 동일하게 가장 길게 성장하였다. 결과지의 기부직경과 착구부의 상하부직경은 모두 액비처리구에서 가장 두껍게 성장하였다. 본 연구의 5개의 성장지수(결과지발생지수, 길이생장지수, 착구부상하직경비율, 직경성장지수, 굵기지수)에서 길이생장지수만이 액비처리구에서 가장 높고 나머지 모든 지수는 화학비료처리구에서 가장 높았다. 결과모지당 가지 발생수와 소약지 개수는 무처리구와 액비처리구에서 많았으며 처리간 유사한 경향을 보였다. 결과모지당 결과지수는 화학비료처리구와 유기질비료처리구에서 많았으며, 결과지당 착구수는 유기질비료처리구와 액비처리구에서 많았다. 과실의 중량과 수량을 기준으로 한 상품화 비율은 무처리구(87.5%)와 화학비료처리구(84.6%)에서 높았으나 액비처리구의 상품화 비율은 각각 84.3%와 82.7%로 평균 수준이었다. 평균입중과 총착구수는 각각 액비처리구와 화학비료처리구로 가장 우수하였다. 함과수는 처리 간 차이는 없었으며 본당수확량은 화학비료처리구(8.2 kg)와 액비처리구(8.0 kg)에서 다수확성을 보였으나 처리간 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 과실의 중량과 수량을 기준으로 등급을 구분한 결과, 액비처리구에서 대립 이상의 비율이 각각 43.5%와 34.3%로 가장 높아 액비처리에서 고부가가치의 고품질 밤이 가장 많이 생산되었다.

Abstract: The objective of this study was to investigate growth and fruiting characteristics (e.g., nut qualities) of chestnut (*Castanea crenata*) after applying various fertilizer treatments at the cultivation site in Suncheon. Fertilizer treatments were designed as follow: liquid fertilizer, chemical fertilizer, organic fertilizer, and control. Both liquid and chemical fertilizer treatments provided the best growth in height and basal diameter. In addition, these two treatments were very effective for crown width of the trees between both east-west and north-south orientation. The liquid fertilizer treatment was effective on total length of the fruiting branch and length of the bearing to terminate part. Both liquid and chemical fertilizer treatments produced the longest length of basal to bearing part compared to the other two treatments. The liquid fertilizer treatment showed the most thickened basal diameter of the fruiting branch and the greatest diameter of above and below the bearing burr part. Elongation Index of the fruiting branch (EI) was the highest with liquid fertilizer treatment and the remaining four indices (Production Index of fruiting branch, PI; Ratio of Diameter between below and above bearing burr part, RD; Growth Index of fruiting branch diameter, GI; Thickness Index of fruiting branch or dormant branch, TI) were the highest with the chemical fertilizer treatment. Total number of produced branch per fruiting mother branch and number of small and weak branches per fruiting mother branch were highest on the control and liquid fertilizer treatment; however, all treatments produced similar numbers. The chemical and organic fertilizer treatments produced a high number of fruiting branches per fruiting mother branch, while organic and liquid fertilizer treatments produced a high number of burr per fruiting branch. The rate of commercializing on the basis of nut weight and quantity was higher on control (87.5%) than chemical fertilizer treatment (84.6%); however, the rate was even lower on liquid fertilizer treatment (84.3%) and organic fertilizer treatment (82.7%). The liquid fertilizer treatment showed the highest average of nut weight, while chemical fertilizer treatment showed the highest average number of fruiting burr. There was no significant difference in average number of

*Corresponding author
E-mail: rich26@korea.kr

normal nuts per burr among treatments. The yield per tree was high on chemical (8.2 kg) and liquid (8.0 kg) fertilizer treatments, but there was no significant difference among treatments. In the rate of nut grade on the basis of nut weight and quantity, the liquid fertilizer treatment, 43.5% and 34.3% more than large nut respectively, produced higher value chestnuts compared to other treatments.

Key words : liquid fertilizer, chestnut, growth, fruiting, nut grade, nut quality

서 론

밤(chestnut)은 과거 구황 식량자원 중의 하나로 오랫동안 우리나라 생활문화와 함께 해온 가정과일이며 우리나라 대표적인 단기소득 품목 중의 하나이다. 우리나라의 연간 총생산량은 75,911톤이며 생산액은 1,415억원에 달하고 있어 농가소득 증대에 크게 기여하고 있다(산림청, 2010). 특히 수출규모는 2009년의 경우, 12,889톤(생밤, 간밤, 통조림, 냉동품의 합계)의 29,858천 달러로 임산물 총 수출액의 약 24%를 차지하였으며 2010년의 경우, 13,185톤의 30,157천 달러의 외화 획득을 하고 있다(산림청, 2011). 이는 최근 수출선도조직 및 수출협의회 구성을 통한 공격적 마케팅 전략에 의한 미국, 대만, 캐나다, 프랑스 등 수출국의 다변화로 2007년 이후 매년 감소에서 3년 만에 증가세로 반전되고 있어 정책적으로 매우 중요시 되고 있다.

최근 소비자의 소비 형태의 다양화와 고급화 추세에 따른 고품질의 안전 임산물 생산이 급선무로 부각되면서 고품질의 친환경 밤 생산에 많은 관심이 증대되고 있는 실정이다. 그러나 우리나라 밤 생산지는 아직도 넓은 면적에 걸쳐 화학비료의 대량 시비와 화학약품처리에 따른 토양 생태계의 불균형이 이루어지고 있으며 건전한 밤나무 재배에 커다란 장애요인이 되고 있다. 우리나라의 화학비료의 소비량은 1990년 1,104천 톤을 기점으로 점차 감소해 2009년 화학비료 소비량은 478천 톤으로 그 중 질소비료가 262톤(52%)을 차지하고 있다(농림수산식품부, 2010). 그러나 우리나라의 ha당 비료의 소비량은 382 kg으로 일본 324 kg과 미국 105 kg에 비해 여전히 많은 양을 사용하고 있는 실정(권용희 등, 2009)이며 밤 재배지 토양의 생산력을 유지 및 증진시키고 고품질의 친환경 밤을 생산하기 위한 새로운 비종선탄은 매우 중요한 과제이다.

가축분뇨는 화학비료 사용이 일반화되기 이전, 부업규모의 축산이 주를 이루었던 시기에는 농촌에서 작물의 영양원 또는 토양 개량제로 주요한 자원이었다(농촌진흥청, 2010). 그러나 1990년대 이후 축산업이 집단지화 및 대규모화됨에 따라 가축분뇨 발생량이 급격히 증가하여 현재 연간 43,700천여 톤이 발생되고 있다(농림수산식품부, 2010). 그 중 80%이상의 가축분뇨는 퇴액비로 자원화 되고 있으며 그 밖에 공공처리, 정화방류, 해양배출 등 다양한 형태로 처리되고 있는 실정이다. 특히 우리나라는 런던협약

(폐기물 및 기타물질의 투기에 의한 해양오염방지에 관한 협약)에 가입국 중 아직까지 폐기물을 바다에 버리는 유일한 국가로 지난 23년간 남산의 2.4배, 2009말 약 4,785천 톤의 폐기물을 해양배출을 하고 있으며 그 중 가축분뇨는 1,172천 톤이며 전체 24.5%를 차지하고 있다(경향신문사, 2011). 그러나 2006년부터 자원화 및 이용촉진 등의 영향으로 감소되는 추세이며, 최근 해양오염 방지를 위해 2011년까지 해양배출 물량의 감축계획을 수립하고 2012년부터 가축분뇨의 해양투기를 전면 금지하기로 함에 따라 가축분뇨의 육상처리가 불가피해져 가축분뇨의 자원화 및 저감대책의 추진이 매우 시급한 실정이다.

가축분뇨의 자원화는 최근 세계적으로 이슈가 되고 있는 기후변화 문제와 관련한 온실가스의 배출 저감과 가축분뇨의 퇴·액비 이용을 통한 자연순환농업의 조기 정착을 위해 필요하다. 특히 후자의 자원화 방안 중 가축분뇨의 액비화는 돈분뇨 슬러리 등을 비롯한 액체성 가축분뇨를 저장조에 저장하여 호기적 또는 혐기적으로 발효시킨 다음 비료자원으로서 경작지에 살포하는 방법(정광화 등, 2006)으로 분뇨의 유출로 인한 수질오염방지는 물론 처리비용도 절감할 수 있다(이상복 등, 2004). 일반적으로 액비는 식물체에 대한 해를 경감시키고, 관수효과와 함께 저렴한 비용으로 토양을 환원시킬 수 있기 때문에 축산농가에 널리 보급되고 있다(육완방 등, 1999; 최기준과 육완방, 2000). 이러한 액비는 저농도 액비의 일종으로 여과상으로 된 퇴비단에 돈분 슬러리를 살포 시, 고품질은 퇴비상층부에 남아 있고 액체는 퇴비단을 통과하면서 미생물에 의해 발효되는데 이것을 여과한 것이 액비이다(박치호, 2007).

농촌진흥청(2010)은 가축분뇨의 비료적 가치로서 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 유용하며 작물에 대한 양분공급원 효과와 토양의 물리·화학적 개선효과, 토양 중 생물상의 활성 유지 및 증진에 대한 이용효과를 보고한 바가 있다. 또한 축분뇨의 작물에 대한 양분, 탄산가스, 생육촉진물질의 공급(Douglas and Magdoff, 1991; Bernal and Kirchan, 1992)은 물론 토양 환경 및 화학성에 미치는 영향(전원태 등, 2003; 이종태 등, 2006)등 돈분뇨를 일정기간 부숙시켜 위생적이며 경제적으로 안정화된 액비를 버, 초지 등의 작물에 화학비료 대체제로 활용(유덕기, 2005) 등의 연구가 수행되었다. 최근에는 액비의 이용방법 및 적용 가능성을 평가하기 위하여 액비의 특성과

작물의 생육, 성장, 수량 및 품질에 미치는 영향(임태준 등, 2008, 2010; 함선규 등, 2009) 등의 다양한 연구가 수행되었다. 액비는 냄새가 없고 비교적 균질하기 때문에 시설 하우스에서 관비로 활용하면 화학비료 대체가 가능할 것으로 판단되며(박진면 등, 2009), 조도현 등(2008)의 양묘와 수분이 부족한 폐광지역 백합나무와 박정현 등(2008)의 간척지 성토지 식재 포플러에 SCB액비처리를 하면 수목의 생장이 증가된다고 보고한 바가 있다.

따라서 본 연구는 화학비료와 거의 유사한 속효성이면서 작물에 대한 영양공급원으로 알려진 액비가 밤나무 생장 및 결실특성과 과실품질에 미치는 영향을 조사하여 새로운 비료로서의 가치와 활용 가능성을 파악하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 우리나라 밤 주산지이며 밤나무 재배 시 화학비료의 의존도가 높은 지역의 중의 하나인 전라남도 순천시 밤나무시험지에서 식재된 접목 8년생 ‘츠크파(Tsukuba)’ 품종을 대상으로 2009년부터 2010년까지 2년간 수행하였다.

시험처리에는 액비 처리구, 화학비료 처리구, 유기질비료 처리구 및 무처리구 등으로 4처리이며 처리별로 각각 3본씩 3반복하여 총 36본의 공시목을 선정하였다. 액비는 국립축산과학원에서 제조한 가축분뇨 저농도 액비를 사용하였으며 액비의 조성비는 Table 1과 같다. 액비는 질소함량을 고려하여 국립산림과학원(2007)의 적정 시비기준량에 따라 본당 24 L씩 주 2회로 나누어 2009년과 2010년에 각각 4월~8월에 걸쳐 시비하였다. 화학 및 유기질비료 처리구는 21-17-17(N-P-K)의 화학비료를 본당 2.5 kg씩, 4-2-1.5의 입상유기질비료를 본당 7.8 kg씩 각각 1회 시비하였다.

생장 및 결실특성은 처리별 수고 및 수관폭, 근원부 직경 등 3항목과 결과모지의 가지발생수와 결과지 개수, 소약지수 등 3항목, 결과지의 길이, 기부-착구부 길이, 착구부-정단부 길이, 기부직경 및 착구부의 상부와 하부 직경 등 6항목 등 12항목의 생장특성과 결과모지 및 결과지당 착구수와 함과수 등 3항목의 결실특성을 포함하여 총 15항목을 각각 조사되었다. 결실특성 중 결과모지와 결과지에 착생되는 구과수와 가지발생수는 7월~9월까지 3차례에 걸쳐 각각 조사되었다.

과실품질은 처리별 평균 입중, 상품화 비율, 등급별 비

율 등 3항목에 대하여 조사하였으며 처리 및 공시목별 과실 표본을 총수확량의 50%이상을 수집한 후 결실특성 중 착구수와 함과수 자료를 활용하여 본당수확량을 추정 한 후 과실의 상품화 비율 및 등급별 비율(중량과 수량 기준) 및 상품화 비율 등을 산출하였다. 상품화 비율은 공시목별로 수확된 모든 밤을 대상으로 병해충과 열과 등을 제외한 건전한 과실의 비율로 산출하였으며, 등급별 비율은 임산물 표준규격(산림청, 2007)에 의해 과실 1립의 무게(입중)를 기준으로 특대립(>25 g) 대립(≤16 g <25 g), 중립(≤13 g, <16 g), 소립(<13 g) 등 4등급으로 구분하여 중량선별을 실시하고 과실 입중과 개수(양)을 기준으로 각각 산출하였다.

측정된 자료는 결과지발생지수(결과지발생율)와 결과지 길이생장지수, 결과지의 착구부상하직경비율, 결과지직경생장지수, 결과지 굵기 지수 등 5개의 성장지수 및 비율을 산출하는데 이용하였으며 처리 간 효율적인 비교 및 분석을 위하여 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{결과지발생지수(율)} = \frac{\text{결과지 개수}}{\text{결과모지의 가지발생수}} (\times 100) \quad (1)$$

$$\text{결과지길이생장지수} = \frac{\text{착구부-정단부의 길이 생장량}}{\text{결과지의 길이 생장량}} \quad (2)$$

$$\text{착구부상하직경비율} = \frac{\text{착구부의 하부직경 생장량}}{\text{착구부의 상부직경 생장량}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{결과지직경생장지수} = \frac{\text{착구부의 상부직경 생장량}}{\text{결과지의 기부직경 생장량}} \quad (4)$$

$$\text{결과지굵기 지수} = \frac{\text{기부직경의 생장량}}{\text{결과지의 길이생장량}} \quad (5)$$

통계분석은 SAS 통계패키지를 이용하여 실시하였으며, 그래프는 오피스프로그램 엑셀 2007(Microsoft Co., 2006)과 SigmaPlot for Windows Ver. 10.0(Systat Software Inc, 2006)을 이용하여 도식화하였다.

결과 및 고찰

1. 생장 특성

처리에 따른 밤나무 수고 및 근원경 생장량과 수관폭 생장량은 Table 2와 같다. 수고는 액비처리구가 56 cm로 가장 많은 생장량을 보였으며 통계적으로 다른 모든 처리구와 유의한 차이를 보였다. 또한 화학비료처리구와 유기질비료처리구가 각각 42.3 cm와 39.0 cm로 큰 차이가 없이 전체 평균 생장량(42.7 cm)의 수준이었으며 무처리

Table 1. The chemical properties of low-concentrated liquid fertilizer(LCLF). (Unit: mg · kg⁻¹)

pH	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N
8.8	961	91.6	6.9	80.3

Table 2. Amount of growth in chestnut trees by treatments.

Treatment	Height (cm)	Diameter at root collar (mm)	Crown width(cm)	
			E-W	N-S
SCB liquid Fertilizer	56.0±8.40 a ²	1.3±0.19 b	90.8±11.78 a	88.2±11.85 b
Chemical Fertilizer	42.3±6.79 b	1.9±0.97 a	64.7±9.00 c	94.3±11.20 a
Organic Fertilizer	39.0±4.48 b	1.1±0.13 b	67.9±9.78 bc	67.8±12.63 c
Control	33.5±3.17 c	0.9±0.12 b	75.6±15.77 b	39.1± 6.56 d

²Mean(±SE) separation within columns by Duncan's multiple test at *P* = 0.05.

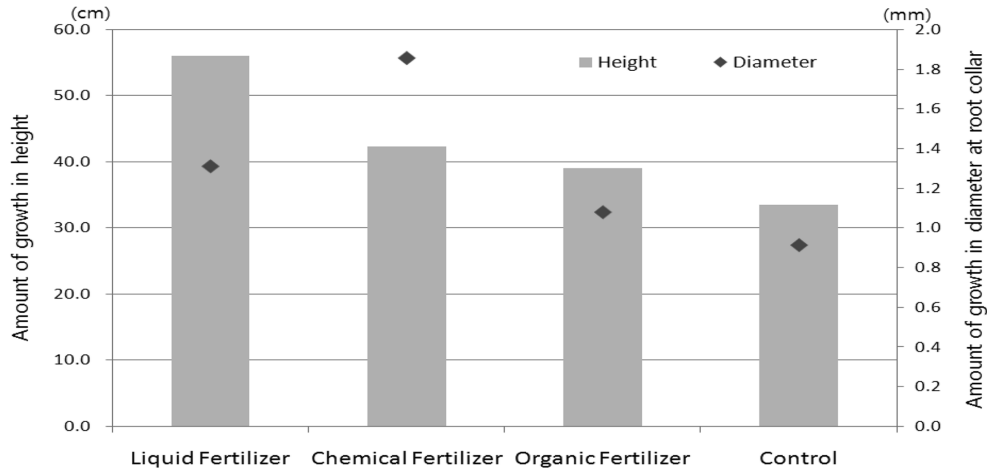


Figure 1. Amount of growth in height and diameter at root collar by treatment.

구는 33.5 cm로 가장 저조한 성장량을 보였다. 이는 청양지역의 밤나무 수고생장이 화학비료처리구와 액비처리구에서 많은 성장량을 보인 결과(권용희 등, 2009)와 유사하였으며 액비처리가 밤나무의 수고생장에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 근원경은 화학비료처리구에서 1.9 mm로 가장 많은 성장량을 나타냈으며 다른 모든 처리구와 통계적으로 유의한 차이를 보인 반면 무처리구는 0.9 mm로 가장 적은 성장량을 보였으며 액비와 유기질비료처리구와 큰 차이는 없었다. 이는 액비가 다소 수고 및 직경생장에 대하여 양료로서 역할을 하고 있음을 알 수 있었으며 액비와 화학비료 시비에 대한 작물생육 효과가 유사하였다는 보고(이종태 등, 2006)와 일치하였다.

수관폭은 동-서방향의 경우, 액비처리구에서 90.8 cm로 가장 많은 성장량을 나타내 통계적으로 유의한 차이를 보인 반면 화학비료처리구에서 64.7 cm로 가장 적은 성장량을 나타냈다(Figure 1). 그러나 남-북방향의 경우, 화학비료처리구에서 94.3 cm로 가장 넓게 성장을 하였으며 나머지 처리구와 통계적으로 유의한 차이를 보였을 뿐만 아니라 처리간 성장량이 뚜렷한 차이를 나타냈다(Figure 2). 또한 수관폭 성장량에 있어 연차별 및 처리별 성장량이 현저한 차이를 보였으며 수관폭 동-서방향에서 무처리구가 29.4 cm의 큰 폭의 성장량을 나타냈다. 특히 남-북방향에서 2009년에 비해 2010에 연차별 성장량의 차이가 무처

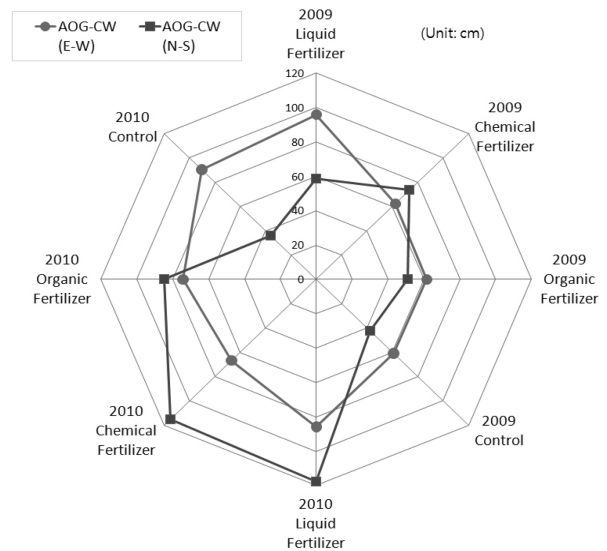


Figure 2. Amount of growth in crown width at the four points of the compass (Amount of growth in crown width, AOG-CW; between east and west direction, E-W; between north and south direction, N-S).

리를 제외한 나머지 모든 처리구에서 큰 것으로 조사되었으며 이는 사과나무의 경우, 연차별 수관폭 성장량의 큰 차이가 없는 박무용 등(2004)의 결과와 대조적이었다. 이상과 같이 밤나무의 경우, 수관폭의 생장이 방위에 따라 차이가 있으며 동-서방향보다 남-북방향이 월등히 우수한 성장상태를 보임에 따라 방위에 따른 기후적인 요인의 영

Table 3. Amount of growth in length and diameter of fruiting branch by treatments.

Treatment	Length of fruiting branch (cm)			Diameter of fruiting branch (mm)		
	TLFB ²	LBBP	LBTP	BDFB	DABB	DLBB
Liquid fertilizer	42.09±3.75a ³	13.04±0.51a	29.05±3.37a	7.24±0.26a	6.43±0.21a	4.81±0.22a
Chemical fertilizer	35.65±2.70b	13.04±0.65a	22.61±2.42b	6.60±0.24b	5.86±0.22b	4.34±0.19b
Organic fertilizer	32.39±1.91b	12.25±0.54c	20.15±1.74c	6.00±0.22b	5.28±0.16b	3.83±0.14c
Control	34.29±3.07b	12.70±1.04b	21.59±2.23b	6.18±0.44b	5.47±0.39b	4.07±0.30b

²See the Figure 3 and 4.

³Mean(±SE) separation within columns by Duncan's multiple test at *P* = 0.05.

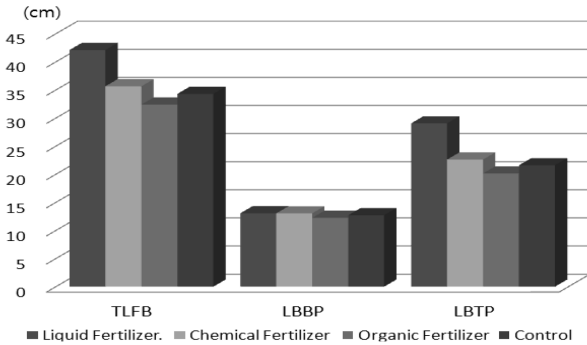


Figure 3. Growth of length of fruiting branch by treatments; Total length of fruiting branch, TLFB; Length of basal to bearing part, LBBP; Length of bearing to terminal part, LBTP.

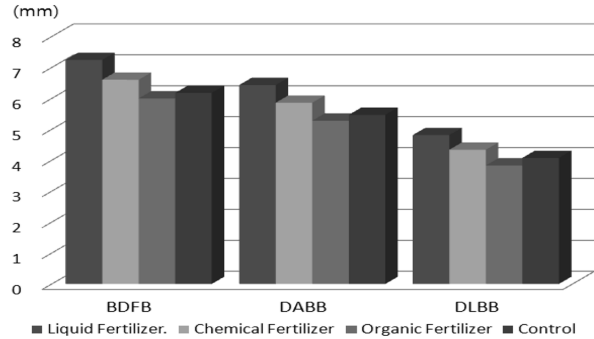


Figure 4. Growth of diameter of fruiting branch by treatments; Basal diameter of fruiting branch, BDFB; Diameter of above bearing burr part, DABB; Diameter of low bearing burr part, DLBB.

향이 있으며 이는 현재 우리나라 대부분의 밤나무림이 주로 북향을 중심으로 조성된 점과 동일한 견해인 것으로 사료된다.

처리별 결과지의 길이와 직경 생장에 대한 결과는 Table 3과 같다. 결과지의 총 길이(Total length of fruiting branch, TLFB)는 평균 35.49 cm이며 액비처리구가 42.09 cm으로 가장 길게 생장을 나타내 나머지 모든 처리구와 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Figure 3). 이는 박정현 등(2008)의 포플러에 대한 액비처리에 따른 가지생장량이 120% 우수하고 통계적 유의성이 인정된 결과와 일치하였다. 결과지 내 기부~착구부의 길이(Length of basal to bearing part, LBBP)는 평균 12.61 cm으로 액비처리구와 화학비료 처리구가 모두 13.04 cm로 가장 길게 성장하였으며 무처리(12.70 cm)과 유기질비료(12.25 cm)와 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 착구부~정단부의 길이(Length of bearing to terminal part, LBTP)에서도 액비처리구가 29.05 cm으로 가장 길게 성장하였고 나머지 모든 처리구와 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 기부~착구부의 길이생장과 유사한 경향을 나타냈다. 특히 착구부~정단부의 길이는 밤나무 재배지의 토양 내 양분요구도를 간접적으로 판단하는 간지 지표로 활용되고 있음에 따라 액비가 밤나무의 양료 공급원으로서 충분한 가치와 역할을 하고 있는 것으로 사료된다. 이는 박정현 등(2008)의 보고에서 액비의 질소성분이 양분역할을 하여 포플러의 가지 길이

생장에 도움이 된다는 결과와 일치하였다.

결과지의 기부직경(Basal diameter of fruiting branch, BDFB)은 액비처리구가 7.24 mm로 가장 두껍게 성장하였으며 나머지 모든 처리구와 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(Figure 4). 또한 착구부의 상부직경(Diameter of above bearing burr part, DABB)과 착구부의 하부직경(Diameter of low bearing burr part, DLBB) 모두 액비처리구가 6.43 mm로 가장 두꺼운 생장을 보였으며 다른 처리구와도 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 이러한 직경 생장은 모든 항목에서 액비처리가 우수한 생장을 보인 반면 유기질비료처리구가 가장 저조한 생장으로 보였다. 이 상에서와 같이 액비처리가 밤나무의 길이와 직경생장에 모두 영향을 미쳤으며 각 항목별 처리간의 차이가 유사한 경향을 나타냈다. 이는 액비처리와 화학비료처리가 밤나무 가지의 길이 및 직경 성장량에 가장 많은 영향을 미친다는 보고(권용희 등, 2009) 및 통계적으로 유의한 차이로 액비처리구의 흉고직경생장이 41% 증가된다는 결과(박정현 등, 2008)와 일치하였다. 또한 액비에 함유된 질소가 포플러 묘목의 수고와 흉고직경 생장을 촉진하고(Woo 등, 2001) 양료 역할(Koo 등, 1998)을 한다는 보고가 있어 액비가 밤나무의 생장에 도움을 준 것으로 판단할 수 있었다.

2. 결실특성

결과모지당 총 가지발생수(No. of total produced branch

Table 4. Branching and fruiting characteristics by treatments.

(unit: ea)

Treatment	NTB ²	NWB	NFB	NBB
Liquid fertilizer	9.25±1.05 a ³	5.40±0.74 a	2.15±0.14 c	1.70±0.10 a
Chemical fertilizer	8.89±0.81 b	4.63±0.51 b	2.54±0.18 a	1.56±0.06 b
Organic fertilizer	8.62±0.89 b	4.46±0.51 b	2.51±0.13 a	1.73±0.10 a
Control	9.39±1.12 a	5.32±0.62 a	2.35±0.21 b	1.49±0.11 b

²No of total produced branch per fruiting mother branch, NTB; No of small and weak branch in fruiting mother branch, NWB; No of fruiting branch per fruiting mother branch, NFB; No of burr per fruiting branch, NBB.

³Mean(±SE) separation within columns by Duncan's multiple test at $P = 0.05$.

per fruiting mother branch, NTB)는 평균 8.93개로 무처리구와 액비처리구에서 각각 9.39개와 9.25개로 가장 많았으며, 화학비료처리구와 유기질비료처리구는 각각 8.89개와 8.62개로 액비처리구와 무처리구의 그룹과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 4). 이는 박무용 등(2004)의 액비처리구에서의 신초지발생이 가장 많았다는 결과와 일치하였다. 결과모지 내 소약지 개수(No. of small and weak branch, NWB)의 개수는 평균 4.82개로 액비처리구와 무처리구에서 각각 5.40개와 5.32개로 가장 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 가지발생수와 유사한 경향을 보였다. 결실성에 주요한 요인 중의 하나인 결과모지당 결과지수(No. of fruiting branch per fruiting mother branch, NFB)는 화학비료처리구와 유기질비료처리구에서 각각 2.54개와 2.51개로 가장 많은 반면 액비처리구와 무처리가 각각 2.15개와 2.35개로 다소 적은 것으로 조사되었으며, 결과지수는 가지발생수와 소약지 개수와 상반된 경향을 보였다. 이는 액비처리구가 결과모지 내 가지의 발생을 다소 많이 유도한 반면 결과지 발생이 다소 저조하여 액비 내 수분이 토양과 수체 생리 등에 미치는 영향에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 결과지발생율(No data shown)은 결과모지당 가지발생수에 대한 결과지의 발생 비율로서 평균 26.49%이었으며 유기질비료처리구가 29.12로 가장 높은 반면 액비처리구가 23.24%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 결과모지당 가지발생수와는 무관하였으며 결과지발생지수와 결과모지당 결과지수와 매우 밀접한 관련이 있으며 처리간 동일한 경향을 보였다. 결실성에 영향을 미치는 결과모지당 결과지수와 마찬가지로 결과지당 착구수(No. of burr per fruiting branch, NBB)는 유기질비료처리구와 액비처리구가 각각 1.73개와 1.70개로 가장 많았으며 화학비료처리구와 무처리구는 각각 1.56개와 1.49개로 적게 나타나 앞서 언급한 3 항목과 서로 상이한 경향을 보였다. 이는 액비처리가 밤송이 결실에서 높은 착과율을 나타낸다는 보고(권용희, 2009)와 일치하지만 결과지를 포함한 가지발생은 일정한 경향을 나타내지 않는 것으로 판단된다.

결과모지에 발생된 가지의 총 개수에 대한 결과지의 개

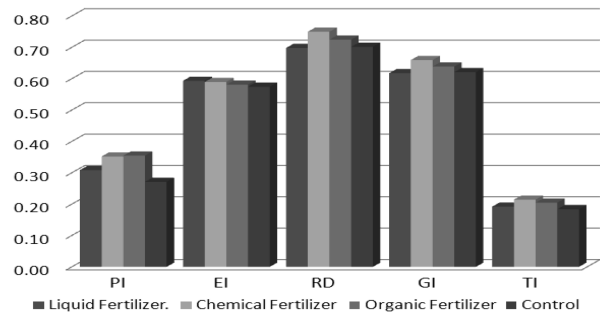


Figure 5. Growth Indices of chestnut trees by treatments; Production index of fruiting branch, PI; Elongation index of fruiting branch, EI; Ratio of diameter between low and above bearing-burr part, RD; Growth index of fruiting branch diameter; GI; Thickness index of fruiting branch(or dormant branch) thickness, TI.

수의 비율인 결과지발생지수(Production index of fruiting branch, PI)는 화학비료처리구와 유기질비료처리구가 모두 0.35로 가장 높고 액비처리구 0.31과 무처리구 0.27 순으로 높게 나타났다(Figure 5). 결과지 총 길이 생장량에 대한 착구부 위의 길이 생장량의 비율인 결과지의 길이 생장지수(Elongation index of fruiting branch, EI)는 액비처리구와 화학비료처리구가 모두 0.59로 가장 컸으나 유기질비료 0.58, 무처리 0.57 등으로 처리 간 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 당해연도 전체 생장량의 약 60%정도가 결과지에 밤송이가 결실된 이후에 이루어짐을 알 수 있으며 길이(지수)가 짧을수록(작을수록) 생장이 더딤에 따라 양료가 부족하다는 것을 알 수 있었다. 밤송이가 결실된 부위인 착구부의 상하부직경비율(Ratio of diameter between low and above bearing burr part, RD)은 밤나무의 영양생장이후 생식생장 간 수체 내의 영양분상태를 간접적으로 나타내는 지표로 사용될 수 있다. 이러한 상하부직경비율은 화학비료처리구가 0.75로 가장 크고 착구부를 중심으로 가장 적은 직경차이를 보였으며 유기질비료처리구 0.72, 액비처리구와 무처리구 0.70의 순인 것으로 조사되었다. 결과지의 기부직경에 대한 착구부 상부직경 생장량의 비율인 직경생장지수(Growth index of fruiting branch diameter; GI)는 착구부의 상하부직경비율과 동일한 용도로 사용될 수 있어 밤나무 생

장 간 수세를 판단할 수 있는 지수이다. 직경성장지수는 화학비료처리구 0.66으로 가장 높은 반면 액비처리구와 무처리구가 모두 0.62로 가장 낮아 상반되었으며 착구부의 상하부직경비율과 유사한 경향을 보였다. 결과지의 길이 성장량에 대한 기부직경 성장량의 상대적인 비율인 결과지(또는 휴면지) 굵기 지수(Thickness index of fruiting branch or dormant branch thickness, TI)는 화학비료처리구가 0.214로 가장 높았으며 유기질비료처리구 0.205, 액비처리구 0.192, 무처리구 0.184 순인 것으로 조사되었다. 이는 화학비료처리구와 액비처리구가 각각 0.196과 0.188인 청양시험지의 조사 결과(권용희 등, 2009)와 유사한 수준임을 알 수 있었다.

3. 과실품질

중량을 기준으로 한 상품화 비율은 무처리구가 87.5%로서 가장 높은 반면 유기질비료처리구는 84.0%로 가장 낮았으나 처리간 큰 차이는 없었다(Table 5). 또한 수량을 기준으로 한 상품화 비율은 화학비료처리구가 84.6%로 가장 높았으며 유기질비료처리구가 82.2%로 가장 낮은 것으로 조사되었다. 특히 액비처리구는 중량 및 수량 기준의 상품화 비율이 각각 84.3%와 82.7%로 평균 수준이었으며 모든 처리에 있어서 유사한 비율을 보여 큰 차이는 없었다.

처리별 과실의 평균입중은 액비처리구가 17.5 g으로 가장 무거웠고 화학비료처리구가 17.2 g으로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 무처리구와 유기질비료처리구가 각각 16.7 g과 14.8 g인 것으로 조사되었다(Table 6). 이는

Table 5. Average rate of commercializing on the basis of nut weight and quantity.

Treatment	On weight(%)	On quantity(%)
Liquid fertilizer	84.3±4.24 ^y	82.7±4.46
Chemical fertilizer	86.1±2.75	84.6±2.58
Organic fertilizer	84.0±5.36	82.2±5.00
Control	87.5±2.72	84.1±3.54

^yMean±SE.

박무용 등(2004)의 액비처리에 따른 사과나무의 수량 및 입중이 증가한다는 것과 매우 유사한 결과를 보였다. 공시목별 평균 총 착구수는 화학비료처리구가 227.2개로 가장 많았으며 유기질비료처리구 217.9개, 액비처리구 202.8개, 무처리구 176.9개 순으로 많았고 통계적으로 처리간 차이가 있는 것으로 나타났다. 평균 함과수는 모든 처리구에서 2.2~2.3으로 처리간 차이는 없었으며, 이는 주변의 재배품종에 따라 약간의 차이는 있을 수 있으나 품종 고유의 유전적인 형질에 의한 것으로 사료된다. 공시목별 본당수확량은 화학비료처리구가 8.2 kg으로 가장 높은 다수확성을 보였으며 액비처리구는 8.0 kg의 많은 수확량을 나타내 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었다. 반면 유기질비료처리구는 7.3 kg의 수확량을 나타냈으며 무처리구의 수확량은 6.6 kg으로 가장 저조하였다.

이러한 결과는 액비가 과실의 입중과 결실성 및 수확량에 미치는 영향은 화학비료보다 우수하거나 화학비료와 유기질비료의 중간수준을 나타냄에 따라 비료로서 효과가 있으며 새로운 친환경 비종으로서 활용가치가 있는 것으로 사료된다.

Table 6. Fruiting and yield per tree by treatments.

Treatment	Average of nut weight (g)	Average No. of fruiting burr (ea)	Average No. of normal nut per burr(ea)	Yield (kg/tree)
Liquid fertilizer	17.5±1.11 a ^z	202.8±55.32 c	2.3±0.07 a	8.0±2.23 a
Chemical fertilizer	17.2±0.89 a	227.2±41.57 a	2.2±0.08 a	8.2±1.36 a
Organic fertilizer	14.8±0.89 c	217.9±35.49 b	2.3±0.03 a	7.3±1.24 b
Control	16.7±0.43 b	176.9±44.41 d	2.2±0.07 a	6.6±1.65 c

^zMean(±SE) separation within columns by Duncan's multiple test at P = 0.05.

Table 7. Average rate of nut grade on the basis of weight and quantity.

Criterion	Treatment	EL ²	L	M	S	>L
Nut weight	Liquid fertilizer	13.1 a ^y	30.4 a	34.0 c	22.6 c	43.5 a
	Chemical fertilizer	8.6 b	24.0 b	38.0 bc	29.4 b	32.6 b
	Organic fertilizer	4.0 d	20.9 c	41.0 b	34.1 a	24.9 d
	Control	6.1 c	25.7 b	48.6 a	19.7 d	31.8 c
Quantity	Liquid fertilizer	9.7 a	24.6 a	35.5 bc	30.2 c	34.3 a
	Chemical fertilizer	6.2 b	19.4 b	37.2 b	37.2 b	25.6 b
	Organic fertilizer	2.5 c	14.9 c	37.2 b	45.4 a	17.4 c
	Control	3.9 c	19.8 b	47.2 a	29.1 c	23.7 b

²Nut grade: Extra-large, EL; Large, L; medium M; Small, S.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple test at P = 0.05, separately.

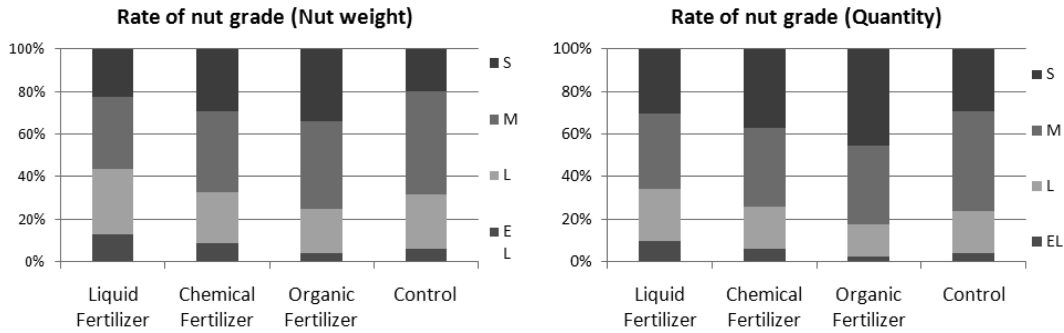


Figure 6. Average rate of nut grade on the basis of weight and quantity.

처리에 따른 각각의 공시목별로 채취된 과실을 중량 및 수량을 기준에 의해 등급별 평균 비율을 산출한 결과는 Table 7과 Figure 6과 같다. 과실의 중량을 기준으로 등급을 구분한 결과, 액비처리구가 특대립의 비율이 13.1%로 가장 높아 고부가가치성 밤을 가장 많이 생산하였으며 화학비료처리구 8.6%, 무처리구 6.1%, 유기질비료처리구 4.0% 순으로 높게 나타났다. 이에 반하여 무처리구와 유기질비료처리구에서 중립과 소립의 비율이 각각 48.6%와 34.1%로 가장 높아 과실 품질이 가장 낮아 생산성이 감소시키는 것으로 조사되었다. 또한 액비처리구가 대립 이상의 과실을 가장 많이 생산하여 액비가 과실품질에 미치는 영향이 큰 것으로 나타난 반면 무처리구와 유기질비료처리구가 가장 낮은 품질의 과실을 생산한 것으로 나타났다. 과실의 수량을 기준으로 등급을 구분한 결과, 액비처리구에서 생산된 과실 전체의 9.7%가 특대립으로 가장 높은 비율인 반면 유기질비료처리구에서 전체 과실의 2.5%만이 특대립이었다. 중립과 소립의 비율이 높은 처리는 각각 47.2%인 무처리구와 45.4%인 유기질비료처리구이었다. 수량을 기준으로 한 대립 이상의 과실의 비율은 액비처리구가 34.3%로 가장 높았고 화학비료처리구는 25.6%인 반면 유기질비료처리구가 24.9%로 가장 낮았으며 중량을 기준으로 조사한 비율과 동일한 경향을 보였다. 이는 순천시험지의 재배방식이 시비를 화학비료에만 의존함에 따라 지속적인 화학비료의 효과를 보였으며, 유기질비료는 지효성비료로서 시험기간 내에서는 그 효과가 다소 미흡한 것으로 판단되었다. 반면 액비처리는 액비 자체의 비료로서의 가치가 있으며 액비 내 다량의 수분이 토양 내 잔류된 화학비료의 용해를 가속화시킴으로써 수체의 영양생장뿐만 아니라 과실의 성장에도 많은 영향을 미친 것으로 사료된다. 이는 액비를 공급하는 시비형태는 가용성 양분들을 직접 근권에 공급하므로 흡수에 매우 유리하며, 가용성 비료를 주기적으로 공급함으로써 관행시비보다 비효가 높다는 Lakso(2003)의 보고와 일치됨을 알 수 있었다.

이상의 결과에서 기존의 화학비료만을 이용한 밤 생산지에서 효과적인 액비시험을 위하여 비종의 상승효과를

배제하기 위하여 반복적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 액비는 화학비료 사용량을 절감할 수 있는 대체 자원으로 평가되어(임태준 등, 2010) 새로운 비료로서 대체 가능성이 있음에 따라 결실특성 특성 및 수확량 등에 미치는 영향을 구명하기 위해 보다 장기간의 시험이 요구된다. 또한 앞으로 액비의 활용 가능성을 높이기 위해 적정 시비량과 처리간 과실 품질 및 토양 화학성에 미치는 영향 등에 관한 추가적인 연구도 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ005866201005)의 연구비 지원에 의하여 수행됨.

인용문헌

1. 경향신문사. 경향신문(http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201103212135495&code=940701), 2011년 3월 22일자 15면(환경). 서울. pp. 15.
2. 국립산림과학원. 2007. 밤나무 재배 신기술. pp. 31-37, 204-208.
3. 권용희, 이 옥, 황석인, 백을선. 2009. SCB액비처리에 따른 밤나무 생장 및 결실특성. 한국임학회지 98(6): 676-680.
4. 농림수산식품부. 2010. 농림수산물 주유통계. pp. 254-379.
5. 농촌진흥청. 2010. 가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼. pp. 1-19.
6. 박무용, 강인규, 양상진, 정재권, 변재균. 2004. 사과나무의 수체생장 및 과실품질에 미치는 관비의 효과. 원예과학기술지 22(2): 195-199.
7. 박정현, 여진기, 구영분, 이원우, 김현철, 박치호. 2008. 간척지 성토지 식재 포플러의 SCB액비 처리에 따른 클론별 생장특성. 한국토양비료학회지 41(5): 318-323.
8. 박진면, 강윤임, 임태준, 이인복. 2009. SCB 액비 사용이 토마토 생육 및 수량과 토양화학성에 미치는 영향. 원예과학기술지 27(1): 90-91.
9. 박치호. 2007. SCB에 의한 양돈처리 방법. 가축분뇨 자연순환 촉진을 위한 SCB액비 이용 세미나 및 연시회

- 자료집. 농촌진흥청 축산과학원. pp. 43-65.
10. 산림청. 2010. 임업통계연보. pp. 306-343.
 11. 산림청. 2011. 임산물 수출시책 설명회. pp. 29-77.
 12. 산림청. 2007. 산림청 고시 제2007-124호(2007.11.01.) 임산물 표준규격
 13. 유덕기. 2005. 가축분뇨공동이용을 위한 액비의 경제적 가치분석. 한국유기농학회지 13(2): 129-143.
 14. 육완방, 최기준, 안승현, 이종감. 1999. 액상발효우분의 시용시기와 시용시준이 호밀의 생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지 17(1): 75-81.
 15. 이상복, 김종구, 이경보, 이덕배, 김재덕. 2004. 논토양에서 가축분뇨 액비시용이 벼짚 분해에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 37(2): 104-108.
 16. 이종태, 하인복, 김희대, 문진성, 김일구, 송원구. 2006. 돈분뇨 액비시용이 양파의 생육, 양파흡수량 및 토양 화학성에 미치는 영향. 한국원예학회지 24(2): 148-156.
 17. 임태준, 홍순달, 김승희, 박진면. 2008. 고추에서 SCB액비 시용량 설정을 위한 수량 및 품질평가. 한국환경농학회지 27: 171-177.
 18. 임태준, 이인복, 강석범, 박진면, 홍순달. 2010. 돈분 액비를 이용한 관비재배가 고추의 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국환경농학회지 29(3): 227-231.
 19. 전원태, 박향미, 박창영, 박기도, 조영순, 윤을수, 강위급. 2003. 돈분뇨 액비 시용이 벼의 생육 및 논 토양 환경에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 36(5): 333-343.
 20. 정광화, 김재환, 정만순, 박치호, 박정훈, 최동윤, 유용희. 2006. 액비저장조내 돼지분뇨슬러리의 깊이별 유기물 및 질소, 인의 농도 및 특성변화에 관한 연구. 대한환경공학회 학술발표논문집 pp. 1413-1416.
 21. 조도현, 한심희, 김판기. 2008. 석탄폐관지에서 백합나무의 성장과 중금속 흡수에 대한 시비효과. 경북대학교 생명자연과학연구 6: 146-157.
 22. 최기준, 육완방. 2000. 발효돈분 및 화학비료 시용이 사일리지용 옥수수의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 한국초지학회지 20(1): 41-48.
 23. 함선규, 김영선, 김택수, 김기선, 박치호. 2009. 저농도 SCB액비의 시용이 크리핑벤트그래스의 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지 23(1): 91-100.
 24. Bernal, M.P. and Kirchman, H. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil. *Biology and Fertility of Soils* 13: 135-141.
 25. Douglas, B.F. and Magdoff, F.R. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization induce for organic residues. *Journal of Environmental Quality* 20: 368-372.
 26. Koo, Y.B., Noh, E.R., Woo, S.Y. and Lee, S.K. 1998. The effect of leachate of municipal waste landfill on poplar growth. *Poplar 15*. Korea National Poplar Commission, Seoul, Korea.
 27. Lakso, A.N. 2003. Water relations of apples. pp. 168-187. In: D.C. Ferree and I.J. Warrington (eds). *Apples-Botany, production and uses*.
 28. Woo, S.Y., Lee, D.S., Kim, D.G. and Kim, P.G. 2001. Effects of waste leachate irrigation on *Populus euramericana* and *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings(II). *Journal of Korean Forest Society* 90: 55-63.

(2011년 5월 3일 접수; 2011년 5월 27일 채택)