

Abscisic acid의 처리시기 및 횟수가 포도 '거봉'의 착색에 미치는 영향

한 등 현*

고려대학교 생명산업과학부

Received April 8, 2005 / Accepted April 18, 2005

The Effects of Abscisic Acid Application Time and Times on Fruit Coloration of 'Kyoho' Grapes.
Dong-Hyeon Han*. *Division of Bioscience and Technology, Korea University, Seoul 136-701, Korea* – This experiment was carried to investigate the optimum time and times of abscisic acid (ABA) treatment for the coloration in 'Kyoho' grapes. The L-phenylalanine ammonia-lyase (PAL) enzyme activities were showed highly in both ABA treatments at veraison and 10 days after veraison. However, PAL enzyme was slightly higher in ABA treatment at 10 days after veraison than in that at veraison. Anthocyanin content showed a tendency that were increased during fruit development after veraison in all treatments, and was the highest in ABA treatment at 10 days after veraison. Fructose and glucose as soluble sugars were detected by HPLC and showed little differences in all treatments. In times of ABA treatment, PAL activity showed a tendency that decreased after increased in all treatments. PAL activity in 2 times treatment of ABA was higher than other treatments. Also, anthocyanin content was highest in 2 times treatment of ABA, as 5 folds of control and folds of 1 time treatment of ABA. Both fructose and glucose contents in all ABA treatments was slightly higher than control.

Key words – veraison, PAL enzyme, anthocyanin

과실의 성숙시기 및 품질을 판정하는 주요 요소 중의 하나가 착색의 정도인데, 안토시아닌은 식물의 다양한 색을 띠게 하는 flavonoid계 화합물의 한 부류로서 포도 과실의 주된 착색 성분이다[12,16]. 안토시아닌의 생합성 과정에 대한 연구는 그 동안 비약적인 발전이 있었으나 아직도 그 기작에 있어서 모호한 점이 많다. 다만 안토시아닌은 온도, 광도와 같은 환경조건 및 내생 식물호르몬에 의해 커다란 영향을 받으므로 과피 조직내의 안토시아닌 색소의 축적을 조장하여 품질을 향상시키려는 노력은 이에 영향을 미치는 환경인자, 관련효소 및 식물생장조절물질에 초점이 맞춰져 연구가 이루어져 왔다[1,3,5,7,8,10,11,13,14].

Koukol과 Conn[9]에 의해 L-phenylalanine ammonia-lyase (PAL) 특성이 연구되고, 식물의 안토시아닌 생합성 경로에서 PAL 효소가 flavonoid계 화합물의 생성에 깊게 관여하고 있으며, 이러한 효소의 활성은 성숙과 관련된 내생 호르몬의 수준과 밀접한 관련이 있음이 알려진 이래, PAL 효소의 활성을 자극할 수 있는 식물생장조절물질의 외생적 처리에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[3,5,12].

식물생장조절제와 관련하여 식물의 노화를 촉진하는 에틸렌가스 발생제인 에테폰을 처리하였을 때 몇몇 포도 품종에서 성숙과 착색을 촉진시킨다는 연구 결과가 있는데, Weaver와 Pool[17]은 포도 'Tokay'와 'Emperor' 품종에 ethephon 200-2000 mg/l와 'Thompson Seedless'와 'Crignane'에 ethe-

phon 1000 mg/l를 처리하였을 경우 'Crignane'에서는 가용성고형물 함량이 상당히 증가했으나 나머지 품종은 그렇지 않았고, 몇몇 품종에서는 적정산 함량을 감소시켰으며 안토시아닌 함량도 증가시켰으나 'Tokay'에서는 별 효과가 없음을 보고하였다. 그러나 이 경우에 있어서 과축의 경화 등 외관상의 상품성 저하가 문제가 되는 것으로 지적되었다.

이러한 연구결과에도 불구하고 포도는 비클라이매틱형 과실로서 성숙기간을 통하여 에틸렌 발생이 극히 적으므로 포도에서는 에틸렌이 성숙에 깊이 관여하고 있는지의 여부는 아직도 논란의 여지를 가지고 있다. Kataoka 등[6]이 포도 'Muscat of Alexandria', '거봉' 및 'Super Hamburg'에서 PAL 활성의 변화를 조사하여 '거봉'과 'Super Hamburg'에서는 과실의 성숙개시와 함께 점차적으로 증가하였고, 'Super Hamburg'는 더 높은 안토시아닌 함량과 PAL 활성을 나타냈다고 하였으며, abscisic acid (ABA)는 각 품종에서 성숙의 초기 단계에 빠르게 축적되었고 상당히 높은 수준을 유지하였다고 보고한 결과에 미루어 보더라도 비클라이매틱형 과실인 포도의 경우에 있어서 에틸렌 처리가 직접적으로 안토시아닌 색소의 발현을 자극한다기보다는 처리한 에틸렌에 의해 내생 ABA의 생합성이 자극되어 다시 ABA가 안토시아닌 색소의 발현을 자극하는 것으로 이해되고 있다.

그러므로 ABA를 직접 포도 과방에 처리하여 과피내 ABA 수준을 높여준다면 안토시아닌의 생합성이 촉진되리란 것에 초점을 맞춰 ABA의 적절한 처리 농도와 관련한 많은 연구결과[5,12]가 발표되고 있으나, ABA의 적절한 처리시기에 관한 연구결과는 아직도 미진한 실정이다. 따라서 본 실험은 포도 '거봉'의 착색을 촉진하기 위하여 ABA를 사용함에 있어

*Corresponding author

Tel : +82-2-3290-3484, Fax : +82-2-921-2891

E-mail : dr-handh@hanmail.net

ABA의 적절한 처리 시기와 처리 횟수를 알아보려고 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료의 선정 및 ABA 처리 방법

본 실험에 사용된 공시재료는 10년생 '거봉' 포도로서, ABA 처리에 들어가기 전 결과지당 2송이를 남기고 그 외의 송이는 숙아낸 다음 그 중 1송이만을 실험에 이용하였으며, 덧송이를 제거하고, 상단의 지경과 수축의 끝부분도 절단하여 약 8 cm가 되도록 하였다. 변색기(veraison)는 과실내 종자의 정도와 색깔, 그리고 과실이 착색되기 시작하는 시점으로 판단하였으며, 만개 후 착립이 안정될 즈음에 각각의 실험 과방을 40립으로 적립하였다. 1과방을 1반복으로 하여 4반복을 두었으며, ABA 용액의 처리는 변색기(8월 5일)를 기준으로 하여 ABA 1000 mg/l 용액을 변색기 10일전, 변색기, 변색기 10일 후에 각각 1회 처리하였으며, 동시에 변색기와 변색기 10일 후의 2회 처리구도 두었다. ABA 용액 처리 후 10일 간격으로 수확하여 PAL 활성, 안토시아닌 함량과 HPLC를 이용하여 가용성당의 경시적인 변화를 다음과 같이 측정하였다.

PAL 활성

PAL 활성은 Camm과 Towers[2]의 방법을 따랐는데, 4°C의 저온실에서 유발에 과피 0.5 g을 넣고 borate buffer 5 ml (20 mM 2-mercaptoethanol과 0.5 g insoluble polyvinylpyrrolidone 함유)를 가하여 곱게 마쇄한 후 4°C에서 20분간 20,000 g에서 원심분리한 다음 상등액 0.8 ml를 취하여 test 용에는 상등액 0.4 ml, L-phenylalanine 0.8 ml와 buffer 1.2 ml를, reference용에는 상등액 0.4 ml, D-phenylalanine 0.8 ml와 buffer 1.2 ml를 가하고, 40°C shaking incubator에서 2시간 반응시켰다. 그 다음 6 N HCl 0.1 ml를 가하여 반응을 중지시키고, buffer를 blank로 하여 각각의 test용과 reference 용 반응액의 흡광도를 분광광도계로 측정한 후 test용에서 reference용의 흡광도를 뺀 흡광도를 *trans*-cinnamic acid의 양으로 환산하여 정량한 다음 시료 g당 1시간 동안 생성된 *trans*-cinnamic acid의 μmole 수로 표시하였다.

안토시아닌

과피 1 g을 채취하여 1% HCl-methanol을 10 ml를 가하고 4°C의 암소에서 12시간 동안 진동추출 후 10,000 rpm으로 5분 동안 원심분리를 하여 그 상등액을 취한 다음 1% HCl-methanol로 적절히 희석하여 분광광도계로 530 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

가용성당

가용성당의 분석은 high performance liquid chromatography (HPLC)를 이용하였다.

과육 5 g에 증류수 20 ml를 넣어 homogenizer로 마쇄한 후 5,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상등액을 취한 다음 Sep-Pak plus C₁₈ cartridge를 사용하여, 다시 0.45 μm millipore filter로 여과한 후 HPLC로 분석하였는데, column으로는 carbohydrate analysis column (3.9×300 mm), detector로는 RI detector, eluent로는 80% acetonitrile, flow rate는 1.5 ml/min의 분석조건으로 수행하였다[15].

결과 및 고찰

ABA 농도를 1000 mg/l로 하여 변색기 10일전, 변색기, 변색기 10일후로 구분하여 각 시기별로 ABA를 처리한 결과, 과방중과 과립중, 가용성고형물과 적정산 함량은 거의 유의차가 없는 것으로 나타났다(data 미제시).

PAL 효소의 활성은 처리시기에 따라 상당히 다른 양상을 나타내었는데, 무처리구는 변색기 이후 효소 활성의 변화폭이 상당히 적은 반면, 변색기 10일전 처리구는 변색기에서 높은 효소 활성을 나타내다가 계속 감소하여 최종수확기에 가서는 무처리구와 거의 비슷한 효소 활성을 나타내었다. 변색기 처리구는 활성이 처리후 급속히 증가하다가 점차 감소하였으며, 변색기 10일후 처리구도 역시 변색기 처리구와 비슷한 양상을 보였으나 변색기 처리구보다 약간 더 높은 효소 활성을 나타냈다(Fig. 1).

PAL 효소의 활성이 성숙의 시점과 관련되어 있다는 것은 주지의 사실로서, 변색기 10일전 처리구의 경우에 있어서 첫 수확기 (8월 5일)인 변색기에 높은 활성을 보인 것은 성숙과 관련된 페놀화합물의 생합성, 주로 안토시아닌의 생합성이 시작되어 성숙의 개시 시점이 앞당겨졌음을 나타내는 것으로

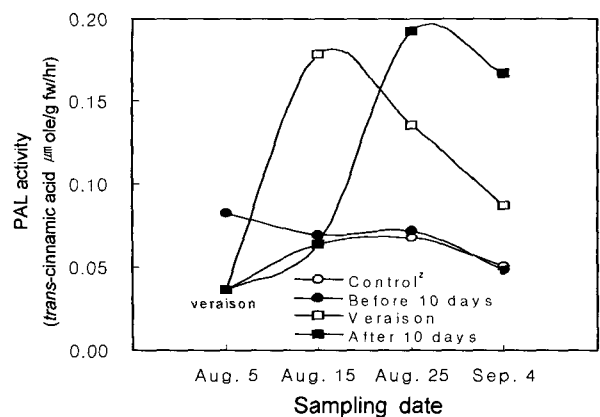


Fig. 1. Seasonal changes of PAL activity in 'Kyoho' grape according to ABA treatment time.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000 mg/l treatment. 10 days before veraison, Veraison : ABA 1000 mg/l treatment. at veraison, After 10 days : ABA 1000 mg/l treatment 10 days after veraison.

로 보이나, 그 활성이 다른 ABA 처리구에 비해 그리 높지 않음은 적절한 시기가 되지 못한다는 것을 의미하는 것으로 생각되었다. 또한 여기에서 특이할만한 점은 변색기 10일후의 처리에 있어서 변색기 처리구보다 약간 더 높은 효소 활성을 나타냈다는 것으로서, 이는 성숙의 속도가 그만큼 빨라졌으며, 처리시기는 변색기를 기준으로 그 이후에는 처리의 효과가 인정되는 것으로 사료된다.

안토시아닌 함량은 각 처리구 공히 생육기간 동안 계속 증가하는 경향을 보였고, 모든 ABA 처리구는 무처리구에 비해 훨씬 높은 안토시아닌 함량을 나타내었다. 그러나 변색기 10일전 처리구는 변색기 처리구나 변색기 10일후 처리구에 비해 안토시아닌 함량의 증가가 작았으며, 변색기 처리구는 ABA 처리 후 급속한 안토시아닌 함량의 증가가 이루어져 최종수확기에 가서는 무처리구에 비해 2.5배 이상의 안토시아닌 함량을 나타내었다. 또한 변색기 10일후 처리구는 처리의 시기가 늦었음에도 불구하고 안토시아닌 함량의 증가가 가파르게 이루어져 최종수확기에 가서는 오히려 변색기 처리구에 비해 약간 더 높은 함량을 나타내었다(Fig. 2).

성숙기의 조절이라는 측면에서 Inaba 등[4]은 포도 'Delaware' 과실에 변색기 2주 이내의 기간에 ABA 100 mg/l 용액을 5일 연속 처리하여 gibberellic acid 처리에 의해 유도된 무핵과에 한해 성숙의 시점을 앞당길 수 있었다고 하였다. 그러나 유핵과에서는 ABA의 처리 효과가 전혀 발견되지 않았다고 하였다. 또한 Kataoka 등[5]은 포도 '거봉'에 있어서 ABA 처리에 의한 성숙개시 촉진효과는 변색기를 중심으로 장기간에 걸쳐 존재한다고 하였고, 변색기 이전보다는 이후

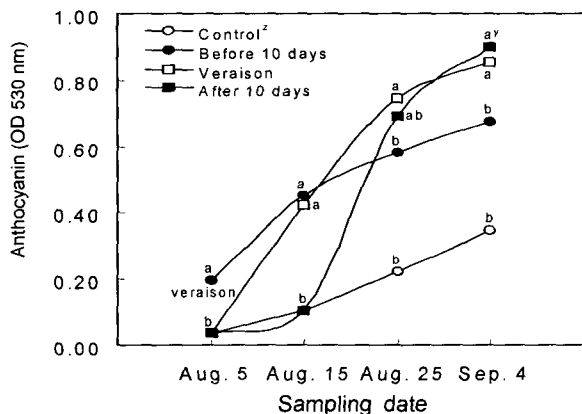


Fig. 2. Seasonal changes of anthocyanin in 'Kyoho' grape according to ABA treatment time.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000 mg/l treatment. 10 days before veraison, Veraison : ABA 1000 mg/l treatment at veraison, After 10 days : ABA 1000 mg/l treatment 10 days after veraison. ³Mean separation within treatments of same sampling date by Duncan's multiple range test, 5% level. Different alphabets mean that there is significance within treatments of same sampling date.

에 더 크며 처리시기가 늦어질수록 단기간에 착색이 진행되어 안토시아닌의 생성 속도가 빨라지는 것으로 보고하였다.

이는 변색기 이후 어느 정도 착색이 진행되고 있는 상태에서 ABA를 처리하여 주면 착색이 전혀 진행되고 있지 않은 때보다 빠르게 안토시아닌의 생성이 이루어지기 때문으로 변색기 이후의 처리는 보다 많은 안토시아닌의 생성을 촉진할 수 있다는 가능성을 시사하고 있는 것이다. 본 실험에서도 변색기 10일후의 처리는 변색기 처리보다 더욱 빠른 속도로 안토시아닌의 생성이 이루어져 변색기 처리구보다 오히려 약간 더 높은 안토시아닌 함량을 나타내었다. 그러므로 변색기 이후 과실의 성숙이 진행되는 시기 중에는 ABA를 처리하여 착색에 커다란 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

가용성당 함량에 있어서 역시 자당은 검출되지 않았으며, 과당과 포도당이 검출되었는데, 과당과 포도당 함량 또한 생육기간 내내 지속적으로 증가하였으나 처리구간에 함량의 차가 그다지 크지 않았다. 다만 무처리구나 변색기 10일전 ABA 처리구에 비해 변색기 처리구와 변색기 10일후 처리구가 약간 높은 과당과 포도당 함량을 나타내었다(Fig. 3, 4). 본 실험에서는 또한 ABA 1000 mg/l을 변색기 1회, 그리고 변색기와 변색기 10일후 2회 처리하여 ABA의 처리회수에 따른 10년생 포도 '거봉'의 과실 성장과 성분 변화를 조사하였는데, 과방중과 과립중, 가용성고형물, 적정산 함량은 각 처리구 공히 거의 차이가 없었다(data 미제시).

PAL 효소의 활성은 각 처리구 공히 증가하다가 감소하는 경향을 보였으며, 무처리구의 경우는 그 증감의 폭이 작았고, 1회 처리구는 처리 이후 급속히 증가하였다가 다시 급격히 감소하였으나 최종수확기에 가서는 무처리구에 비해 높은 활성을 유지하였다. 또한 2회 처리구는 변색기 10일후의 2회째 처리 이후에도 급속한 PAL 효소 활성 증가가 이어져 다른

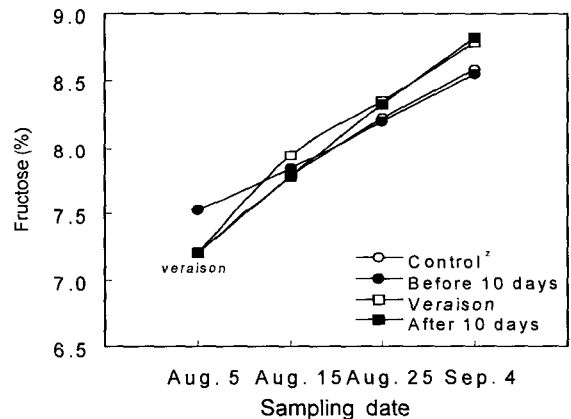


Fig. 3. Seasonal changes of fructose in 'Kyoho' grape according to ABA treatment time.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000 mg/l treatment. 10 days before veraison, Veraison : ABA. 1000 mg/l treatment at veraison, After 10 days : ABA. 1000 mg/l treatment 10 days after veraison.

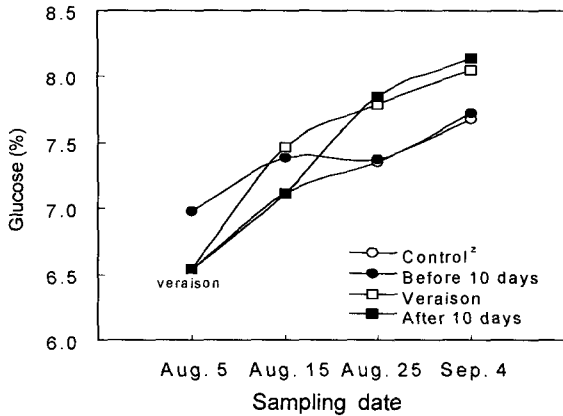


Fig. 4. Seasonal changes of glucose in 'Kyoho' grape according to ABA treatment time.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000 mg/l. treatment 10 days before veraison, Veraison : ABA. 1000 mg/l treatment at veraison, After 10 days : ABA. 1000 mg/l treatment 10 days after veraison.

처리구에 비해 높은 활성을 나타내다가 감소하였으며, 최종수확기에서도 비교적 상당히 높은 효소 활성을 보였다(Fig. 5).

앞서의 처리시기에 따른 실험의 결과를 토대로 변색기 이후의 ABA 추가 처리는 PAL 효소 활성을 보다 높일 것으로 예상되었으며, 본 실험에서도 그와 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 변색기와 변색기 10일후의 2회 처리에 의해 PAL 활성의 증가가 변색기 1회 처리구에 비해 훨씬 높았다는 것은 PAL 효소와 관련된 경로의 대사산물의 생성속도가 보다 빠르게 되었다는 것을 의미하는 것으로, 성숙과 관련된 페놀화합물, 주로 안토시아닌의 생합성이 그만큼 빠르게 진행될 것이고, 또한 성숙도 빠르게 진행될 것이라 기대할 수 있어 수확기를 앞당길 수 있으리라 기대된다.

안토시아닌 함량은 과실 성장기간 동안 무처리구의 경우 다른 처리구에 비해 증가의 폭이 완만하였고, 1회 처리구의 경우 ABA 처리 이후 급속한 안토시아닌 함량의 증가가 이루어지다가 그 증가의 폭이 최종수확기로 가면서 둔화되는 경향을 보였으며, 2회 처리구는 함량 증가의 양상이 매우 가파르게 이어져 최종수확기에 가서는 무처리구에 비해 5배 이상, 1회 처리구에 비해서는 2배 정도의 안토시아닌 함량을 나타내었다(Fig. 6).

ABA의 처리가 안토시아닌의 생합성을 증대시킨다는 것은 앞서의 실험 결과에서도 나타난 것으로, 변색기 1회 처리는 수확기에 갈수록 안토시아닌의 생합성 속도가 점차 둔화되는 경향이 있었으나, 2회 처리에 의해 안토시아닌의 생합성 속도가 가파르게 이어져 변색기 이후의 ABA 추가처리는 안토시아닌 함량을 증가시키는데 매우 유효하였다.

과당과 포도당 함량에 있어서 모든 처리구에서 과실 성장기간 내내 함량의 증가가 이루어졌고, 1회 및 2회 처리구 모두 과당과 포도당 함량 공히 무처리구에 비해 약간 높은 경

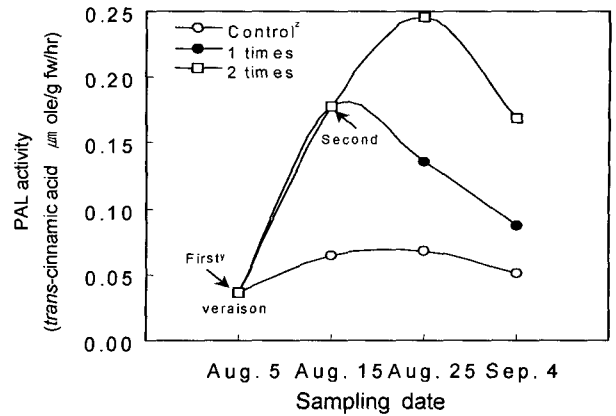


Fig. 5. Seasonal changes of PAL activity in 'Kyoho' grape according to times of ABA treatment.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000 mg/l. treatment 10 days before veraison, Veraison : ABA 1000 mg/l. treatment at veraison, After 10 days : ABA 1000 mg/l. treatment 10 days after veraison. ³First : First treatment at veraison, Second : Second treatment 10 days after veraison

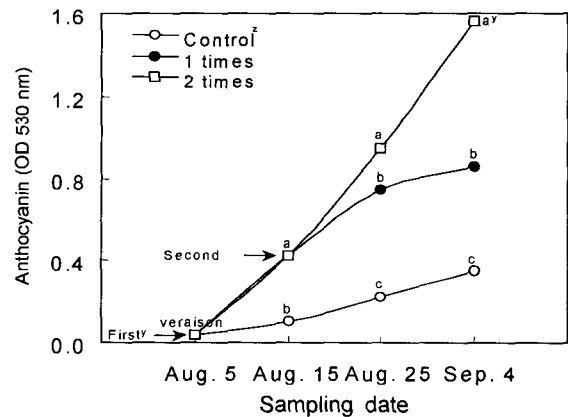


Fig. 6. Seasonal changes of anthocyanin in 'Kyoho' grape according to times of ABA treatment.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000mg/L. treatment 10 days before veraison, Veraison : ABA 1000 mg/L. treatment at veraison, After 10 days : ABA 1000 mg/L. treatment 10 days after veraison. ³Mean separation within treatments of same sampling date by Duncan's multiple range test, 5% level. Different alphabets. mean that there is significance within treatments of same sampling date. ⁴First : First treatment at veraison, Second : Second treatment. 10 days after veraison

향을 나타냈지만 그다지 눈에 띄는 변화의 양상을 보이지는 않았다(Fig. 7, 8).

이상의 결과로부터 ABA의 외생적 처리는 과실의 착색 증진에 매우 유효하며, 처리시기는 변색기 이후가 적당한 것으로 나타났으며, 처리회수에 있어서 2회 처리가 더욱 좋은 효과를 나타냈다.

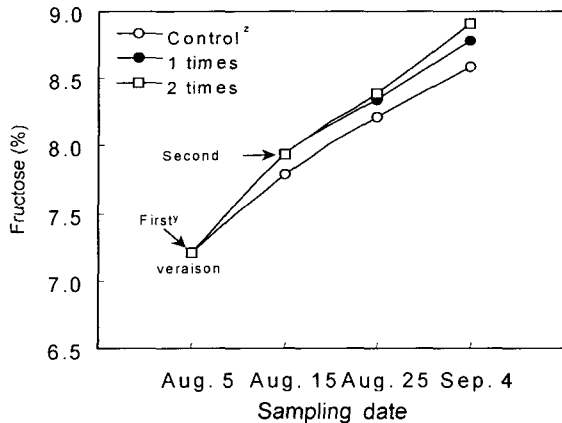


Fig. 7. Seasonal changes of fructose in 'Kyoho' grape according to times of ABA treatment.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000 mg/l. treatment 10 days before veraison, Veraison : ABA. 1000 mg/l treatment at veraison, After 10 days : ABA. 1000 mg/l treatment 10 days after veraison. ¹First : First treatment at veraison, Second : Second. treatment 10 days after veraison.

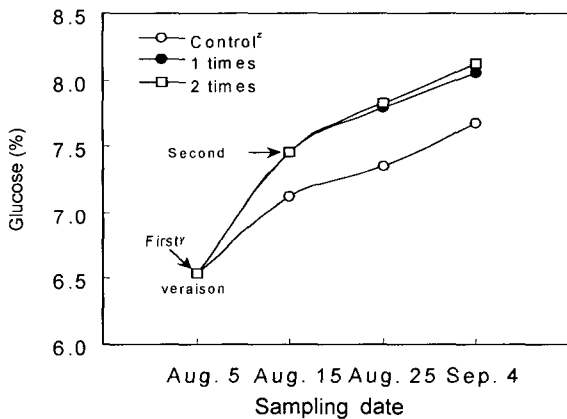


Fig. 8. Seasonal changes of glucose in 'Kyoho' grape according to times of ABA treatment.

²Control : Untreated, Before 10 days : ABA 1000 mg/l. treatment 10 days before veraison, Veraison : ABA. 1000 mg/l treatment at veraison, After 10 days : ABA. 1000 mg/l treatment 10 days after veraison. ¹First : First treatment at veraison, Second : Second. treatment 10 days after veraison.

요 약

포도 '거봉'의 착색을 조장하기 위해 적절한 ABA의 처리 시기와 처리 횟수를 알아보기 위하여 본 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. PAL 효소의 활성은 변색기 처리구와 변색기 10일 후 처리구에서 활성이 높은 것으로 나타났으며, 변색기 10일 후 처리구가 변색기 처리구보다 약간 더 높은 효소 활성을 나타냈다. 안토시아닌 함량은 각 처리구

공히 생육기간 동안 계속 증가하는 경향을 보였고, 모든 ABA 처리구는 무처리구에 비해 훨씬 높은 안토시아닌 함량을 나타내었으며, 변색기 10일 후 처리구에서 가장 높은 안토시아닌 함량을 나타내었다. 가용성당 함량에 있어서 과당과 포도당만이 검출되었으며, 처리구간에 함량의 차가 그다지 크지 않았다. 처리 횟수에 있어서 PAL 효소의 활성은 각 처리구 공히 증가하다가 감소하는 경향을 보였으며, 2회 처리구는 변색기 10일 후의 2회째 처리 이후에도 급속한 PAL 효소 활성 증가가 이어져 최종수확기에서도 비교적 상당히 높은 효소 활성을 보였다. 변색기와 변색기 10일 후의 2회 처리구에서 안토시아닌 함량 증가가 가장 높아 최종수확기에 가서는 무처리구에 비해 5배 이상, 1회 처리구에 비해서는 2배 정도 많았다. 1회 및 2회 ABA 처리구 모두 과당과 포도당 함량 공히 무처리구에 비해 약간 높은 경향을 나타냈지만 그다지 큰 차이는 없었다.

주요어 : 변색기, PAL 효소, 안토시아닌

참 고 문 헌

1. Arakawa, O. 1988. Photoregulation of anthocyanin synthesis in apple fruit under UV-B and red light. *Plant Cell Physiol.* **29**, 1385-1389.
2. Camm, E. L. and G. H. Neil Towers. 1973. Phenylalanine ammonia-lyase. *Phytochem.* **12**, 961-973.
3. Craker, L. E. and P. J. Wetherbee. 1973. Ethylene, light, and anthocyanin synthesis. *Plant Physiol.* **51**, 436-438.
4. Inaba, A., M. Ishida, and Y. Sobajima. 1976. Changes in endogenous hormone concentrations during berry development in relation to the ripening of Delaware grapes. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **45**, 245-252.
5. Kataoka, I., A. Sugiura, N. Utsunomiya and T. Tomana. 1982. Effect of abscisic acid and defoliation on anthocyanin accumulation in Kyoho grapes (*Vitis vinifera* L. × *V. labruscana* Bailey). *Vitis* **21**, 325-332.
6. Kataoka, I., Y. Kubo, A. Sugiura and T. Tomana. 1983. Changes in L-phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **52**, 273-279.
7. Kliewer, W. M. 1970. Effect of day temperature and light intensity on coloration of *Vitis vinifera* L. grapes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **95**, 693-697.
8. Kliewer, W. M. and L. A. Lider. 1970. Effects of day temperature and light intensity on growth and composition of *Vitis vinifera* L. fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **95**, 766-769.
9. Koukol, J. and E. E. Conn. 1961. The metabolism of aromatic compounds in higher plants. IV. Purification and properties of the phenylalanine deaminase of *Hordeum vulgare*. *J. Biol. Chem.* **236**, 2639-2698.
10. Lee, J. C., T. Tomana, N. Utsunomiya and I. Kataoka. 1979. Physiological study on the anthocyanin development in grape. I. Effect of fruit temperature on the anthocyanin development in 'Kyoho' grape. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **20**, 55-65.

11. Lee, J. C. and T. Tomana. 1981. Physiological study on the coloration in grape. III. Effect of fruit temperature on the changes of total sugar, total phenol and abscisic acid in 'Delaware' and 'Muscat Bailey A' grape berries. J. Kor. Soc. Hort. Sci. **22**, 283-288.
12. Lee, S. M, D. H. Han, C. H. Lee and S. B. Kim. 1996. Effects of ABA and kinetin treatments on the coloration and quality of 'Campbell Early' and 'Black Olympia' grapes. J. Kor. Soc. Hort. Sci. **37**, 263-268.
13. Mancinelli, A. L. and I. Rabino. 1984. Photoregulation of anthocyanin synthesis X. Dependence on photosynthesis of high irradiance response anthocyanin synthesis in *Brassica oleracea* leaf disks and *Spirodela polyrrhiza*. Plant Cell Physiol. **25**, 1153-1160.
14. Miura, H., M. Shimizu, A. Tazuke and M. Iwata. 1989. Effect of monochromatic light on anthocyanin content in seedlings of Benitade (*Polygonum hydropiper* L.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. **58**, 123-129.
15. Richmond, M. L., S. C. C. Brandao, J. Ian Gray, P. Markakis and C. M. Stine. 1981. Analysis of simple sugars and sorbitol in fruit by high-performance liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. **29**, 4-7.
16. Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Plant physiology. pp 473-489, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California.
17. Weaver, R. J. and R. M. Pool. 1971. Effect of (2-chloroethyl)phosphonic acid (ethephon) on maturation of *Vitis vinifera* L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. **96**, 725-727.