

최 종
연구보고서

블루베리의 환경 반응과 결실 조절 연구 및
재배 실증 시험

Growth responses to environments and fruiting
regulation in blueberry and its test cultivation

서울대학교 농업생명과학대학
원광대학교 생명자원과학대학

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “블루베리의 환경 반응과 결실 조절 연구 및 재배 실증 시험” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 7 월 13 일

주관연구기관명 : 서울대학교
총괄연구책임자 : 이 회 재
세부연구책임자 : 이 회 재
연 구 원 : 이 병 일
연 구 원 : 송 기 철
연 구 원 : 유 덕 준
연 구 원 : 김 수 진
연 구 원 : 이 상 호
연 구 원 : 나 해 영
연 구 원 : 나 도 영
연 구 원 : 신 성 빈
연 구 원 : 이 선 용
협동연구기관명 : 원광대학교
협동연구책임자 : 김 태 춘
연 구 원 : 김 호 철
연 구 원 : 임 규
연 구 원 : 김 태 희
연 구 원 : 배 현 주
연 구 원 : 박 인 응

요 약 문

I. 제 목

블루베리의 환경 반응과 결실 조절 연구 및 재배 실증 시험

II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 블루베리의 뛰어난 기능성이 밝혀짐에 따라 세계 각국에서 앞 다투어 블루베리를 도입하여 재배하고 있는데, 이의 재배 면적은 앞으로 빠른 속도로 증가할 것으로 전망된다. 블루베리는 키가 낮은 관목으로 결과연령에 빨리 도달하고 병해충의 발생이 비교적 적어 무농약 또는 저농약으로 재배할 수 있으며 노약자들도 손쉽게 재배 관리할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 우리나라에서는 블루베리가 전혀 재배되지도 않고 이에 대한 재배 기술의 개발도 이루어지지 않고 있으므로 시급히 블루베리를 도입하여 우리나라의 기후 풍토에 알맞은 품종과 재배 기술을 개발하여 농가에 보급하여야 할 필요성이 높다. 우리나라의 기후 풍토에 적응할 수 있는 유용한 작물이라면 적극적으로 도입하여 재배함으로써 국민의 식생활의 질적 향상을 꾀하고, 농가의 새로운 소득원으로 정착시켜 농촌 경제를 발전시키는 데에 기여하도록 해야 한다. 이러한 맥락에서 세계 각국은 새로운 작물을 개발 또는 도입하려는 사업을 국가적인 차원에서 활발히 전개하여 많은 성과를 올리고 있는데 반하여 우리나라는 이에 크게 미치지 못하고 있는 실정이다. 따라서 우리 나라도 정부와 민간이 협력하여 조직적이고도 지속적으로 새로운 작물 내지 유전자원을 적극적으로 도입하여 활용함으로써 농가 소득 증대에 기여하도록 하여야 할 것이다.

본 연구가 성공적으로 수행되면 블루베리가 우리나라의 새로운 과수작물로 뿌리내릴 수 있는 기틀이 마련될 것이며 지역별로 적합한 블루베리의 종과 품종이 선발되어 이의 재배가 빠른 속도로 확산될 것으로 기대된다. 또한 우리나라는 시설 원예 강국이므로 블루베리의 시설 재배에 관한 기술 개발의 기폭제가 될 것으로 전망될 뿐만 아니라 다른 소과류의 재배와 연구의 활성화에도 기여할 것으로 기대된다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 도입한 블루베리 품종 중에서 국내 재배에 적합한 품종을 선발하며 환경 반응 연구를 통하여 생육 특성을 파악한 후 이 자료를 토대로 하여 블루베리 품종의 재배 기술을 개발하고 지역별 현지 재배 실증 시험 연구를 통하여 새로운 고기능성, 고소득원의 재배 작목을 개발한다. 또한 품종별 화아분화 특성과 개화기를 조사하고 화아분화와 화기 및 과실 발달의 형태해부학적 연구를 통하여 효율적인 착과량 조절 기술의 개발과 적정 수확기 판정법 개발의 기초 자료를 마련하고자 한다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

우리 나라에서 재배하기에 적합한 하이부시 블루베리 품종을 선발하고 전국 각 지역에 재배 실증 시험을 실시함으로써 블루베리 재배 기술 가능성을 타진하였으며 여러 환경 반응에 따른 블루베리의 생육과 광합성 특성과 블루베리의 기능성에 대해 조사하였다.

우리나라에서 재배 적합한 하이부시 블루베리 24 품종을 선발하였고 이들 품종의 특성에 따라 경기도 의왕시 월암동 270주, 충북 영동군 학산면, 경북 상주시 화북면, 전남 나주시 산포면 등정리, 제주도 제주시 오등동, 충남 천안시 북면 원정리, 강원도 원주 조명동, 전북 완주군 고산면 읍내리, 경남 창원군의 3개 지역에 재식하였다.

관수 처리구와 수분 스트레스 처리구의 블루베리를 대상으로 입사 광도에 대한 순이산화탄소 동화율을 측정된 결과 전형적인 광합성 특성을 보였다. 낮은 광도에서는 광합성이 선형적으로 증가하였고, 높은 광도에서는 포화 상태를 보였다. $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도에 이르기까지 초기에 두 처리구 모두 경우에서 블루베리의 순이산화탄소 동화율은 선형적으로 증가하였고 $500\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 광도에서 포화되었다. 0에서 $2,000\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 사이의 광도 조건에서 블루베리의 이산화탄소 동화율은 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구에서 $3\text{--}5\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도 높게 나타났다. 순양자수율은 비슷하였지만 입사광에 대한 순이산화탄소 동화율과 기공 전도도는 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구의 블루베리에서 항상 높았다. 순이산화탄소 동화율과 기공 전도도 간의 상호 관계는 관수 처리구에서는 선형적이었으나 수분 스트레스 처리구에서는 곡선형적이었다. 이는 수분 스트레스 조건에서는 광합성에 비기공적 요인이 관여함을 의미하는 것이다. 이러한 사실은 순이산화탄소 동화율, 기공

전도도, 그리고 증산율의 주간 변화로 입증되었다.

각기 다른 광 조건에서 자란 블루베리는 생육에 많은 차이를 보였다. 차광도가 클수록 나무의 신초 성장량이 커졌으며 잎 색이 점차 진해지며 잎이 넓어지며 얇아지는 경향을 보였다. 대조구에서 자란 블루베리의 잎은 높은 광도에서 광합성을 효율적으로 하도록 적응하여 광포화점인 높고 책상조직이 뻣뻣하게 배열되어 있으며 증산작용을 억제하기 위해 큐티클층과 잎의 두께가 두껍다. 차광도에 따라 착과하는 경향도 달라졌는데 차광도가 적을수록 착과량도 많아지며 성숙기도 빨라지는 것으로 나타났다. 75% 차광 조건에서는 개화는 되었으나 착과가 거의 되지 않고 말라 버리는 경향을 보여 수확을 할 수 없었다. 블루베리의 개화기는 차광도가 높아질수록 빨라지는 경향을 보였으나 성숙기는 상대적으로 늦어졌다. 하루 중 광도가 가장 높은 정오에 각 처리구에서 광도에 따른 광합성 특성을 조사하였다. 순 이산화탄소 동화율은 대조구에서 $7.87\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 인데 반해 차광도가 높아질수록 7.06, 6.44, $6.08\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 감소하였다. 이것은 광합성을 결정하는 가장 큰 요인인 광도가 낮은 것에 대한 결과라 생각되었다. 그러나 기공 전도도와 증산율은 전 처리구에서 큰 차이 없이 나타나 특별한 경향을 볼 수 없었다. 각 처리구의 광도에 따른 블루베리의 순이산화탄소 동화율, 기공 전도도, 증산율을 측정하였다. 광도가 증가할수록 모든 처리구에서 순이산화탄소 동화율을 증가하였다. 모든 차광 조건에서 순이산화탄소 동화율은 비슷하게 나타났으며 대조구에서 다소 높게 나타났다. 같은 조건에서 순이산화탄소 동화율이 높게 나타난 것으로 보아 광합성 능력이 차광을 하지 않은 식물체에서 높다는 것을 알 수 있었다. 그러나 기공 전도도는 반대로 차광 조건에서 높게 나타나고 대조구에서 가장 낮게 나타나 높은 광도에 의한 온도 상승 등으로 기공이 다른 처리구에 비해 대조구에서 상대적으로 닫혀 있음을 알 수 있었다. 모든 처리구에서 광포화점은 $500\text{--}600\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 정도로 나타났다. 증산율은 모든 처리구에서 특별한 경향이 없는 것으로 나타났다. F_v/F_m 값은 모든 처리구에서 0.8로 나타나 각 광 환경에 식물체가 잘 적응하고 있고 모두 건강한 상태인 것을 알 수 있었다. 그러나 F_v'/F_m' 값은 광 조건 하에서 차광도가 높아질수록 급격히 감소하였다. 이것은 식물체가 각 광 환경에 적응을 하고 건강한 상태로 생육하고 있으나 실제적으로 광 조건 하에서는 빛에너지가 광합성으로 전달되는 능력이 차광도가 높은 처리구일수록 저하된다는 것을 알 수 있었다. 광도에 따른 F_v'/F_m' 값을 조사한 결과 모든 처리구에서 광도가 증가할수록 급격히 감소하였다. 광도가

높을 경우 차광도가 높은 처리구일수록 F_v'/F_m' 값이 대조구에 비해 높게 나타났다. 높은 빛에너지로 인한 광합성 기구의 스트레스로 인해 광합성능이 저하된 것으로 볼 수 있었다. 광합성 기구의 비광화학적 소멸(NPQ), 암적응된 PSII 반응 중심의 형광(F_v/F_m), 광적응된 PSII 반응 중심의 형광(F_v'/F_m') 값을 조사하였다. 비광화학적 소멸인 NPQ는 대조구에서 가장 높게 나타났으며 차광도가 높아질수록 낮아지는 경향이였다. 을 보였으나 75% 차광 조건에서는 생육이 다소 감소하는 경향이였다. 과실 수확량은 차광도가 높아질수록 급격히 감소해 대조구에서 73.26g이었으나 75% 차광에서는 1.23g으로 나타났다. 블루베리의 엽록소 함량, 카로티노이드 함량 및 엽록소 b에 대한 a의 비, 엽록소당 카로티노이드의 비를 조사한 결과는 다음과 같다. 총엽록소의 함량은 차광도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 블루베리 잎의 표면과 뒷면의 형태를 주사전자현미경으로 촬영한 결과 블루베리의 경우 대부분의 피자식물과 마찬가지로 잎의 뒷면에서만 기공이 불규칙하게 배열되어 있었으며 잎의 표면과 뒷면에서 모두 불규칙적인 주름이 관찰되었다. 여러 차광 조건에서 자란 블루베리 잎의 기공의 크기와 밀도를 조사하였다. 기공의 크기는 대조구에서 4mm인데 비해 차광도가 높아질수록 5mm로 다소 증가하였다. 그러나 기공의 밀도는 1cm^2 당 75% 차광 조건에서는 약 6,500개인데 비해 차광도가 낮아질수록 7,266, 9,933, 12,400개로 급격히 증가하여 대조구가 약 2배 이상의 기공 수를 가진 것으로 관찰되었다. 블루베리의 생육이 끝나는 시기에 측정한 신초 성장량은 차광도가 증가할수록 증가하는 경향이였다.

우리 나라에서 재배하기에 적합한 하이부시 블루베리 품종을 선발하고 품질이 좋은 과실을 생산하는 재배 기술을 개발하기 위하여 품종별 화아 분화와 개화 및 과실 특성에 관하여 연구하였다. 익산 지역에서 블루베리의 발아기는 3월 하순에서 4월 상·중순이었으며, 난지형인 'Sharpblue'가 3월 23일로 가장 빨랐고, 'Jersey'와 'Sunrise'가 4월 13일로 가장 늦었다. 신초 신장 정지기는 5월 상순부터 7월 중순까지로 품종 간 차이가 컸으며, 신초 끝이 고사하고 그 아래 액아가 정아로 되는 위정아의 특성을 보였다. 신초 신장이 정지된 위정아는 8월 하순까지는 형태적 변화가 크지 않았으며, 8월 하순부터 위정아가 급격히 커졌고, 다수의 소화도 발달되기 시작하여 화아 분화기가 8월 하순으로 생각되었다. 화아는 정액생으로 정단을 포함하여 그 아래 2~3번째 마디에 착생하며, 10cm 이하의 단과지에는 1~2개, 10~30cm 크기의 가지에는 2~3개 착생하였다. 익산 지역에서 블루베리의 개화기는 4

월 중순부터 5월 중·하순까지였으며, 난지형인 'Sharpblue'가 4월 16일로 가장 빨랐고, 'Jersey'가 4월 25일로 가장 늦었다. 꽃눈당 꽃 수는 6.8~11.0개로 품종에 따라 차이가 컸으며, 변이는 'Bluecrop'와 'Dixi'를 제외하고 대부분 중 정도였다. 블루베리의 수술의 형태를 보면, 화사는 관형이었고 모용이 잘 발달되어 개약 시 약벽이 열개되지 않고 돌출된 두 개의 관으로 꽃가루가 배출되어 독특하였다. 화분은 3월 하순경에 감수 분열된 후에 분리되지 않은 채로 성숙한 사분자 화분(pollen tetrad)이었다. 약당 사분자 화분립 수는 400~1,300개였으며, 화분립 수가 많은 품종이 발아율도 높은 편이었다. 블루베리의 암술은 5개의 심피로 구성되어 있으며, 화주는 갈라진 부분이 없이 하나였다. 자방당 배주 수는 39~67개 정도였으며, 각 품종별로 변이 계수가 11.6~31.0%로 큰 편이었다. 'Sharpblue'와 'Bluejay'간의 자가 및 타가 교배 결과 자가 교배보다 타가 교배에서 종자 형성률이 높았다. 블루베리의 과실은 이중 S자 생장 곡선을 나타내며, 성숙 일수가 58~72일로 품종 간 차이가 작았다. 'Spartan'은 58일로 조숙성이었고, 'Dixi'와 'Jersey'는 각각 71일과 72일로 만숙성 품종이었다. 과총당 착과 수는 6.1~9.8개로 품종 간 차이가 컸지만 착과율은 86~97%로 매우 높았다. 품종별 종자 수는 22~34개로 차이가 작았지만 변이 계수가 33.8~68.2%로 매우 컸다. 수정률은 'Sunrise'가 34.3%로 낮았고 'Rancocas'는 89.2%로 가장 높았다. 과실 내의 종자 수가 많을수록 과중이 유의하게 증가하였고 종자 1개당 과중이 0.02g씩 증가하였다. 당도는 9.5~14.2°Bx로 품종 간 차이가 컸으며, 유리당은 환원당인 포도당과 과당, 당 알코올인 만니톨로 구성되었다. 산 함량은 0.7~1.13%였으며, 구연산이 사과산보다 많았다. 과피색은 적숙기 14일 전에 연녹색, 4일 전에 적색, 성숙기에는 청색이었고, 성숙기의 색상 각도는 -7.2°, 채도는 1.4였다. 과실 경도는 착색이 진행되면서 급격히 떨어지는 장과류 특성을 보였다. 수확 시기가 늦은 과실일수록 과중이 작아지는 경향이었지만, 과실 크기에 따른 과형의 변화는 없었으며, 당 및 산 함량의 차이가 없었다. 전정처리 시 과실 및 수체 특성 조사에서는 과총당 과실수와 과피 및 과육 경도는 약전정 시, 당도와 흡지 및 도장성 신초 발생수는 강전정시 높게 나타났다. 그리고 전정시 흡지 및 도장성 가지의 꽃눈 유무에 따른 신초 발생수 및 신초길이 조사에서는 꽃눈 유무 간에 차이는 없었고 전정 유무 간에는 큰 차이를 나타냈다.

전정처리 시 과실 및 수체 특성 조사에서는 과총당 과실수와 과피 과육 경도는 약전정 시, 당도, 과중, 흡지 및 도장성 신초 발생수는 강전정 시 높게 나타났다. 그리고

1년생 흡지 및 도장성 가지의 전정 시 꽃눈 유무에 따른 신초 발생 및 신초 길이에
서는 꽃눈 유무 간에 차이는 없었고 전정 유무 간에는 큰 차이를 나타냈다.

연구 시행 중 블루베리를 보급한 농가가 전국에 걸쳐 있어 생육 관리에 대한 기술
지도에 어려움이 있었으며 연구 종료 시점보다 블루베리의 수확이 더 늦어 최종 보
고서에 결과를 모두 수록하기에 어려운 문제점이 있었습니다.

SUMMARY

(영문요약문)

Photosynthetic characteristics of 'Rancocas' blueberry leaves were monitored under well-watered and water-stressed conditions. One-year-old trees in 4-L pots were daily irrigated (well-watered) or not irrigated for one week (water-stressed). The soil water potentials were approximately -0.2 and -1.0 MPa in the well-watered and the water-stressed conditions, respectively. The photosynthetic characteristics were measured on recently fully expanded leaves using an LI-6400 photosynthesis system. The CO_2 assimilation rates of well-watered and water-stressed blueberry leaves were both saturated at about $100 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ photosynthetic photon flux density (PPFD) following the initial linear increases with increasing PPFD up to about $200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. The well-watered blueberry exhibited higher CO_2 assimilation rate than the water-stressed blueberry by $3\text{--}5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ depending on PPFD ranged from 0 to $2,000 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Maximum CO_2 assimilation rates of well-watered and water-stressed blueberry were 9.6 and $5.9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectively. Apparent quantum yield, light compensation point, and dark respiration rate were higher in water-stressed blueberry. Both in well-watered and in water-stressed blueberries, the CO_2 assimilation rates decreased with increasing PPFD. Both stomatal conductance and transpiration rate were higher in well-watered than in water-stressed blueberry and their changing patterns during the day were similar. The CO_2 assimilation rates of blueberry at midday decreased by 7.87 , 7.06 , 6.44 and $6.08 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ with increasing shading level from 0 to 75%. However, stomatal conductance and transpiration were similar under different level of light condition. The values of F_v/F_m obtained from the dark-adapted leaves were approximately 0.8 irrespective of light condition. However, the values of F_v'/F_m' decreased approximately 3.31,

2.89, 2.40 and 2.12 with increasing shading level from 0 to 75%. The shaded plants had longer shoot height than full light grown plants. Full light plants resulted in lower chlorophyll contents. Fruit yield decreased from 73.26 to 1.23 g with increasing shading level from 0 to 75%.

Flower bud differentiation, and flower and fruit characteristics in several highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars were investigated for selecting suitable cultivars to cultivate in Korea and for developing the technique to produce high quality fruits. The blueberry buds were burst from late March to mid April in Iksan area. The buds of 'Sharpblue', Southern type blueberry, swelled on March 23, while those of 'Jersey' and 'Sunrise' did on April 13. Shoot resting dates of the cultivars, as estimated by the apical bud wilting and tip blackening, ranged from early May to mid July. Since the axillary buds enlarged and took the form of terminal buds, they were regarded as pseudoterminal buds. The flower buds were not changed morphologically until late August, but subsequently became larger and developed numerous florets. Thus, the flower bud differentiation was thought to occur late August. Flower buds were formed at the 2nd or the 3rd node of from the apical bud. Their blooming in Iksan area started from mid April to late May. 'Sharpblue' and 'Jersey' were the earliest (April 16) and the latest (April 25) blooming cultivars, respectively. Number of flowers per flower bud ranged from 6.8 and 11.0 depending on the cultivars. Their coefficients of variation were below 15%, except that those in 'Bluecrop' and 'Dixi' were as high as 23.2 and 22.3%, respectively. The stamen consisted of the leaf-shaped filaments having trichomes and the anthers each with two poridical tubes. Microspore mother cells underwent meiotic division on late March. However, they were not isolated and developed into compound pollen grains, and thus they remained as pollen tetrads. Number of pollen tetrads per anther was about 400-1,300, and the more pollen tetrads, the higher germination percentage. The pistil classified an inferior ovary has five carpels, one filiform style, and about 39-67 ovules. Their coefficients of

variation ranged from 11.6 and 31.0% depending on the cultivars. Cross-pollinated 'Sharpblue' and 'Bluejay' set more seeds than self-pollinated ones. The fruits showed a double sigmoidal growth pattern and required about 58-72 days for maturation. 'Spartan' was early-maturing cultivar (58 days), while 'Dixi' (71 days) and 'Jersey' (72 days) were late-maturing cultivars. Number of fruits per cluster was about 6.1-9.8, and the fruit set percentages were about 86-97%. The fruit had 22-34 seeds, but their coefficients of variation in each cultivar were high as ranging from 33.8 to 68.2%. Fertilization percentages were lowest as 34.3% in 'Sunrise', and highest as 89.2% in 'Rancocas'. With increasing number of seeds, the fruit weight significantly increased by 0.02 g per one seed. Soluble solids contents in the fruits were 9.5-14.2°Bx, and the soluble sugars were composed of reducing sugar glucose and fructose, and sugar alcohol mannitol. Their titratable acidities were 0.70-1.13%, and their organic acids were composed most of citric acid and a little of malic acid. Fruit peels were light green and red at 2 weeks and 4 days before maturity, respectively. At maturity fruit peels were blue-black with hue angle and chroma values of -7.2° and 1.4, respectively. In addition, the fruits lost their firmness rapidly with being colored. The late-maturing fruits tended to be lighter in weight, but their sugar and acid contents were not different from those in the early-maturing ones. In investigation of fruit and tree characteristic produced by pruning severity, number of fruits per cluster and fruit hardness value was high on light pruning, soluble solids value and number of suckers and succulent shoots was high on heavy pruning. In investigation of number of shoots and the shoot length by flower bud is or not on the branch in pruning, there was not related with that flower bud is or not but was different between pruning has or has not. In fruit and tree characteristic according to pruning severity, number of fruits per cluster and hardness value of fruit peel was high in light pruning treatment, soluble solids value of fruit, fruit weight, and number of suckers or succulent

shoots was high in heavy pruning treatment. In shoots production and the shoot length according to flower bud that is or not on the suckers and succulent branches, there was not different between flower bud is or not, but was different between pruning has or has not.

CONTENTS

| | |
|---|-----|
| Chapter 1. Introduction | 14 |
| 1. Technological aspects | 17 |
| 2. Economic and industrial aspects | 18 |
| 3. Social and cultural aspects | 19 |
| | |
| Chapter 2. Current status of technology development in Korea and developed countries | 21 |
| | |
| Chapter 3. Research results | 23 |
| 1. Growth responses to environments in blueberry and its test cultivation | 23 |
| 2. Fruiting regulation in blueberry | 75 |
| | |
| Chapter 4. Achievement evaluation | 130 |
| | |
| Chapter 5. Practical application of the results | 131 |
| | |
| Chapter 6. References | 134 |

목 차

| | | |
|-------|--------------------------------|-----|
| 제 1 장 | 연구개발과제의 개요 | 14 |
| 1절. | 기술적 측면 | 17 |
| 2절. | 경제·산업적 측면 | 18 |
| 3절. | 사회·문화적 측면 | 19 |
| 제 2 장 | 국내외 기술개발 현황 | 21 |
| 제 3 장 | 연구개발수행 내용 및 결과 | 23 |
| 1절. | 블루베리의 환경 반응 연구와 재배 실증 시험 | 23 |
| 2절. | 블루베리의 결실 조절 연구 | 75 |
| 제 4 장 | 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 | 130 |
| 제 5 장 | 연구개발결과의 활용계획 | 131 |
| 제 6 장 | 참고문헌 | 134 |

제 1 장 연구개발과제의 개요

바키니움속(屬) 관목인 블루베리는 미국 대륙의 토착 식물에 속하며, 북미의 몇 안 되는 토착 과수 중 하나이다. 바키니움속(屬)은 블루베리종(種)에 속하는 식물 전부를 일컫는 용어로, 450개 이상의 식물이 포함되어 있으며, 전세계에 광범위하게 자라고 있다. 실제로 상업적인 용도로 사용되고 있는 바키니움속 식물은 크게 다음과 같이 3가지 종류로 나눌 수 있다(Fig. 1).

첫째는 *Vaccinium corymbosum*(북부 하이부시)으로 북미 지역의 숲에서 야생으로 자라며, *V. ahei*와 함께 재배 블루베리 산업에 이용되고 있다.

둘째로 *V. ashei*(남부 래빗아이)는 미국 남부에서도 무성하게 자라며 래빗아이라고 불리는 품종은 이 식물의 꽃받침 부분이 토끼의 눈을 닮아서 래빗아이라는 이름이 붙여졌다.

마지막으로 *V. angusfolium*(로우부시 블루베리 혹은 “야생 블루베리”)은 난쟁이 관목으로 대단히 추운 기후대에 해당되는 북극의 아메리카 대륙 야생 숲에서 자라고 있다. 키는 겨우 30~60cm 정도 밖에 되지 않으며 로우부시 블루베리에 속하는 식물로는 로우스위트 블루베리(*V. angusfolium*)와 시큼한 맛이 나는 벨벳 잎 블루베리(*V. mitloitus*)가 있다. 전자는 북극 대륙에서부터 미네소타주, 뉴욕주와 뉴햄프셔주의 산에 서식하며, 후자는 뉴잉글랜드와 서부 지역에 서식한다.

다른 진달래과 식물들과 마찬가지로 블루베리는 산성의 흙에서 잘 자라며, 토양 산성도가 4-5 정도인 흙에서 가장 잘 자란다. 재배종 블루베리의 경우 120~160일 정도의 성장기 후에 열매가 열린다. 봄이면 블루베리 식물의 꽃이 줄기와 송이 끝에 피어나고 꿀벌을 통해 수분이 이루어지며 꽃이 핀 다음 보통 2-3개월 후면 열매를 맺게 되는데, 열매 맺는 시기는 재배종의 종류, 날씨, 식물의 성장력에 따라 조금씩 다르다. 열매가 15% 정도 익었을 때 열매의 당도가 높아지기 시작한다. 열매 수확량은 일반적으로 300평당 1.5-2톤 정도이며, 5톤까지도 가능하다.

블루베리는 천근성 과수로서 수분의 과다에 민감한 식물로 알려져 있으며 가장 많이 재배되고 있는 하이부시 블루베리의 경우 수분이 부족한 경우 과수의 생육과 발달에 크게 해를 입게 되며 래빗아이 블루베리의 경우 수분 부족에 저항성을 가진 것으로 보고되고 있다.

광은 식물 종의 분포와 생장에 영향을 미치는 중요한 환경 요인이다(Boardman, 1977; Lambers 등, 1998). 불충분한 광 조건은 광합성을 제한하여 식물에 스트레스를 유기하고 그 결과 탄소동화와 식물 생장의 감소를 초래하며 강광 조건에서는 광합성 기구의 손상을 초래한다(Lambers 등, 1998). 그러나 식물은 이러한 스트레스를 해소하기 위해 양엽과 음엽에 대한 잎의 구조적인 변화나 광 회피, 열로 에너지를 발산하는 등의 여러 가지 방어 기작들을 가지고 있다(Demmig-Adam와 Adams, 1996). 한 식물체 내에서도 잎의 발생 위치에 따라 광 조건이 달라지게 되는데 식물은 전체의 광합성을 최적화시키기 위해서 해부학적, 생화학적 기능의 변화를 일으킨다. 광도에 따른 식물의 반응을 알아보기 위하여 식물 종에 따른 양엽과 음엽의 구조적, 형태적, 생리적 변화들에 대한 연구가 많이 보고되었다(Björkman, 1981; Boardman, 1977; Givnish, 1988). 농업, 생태, 삼림, 원예 등 여러 분야에서 다양한 광 조건에 대한 식물의 성장과 적응성을 알아보기 위해 광합성과 식물의 형태학적인 반응을 조사하는 방법이 유용하게 이용되어 왔다(Loach, 1967; Boardman, 1977; Dean 등, 1982; Givnish, 1988; Walters 등, 1993; Baskauf and Eickmeier, 1994; Walters and Reich, 1996; Olsen 등, 2002; Valladares 등, 2002). 일반적으로 양엽과 음엽은 엽면적, 엽의 두께, 큐티클 층의 두께, 엽록소의 함량, 엽록체의 위치 등에 많은 차이가 난다. 그늘에서 자란 잎은 책상조직과 큐티클 층이 얇고 엽면적이 넓으며 엽록소 함량이 많고 햇빛에서 자란 잎보다 적은 단백질 함량을 가지는 것으로 알려져 있다.

광합성에 영향을 미치는 기공의 밀도는 많은 환경 요인에 의해 영향을 받게 된다. 기공의 개폐에 따라 광합성이 조절되지만 이것은 또한 밀도와 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 양지에서 자란 식물체의 광합성과 기공의 밀도는 높으나 수분 스트레스와 같은 환경 요인들에 또한 영향을 받게 되어 정확히 일치하지는 않는다.

세계적으로 가장 많이 재배되는 하이부시 블루베리는 미국 38개 이상의 주와 캐나다의 여러 지방에서 상업적으로 재배되고 있다. 남미, 호주, 뉴질랜드, 유럽 등에서도 하이부시 블루베리 산업이 발달되어 있으며, 유엔식량농업기구에 따르면 매년 42,000톤의 블루베리가 수확되고 있다고 한다. 현재 세계에서 가장 큰 규모로 블루베리를 생산하고 소비하는 국가는 미국과 캐나다이지만, 일본을 비롯하여 세계 여러 국가에서 블루베리가 호감을 얻고 있는 등 전세계적으로 블루베리 시장이 확대되고 있는 추세이다.

하이부시 블루베리는 1905년경부터 미국 농무부의 Coville이 블루베리 야생종을 대상으로 교잡 육종하여 품종 개량을 시작한 이래로 1937년까지 15품종, 1959년까지 30품종을 각각 발표하였으며(Darrow와 Scott, 1962), 수백종이 알려져 있다(Shutak과 Gough, 1982).

FAO(2003) 통계에 의하면 블루베리는 전 세계적으로 47,889ha가 재배되고 있으며, 캐나다가 23,269ha로 49%를 차지하여 가장 넓고, 미국이 16,580ha, 폴란드 3,800ha, 네덜란드가 1,000ha 등의 순이며, 그 밖에 우크라이나, 루마니아, 리투아니아 등에서도 재배하고 있다.

미국의 생산량이 12만톤으로 전체 생산량의 51%, 캐나다의 생산량이 8만톤으로 전체 생산량의 33%, 폴란드의 생산량이 2만톤으로 전체 생산량의 7%, 기타 9%를 차지하고 있다(FAO, 2003).

아시아에서는 일본이 50년 전인 1951년에 홋카이도 농업시험장에서 미국으로부터 블루베리를 도입하였으며 1980년대에 상업적으로 재배되기 시작한 이래로(日本ブルーベリー協會, 1997), 1990년대에 블루베리 재배가 빠른 속도로 증가하게 되면서 매년 20ha씩 증가하여 2002년에는 재배면적 184ha에서 485톤을 생산하였다(JBA, 1997).

우리나라는 Austin(1994)이 한국원예학회를 통해 블루베리를 소개하였으며, 일부 가공식품 회사에서 가공에 이용될 과실 중 일부를 농가와 계약 재배하고 있을 뿐이며, 농가에 보급된 것은 극히 적은 형편이다. 식물검역소(2003)의 자료에 의하면 2001년까지는 블루베리의 수입이 없었으나 2002년에는 냉동과 140톤, 2003년에 냉동과 110톤 생과 2,026kg 정도 수입되어 점차 소비가 증가하고 있다(NPQS, 2004).

블루베리 과실은 여러 가지 뛰어난 생체 조절 기능을 가지고 있으며 각종 성인병을 예방하고 치유하는 훌륭한 기능성도 지니고 있어, 미국 시사주간지 타임(2002)은 토마토, 시금치, 적포도주, 견과류, 브로콜리, 귀리, 연어, 마늘, 녹차, 블루베리 등을 10대 건강식품으로 소개한 바 있다. 블루베리 성숙 과실에는 안토시아닌과 카로티노이드 색소가 다량 함유되어 있어 항산화 및 항염 작용이 우수하다(Gross, 1987; Kader 등, 1996). 또한 눈을 많이 사용하면 망막의 로돕신 화합물이 서서히 분해되는데, 블루베리는 로돕신 재합성 작용의 활성화를 촉진하여 눈의 피로를 줄여 주고 시야가 맑아지게 한다(伊藤, 1994). 일본에서는 과실 색소를 바구니나 천을 염색하

는 데 염료로 사용하거나, 건조 과실은 가루로 만들어 스프나 육류에 첨가하여 요리의 맛을 내거나 향료로 사용한다(JBA, 1997).

우리나라는 국민 소득이 높아감에 따라 웰빙 문화가 정착이 되고 있다. 이에 따라 기능성이 뛰어나고 무농약 또는 저농약의 친환경적으로 재배할 수 있는 블루베리에 관한 관심이 높아지고 있다. 그러나 블루베리에 관한 연구는 번식법(이와 이, 2001)과 수분 생리(kim 등, 2004) 등이 있을 뿐이다. 현재 국내의 블루베리 시장은 전량 수입에 의존하고 있다. 특히 가공용 블루베리와 냉동 블루베리의 수입이 점차 증가하고 있는 추세이다. 국내에서 블루베리는 과실 생산으로서의 목적뿐 아니라 관상수나 조경수로 활용하고자 하는 관심 또한 높아지고 있는 추세이며 국내 과수 산업의 발전과 다변화를 위해서 여러 새로운 종류의 과수의 도입이 절실히 요구되고 있다. 국내에 블루베리를 도입하기 위해서는 블루베리가 국내에서 재배하기에 적합한지에 대한 검증이 필요하다. 이러한 목적으로 여러 가지 환경 반응에 따른 블루베리의 생육 특성을 알아보기 위한 노력이 절실히 요구된다.

1절. 기술적 측면

블루베리는 진달래과 산앵두나무속에 속해 있는 과수로 이의 야생종은 북아메리카 동북부에 분포하고 있다. 미국 농무부가 1905년경부터 블루베리의 야생종을 개량하여 여러 재배 품종을 육성 보급하였으며 실제의 재배는 1920년대 후반부터 시작되어 블루베리의 재배 역사는 매우 짧다고 할 수 있다.

블루베리에는 로우부쉬 블루베리(lowbush blueberry, *V. angustifolium*, *V. myrtilloides*), 하이부쉬 블루베리(highbush blueberry, *V. corymbosum*, *V. australe*) 및 래빗아이 블루베리(rabbiteye blueberry, *V. ashei*)가 있으며, 미국과 캐나다에서는 이들 세 종류의 블루베리를 상업적으로 재배하고 있다. 그 외의 지역에서는 하이부쉬와 래빗아이 블루베리를 많이 재배하고 있는데, 한랭한 지역에서는 하이부쉬 블루베리를 주로 재배하고 있다.

최근 블루베리의 뛰어난 기능성이 밝혀짐에 따라 세계 각국에서 앞 다투어 블루베리를 도입하여 재배하고 있는데, 이의 재배 면적은 앞으로 빠른 속도로 증가할 것으로 전망된다. 블루베리는 키가 낮은 관목으로 결과연령에 빨리 도달하고 병해충의

발생이 비교적 적어 무농약 또는 저농약으로 재배할 수 있으며 노약자들도 손쉽게 재배 관리할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 우리나라에서는 블루베리가 전혀 재배되지도 않고 이에 대한 재배 기술의 개발도 이루어지지 않고 있으므로 시급히 블루베리를 도입하여 우리나라의 기후 풍토에 알맞은 품종과 재배 기술을 개발하여 농가에 보급하여야 할 필요성이 높다. 우리나라의 기후 풍토에 적응할 수 있는 유용한 작물이라면 적극적으로 도입하여 재배함으로써 국민의 식생활의 질적 향상을 꾀하고, 농가의 새로운 소득원으로 정착시켜 농촌 경제를 발전시키는 데에 기여하도록 해야 한다. 이러한 맥락에서 세계 각국은 새로운 작물을 개발 또는 도입하려는 사업을 국가적인 차원에서 활발히 전개하여 많은 성과를 올리고 있는데 반하여 우리나라는 이에 크게 미치지 못하고 있는 실정이다. 따라서 우리 나라도 정부와 민간이 협력하여 조직적이고도 지속적으로 새로운 작물 내지 유전자원을 적극적으로 도입하여 활용함으로써 농가 소득 증대에 기여하도록 하여야 할 것이다.

본 연구가 성공적으로 수행되면 블루베리가 우리나라의 새로운 과수작물로 뿌리내릴 수 있는 기틀이 마련될 것이며 지역별로 적합한 블루베리의 종과 품종이 선발되어 이의 재배가 빠른 속도로 확산될 것으로 기대된다. 또한 우리나라는 시설 원예 강국이므로 블루베리의 시설 재배에 관한 기술 개발의 기폭제가 될 것으로 전망될 뿐만 아니라 다른 소과류의 재배와 연구의 활성화에도 기여할 것으로 기대된다.

2 절. 경제 · 산업적 측면

WTO 체제 출범과 칠레와의 자유무역협정 체결 이후 우리나라의 농업은 여러 가지 면에서 위기에 처하게 되었다. 기존의 작목만으로는 이미 한계에 이르게 되어 우리나라 농업의 생산 기반이 총체적으로 붕괴할 위기를 맞고 있는 것이다. 위기에 처한 우리나라의 농업을 살리는 길의 하나로 대체 작목의 개발을 들 수가 있는데 우리나라에 자생하는 식물을 개발하거나 외국에서 개발한 작물들을 도입하여 대체 작목으로 이용할 수 있다. 블루베리는 미국에서 야생종을 개량하여 재배하기 시작한 지가 70여 년 밖에 안 되는 새로운 작물이며 이를 도입하여 재배 기술을 확립하면 대체 작목으로 충분히 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

일본은 이미 50년 전에 블루베리를 도입한 후 재배 기술을 꾸준히 연구 개발하여 현재는 이의 재배 기반을 확립하게 되었고, 블루베리를 재배 경영하는 농가는 다른

농가에 비하여 월등히 높은 소득을 올리고 있다. 현재 일본은 미국, 캐나다, 칠레, 뉴질랜드 등의 여러 나라에서 매년 15,000톤 정도의 블루베리 생과와 냉동과를 수입하고 있으므로 우리나라에서의 블루베리 재배가 안정적으로 발전하면 수입 대체뿐만 아니라 상당량을 수출할 수 있는 가능성도 있을 것이다.

블루베리는 생과로 이용하는 외에도 잼, 주스, 시럽, 와인, 절임, 통조림, 젤리, 아이스크림, 제과 원료 및 제약 원료 등으로 다양하게 가공되며 냉동 저장성이 크기 때문에 1년 정도는 신선한 상태로 저장하면서 이용할 수 있는 장점도 가지고 있다. 또한 블루베리는 관광원에 작물로 개발할 수 있는 가능성이 매우 높고 도시 가정에서의 정원수로도 활용할 가치가 크므로 묘목 생산 산업으로의 발전도 기대된다.



Fig. 1. Blueberry species (highbush, lowbush, rabbiteye blueberry).

3 절. 사회 문화적 측면

블루베리 과실은 여러 가지 뛰어난 생체 조절 기능을 가지고 있고 각종 성인병을 예방하고 치유하는 훌륭한 기능성도 지니고 있다는 사실들이 최근 속속 밝혀지고 있다. 시력의 회복 및 증진, 혈소판 응고의 억제, 결합조직의 강화, 망막의 변성과 백내장의 방지, 요로 감염증의 예방, 발암 억제, 항산화 작용에 의한 노화 억제 등 여러 기능성을 가지고 있는 사실이 알려지고 있다. 이와 같은 기능성을 바탕으로 2002년에 타임지는 블루베리를 세계 10대 장수 식품 중 하나로 선정한 바 있다. 이와 같이 과수로서의 우수한 특성과 기능성이 뛰어난 블루베리를 우리나라에 시급히 도입하여 재배함으로써 농가의 소득 증대는 물론 국민의 건강 증진을 꾀하여야 할 것이다. 또한 블루베리는 무농약 또는 저농약으로 재배할 수 있기 때문에 재배로 인한 환경 부하를 최소화할 수 있고 환경 파괴의 염려가 없으며, 농약에 오염되지 않은 안전한 과실이나 가공식품을 소비자에게 공급할 수 있다.

블루베리는 관목성이고 재배하기가 수월하며, 꽃, 과실, 가을의 단풍이 아름다워 가정 과수 또는 정원수로도 적합하므로 현대인의 레저 활동의 훌륭한 대상이 됨과 더불어 정서 함양에도 크게 기여할 수 있다. 또한 블루베리는 노약자들도 재배 관리할 수 있으므로 양로원 등 사회 복지 시설에 블루베리 과수원을 조성하여 일거리를 제공함으로써 스트레스 해소에 도움을 주고 경제적 혜택도 볼 수 있게 할 수 있다. 이외에도 블루베리 과실은 각종 조리의 소재로 활용되고 다양한 가공 식품의 원료로 이용되어 식생활 개선에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

블루베리의 재배 역사는 매우 짧기 때문에 품종 개량과 재배 기술 개발에 관한 연구 실적은 다른 과수에 비해 낮은 수준에 머물러 있다. 그러나 미국과 같은 재배 선진국에서는 육성한 품종의 재배 특성, 토양 산도 조절, 병해충 방제, 관수, 토양 표면 관리 등에 대한 연구 결과들이 실제 재배에 활용되고 있다. 아시아에서 블루베리를 가장 빨리 도입한 일본에서는 최근 품종 개량 연구에 착수하여 고유 품종을 육성한 바 있다. 또한 래빗아이 블루베리 품종의 토양 적응성이 하이부쉬 블루베리에 비하여 크다는 점에 착안하여 래빗아이 블루베리를 대목으로 한 접목 재배 기술을 개발하여 접목묘의 생성과 판매가 이루어지고 있다.

그러나 우리나라에서는 블루베리의 재배 자체가 이루어지지 않아 이에 대한 연구는 전무한 실정이다. 다만 서울대학교 농업생명과학대학 원예학과에서 Jersey와 Rancocas 품종을 대상으로 하여 배지의 종류, 발근 촉진제, 삽상의 온도 조건 등이 발근에 미치는 영향을 실험적으로 구명하여 발표(이 등, 2001)한 것이 유일한 연구 실적이라 할 수 있다. 따라서 우리나라의 블루베리 재배를 산업으로 정착시키려면 대학, 시험 연구 기관 등에서 재배 기술 개발에 관한 연구를 집중적으로 수행하여야 될 것이다. 우리나라에서의 재배 기술 개발에 관한 시험 연구를 거친 뒤에 블루베리 재배를 농가에 보급하려면 상당한 기간이 필요한데, 이를 빠른 시일 내에 정착시키려면 연구와 재배를 병행시켜 나아가야 한다. 이를 위하여 우리나라와 기후 풍토가 비슷한 일본의 재배 기술을 도입하는 것이 바람직할 것이다.

우리나라 농업의 어려움을 극복하는 하나의 수단으로서의 블루베리 산업은 시급히 발흥시켜야 할 과제이다. 농가에서도 새로운 소득원으로서의 대체 작목 도입을 갈망하고 있으므로 본 연구를 통하여 우리나라에서도 블루베리 재배가 충분히 가능하다는 것이 입증되면 블루베리 산업은 빠른 속도로 발전하게 될 것이다. 우리나라에서는 개발된 재배 기술이 전무하므로 일본이나 미국 등 다른 나라에서 개발한 기술을 우선 도입하여 활용하는 한편, 우리나라의 기후 풍토에 맞는 재배 기술을 연구 개발하여 새로운 고기능성 과수의 개발과 고품질, 고소득원으로서의 새로운 작목으로 정착시켜 나가야 할 것이다.

도입한 블루베리 품종 중에서 국내 재배에 적합한 품종을 선발하며 환경 반응 연구를 통하여 생육 특성을 파악한 후 이 자료를 토대로 하여 블루베리 품종의 재배

기술을 개발하고 지역별 현지 재배 실증 시험 연구를 통하여 새로운 고기능성, 고소득원의 재배 작목을 개발한다. 또한 품종별 화아분화 특성과 개화기를 조사하고 화아분화와 화기 및 과실 발달의 형태해부학적 연구를 통하여 효율적인 착과량 조절 기술의 개발과 적정 수확기 판정법 개발의 기초 자료를 마련하고자 한다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1절. 블루베리의 환경 반응 연구와 재배 실증 시험(서울대)

1. 국내 재배에 적합한 유망 품종의 선발 및 지역별 실증 시험 포장 조성

가. 국내 재배 유망 품종 특성 조사

1) 남부 하이부시 블루베리

Georgiagem

육성 내력

미국 조지아주에서 G132(E-118 x Bluecrop) x US-75(*V. darrowi* 계통 Fla. 4-B x Bluecrop)를 1986년에 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

350시간의 최소 저온 요구도를 지나 500시간 이상이어야 꽃이 핀다. 직립하는 경향이 있으며 수세는 보통이며 과수당 수확량은 낮은 편이지만 과실은 중형 크기로 색깔과 향이 좋고 단단하며 약간의 수확 흔적이 남는다.

재배상 유의 사항

대부분의 토양 조건 하에서 뿌리의 생육이 좋지 않아 배수 시설이 잘 된 토양에서 재배해야 한다. 줄기마름병과 뿌리혹병에 약하며, 타가 수정을 위해 초기에 개화하는 래빗아이 품종이나 다른 남부 하이부시 품종과 함께 재식할 수 있다.

O'Neal

육성 내력

미국 노스 캐롤리나주에서 1987년 Wolcott x Fla. 64-15를 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

저온 요구도는 400~500시간 정도이지만 잎이 피기 위해서는 조금 더 저온 요구도를 요한다. 꽃은 봄이 시작되자마자 피기 시작하며 개화 기간이 긴 편이다. 성목시 수고는 180cm이고 수폭은 180cm 정도로 반직립성이다. 조숙종으로 주당 수확량은 4.5~9kg이다. 과실 크기는 대형이고 향이 좋고 단단하나 기계 수확에는 적합하지 않은 품종이다. 자가 수분 품종이다.

재배상 유의 사항

꽃은 일찍 피나 냉해에 약하고 잎의 발달은 좋은 편이지만 줄기혹병에 취약하다. 대과를 얻기 위해서는 조지아잼이나 오자크블루 품종을 수분수로 써야 한다. 토양 산도 pH 5.5 이하에서 생육이 좋다. 겨울에는 냉해를 입기 쉬워 짙으로 뿌리를 보호해 주어야 한다.

Sharpblue



육성 내력

1976년 미국 플로리다주에서 Florida 61-5 x Florida 62-4를 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

저온 요구도는 200~300시간으로 대단히 짧다. 자가 수분 능력이 있다. 성목 시 수고는 150~180cm로 반직립성이고 수세가 강한 관목으로 과수 당 수확량은 3.5~7kg이다. 과실 크기는 중대형이며 짙은 청색을 띤다. 과실은 향이 좋으며 수확 후 생과로 소비자의 식탁에 오를 수 있을 정도이나 과실을 수확할 때는 손으로 따야 한다. 수확량을 높이기 위해 매우 수세가 강한 'Misty'나 'Flodablue' 품종을 수분수로 사용하기도 한다.

재배상 유의 사항

줄기혹병에 저항성이 있으나 잎은 질병에 쉽게 노출되는 문제가 있다. 과실 수확 도중 표피가 찢어지기도 한다.

2) 북부 하이부시 블루베리

Bluecrop

육성 내력

1952년 (Jersey x Pioneer) x (Stanley x June)을 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

전 세계적으로 광범위하게 재배되는 품종으로 성목 시 수고는 120~180cm 정도이며 직립이지만 위로 넓게 자란다. 과실은 7월 중순에 익으며 한 달 정도 수확이 가능하다. 과수 당 수확량은 4.5~9kg이며 과실 크기는 대형이며 과육이 단단하고 당도가 높으며 매우 밝은 청색을 띤다. 병 저항성이 강하며, 생식용 또는 가공용 품종이다. 손 또는 기계를 이용한 수확이 가능하다. 자가 수분 품종이다.

재배상 유의 사항

대과를 얻기 위해서는 'Earliblue'나 'Jersey' 품종과 함께 재식되는 것이 좋다. 뿌리혹병에 취약하며 과실이 붉게 되거나 완전히 착색이 안 되는 레드베리(redberry) 현상이 있는데 이는 과다 결실되거나 토양 양분이 부족하거나 진정을 잘못된 경우, 수분이 제대로 안 된 경우에 발생한다.

Bluegold



육성 내력

미국 뉴저지주에서 1972년에 Bluehaven x ME-US-5(Ashworth x Bluecrop)을 교잡하여 만든 품종으로 과실이 달린 'Bluegold'를 보기만 하면 그 이름의 유래를 알 수 있을 것이다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 90~120cm 정도로 둥글게 된 둔덕 형태로 자란다. 낮게 자라면서 생육이 왕성하여 잔가지가 많이 발생한다. 따라서 화아 발생량은 매우 많다. 과실은 7월 초부터 익기 시작하지만 7월 말에 수확이 가능하고 주당 수확량은 약 4.5kg 정도로 해거리가 적다. 3번 수확한다고 할 때 90, 116, 125 컵 정도를 수확할 수 있는데 각 수확 시기마다 들어가는 과실의 양은 각각 67, 88, 94개 정도이다. 인력 수확을 하지만 다른 품종에 비해 매우 쉽게 딸 수 있어 노동력이 적게 든다. 과실은 중소형으로 밝은 청색을 띠고 단단하며 수확 흔적은 작은 편이다. 과실의 향은 우수한 편이며 저장 중에도 잘 보존된다.

재배상 유의 사항

재배 가능한 적정 토양 산도가 'Bluecrop' 품종보다 더 높고 배수 시설이 매우 잘 되어 있어야 한다. 가지와 화아가 매우 많이 발생하므로 직립하도록 전정하여 과실이 과다하게 달리지 않도록 하여야 한다.

Bluejay



육성 내력

1968년 Berkeley x Michigan 241(Pioneer x Taylor)를 교잡하여 만들었다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 150~210cm 정도이며 생장이 매우 왕성하기에 매우 빨리 자라고 키가 매우 크며 약간 넓게 자란다. 과실은 7월 10일경에 익는데 과실이 익은 뒤에도 나무에 달려 있는 성질을 가지고 있다. 주당 수확량은 4.5~9kg이며, 과실 크기는 중대형으로 과실이 단단하며 밝은 청색을 띠고 시큼하면서도 부드러운 향미를 띤다. 가지가 길기 때문에 진동 수확법을 통한 기계 수확이 가능하며, 첫 수확에서 약 70%의 과실을 수확할 수 있다. 생식용 또는 가공용으로 출하 가능하다. 자가 수분 품종으로 꽃이 늦게 피기 때문에 서리나 동해 피해를 피할 수 있으며 조숙과의 낙과 또는 열과 현상에 저항성이다.

Blueray

육성내력

1955년 (Jersey x Pioneer) x (Stanley x June)을 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 120~180cm 정도이며 직립형으로 생장이 매우 왕성하며 넓게 자라는 특성이 있다. 꽃은 붉은 색으로 과실은 7월 중순 무렵에 익는다. 주당 수확량은 4.5~9kg이며, 과실 크기는 초대형이다. 과실은 밝은 청색으로 향이 좋으며 작은 수확 흔적이 있으나 과실은 단단하다. 자가 수분 품종으로 여름이 덥고 겨울이 추운 우리나라 기후에 알맞으며 다른 하이부쉬 품종의 수분수로 쓰기에 매우 좋다. 가을에는 잎이 매우 아름다운 진홍색으로 변하기에 조경수로서도 훌륭하다.

재배상 유의 사항

포장하여 출하하거나 생과로 판매할 때 손으로 따는 것이 가장 좋은 수확법이다. 줄기마름병에 취약하다.

Dixi



육성 내력

1936년 (Jersey x Pioneer) x Stanley를 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

위로 퍼지면서 자라며 생장률이 높다. 과실은 초대형으로 약간 밀집되어 발생하며 청색 과실로 단단하며 향이 매우 좋다.

재배상 유의 사항

과실이 쉽게 열과되는 현상이 발생하며 수확 시기가 늦고 수확 흔적이 크게 남는 문제점이 있다.

Duke



육성 내력

미국 애틀란틱 블루베리사에서 1972년에 G-100(Ivanhoe x Earliblue) x 192-8(E-30 x E-II) 계통을 교잡하여 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 120~180cm 정도이며 직립하며 튼튼하면서도 적당한 가지가 많이 발생할 정도로 생육이 좋으면서도 수관까지 빛이 투과할 수 있다. 잎은 일반적으로 조밀하게 발생한다. 'Duke' 품종은 조생종이지만 개화기가 늦은 편이기에 봄 서리를 피할 수 있는데 이는 'Bluetta' 품종을 대체할 수 있는 이유이다. 과실은 6월 말에서 7월 초에 익으며 2번에 걸친 수확이 가능하다. 주당 수확량은 5~8kg 정도이며 과실은 대형으로 밝은 청색을 띤다. 과실의 향은 열지만 저온 저장 후 몇 시간 뒤에는 달콤하면서도 매우 강한 향이 오랫동안 지속된다. 과실의 질감은 부드럽고 달며 단단하기에 보통의 경우 인력 수확을 하지만 기계 수확도 가능하다. 자가 수분 품종으로 겨울철 온도가 불규칙하게 변하는 지역에서도 적응성이 뛰어나 고른 수확량을 기대할 수 있다. 'Duke' 품종은 계절에 따라 3가지의 색깔을 띠는데 봄에는 꽃이 옅은 흰색이면서 분홍빛이 감도는 색을 띠며 여름에는 옅은 청색의 과실이 맺히고 가을에는 오렌지색과 노란색의 잎이 바람에 날려 관상수로서도 매우 좋다. 'Spartan' 품종과 함께 재식하면 서로 잘 어울리는 조경수이다.

재배상 유의 사항

7월에 주로 발생하는 붉은 둥근점 바이러스와 가지가 끝에서부터 마르는 질병에 취약하며 줄기혹병에 약하다. 배수가 잘된 토양에 재식하기에 적합하며, 배수 시설이 나쁜 곳에서는 성장량과 수확량이 적어진다.

Jersey



육성 내력

1928년 Rubel x Grover를 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

북미 지역에서 블루베리 품종 중 가장 선호하는 품종으로 성목 시 수고는 150~210cm 정도이며 넓게 자라고 과실은 7월 말에 익는다. 과수 당 수확량은 3.5~4.5kg으로 과실은 중소형으로 청색을 띤다. 과실의 품질은 좋은 편으로 열과에 대해 저항성이 있고 블루베리 품종 중에서 가장 좋은 향을 가지고 있다. 인력 또는 기계 수확이 가능하다. 줄기혹병에 대해 저항성이 있으며 자가 수분이 가능한 품종이다.

재배상 유의 사항

수분수로서 'Earliblue'나 'Bluecrop' 품종과 함께 재식하면 더 큰 과실을 얻을 수 있다. 다른 품종에 비해 화분량이 적어 벌이 잘 날아들지 않는데 자가 수분을 하면 과실의 크기가 작고 숙기가 늦어지며 씨가 생기지 않는 경우가 있다.

Nelson



육성 내력

미국 미시간주에서 1965년에 Bluecrop x G-107(F-72 x Berkeley)을 교잡하여 육성된 품종이다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 150~210cm 정도이며 직립으로 성장하고 발육이 좋으며, 과실은 7월 말에서 8월 초에 익을 정도로 약간 늦은 편이다. 주당 수확량은 4.5~7kg으로 높은 생산성을 가지며 과실은 대형으로 짙은 청색을 띤다. 과실의 질은 매우 좋고 단단하며, 인력 또는 기계 수확이 가능하다. 포장 판매 또는 생과 판매용으로 우수하다. 자가 수분 품종이다. 붉은 둥근점 바이러스에 높은 저항성을 보인다.

Northblue



육성 내력

1983년에 B-10(G-65 x Ashworth) x US-3(Dixi x Michigan Lowbush No. 1)

을 교잡하여 육성하였다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 50~100cm 정도로 키가 매우 낮으며 수폭은 75~150cm 정도로 잎이 조밀하게 나는 반왜화성 하이부쉬 품종이다. 'Bluecrop'보다 일주일 정도 늦게 꽃이 피면서도 2주일 정도 먼저 과실이 익는데 과실 크기는 대형으로 짙은 청색을 띠며 단단하다. 과실은 'Northsky' 품종이나 'Northcountry' 품종보다도 산도가 높지만 청량감을 느낄 정도로 좋은 향이 난다. 주당 수확량은 적은 편으로 2~3kg이다. 그러나 매우 좋은 과실의 품질과 생과 상태로 오랜 기간 보존 가능하다. 인력 수확에 적합하며 포장 판매 또는 생과 판매용이다. 매우 우수한 관상식물로 자가 수분 품종이다.

재배상 유의 사항

자가 수분 품종이지만 타가 수정을 하게 되면 더 생산성이 높아진다. 배수가 잘 안 되는 토양에서는 *Phytophthora*균에 의한 역병에 취약하다.

Northland



육성 내력

1967년 Berkeley x (lowbush x Pioneer)를 교배 육성하였다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 100~150cm이며 수폭은 100~150cm로 넓게 퍼지며 자란다. 가지는 눈이 많으면 휘어질 정도로 유연성이 좋다. 과실은 중소형으로 짙은 청색을 띠며 열은 향을 지니고 있으며, 주당 수확량은 7~9kg 정도이다. 과실의 성숙 후에도 떨어지지 않고 계속 성숙되는 특성을 가진다. 저온에 잘 견디는 품종으로 겨울에 춥고 눈이 많은 지역에서도 재배 가능하다. 다양한 토양 조건 및 여름과 겨울철 온도가 큰 지역에서도 생장이 가능하며 인력 수확 또는 기계 수확을 할 수 있다. 포장 판매 또는 생과 판매나 가공용으로 적합하다.

재배상 유의 사항

따뜻한 지역에서는 결눈이 많이 생기고 재식줄을 벗어나 넓게 퍼지거나 부정형으로 자라는 특성이 있다. 다른 품종에 비해 전정 노력을 더 요구한다.

Patriot



육성 내력

1976년 (Dixi x Mich. LB1) x Earliblue를 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 120~180cm 정도이며 옆으로 성장하면서 직립하는 성질이 강하다. 과실이 익는 시기는 7월에서 8월까지로 긴 편이다. 주당 수확량은 4.5~9kg 정도로 매년 고르게 수확되며 과실은 초대형으로 밝은 청색을 띠며 매우 뛰어난 향을 가지고 있다. 과실은 작은 수확 흔적을 가지는데 단단하여 인력 또는 기계 수확이 가능하다. 동해에 강하며 뿌리 부패병에 저항력이 있다. 대다수 블루베리 품종과 달리 수분이 많고 찰흙같은 토질에서도 생장이 가능하다. 가정 원예나 생과 판매를 주

로 하는 재배자에게 인기가 있다. 초여름에 흰색의 꽃이 피고 가을에는 잎이 오렌지색으로 물들기 때문에 조경수로서 사용할 수 있다. *Phytophthora*균에 의한 뿌리역병에 강하다.

재배상 유의 사항

배수 시설이 잘 된 곳에서 생육이 좋으며, 옆으로 성장하는 습성이 있으므로 측면 부분에 대한 전정이 필요하다. 줄기혹병에 취약하다.

Rancocas



육성 내력

1926년 (Brooks x Russell) x Rubel 품종을 교잡 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

생육이 고르게 발달하며 왕성하게 자라는데 넓게 자라며 직립한다. 수분은 2-3일 내에 이루어질 정도로 빠르며 과실은 편원형으로 소형이다. 품질은 나쁜 편으로 수확 후 흔적이 남는다. 또한 과실이 익은 후에도 식물체에 붙어 있는 성질이 강해 가공용을 위한 기계 수확에 적합하며 냉해에 저항성이다.

재배상 유의 사항

꽃의 배낭은 개화 후 3일 이내에 30% 이상 퇴화할 정도로 빠르게 일어나며 폭우가 쏟아지는 기간에는 과실이 익을 때 열과되는 경향이 있다.

Sierra



육성 내력

미국 웨이모스에서 1980년에 US-169 x G-156의 교배를 통해 육성되었다. US-169(*V. ashei* (래빗아이 블루베리), *V. constablaei*와 *V. darrowi*) 계통은 서던 하이부쉬 품종 및 래빗아이 품종의 유전 자원이 많이 포함되어 있다.

생육 및 과실 특성

‘Bluecrop’이나 ‘Toro’ 품종에 대한 대체 품종으로 추천할 수 있으며 생장이 빠르고 직립하면서 적당한 크기의 가지가 나온다. ‘Bluecrop’과 비슷한 7월 중순에 과실이 익으며 수확량이 많고 과실은 중대형으로 밝은 청색을 띠고 단단하며 작은 수확 흔적을 가지며 과실의 향이나 단단함은 매우 좋다. 붉은 둥근점 바이러스에 저항성이다.

재배상 유의 사항

노던 하이부쉬 품종이지만 상록수로 존재하는 래빗아이나 서던 하이부쉬 품종과 유전적으로 흡사하여 냉해에 약하다.

Spartan



육성 내력

1978년 Earliblue x US 11-93을 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

성목 시 수고는 150~180cm이며 직립하는 성질이 강하며 꽃이 늦게 피지만 과실은 7월 초에 과실이 익기 때문에 늦서리의 피해를 입지 않는다. 과수 당 수확량은 3.5~4.5kg 정도이다. 과실은 밝은 청색으로 대형으로 두 번째 수확 이후부터는 과실의 크기가 상당히 작아진다. 쪼면서도 달콤한 맛이 있어 후식으로 매우 좋다. 인력 또는 기계 수확이 가능하다. 부분적으로 과실이 줄기마름병에 저항성이다.

재배상 유의 사항

양호한 광 조건과 배수 시설 및 적절한 토양 양분 조건에서 생육이 빠르며, 높은 토양 산도에서는 생육이 저하된다. 뿌리혹병에 매우 취약하다.

Sunrise



육성 내력

조생종 품종으로 미국 웨이모스에서 1974년에 G-180 x ME-US-6620 계통을 서로 교잡하여 1978년에 선발 육성하였다.

생육 및 과실 특성

키가 크게 자라면서 직립하며 'Bluetta' 품종보다는 관리하기가 쉽다. 중형의 청색 과실로 단단하며 수확 후 생기는 흔적이 작게 생긴다. 'Sunrise' 품종은 'Duke' 품종이나 'Bluetta' 품종의 과실보다 향이 매우 좋다. 붉은 등근점 바이러스에 강하고 과실이 항상 좋은 질을 유지하는 특성이 있다. 포장하여 판매하거나 생과 판매에 적합한 품종이다.

재배상 유의 사항

하이부쉬 품종이지만 선발 과정에서 로우부쉬 유전자가 도입되어 있어 냉해에 약하다. 줄기마름병에 취약하다.

Weymouth

육성 내력

1936년 June x Cabot을 교배 육성한 품종이다.

생육 및 과실 특성

개장형으로 자라며, 과실은 짙은 청색으로 대과형이며 조생종에 속하는데 성숙 후

낙과하는 경향이 있다. 향이 적어 후식용으로는 적당하지 않다.

재배상 유의 사항

꽃이 시드는 현상과 가지 끝에서부터 말라 죽는 현상이 나타난다.

3) 래빗아이 블루베리

Climax

육성 내력

미국 조지아주에서 1974년에 육성된 품종이다.

생육 및 과실 특성

저온 요구도는 400~450시간이며 매우 일찍 꽃이 피기 때문에 항상 동해의 위험성이 있어 재배 면적이 줄어들고 있다. 과실의 약 80%는 두 번에 걸쳐 수확 가능하며, 과실의 크기는 중형으로 수확 흔적이 작으며 향이 좋다. 일정한 시기에 전부 과실이 익기 때문에 두 번 만에 수확이 가능할 뿐만 아니라 과실의 단단해 기계 수확을 해도 생과로 출하할 수 있다.

재배상 유의 사항

위로 퍼지면서 직립하는 경향이 있으며 기저부에서 많은 가지가 나오지 않기 때문에 전정 시 주의해야 한다. 추천할 만한 수분수는 'Ostin' 품종과 'Premier' 품종이다.

Southland

육성 내력

미국 조지아주에서 1969년에 육성된 품종이다.

생육 및 과실 특성

저온 요구도는 500~600시간이다. 수세는 조밀하게 직립하며 잎이 무성하다. 과실 크기는 중대형이다.

재배상 유의 사항

다른 품종에 비해 수확이 끝나는 시기가 늦다.

Tifblue

육성 내력

미국 조지아주에서 1955년에 육성된 품종이다.

생육 및 과실 특성

저온 요구도는 600~800시간 정도이며 보통 3월 중순에서 말에 꽃이 핀다. 수세는 강하며 직립하는 경향이 있다. 가지가 매우 많이 발생하기 때문에 기계 수확을 위한 전정 시 고려해야 한다. 과실은 대략 7월 말에서 8월 초에 익으며, 과실 크기는 중형으로 매우 밝은 청색으로 중 정도의 단단함과 색채, 수확 흔적을 가지며 향은 좋다. 완전히 익기 전까지는 시큼한 맛이 나며 낙과하지 않는 성질을 가지고 있다. 첫 번째 수확의 경우 날씨가 좋다면 생과 출하 시 기계 수확을 할 수 있다.

재배상 유의 사항

장마기에는 과실이 쉽게 붕괴되는 문제를 가지고 있다. 성목이 고사하는 경우가 있는데 줄기 마름병으로 추측되고 있다. 추천 수분수는 'Brightwell'과 'Brightblue' 및 'Powderblue' 품종이다.

나) 지역별 재배에 적합한 유망 품종 선발 및 재배 실증 시험

도입한 하이부쉬 및 래빗아이 블루베리 품종 중에서 국내 재배에 적합한 유망 품종을 선발하여 포트 재배를 실시하고 있으며 품종 선발은 블루베리 전문가로부터의 자문과 자료 수집을 통하여 얻은 정보를 종합하여 수행하였다. 국내 재배에 적합한 품종의 선발을 위해 문헌 및 전문가의 자문을 통해 16개 품종을 선발하였다.

지역별 실증 시험을 위해 1차 년도에는 경기도 의왕시 월암동, 충북 영동군 학산면 및 경북 상주시 화북면의 3개 지역을 선정하였고 토양 환경이 배수가 잘 되어야 하며 황과 같은 특정 비료에 의한 영향을 많이 받기 때문에 황과 비료를 첨가한 토양에 피트모스를 1:4(v/v)로 섞은 토양에 재식하여 조성하였다.

지역별 실증 시험 포장에 심은 블루베리 묘목은 경기도 의왕시 월암동 270주와 충북 영동군 학산면 및 경북 상주시 화북면은 각각 300주씩 총 870주를 재식하였다.

2차 년도에는 전남 나주시 산포면 등정리, 제주도 제주시 오등동, 충남 천안시 북면 원정리의 3개 지역을 선정하여 한 지역 당 10품종씩 각 20주를 총 600주를 재식하였다.

3차 년도에는 강원도 원주 조명동, 전북 완주군 고산면 읍내리, 경남 창원군의 3개 지역을 선정하여 한 지역 당 10품종씩 각 20주를 총 600주를 재식하였다.

Table 1. Prospective blueberry cultivars in domestic cultivation.

| Cultivar | Scientific name | Parentage | Year Introduced |
|-----------|--|---|-----------------|
| Sharpblue | <i>Vaccinium ashei</i> | Florida 61-5 x Florida 62-4 | 1976 |
| Bluecrop | <i>V. corymbosum</i> | (Jersey x Pioneer) x (Stanley x June) | 1952 |
| Bluegold | " | Bluehaven x ME-US-5(Ashworth x Bluecrop) | 1972 |
| Bluejay | " | Berkeley x Michigan 241(Pioneer x Taylor) | 1968 |
| Bluetta | " | (North Sedgewick lowbush x Coville) x (Earliblue) | 1968 |
| Dixi | " | (Jersey x Pioneer) x Stanley | 1936 |
| Duke | " | G-100(Ivanhoe x Earliblue) x 192-8(E-30 x E-II) | 1972 |
| Jersey | " | Rubel x Grover | 1928 |
| Nelson | " | Bluecrop x G-107(F-72 x Berkeley) | 1965 |
| Northblue | " | B-10(G-65 x Ashworth) x US-3 (Dixi x Michigan Lowbush No.1) | 1983 |
| Northland | " | Berkeley x (lowbush x Pioneer) | 1967 |
| Rancocas | " | (Brooks x Russell) x Rubel | 1926 |
| Sierra | <i>V. darrowi</i> x <i>V. ashei</i> | US-169 | 1980 |
| Spartan | <i>V. corymbosum</i> | Earliblue x US 11-93 | 1978 |
| Sunrise | " | G-180 x ME-US-6620 | 1974 |



Fig. 2. Blueberry orchard fertilized with sulfur and peatmoss.

Table 2. Blueberry orchards established for field experiment.

| Year achieved | Region | No. of cultivars | No. of trees |
|---------------|------------------|------------------|--------------|
| 2004 | 경기도 의왕시 월암동 | 14 | 270 |
| | 충북 영동군 학산면 지내리 | 10 | 300 |
| | 경북 상주시 화북면 | 14 | 300 |
| | 전북 익산시 신용동 원광대학교 | 8 | 100 |
| 2005 | 전남 나주시 산포면 | 13 | 200 |
| | 제주 제주시 오등동 | 10 | 200 |
| | 충남 천안시 북면 | 10 | 200 |
| | 경기 수원시 권선동 서울대학교 | 10 | 200 |
| 2006 | 경남 창녕군 | 10 | 200 |
| | 전북 완주군 고산면 읍내리 | 10 | 200 |
| | 강원도 원주시 | 10 | 200 |



Table 3. Blueberry cultivars planted in orchards by region.

| Year achieved | Region | Cultivar |
|---------------|------------------|---|
| 2004 | 경기 의왕시 월암동 | <u>Highbush blueberry</u> Jersey, Rancocas, Bluejay, Sharpblue, Sunrise, Sierra, Duke, Northland, Nothblue, Bluecrop, Bluetta, Dixi, Nelson, Spartan |
| | 충북 영동군 학산면 지내리 | <u>Highbush blueberry</u> Northland, Bluegold, Bluetta, Brigitta, Jersey, Weymonth |
| | 경북 상주시 화북면 | <u>Highbush blueberry</u> Jersey, Rancocas, Bluegold, Sunrise, Sierra, Duke, Northland, Bluecrop, Bluetta, Dixi, Spartan, Darrow, Weymonth, Brigitta |
| | 전북 익산시 신용동 원광대학교 | <u>Highbush blueberry</u> Bluecrop, Bluejay, Dixi, Jersey, Rancocas, Spartan, Sunrise, Sharpblue |
| 2005 | 전남 나주시 산포면 | <u>Highbush blueberry</u> Jersey, Rancocas, Bluejay, Brigitta, Sharpblue, Georgiagem, Sunrise, Sierra, Duke, Northland, O'Neal <u>Rabbiteye blueberry</u> Tifblue, Southland |
| | 제주 제주시 오등동 | <u>Highbush blueberry</u> Jersey, Rancocas, Bluecrop, Bluejay, Brigitta, |

| | | |
|------|------------|---|
| | | Weymouth, Sharpblue, Georgiagem |
| | | <u>Rabbiteye blueberry</u> |
| | | Tifblue, Woodard |
| | 충남 천안시 북면 | <u>Highbush blueberry</u> |
| | | Jersey, Rancocas, Bluecrop, Bluejay, Duke, |
| | | Sierra, Dixi, Northland, Sunrise |
| | 경남 창원군 | <u>Rabbieye blueberry</u> |
| | | Brightwell, Tifblue |
| 2006 | | <u>Highbush blueberry</u> |
| | | Georgiagem, Sharpblue, Brigitta, Dixi, Rancocas |
| | 전북 완주군 고산면 | <u>Highbush blueberry</u> |
| | 읍내리 | Duke, Sunrise, Brigitta, Bluegold, Bluetta, Jersey, |
| | | Dixi |
| | 강원도 원주시 | <u>Highbush blueberry</u> |
| | | Northblue, Northland, Brigitta, Dixi, Duke, Jersey, |
| | | Sierra |

제주 시험 농가의 블루베리 재배는 2004년 재식 후 다음해 원줄기 선단부 절단절정을 실시하였다(Fig. 3). 그해 신초 발생과 잎의 크기도 좋았으나 올해 블루베리의 생장은 아주 저조하였고 흡지 발생이 거의 없었으며 신초가 짧고 잎의 크기가 아주 작았다. 이러한 현상은 제주도의 잦은 바람에 의한 스트레스에서 오는 것으로 생각된다. 또한 스프링클러 방식의 배수 시설이 또한 수체에 직접 닿으면서 스트레스를 줄 것으로도 생각된다.





Fig. 3. Blueberry fields in commercial orchard.

제주도 난지 시험장의 블루베리 재배는 초기 시설 가온 포트 재배의 방식으로 이루어졌다(Fig. 4). 포트 재배 당시 발생된 흡지를 제거하였다. 작년 시설 내 토지에 이식한 후 시비 및 배수 관리를 철저히 하였다.

익산 원광대학교 노지 포장의 동일 품종들을 관찰한 결과 수체 성장에서는 마찬가지로 'Sharpblue'와 'Bluejay'가 좋았다. 그러나 흡지 발생 많이 않았고 과충수도 적은 편이었다. 그러나 일부 품종에서 과실 크기에서는 컸지만 이것은 착과수가 적은 데에서 오는 것으로 생각되어 차후 정밀 비교해야 할 것이다.





Fig. 4. Protected culture of blueberry in NISA (National Institute of Subtropical Agriculture) of Jeju.

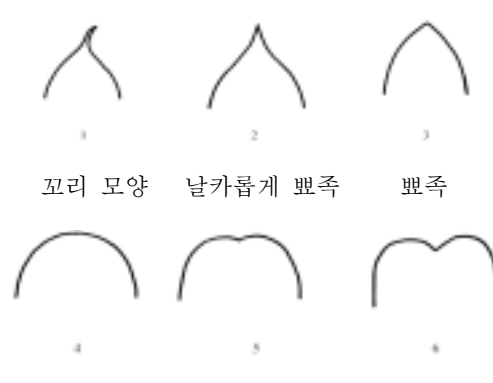
2. 도입 품종의 연간 수체 생장 조사

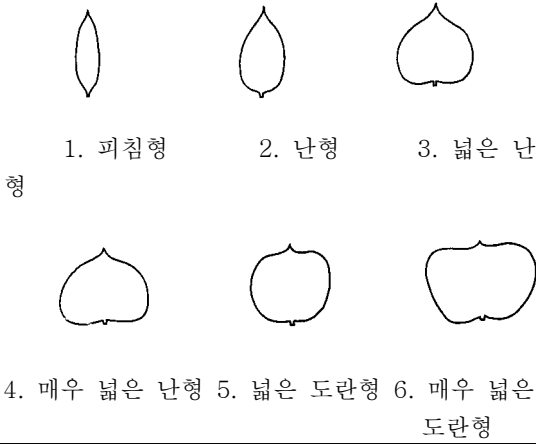
미리 작성한 블루베리 조사 기준표(첨부)에 따라 수체 특성으로 수자, 수고, 수폭을 조사하며, 생육 특성은 발아기, 전엽기, 개화기, 만개기, 낙화기, 신초 신장량, 엽면적, 숙기 등을 조사하며, 과실 특성으로는 과중, 당도, 산도, 열과, 결실량, 수확량 등을 조사한다.

생육 특성에서 발아기는 엽아와 화아를 대상으로 눈의 인편이 1주에서 1~2mm 정도 40~50% 밀려 나올 때의 날짜를 기입하였으며, 전엽기는 한 나무에 완전히 전개된 잎이 5% 정도 보일 때의 날짜를, 개화기는 정상 수세인 나무에서 10% 정도 개화하였을 때 뿐 만 아니라 첫 꽃이 핀 날짜도 기입하였다. 만개기는 70~80% 정도 개화하였을 때의 날짜를 기입하였다.

블루베리의 수체 생장 및 과실 특성을 조사하기 위한 기준을 마련하였으며 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Standard index of growth and development, and fruit characteristics in blueberry.

| 구분 | 조사 항목 | 조사 내용 | 방법 | 단위 |
|--------|------------|--|---------|-----|
| 수 체 조사 | 1. 수자 | 주지의 발생 각도 측정 1 : 수하성(91°~이하) 3 : 반수하성(71~90°) 5 : 개장성(51~70°) 7 : 반직립성(31~50°) 9 : 직립성(30°~이하) | 4주 측정 | 1-9 |
| | 2. 수고 | 수체 높이 | 4주 측정 | cm |
| | 3. 수폭 | 수체 좌우의 너비 | 4주 측정 | cm |
| 생 육 조사 | 1. 발아기(엽아) | 눈의 인편이 1주에서 1~2mm 정도 40~50% 밀려나올 때의 날짜 | 관찰 | 날짜 |
| | 2. 전엽기 | 한 나무에 완전히 전개된 잎이 5% 정도 보일 때의 날짜 | 관찰 | 날짜 |
| | 3. 개화기 | 정상 수세인 나무에서 10% 정도 개화하였을 때 | 관찰 | 날짜 |
| | 4. 만개기 | 70~80% 정도 개화하였을 때의 날짜 | 관찰 | 날짜 |
| | 5. 낙화기 | 70~80% 정도 낙화하였을 때의 날짜 | 관찰 | 날짜 |
| | 6. 개화 기간 | 만개기 - 개화기 | 계산 | 일 |
| | 7. 신초 신장량 | 성과기(정상 착과된 나무)의 신초 신장 정지기까지의 신장량(1차 성장한 것 중 길이와 굵기 측정) | 20가지 측정 | cm |
| | 8. 엽장 | 신초 신장 정지기의 엽 최대 길이 | 20엽 측정 | cm |
| | 9. 엽폭 | 신초 신장 정지기의 엽 최대 폭 | 20엽 측정 | cm |
| | 10. 절간장 | 신초 신장 정지기의 절간 길이 조사 (신초장을 마디수로 나눈 값) | 20가지 측정 | cm |
| | 11. 엽선단 모양 |  <p>1 2 3</p> <p>꼬리 모양 날카롭게 뾰족 뾰족</p> <p>4 5 6</p> <p>둥근 약간 오목 툽니 모양으로 갈라짐</p> | 20엽 측정 | 1-6 |

| 구분 | 조사 항목 | 조사 내용 | 방법 | 단위 |
|-----------|----------------------|---|----------------|-------------|
| | 12. 엽신 모양 |  <p>1. 피침형 2. 난형 3. 넓은 난형</p> <p>4. 매우 넓은 난형 5. 넓은 도란형 6. 매우 넓은 도란형</p> | 20엽 측정 | 1-6 |
| | 13. 숙기 | 전 과실의 70~80%가 성숙한 시기 (개화 후 일수, 대략 낙화 후 50-60일) | 관찰 | 날짜 |
| | 14. 착색 개시기 | 과방 당 10% 정도 적색을 보이는 시기 | 관찰 | 날짜 |
| | 15. 수확 개시기 | 과방 당 10% 정도 청색을 보이는 시기 | 관찰 | 날짜 |
| | 16. 착립 밀도 | 과총수/결과지의 길이 | 측정 | |
| 과 실 특성 | 1. 과중 | 평균 과중 | 20과 측정 | g |
| | 2. 과피 및 과육 경도 | 과실 중앙 부위 측정 | 20과 측정, 경도 | kg/φ 1mm |
| | 3. 당도 | 성숙 과실의 과즙 내 가용성 고형 물질 측정 | 20과, 굴절 당도계 | 0.1% |
| | 4. 산도 | 성숙 과실의 과즙 내 총산 함량 측정 (0.1N NaOH)로 측정하여 구연산으로 적정 산도 계산) | 20과 측정 | 0.01% |
| | 5. 열과 | 피해율 = 피해과/조사과 × 100 | 20과 측정 | % |
| | 6. 결실량 | 한 나무에서 수확하는 전체 수량을 표시 | 4주 측정 | kg |
| | 7. 수확 횟수 | 한 나무에서 수확하는 횟수(보통 2-4회 수확함)를 측정 | 4주 측정 | 날짜 |
| | 8. 횟수별 수확량 | 한 나무에서 수확할 때마다의 수확량 | 4주 측정 | kg |
| | 9. 과형 | 관찰하여 그림으로 제시 | | |
| | 10. 과피색 (착색 전과 후) | L (명도) : lightness (100=white, 0=black) a (적색도) : redness (-=green, += redness) b (황색도) : yellowness (-=blue, += yellow) | 색차계 | |

도입 품종의 연간 수체 생장을 조사하기 위해 경기도 의왕시 월암동에 위치한 블루베리 과원에 심은 서던 하이부쉬에 속하는 ‘Sharpblue’ 품종과 노던 하이부쉬에 속하는 ‘Duke’, ‘Sierra’, ‘Bluecrop’ 품종을 대상으로 각각 4주를 선발 생장 조사하였다.

4월말부터 5월초에 걸쳐 비가 자주 온 관계로 대기 온도가 낮아서 대부분의 품종들의 생육은 비슷하였다. 엽아 발생이 화아 발생에 비해 10일 정도 빨리 시작되었는데 서던 하이부쉬 블루베리인 ‘Sharpblue’는 노던 하이부쉬 블루베리인 ‘Duke’ 품종과 비슷한 생장 반응을 보이고 있다.

Table 4. Sprouting time, leafing stage, blooming period, full bloom stage of blueberry cultivars.

| Cultivar | Sprouting time | | Leafing stage | Blooming period | Full bloom stage |
|-----------|----------------|------------|---------------|-----------------|------------------|
| | Leaf bud | Flower bud | | | |
| Sharpblue | April 11 | April 21 | April 14 | April 26 | May 7 |
| Duke | April 12 | April 22 | April 14 | April 26 | May 8 |
| Sierra | April 12 | April 22 | April 17 | April 27 | May 9 |
| Bluecrop | April 12 | April 22 | April 17 | April 28 | May 11 |

미리 작성한 조사 기준표에 따라 수체 생장 특성으로 신초 신장량, 엽형, 엽장, 엽폭 등을 조사하였다. 신초 신장량은 결과지와 비결과지 모두 ‘Bluecrop’에서 가장 크게 성장하는 것으로 조사되었다. 엽 모양과 엽 선단 모양은 4품종에서 모두 비슷하게 나타났다(Table 6).



Fig. 6. Blueberry orchard with mulching (weed stop) in university farm at Seoul National University.

Table 6. Shoot and leaf growth characteristics of blueberry cultivars.

| Cultivar | Shoot length | | Leaf shape | Shape of leaf tip | Leaf length (cm) | Leaf diameter (cm) |
|-----------|---------------------|-------------------------|------------|-------------------|------------------|--------------------|
| | Bearing branch (cm) | Non-bearing branch (cm) | | | | |
| Sharpblue | 38 | 61 | 2 | 2.5 | 6.9 | 4.2 |
| Duke | 23 | 42 | 2 | 2 | 7.6 | 3.8 |
| Sierra | 44 | 65 | 2 | 2 | 8.1 | 4.3 |
| Bluecrop | 44 | 68 | 1.5 | 2 | 7.0 | 3.7 |

3. 주요 품종의 수분 및 광 환경 반응 연구

가. 수분 스트레스에 따른 환경 반응 연구

2년생 하이부쉬 블루베리 'Rancocas'를 토양에 피트모스를 1:4(v/v)의 비율로 섞어 채운 4L 포트에 심어 비가림 온실에서 재배하였다. 비가림 온실의 광과 온도 조건은 노지 조건과 비슷하였다. 관수 처리구는 매일 1L씩 수분을 공급하였고 수분 스트레스 처리구는 7일 동안 관수를 하지 않았다. 수분 스트레스를 유지하기 전에 영양 결핍으로 인한 효과를 없애기 위해 일주일에 2번씩 1/4 Hoagland 양액을 3개월

동안 공급하여 주었다.

토양과 잎의 수분 포텐셜은 이슬점 원리를 이용한 수분 포텐셜 측정기(WP4 Dewpoint PotentiaMeter, Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA)를 이용하여 7일 동안 매일 측정하였으며 주간 변이를 피하기 위해 관수 전에 측정하였다. 토양 수분 포텐셜 측정은 각 포트로부터 약 10mL의 토양을 채취하여 이용하였다. 잎의 수분 포텐셜은 완전 전개된 최근의 잎을 대상으로 하여 측정하였다. 수분 포텐셜 측정 시 이슬점에 빨리 도달할 수 있도록 수체에 붙어 있는 상태의 잎에 증류수 한 방울을 떨어뜨리고 5×2cm의 600 grit 사포를 10번 정도 약하게 왕복하여 잎을 곱고루 문질러 주었다. 곧바로 Kimwipe로 잎 표면의 수분을 제거한 후 잎을 직경 4cm 원형으로 잘라내어 WP4 시료 컵에 담아 측정기에 넣고 수분 포텐셜을 측정하였다. 모든 측정에 있어서 측정기 내에서의 평형은 30분 이내에 이루어졌다.

광합성 특성은 완전 전개된 최근의 잎을 대상으로 하여 순이산화탄소 동화율, 기공 전도도, 그리고 증산율을 적외선 가스 분석기가 장착된 광합성측정기(LI-6400, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 광합성 측정기의 엽상 클립에는 광과 온도 및 습도 감지 장치가 장착되어 있었다. 광합성을 측정하는 대상 잎의 면적은 6cm²이었다. 측정 시 엽상 온도는 25°C로 유지하였고, 상대 습도는 45~50%가 되도록 조절하였다.

순이산화탄소 동화율은 각 광도에서 30분간 유지한 후 측정하였다. 광은 광합성 측정기의 광원으로부터 조사되었으며, 광도는 10에서 2,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 범위를 유지하였으며 엽상의 이산화탄소 농도는 360 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 로 유지하였다. 최대 광합성률은 여러 광도에 대한 순이산화탄소 동화율로부터 유도한 쌍곡선의 비선형 회귀식 $y = y_0 + ax/(b + x)$ 를 이용하여 계산하였다. 순양자수율은 회귀곡선의 초기 기울기 값으로 계산하였으며 광 보상점과 암호흡 값은 각각 x와 y축이 회귀곡선과 교차하는 점을 이용하였다.

토양과 잎의 수분 포텐셜은 관수 처리구에서 상대적으로 일정한 값을 유지하였으나 수분 스트레스 처리구에서는 관수 중단 이후 시기가 증가함에 따라 점차 감소하였다(Table 7). 수분 스트레스 처리구의 블루베리는 관수 처리구의 블루베리보다 토양 및 잎의 수분 포텐셜이 더 낮았다. 각 처리의 마지막 시기에 토양의 수분 포텐셜 값은 관수 처리구의 경우 약 -0.22MPa이었고, 수분 스트레스 처리구의 경우는 -0.99Mpa이었다. 잎의 경우 수분 포텐셜은 관수 처리구에서 -1.07MPa 값을 보였고,

수분 스트레스 처리구에서는 -1.79MPa 이었다. 잎의 수분 포텐셜이 토양의 수분 포텐셜보다 더 작으면 수분 흡수가 계속 이루어질 수 있으므로 수분 스트레스 처리구의 블루베리도 토양으로부터 수분 흡수가 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 그러나 관수 처리구보다는 비효율적이었다. 그러므로 수분 스트레스 처리구의 블루베리는 이전의 결과들에서처럼 어느 정도는 가뭄 상태에 놓여 있다고 할 수 있었다. 관수 처리구와 수분 스트레스 처리구의 블루베리를 대상으로 입사 광도에 대한 순이산화탄소 동화율을 측정된 결과 전형적인 광합성 특성을 보였다. 낮은 광도에서는 광합성이 선형적으로 증가하였고, 높은 광도에서는 포화 상태를 보였다(Fig. 7A). $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광도에 이르기까지 초기에 두 처리구 모두 경우에서 블루베리의 순이산화탄소 동화율은 선형적으로 증가하였고 $500\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광도에서 포화되었다(Fig. 7A). 0에서 $2,000\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 사이의 광도 조건에서 블루베리의 이산화탄소 동화율은 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구에서 $3\text{--}5\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도 높게 나타났다.

Table 7. Soil and leaf water potential in well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberries. Values are the mean \pm SE measured from four replicates.

| Treatment (day) | | Water potential (MPa) | |
|-----------------|---|-----------------------|------------------|
| | | Soil | Leaf |
| Well-watered | 1 | -0.20 ± 0.01 | -1.01 ± 0.03 |
| | 3 | -0.18 ± 0.02 | -0.99 ± 0.02 |
| | 5 | -0.20 ± 0.01 | -1.00 ± 0.05 |
| | 7 | -0.22 ± 0.03 | -1.07 ± 0.02 |
| Water-stressed | 1 | -0.21 ± 0.03 | -1.02 ± 0.06 |
| | 3 | -0.33 ± 0.02 | -1.42 ± 0.05 |
| | 5 | -0.83 ± 0.07 | -1.58 ± 0.08 |
| | 7 | -0.99 ± 0.04 | -1.79 ± 0.03 |

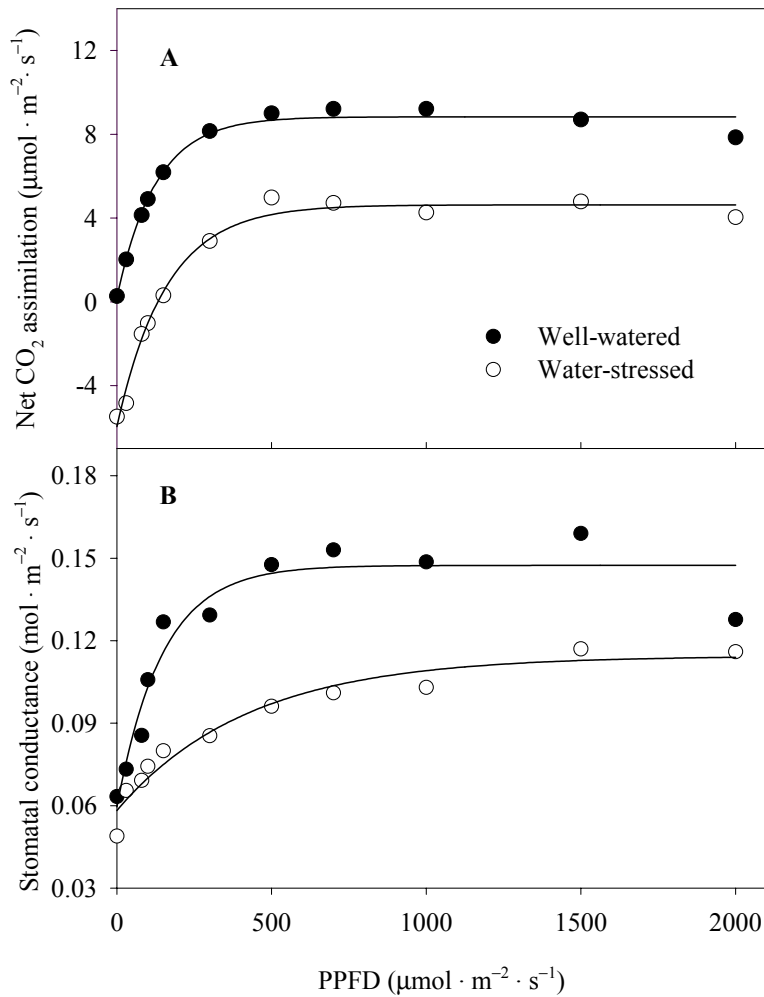


Fig. 7. Net CO_2 assimilation rate (A) and stomatal conductance (B) in response to incident PPFD in well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberry leaves.

기공 전도도는 관수 처리구의 경우 $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 까지 광도에 따라 선형적으로 증가하였고 이후 포화되었으나(Fig. 7B) 수분 스트레스 처리구의 경우는 입사광에 대한 기공 전도도의 곡선은 명확한 점근선이 나타나지 않았다. 기공 전도도는 광도와는 상관없이 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구에서 더 높았다. 순이산화탄소 동화율에 대한 수분 스트레스의 효과보다 기공 전도도에 대한 수분 스트레스의 효과가 상대적으로 더 큰 것으로 나타났다(Fig. 7). 수분이 부족하지 않은 조건에서는 기

공 전도도가 크면 이산화탄소 동화가 빨라진다는 점을 고려하면 수분 스트레스 처리구에서 블루베리의 이산화탄소 동화가 감소한 것은 낮은 기공 전도도로 인해 이산화탄소의 이용 효율이 낮아졌기 때문인 것으로 추정된다.

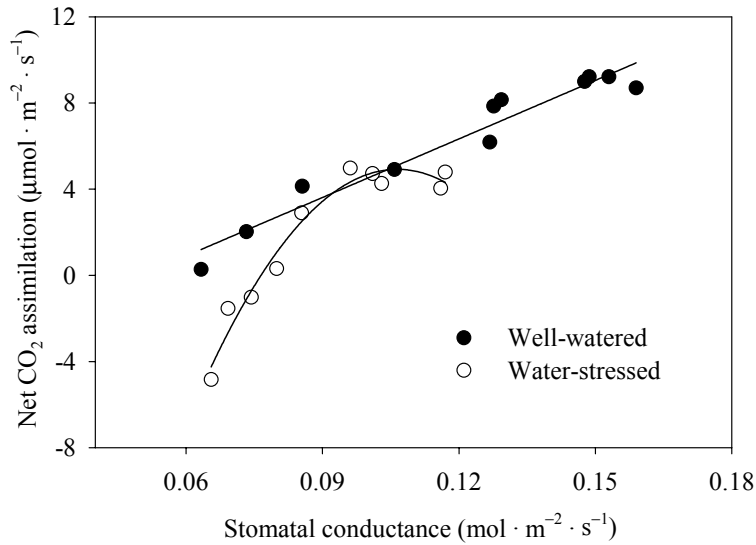


Fig. 8. Relationship between net CO₂ assimilation rate and stomatal conductance in response to incident PPFD in well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberry leaves.

관수 처리구와 수분 스트레스 처리구에서 블루베리의 최대 이산화탄소 동화율은 각각 8.8과 4.6 μmol · m⁻² · s⁻¹이었다(Table 8). 블루베리의 순양자수율은 두 처리구에서 비슷한 값을 보였다. 그러나 광 보상점과 암호흡은 수분 스트레스 처리구에서 더 높았다(Table 7). 관수 처리구의 블루베리의 최대 이산화탄소 동화율은 이전에 보고된 다른 품종의 하이부쉬 블루베리의 것보다 약 20% 정도 낮은 값이었다. 그러나 로우부쉬 블루베리나 래빗아이 블루베리와는 유사한 값이었다.

Table 8. Maximum net CO₂ assimilation rate (A_{max}), apparent quantum yield (α), light compensation point (Γ), and dark respiration (R_d) in well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberry leaves

| Treatment | Photosynthesis parameter | | | |
|----------------|---|----------|----------|-------|
| | A_{max} | α | Γ | R_d |
| | $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ | | | |
| Well-watered | 8.84 | 0.070 | 2.98 | 0.21 |
| Water-stressed | 4.63 | 0.066 | 133.07 | 5.95 |

입사광에 대한 순이산화탄소 동화율은 기공 전도도에 의해 크게 영향을 받았다 (Fig. 8). 순이산화탄소 동화율은 관수 처리구의 경우 광 보상점 이상의 광 조건에서 기공 전도도와 선형적인 상관($r^2 = 0.96^{**}$)을 보였다. 그러나 수분 스트레스 처리구의 경우는 곡선형의 관계($r^2 = 0.90^{**}$)를 나타내 이산화탄소 동화가 기공과 비기공적 요인에 의해 영향을 받았다는 것을 보여 주었다. 이러한 비선형적 상관 관계는 전달된 전자들이 다른 경로들을 통해 소모되었음을 설명해 준다. 그 경로들 중의 하나로 제안할 수 있는 것은 광호흡이다. 이는 과도한 전자의 소모와 관련이 있고 광합성 억제 현상으로부터 광합성 기구를 보호하는 것으로 알려져 있다. 광합성 억제 현상은 전자 전달과 이산화탄소 동화에 필요한 광에너지가 과도하게 흡수되는 경우 발생하는 것으로 알려져 있다.

Escalona 등(1999)의 보고에 의하면 입사광에 대한 식물 잎의 광합성 반응은 광합성에 대한 기공과 비기공적 효과를 구별하는 데 일반 지표로 이용할 수 있다고 하였다. 광합성의 비기공적 억제는 광합성 억제 현상에 의한 것일 수 있다. 그리고 고광도 조건에서 카르복실화가 이루어지는 부위에서의 광호흡이 이산화탄소 동화를 억제하는 또 다른 비기공적 요인일 수 있다. 광합성에 대한 비기공적 효과는 일반적으로 환경 조건이 더 불량할 때 더 중요한 요인이 된다. 그러나 기공과 비기공적 효과 간의 상대적 중요성은 지속적인 논쟁거리가 되고 있다.

블루베리의 이산화탄소 동화율에 대한 주간의 시간대별 변화는 관수 처리구와 수

분 스트레스 처리구에서 분명한 차이를 보였다(Fig. 9A). 낮 동안의 순이산화탄소 동화율은 항상 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구에서 높았다. 수분 스트레스 처리구의 경우 주간 시간대별 변화를 보면 정오까지 지속적으로 감소하였고 오후에 회복하는 양상이었다. 그러나 그런 변화가 관수 처리구에서는 뚜렷하지 않았다. 이는 많은 다른 목본 식물종의 경우와 비슷한 결과이었다.

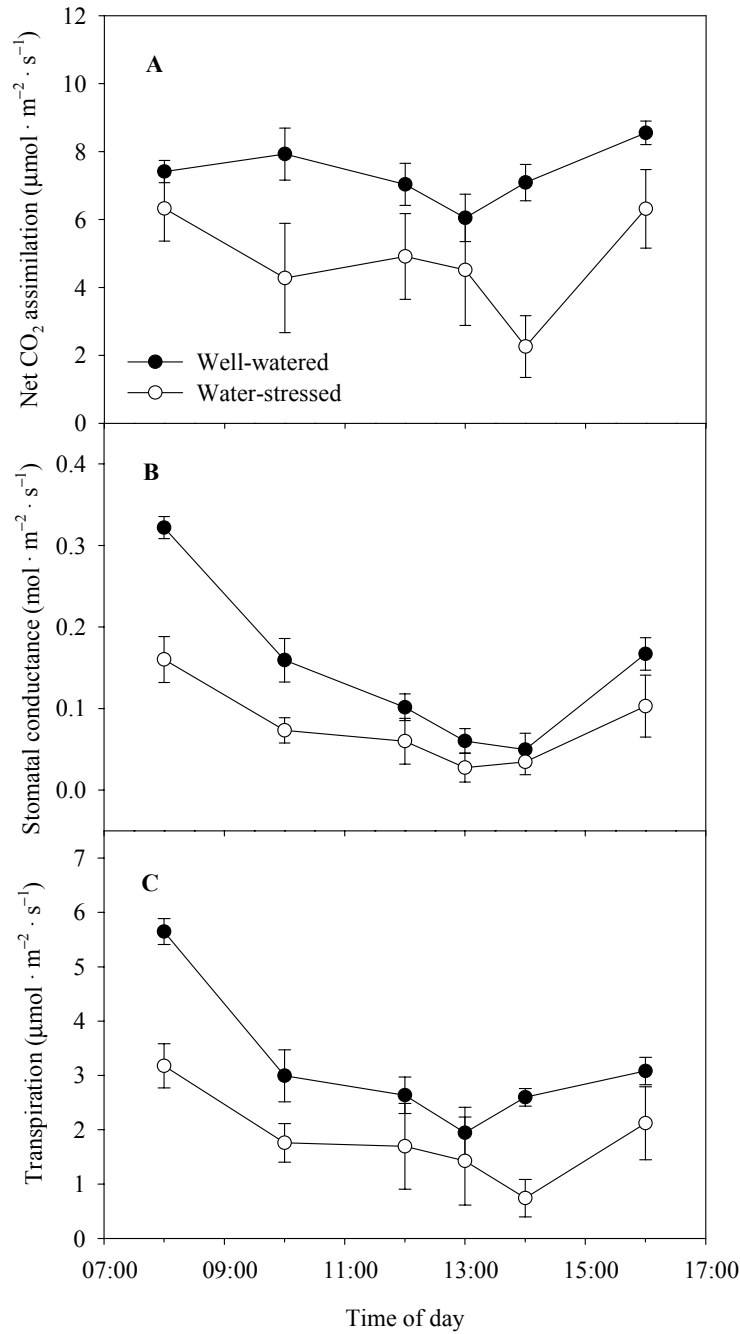


Fig. 9. Diurnal changes of net CO₂ assimilation rate (A), stomatal conductance (B), and transpiration rate (C) in well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberry leaves. Data represent the mean \pm SE of four replicates.

관수 처리구의 기공 전도도는 0.05부터 0.32mol·m⁻²·s⁻¹의 값을 보였고 항상 수분 스트레스 처리구의 기공 전도도보다 높았다(Fig. 9B). 증산율 또한 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구의 블루베리가 더 높았다(Fig. 9C). 관수 처리구와 수분 스트레스 처리구 모두에서 기공 전도도와 증산율은 정오까지는 감소하였고, 그 이후 증가하였다. 순이산화탄소 동화율에서 관찰된 변화와는(Fig. 9A) 달리 기공 전도도와 증산율의 주간 변화는 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구의 블루베리에서 더 뚜렷하게 나타났다(Fig. 9B, C). 그러나 관수 처리구와 수분 스트레스 처리구 간의 기공 전도도와 증산율의 차이는 정오까지는 감소하였고 그 이후 점점 증가하였다. 기공 전도도의 주간 시간대별 변화(Fig. 9B)가 증산율의 변화와(Fig. 9C) 평행한 것으로 나타나 수분 스트레스 처리구에서 블루베리의 기공 전도도가 심하게 감소하는 것은 이전의 보고에서처럼 증산율이 감소한다는 것을 의미한다.

요컨대, 비록 순양자수율은 비슷하였지만 입사광에 대한 순이산화탄소 동화율과 기공 전도도는 수분 스트레스 처리구보다 관수 처리구의 블루베리에서 항상 높았다. 순이산화탄소 동화율과 기공 전도도 간의 상호 관계는 관수 처리구에서는 선형적이었으나 수분 스트레스 처리구에서는 곡선형적이었다. 이는 수분 스트레스 조건에서는 광합성에 비기공적 요인이 관여함을 의미하는 것이다. 이러한 사실은 순이산화탄소 동화율, 기공 전도도, 그리고 증산율의 주간 변화로 입증되었다. 현재 본 연구실에서는 광합성에 대한 수분 스트레스의 기공과 비기공적 효과를 구분하기 위하여 광합성과 함께 엽록소 형광을 측정하는 연구를 수행하고 있다.

나. 광 조건에 따른 블루베리의 환경 반응 연구

실험에 사용한 블루베리는 하이부시 블루베리 중에서 블루크랍(*Vaccinium corymbosum* cv. 'Bluecrop')을 2년생을 이용하였다. 2년생 'Bluecrop'을 6L 화분에 피트모스와 흙을 4:1로 섞은 후 심었으며 점적 관수 시스템을 이용하여 관수하였다.

차광 처리는 가로, 세로, 높이 2m인 차광 처리 하우스를 짓고 그 위에 차광도가 25, 50, 75%의 각기 다른 차광막을 덮어 차광 조건을 설정하였다(Fig. 10).

광도는 light quantum sensor(LI-250A, LI-COR., Inc., Lincoln, NE, USA)을 이용하여 측정하였으며 순이산화탄소 동화율, 증산율 및 기공 전도도 등과 같은 광합

성 특성은 신초 끝에서 5~7번째 잎 중에서 완전히 전개된 잎을 대상으로 광합성 측정기(LI-6400, LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA)을 이용하여 처리구당 5개체씩 임의로 선발하여 4반복 측정하였다. 광도에 대한 광합성 특성을 측정하기 전에 Fv/Fm 값을 측정하기 위해서 30분간 암적응을 하였으며 그 후 광도에 따른 광합성 특성들을 조사하였다. 광도에 대한 식물체의 반응은 30분간 각 광도에 대한 광 적응을 한 후에 실시하였다.

기공의 유무를 관찰하기 위하여 잎의 이면과 앞면을 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM; JEM 1010, JEOL Co., Japan)으로 관찰하였다. 잎을 1cm cork borer로 채취하여 glutaraldehyde로 고정한 후 에탄올과 증류수를 이용하여 탈수, 수세한 후 cold 코팅을 하여 관찰하였다. 기공의 크기, 밀도를 조사하기 위하여 매니큐어를 바른 후 잎의 이면에서 기공을 채취한 후 현미경으로 관찰하여 조사하였다.

각 광 조건에 따른 잎의 엽록소 함량과 카로티노이드 함량을 조사하기 위하여 완전히 전개된 잎을 대상으로 2개의 잎 절편(약 0.12g)을 취하여 CaCO₃ 12mg을 함유한 아세톤을 넣은 후 Polytron을 이용하여 분쇄하였다. 이것을 두 개의 미세원심분리용 튜브에 옮긴 후 5분간 원심분리하고 그 상정액을 취하였다. 그 후 남아 있는 침전물에 다시 0.6mL 씩 아세톤을 취하여 5분간 원심분리한 후 첫 번째의 상정액과 합한 후 0.2 mm nylon membrane filter에 여과하여 분석 준비를 하였다. 흡광분광분석기(UV-2401, Shimadzu Corp., Japan)를 이용하여 661.6, 644.8, 470nm에서 흡광도를 측정하였다.

카로티노이드 성분을 조사하기 위하여 흡광분광분석기를 측정하기 위해 준비한 것과 같은 샘플을 이용하여 빛이 통하지 않은 병에 넣은 후 HPLC(Spectra System P2000, TSP Co., USA)를 이용하여 측정하였다.

엽면적 측정기(LI-3100, LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA)을 이용하여 엽면적을 측정하였다. 또한 생육 특성을 알기 위해서 신초 성장량, 총과실 수확량을 조사하였다.



Fig. 10. Shading net house achieved different shading conditions by using different black mesh clothes (control, 25, 50, and 75%).

블루베리의 차광 조건을 수행하기 위해 사용된 차광망은 25, 50, 75%였으나 환경 반응을 수행하기 위해 하우스 안에서 실험이 이루어져 실제 외부광과는 많은 차이가 있었다(Fig. 11). 따라서 각 시간별로 광도를 측정하여 비교한 결과 대조구는 외부광의 69%, 25% 차광망 처리구는 40%, 50% 차광망 처리구는 27%, 75% 차광망 처리구는 17%로 조사되었다.

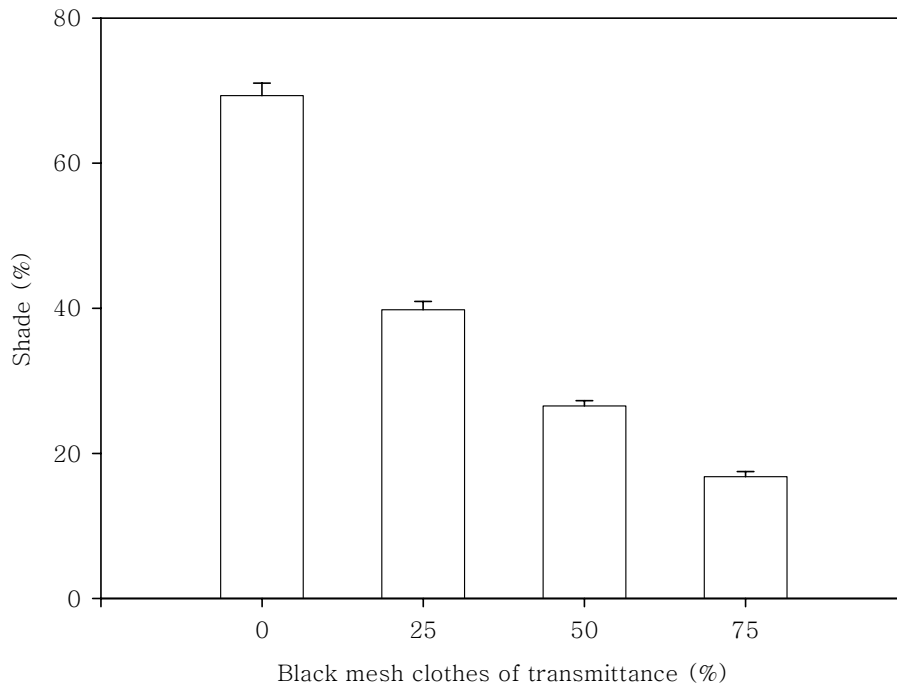


Fig. 11. Shade percentages by black mesh clothes of transmittance.

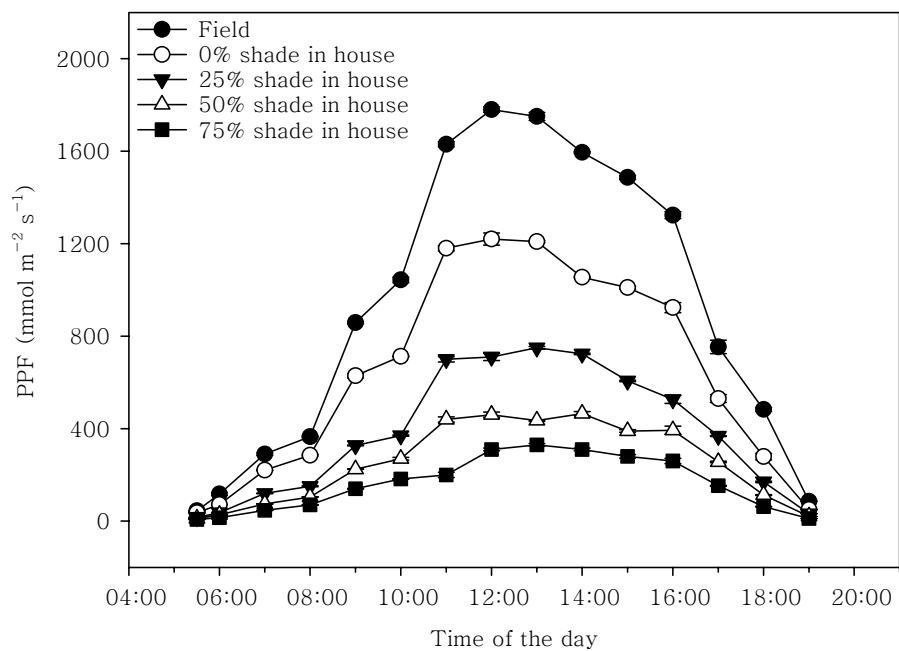


Fig. 12. PPFs during the day under different shading conditions.

각기 다른 광 조건에서 자란 블루베리는 생육에 많은 차이를 보였다. 차광도가 클수록 나무의 신초 성장량이 커졌으며 잎 색이 점차 진해지며 잎이 넓고 얇아지는 경향을 보였다. 이는 광도가 감소함에 따라 엽증이 가장 영향을 많이 받는다는 연구결과와 일치하는 경향이였다(Wooge and Barden, 1987). 잎 두께의 차이는 엽조직 내 책상조직의 층에 의해 차이가 나기 때문이다(Cowart, 1935). 대조구에서 자란 블루베리의 잎은 높은 광도에서 광합성을 효율적으로 하도록 적응하여 광 포화점인 높고 책상조직이 뽁뽁하게 배열되어 있었으며 증산작용을 억제하기 위해 큐티클층과 잎의 두께가 두꺼웠다. 차광율이 증가할수록 낮은 광도에서도 광합성을 효율적으로 하기 위해 잎이 넓으며 엽록소의 함량이 더 많고 광 포화점이 낮고 책상조직이 엉성하게 발달하고 큐티클층과 잎의 두께가 얇다(Weaber and Clements, 1938).

차광도에 따라 착과하는 경향도 달라졌는데 차광도가 적을수록 착과량도 많아지며 성숙기도 빨라지는 것으로 나타났다. 75% 차광 조건에서는 개화는 되었으나 착과가 거의 되지 않고 말라 버리는 경향을 보여 수확을 할 수 없었다(Fig. 13). 블루베리의 개화기는 차광도가 높아질수록 빨라지는 경향을 보였으나 성숙기는 상대적으로 늦어졌다.



Fig. 13. Fruiting berries of blueberry under different shading conditions.

하루 중 광도가 가장 높은 정오에 각 처리구에서 광도에 따른 광합성 특성을 조사하였다(Table 9). 순이산화탄소 동화율은 대조구에서 $7.87 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 인데 반해 차광도가 높아질수록 $7.06, 6.44, 6.08 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 감소하였다. 이것은 광합성을 결정하는 가장 큰 요인인 광도가 낮은 것에 대한 결과라 생각되었다. 그러나 기공 전도도와 증산율은 전 처리구에서 큰 차이 없이 나타나 특별한 경향을 볼 수 없었다.

각 처리구의 광도에 따른 블루베리의 순이산화탄소 동화율, 기공 전도도, 증산율을 측정하였다(Fig. 14). 광도가 증가할수록 모든 처리구에서 순이산화탄소 동화율을 증가하였다. 모든 차광 조건에서 순이산화탄소 동화율은 비슷하게 나타났으며 대조구에서 다소 높게 나타났다. 같은 조건에서 순이산화탄소 동화율이 높게 나타난 것으로 보아 광합성 능력이 차광을 하지 않은 식물체에서 높다는 것을 알 수 있었다. 그러나 기공 전도도는 반대로 차광 조건에서 높게 나타나고 대조구에서 가장 낮게 나타나 높은 광도에 의한 온도 상승 등으로 기공이 다른 처리구에 비해 대조구에서 상대적으로 닫혀 있음을 알 수 있었다. 모든 처리구에서 광포화점은 $500\text{--}600 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 정도로 나타났다. 증산율은 모든 처리구에서 특별한 경향이 없는 것으로 나타났다.

광합성 기구의 비광화학적 소멸(nonphotochemical quenching, NPQ), 암적응된 PSII 반응 중심의 형광(F_v/F_m), 광적응된 PSII 반응 중심의 형광(F_v'/F_m') 값을 조사하였다(Table 8). 비광화학적 소멸인 NPQ는 대조구에서 가장 높게 나타났으며 차광도가 높아질수록 낮아지는 경향이였다. F_v/F_m 값은 모든 처리구에서 0.8로 나타나 각 광 환경에 식물체가 잘 적응하고 있고 모두 건강한 상태인 것을 알 수 있었다. 그러나 F_v'/F_m' 값은 광 조건 하에서 차광도가 높아질수록 급격히 감소하였다. 이것은 식물체가 각 광 환경에 적응을 하고 건강한 상태로 생육하고 있으나 실제적으로 광 조건 하에서는 빛에너지가 광합성으로 전달되는 능력이 차광도가 높은 처리구일수록 저하된다는 사실을 알 수 있었다.

광도에 따른 F_v'/F_m' 값을 조사한 결과 모든 처리구에서 광도가 증가할수록 급격히 감소하였다. 광도가 높을 경우 차광도가 높은 처리구일수록 F_v'/F_m' 값이 대조구에 비해 높게 나타났다. 높은 빛에너지로 인한 광합성 기구의 스트레스로 인해 광합성능이 저하된 것으로 볼 수 있었다. 조사되는 광이 강할수록 열로 소실되는 빛에

너지의 양은 증가한다. 이 과정에 xanthophyll 회로가 관여한다(Demmig and Adams, 1996). Xanthophyll 회로는 violaxanthin이 탈에폭시화되어 antheraxanthin을 거쳐 zeaxanthin이 되면서 열이 소실된다. 엽록소 형광이 열로 소산되는 양이 증가할수록 환원된 PSII의 효율인 F_v'/F_m' 가 감소한다. F_v'/F_m' 의 감소는 xanthophyll 회로의 탈에폭시화를 나타내는 $((A+Z)/(V+A+Z))$ 의 증가를 동반한다.

Table 9. Photosynthesis, stomatal conductance, and transpiration of blueberry leaves under different shading conditions.

| Shading (%) | Photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | Stomatal conductance ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | Transpiration ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
|-------------|---|---|--|
| 0 | 7.87 ± 0.991 | 0.12 ± 0.029 | 2.73 ± 0.568 |
| 25 | 7.06 ± 0.117 | 0.14 ± 0.006 | 3.09 ± 0.318 |
| 50 | 6.44 ± 0.514 | 0.14 ± 0.005 | 2.96 ± 0.243 |
| 75 | 6.08 ± 0.276 | 0.13 ± 0.012 | 2.55 ± 0.174 |

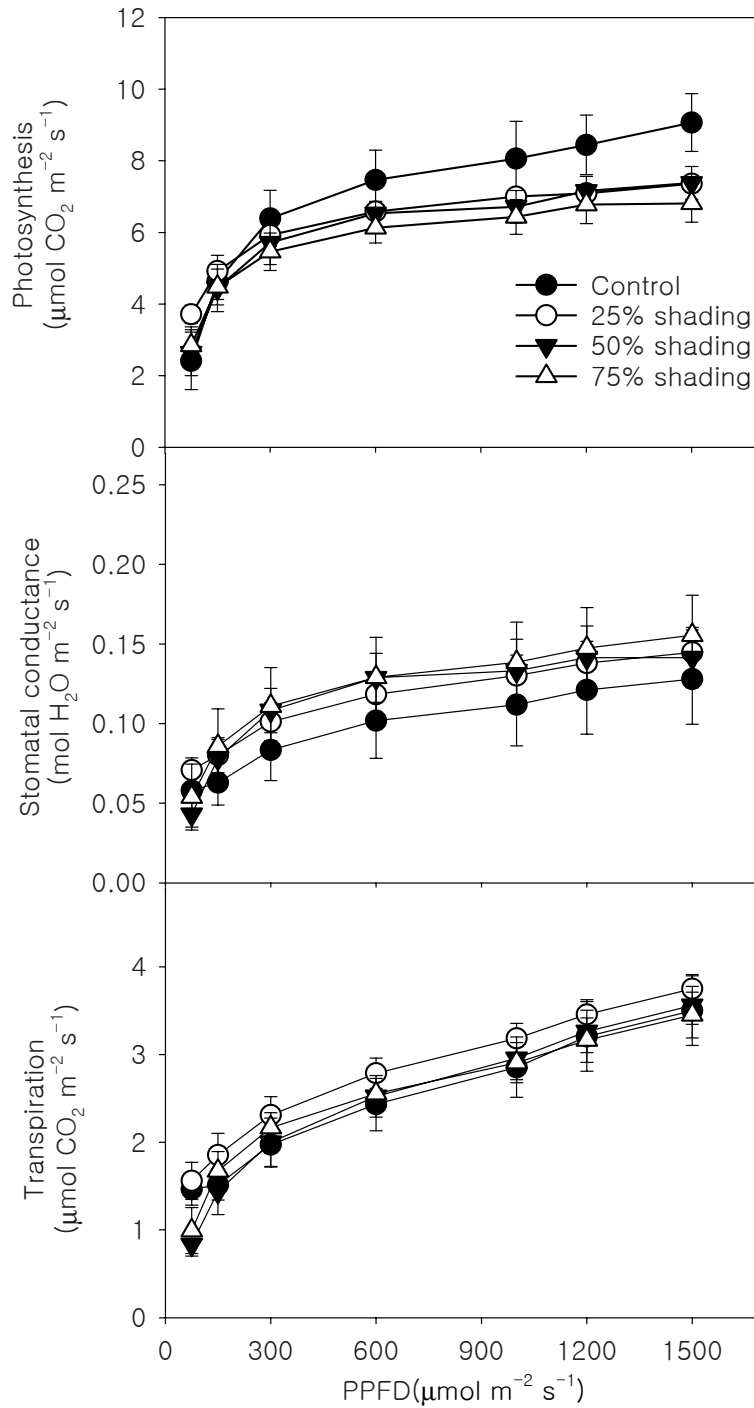


Fig. 14. Photosynthesis, stomatal conductance, and transpiration of blueberry leaves under different shading conditions.

Table 10. NPQ, Fv/Fm, and Fv'/Fm' of blueberry leaves under different shading conditions.

| Shading (%) | NPQ | Fv/Fm | Fv'/Fm' |
|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | 0.90 ± 0.004 | 0.80 ± 0.004 | 3.31 ± 0.101 |
| 25 | 0.88 ± 0.318 | 0.79 ± 0.005 | 2.89 ± 0.114 |
| 50 | 0.84 ± 0.243 | 0.80 ± 0.003 | 2.40 ± 0.064 |
| 75 | 0.81 ± 0.174 | 0.80 ± 0.008 | 2.12 ± 0.080 |

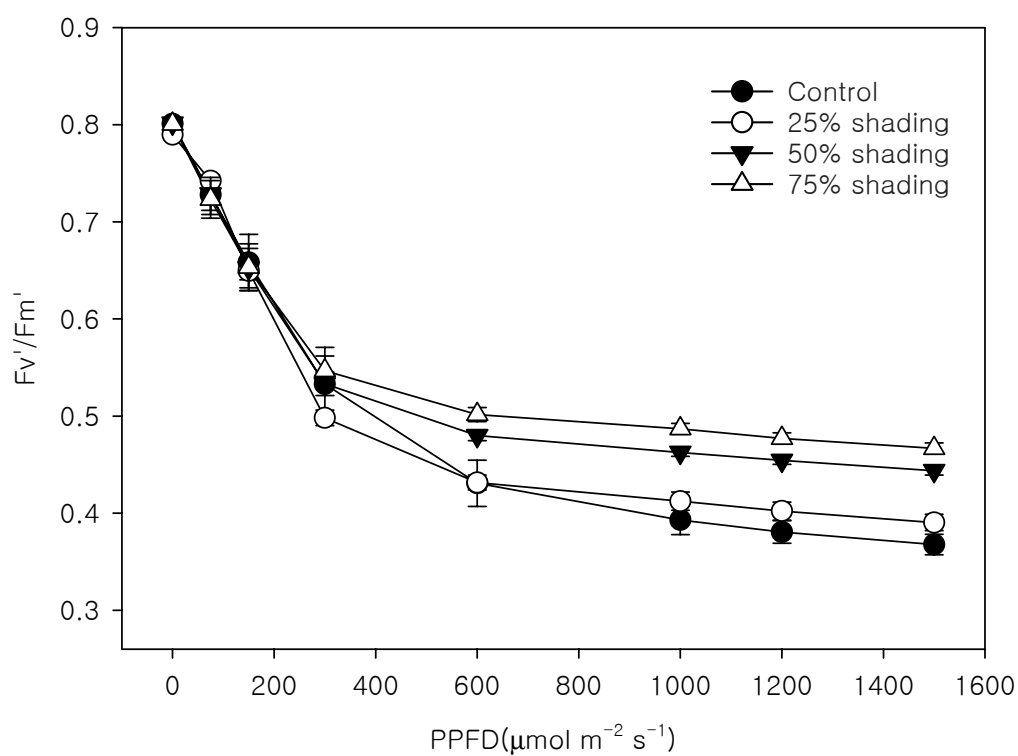


Fig. 15. Fv'/Fm' values of blueberry leaves under different shading conditions.

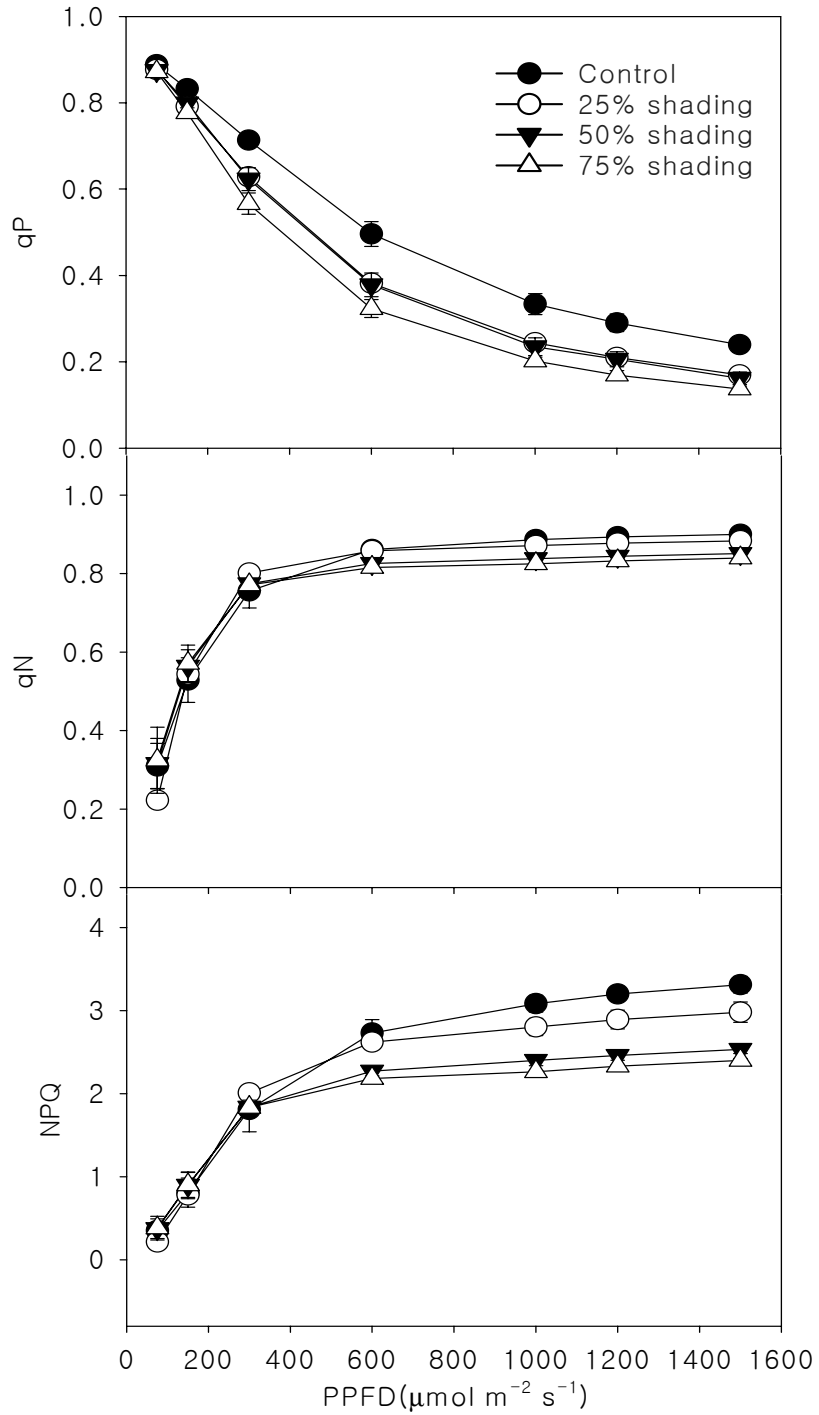


Fig. 16. qP, qN, and NPQ values of blueberry leaves under different shading conditions.

블루베리의 생육이 끝나는 시기에 측정한 신초 성장량은 차광도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다(Fig. 17). 이것은 다른 식물에서 일반적으로 나타나는 현상으로 음지에서 자란 식물은 신초 성장량이 증가하며 엽면적 또한 증가한다.

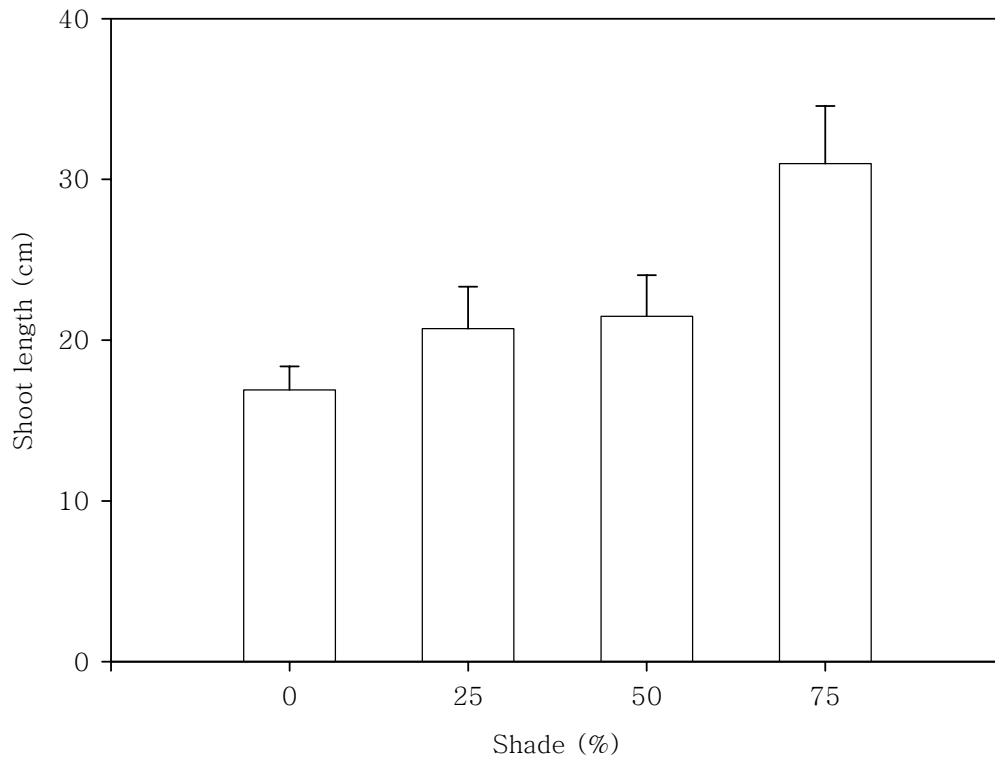


Fig. 17. Shoot length of blueberry under different shading conditions.

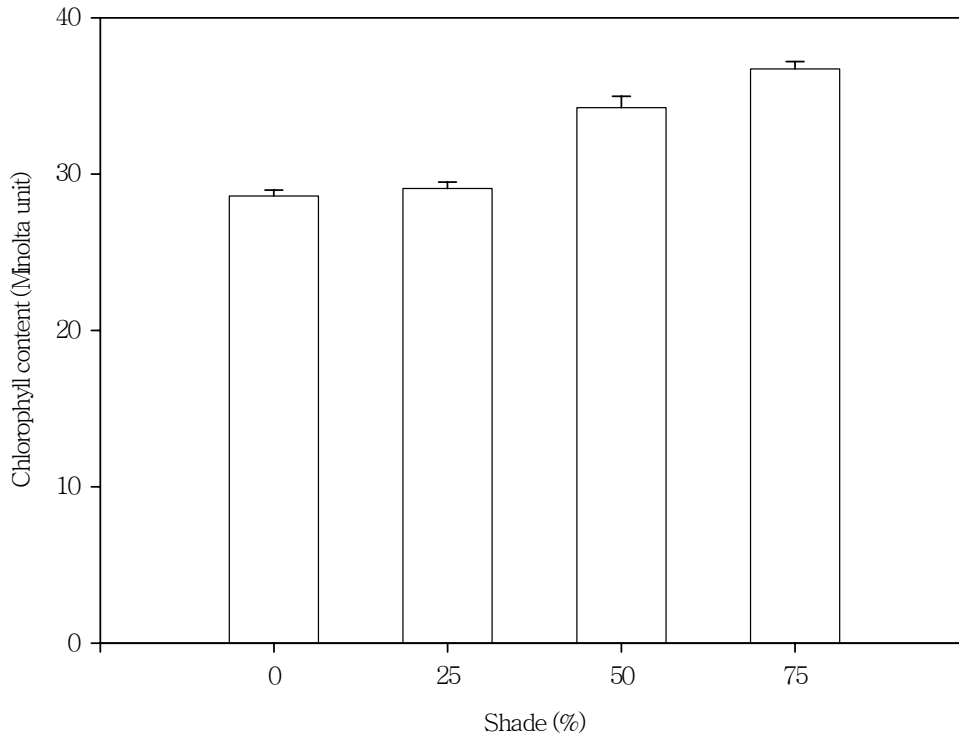


Fig. 18. Chlorophyll content by Minolta unit of blueberry leaves under different shading conditions.

블루베리의 엽록소 함량을 SPAD 502로 측정한 결과 차광이 증가할수록 엽록소 함량도 증가함을 알 수 있었다(Fig. 18).

블루베리의 엽록소 함량, 카로티노이드 함량 및 엽록소 b에 대한 a의 비, 엽록소 당 카로티노이드의 비를 조사한 결과는 다음과 같다(Table 11). 총엽록소의 함량은 차광도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 엽록소 a와 b의 함량비는 대조구에서는 약 4.5:1인데 비해 차광도가 증가할수록 6.5:1로 증가하는 경향을 보였다. 일반적으로 C3식물의 엽록소 a와 b의 함량비는 2:1이며 C4 식물의 엽록소 a와 b의 함량비는 4.5:1로 알려져 있다(Arditti, 1992). 엽록소 a와 b의 함량은 광 조건에 따라 달라지는데 엽록소 a는 강광 조건에서 파괴가 쉽게 일어나며 엽록소 b는 강광 조건에 대해 엽록소 a에 비해 안정적이라 알려져 있다. 따라서 대조구에서 엽록소 a와 b의 함량비가 낮은 것은 강광 조건에 의한 엽록소 a의 파괴가 빨리 일어났기 때문이라고 생각할 수 있었다. 카로티노이드와 엽록소의 함량은 차광도가 증가할수록 감소

하는데 이는 강광 조건에서 발생하는 고에너지에 의한 식물체의 스트레스를 완화하기 위해 xanthophyll 회로가 활성화되었기 때문이라 생각되었다.

Table 11. Chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid content, Chl a/b, and Car/Chl of blueberry leaves under different shading conditions.

| Shading (%) | Pigment content (g kg ⁻¹ fresh weight) | | | | |
|-------------|---|-------|-----------|---------|---------|
| | Chl a | Chl b | Total Car | Chl a/b | Car/Chl |
| 0 | 1.18 | 0.27 | 0.35 | 4.43 | 0.24 |
| 25 | 1.26 | 0.25 | 0.35 | 4.94 | 0.23 |
| 50 | 1.55 | 0.26 | 0.41 | 5.88 | 0.23 |
| 75 | 1.77 | 0.28 | 0.44 | 6.43 | 0.21 |

블루베리 잎의 표면과 뒷면의 형태를 주사전자현미경으로 촬영한 결과 블루베리의 경우 대부분의 피자식물과 마찬가지로 잎의 뒷면에서만 기공이 불규칙하게 배열되어 있었으며 잎의 표면과 뒷면에서 모두 불규칙적인 주름이 관찰되었다(Fig. 19).

여러 차광 조건에서 자란 블루베리 잎의 기공의 크기와 밀도를 조사하였다(Table 12). 기공의 크기는 대조구에서 4mm인데 비해 차광도가 높아질수록 5mm로 다소 증가하였다. 그러나 기공의 밀도는 1cm²당 75% 차광 조건에서는 약 6500개인데 비해 차광도가 낮아질수록 7,266, 9,933, 12,400개로 급격히 증가하여 대조구가 약 2배 이상의 기공 수를 가진 것으로 관찰되었다.

기공의 분포 밀도, 크기, 모양은 식물에 따라 많은 차이가 있다. 일반적으로 나자식물의 경우 잎의 표면과 뒷면에 기공이 분포하며 대부분의 피자식물의 경우 기공은 하표피인 잎의 뒷면에만 분포한다. 기공의 크기, 밀도, 기공 개폐의 조절 등에 의해 기공 전도도와 광합성률이 영향을 받는다.

높은 광도에서 자란 식물은 빛에너지의 과다로 인해 발생하는 스트레스를 해소하기 위해 기공의 밀도가 증가하며 크기는 감소한다. 기공의 분포 빈도가 큰 식물은 일반적으로 기공의 크기가 작고, 빈도가 적은 수종은 기공의 크기가 크기 때문에 서

로 상호 보완적인 상태에 있다.

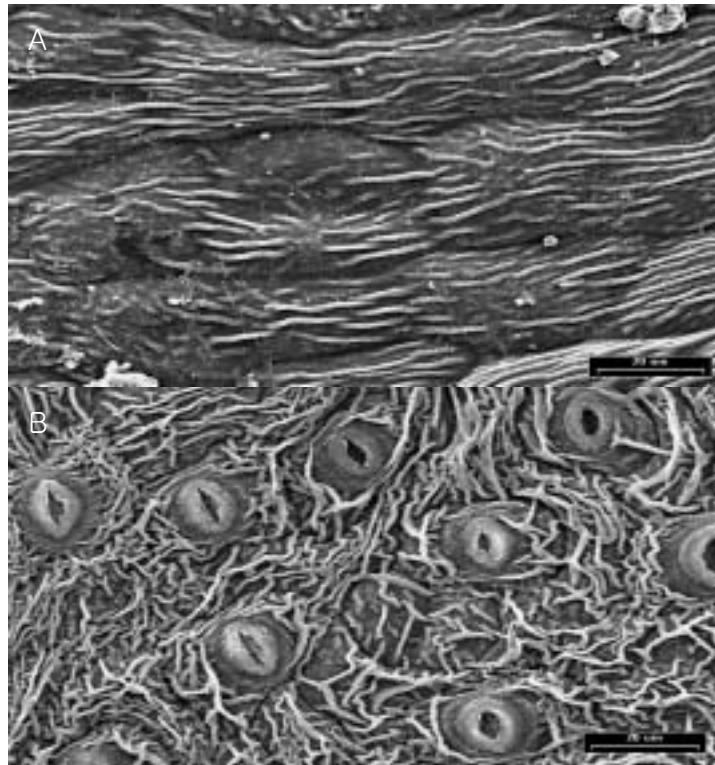


Fig. 19. Upper epidermis (A) and lower epidermis (B) of blueberry leaves.

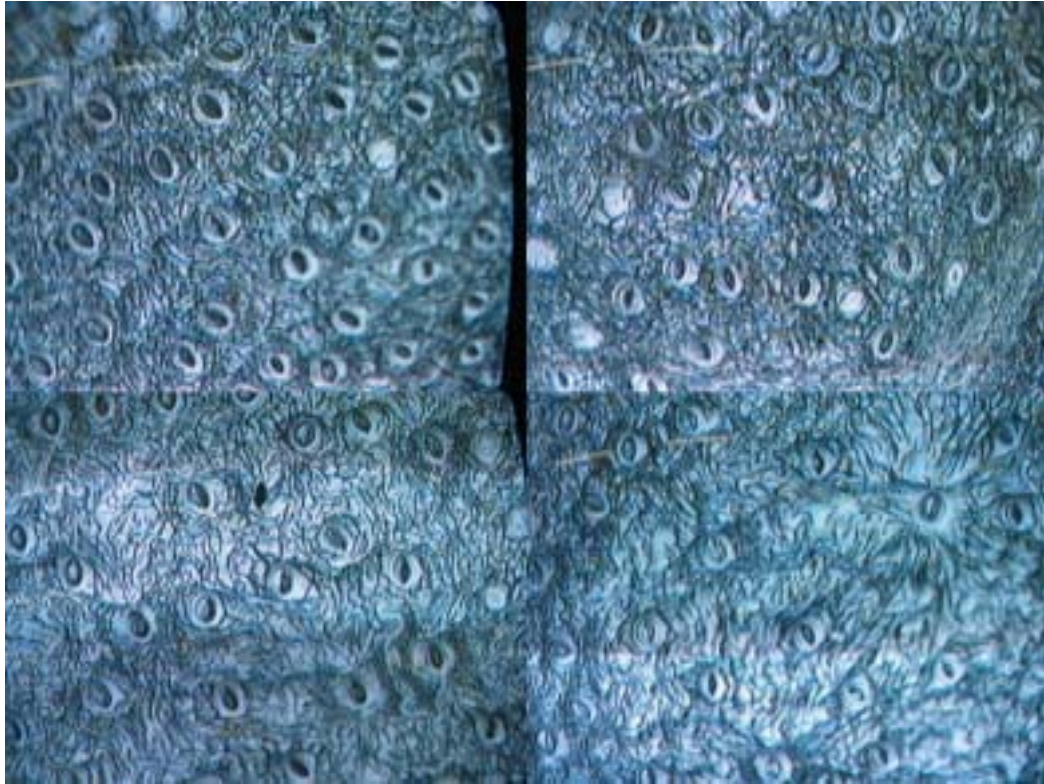


Fig. 20. Stomatal size and density under different shading conditions. A, 0%; B, 25%; C, 50%; D, 75%.

Table 12. Stomata size and density under different shading conditions.

| Shading (%) | Stomata size (mm) | Stomata density (per cm ²) |
|-------------|-------------------|--|
| 0 | 4.1 ± 0.10 | 12,400 ± 584.2 |
| 25 | 4.3 ± 0.08 | 9,933 ± 478.0 |
| 50 | 4.5 ± 0.14 | 7,266 ± 122.9 |
| 75 | 5.1 ± 0.28 | 6,466 ± 240.4 |

다. 블루베리의 기능성 조사

활성산소는 일반적인 호흡의 과정에서 생성되는 짝지어지지 않은 전자를 가진 매우 활성이 높고 불안정한 분자이다. 활성산소는 몸 밖으로부터 침입한 이물질들을 파괴하는 우리 몸을 보호하는 역할을 하지만 과잉되면 오히려 각종 병을 유발한다. 현대인의 질병 중 약 90%가 활성산소와 관련이 있다고 알려져 있으며, 구체적으로 그러한 질병에는 암, 동맥경화증, 당뇨병, 뇌졸중, 심근경색증, 간염, 신장염, 아토피, 파킨슨병, 자외선과 방사선에 의한 질병 등이 있다. 따라서 이러한 질병에 걸리지 않으려면 몸속의 활성산소를 없애주면 된다. 활성산소를 없애주는 물질인 항산화물에는 비타민E, 비타민C, 요산, 빌리루빈, 글루타티온, 카로틴 등이 포함된다. 이러한 항산화물을 자연적인 방법으로 섭취하면 큰 효과가 있다. 비타민 E, C, 요산, 빌리루빈, 그루타치온, 카로틴 등이 활성산소의 독작용을 제거하여 생체를 보호하고 있으며 이들 물질을 항산화물이라고 하는데 활성산소를 항산화 물질이 제거하지 못할 경우 축적되는 활성산소에 의해 여러 가지 질병이나 노화가 초래된다고 한다. 이러한 활성산소에 의한 질병이나 노화로부터 벗어나기 위한 방법으로 채소나 과일에 있는 항산화물질을 확인, 추출하여 그 효과를 입증하려는 실험들이 계속되고 있다. 미농무부(USDA) Human Nutrition Research Center on Aging의 과학자들은 미국에서 가장 소비가 많이 되고 있는 40여개의 주요 과일 및 채소 중 블루베리가 가장 항산화능력이 높다는 사실을 발견했다(Table 13).

블루베리는 크게 하이부쉬 블루베리, 로우부쉬 블루베리, 래빗아이 블루베리로 나눌 수 있다. 블루베리 종류에 따른 과실의 항산화능력을 비교해 본 결과 전체적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 14). 또한 블루베리의 과실과 잎의 항산화능력을 확인해 본 결과 과실보다는 잎에서 항산화능력이 30배 이상 더 컸음을 알 수 있었다. 따라서 잎을 활용할 수 있는 여러 방법 등이 시도되고 있다(Table 15).

Table 13. Antioxidative activity of major fruits and vegetables.

| Item | ORAC ($\mu\text{mol TE/g}$) | Item | ORAC ($\mu\text{mol TE/g}$) |
|------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| Blueberry | 24.0 \pm 2.0 | Eggplant | 3.9 \pm 0.3 |
| Garlic | 19.4 \pm 3.1 | Cauliflower | 3.8 \pm 1.0 |
| Kale | 17.7 \pm 0.6 | Potato | 3.1 \pm 1.0 |
| Strawberry | 15.36 \pm 2.38 | Sweet potato | 3.0 \pm 0.3 |
| Spinach | 12.6 \pm 0.3 | Cabbage | 3.0 \pm 0.3 |

| | | | |
|------------------|-----------|-----------------|-----------|
| Brussels sprouts | 9.8±1.8 | Leaf lettuce | 2.6±0.2 |
| Plum | 9.49±0.67 | Banana | 2.21±0.19 |
| Alfalfa sprouts | 9.3±0.7 | Apple | 2.18±0.35 |
| Broccoli flowers | 8.9±1.0 | Carrot | 2.1±0.7 |
| Beets | 8.4±1.0 | String bean | ±2.00.5 |
| Orange | 7.5±1.01 | Tomato | 1.89±0.12 |
| Grape, red | 7.39±0.48 | Yellow squash | 1.5±0.3 |
| Red bell pepper | 7.1±0.5 | Pear | 1.34±0.06 |
| Kiwi fruit | 6.20±0.52 | Iceberg lettuce | 1.2±0.2 |
| Grapefruit, pink | 4.83±0.18 | Melon | 0.97±0.15 |
| Onion | 4.5±0.5 | Celery | 0.6±0.1 |
| Grape, white | 4.46±1.06 | Cucumber | 0.5±0.1 |
| Corn | 4.0±0.5 | | |

Table 14. Antioxidative activity of different blueberries.

| Species | ORAC | Anthocyanin | Phenolics | Ascorbate |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|------------|-----------|
| | ($\mu\text{mol TE/g}$) | | | |
| Highbush | 24.0±0.7 | 129.2±3.2 | 260.9±6.9 | 10.2±0.27 |
| S o u t h e r n highbush | 16.8±1.9 | 92.6±4.6 | 227.3±6.9 | 4.9±0.12 |
| Rabbiteye | 25.0±2.7 | 123.9±4.2 | 339.7±14.6 | 8.4±0.21 |
| Lowbush | 25.9±0.4 | 95.4±2.6 | 299.0±18.9 | 16.4±0.1 |
| Mean | 24.0±2.0 | 122.7±11.0 | 290.7±20.5 | 9.6±0.8 |

Table 15. Antioxidatice activity in blueberry fruits and leaves.

| Tissue | ORAC ($\mu\text{mol TE/g}$) | Phenolics (mg/100 g) |
|--------|-------------------------------|---------------------------------|
| Fruit | 15.9 | 0.95 |

| | | |
|------|-------|------|
| Leaf | 490.4 | 44.8 |
|------|-------|------|

2절. 블루베리의 결실 조절 연구(원광대)

1. 포장 조성 및 관리

2003년 3월에 서울대학교 농업생명과학대학 부속 농장에서 분양 받은 3년생 삼목묘 하이부시 블루베리(*Vaccinium corymbosum* L.) 8품종을 원광대학교 과수원에 재식하였다. 재식 품종은 'Bluecrop', 'Bluejay', 'Dixi', 'Jersey', 'Rancocas', 'Spartan', 'Sunrise' 등 7품종과 난지형인 'Sharpblue' 1품종 등 8품종이었다.

점토가 많이 포함된 식양토의 과수원 토양에 재식 전에 퇴비 1톤/10a와 복합 비료(22-12-12) 150kg/10a를 넣은 후 깊이 50cm 정도로 경운하였다. 재식열은 남북 방향으로 2×1.5m 간격으로 재식 구덩이를 폭 50cm, 깊이 50cm로 판 후 피트모스와 곱흙을 1:1로 혼합하여 재식하였다. 재식열에 전정지 파쇄목으로 멀칭하였고 재식열과 열 사이에는 잡초 방제용 네트(weed stop)를 피복하였으며, 재식열에 발생하는 잡초는 수시로 제거하였다.

관수는 점적 관수 장치를 설치하여 신초 신장기부터 과실 성숙기까지 3일 간격으로 강우량을 감안하여 충분한 양을 주어 나무가 건조하지 않도록 하였다.

조류에 의한 과실 피해를 막기 위해 낙화기부터 과실 수확기까지 망 눈금 폭 30×30mm, 망사 두께 0.6mm의 그물망을 설치하였다.

2. 신초 생장 및 화아 분화 특성

공시한 8품종을 대상으로 발아기, 1차 신초 신장 정지기(양분 전환기) 및 개화기 등을 조사하였다. 발아기는 각 품종별로 전체 눈 중에서 50%가 인편 밖으로 1~2mm 밀려 나올 때의 날짜로 하였고, 신초 신장 정지기는 품종별로 정부가 검게 고사하는 시기로 하였다.

개화기는 개화시, 만개기 및 개화 기간을 조사하였다. 개화는 각 품종별로 첫 꽃이

피는 시기로 하였고, 만개기는 한 나무에서 전체 꽃의 70~80% 정도가 개화한 시기로 하였으며, 개화 기간은 품종별로 첫 꽃이 피는 시기부터 마지막 꽃이 피는 시기로 하였다.

신초의 생장 습성을 조사하기 위해 'Bluecrop'와 'Sharpblue'를 대상으로 4월 23일부터 1주 간격으로 발육지의 3번째 눈에서 자란 신초의 길이를 측정하였다.

신초 신장이 완전히 멈춘 10월 하순에 발육지 끝눈에서 자란 신초의 길이와 지표면에서 자란 도장지의 길이를 측정하였으며, 꽃눈 수는 신초 길이에 따라 10cm 이하, 10~30cm, 30cm 이상 등으로 구분하여 조사하였다.

화아 분화기를 조사하기 위해 'Bluecrop'를 대상으로 신초 신장 정지기인 5월 말부터 1개월 간격으로 발육지 정단의 눈을 채취하여 횡경과 종경을 측정한 다음 FAA(formalin-acetic acid-alcohol) 고정액(Berlyn과 Miksche, 1976)에 넣어 보관하였다. 고정액에 보관한 시료를 진공 펌프로 내부 공기를 뽑아 낸 후 9단계로 탈수시켰다. 탈수시킨 꽃눈을 부탄올과 파라핀이 1:1로 섞인 시험관에 넣고 60℃ 항온기에서 1~3시간 처리한 후 파라핀(m.p. 46~48℃)에 꽃눈만 옮겨 넣어 항온기에서 하룻밤 방치하였다. 녹인 파라핀(m.p. 56~58℃)에 꽃눈을 옮겨 12시간 이상 처리한 후 조직을 파라핀과 함께 포매 상자에 부어 표면에 얇은 막이 생기면 찬물에 신속히 넣어 굳혔다. 완전히 굳으면 포매 상자를 떼어 내고 꽃눈이 잘 보이도록 사다리꼴로 다듬은 후 마이크로톰으로 10 μ m 두께로 연속 절편을 만들었다. 젤라틴 풀을 칠하여 건조시킨 슬라이드 글래스에 4% 포르말린 액을 떨어뜨린 후 액 위에 절편을 올려 잘 핀 후 58℃에서 24~48시간 건조시켰다. 파라핀을 용해시킨 후 1% 사프란닌과 0.5% 패스트 그린으로 이중 염색하여(O'Brien과 McCully, 1981) 광학 현미경 대물 렌즈 10배에서 디지털 카메라로 촬영하여 관찰하였다.

익산 지역에서 하이부시 블루베리 품종별로 발아기와 신초 신장 정지기를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 블루베리의 발아기는 3월 하순에서 4월 상·중순이었으며, 'Sharpblue'가 3월 23일로 가장 빨랐다. 다음으로 'Spartan'은 3월 24일이었으며 'Bluecrop'의 발아기는 3월 27일이었다. 'Bluejay'의 발아기는 4월 12일이었고 'Jersey'와 'Sunrise'의 발아기는 4월 13일로 가장 늦었다. 따라서 발아 시기별로 조기 발아성 품종은 'Bluecrop', 'Sharpblue', 'Spartan' 등이며, 중기 발아성에는 'Dixi'와 'Rancocas', 만기 발아성에는 'Bluejay', 'Jersey', 'Sunrise' 등이었다.

'Sharpblue'는 난지형 하이부시로 저온 요구도가 낮아(Sharpe와 Sherman, 1971;

Spiers, 1978), 연평균 기온이 12~13°C인 익산 지역에서 자발 휴면이 일찍 타파되어 다른 하이부시 블루베리 품종보다 발아가 빠른 것으로 생각되었다. ‘Spartan’은 ‘Earliblue’를 교배 모본으로 육성한 조숙성 품종이기 때문에 발아가 빠른 것으로 생각되었다(Gough, 1994).

신초 신장 정지기는 5월 상순부터 7월 중순까지로 품종별로 차이가 컸다. 발아가 빨랐던 ‘Bluecrop’와 ‘Sharpblue’의 신초 신장 정지기는 각각 5월 상순으로 빨랐지만 ‘Spartan’은 6월 중순으로 늦었다. ‘Dixi’, ‘Jersey’, 및 ‘Rancocas’는 7월 16일로 가장 늦게까지 성장하였다. 따라서 하이부시 블루베리 품종의 발아기 조만성은 신초 신장 정지기와 관련이 작고, 품종 고유의 수세와 관련이 있는 것으로 생각되었다.

‘Bluecrop’와 ‘Sharpblue’의 신초 성장량은 Fig. 1과 같으며, 두 품종 모두 신초가 5월 중순까지 급격히 신장하여 블루베리의 양분 전환기는 5월 중순으로 생각되었다. 두 품종은 1차 생장이 끝난 2주 후부터 다시 성장하였고(Gough 등, 1978), ‘Sharpblue’는 2차 생장이 멈춘 2주 후에 다시 생장이 증가되는 3차 생장의 경향을 보였으며, ‘Bluecrop’은 2차 생장 이후 완만하게 성장하였다. 따라서 ‘Sharpblue’가 ‘Bluecrop’보다 수세가 강한 것을 알 수 있었다(Gough, 1994).

Table 1. Bud burst and shoot resting date of highbush blueberry (*V. corymbosum* L.) cultivars in Iksan, Korea.

| Cultivar | Bud burst date | Shoot resting date |
|-----------|----------------|--------------------|
| Bluecrop | March 27 | May 13 |
| Bluejay | April 12 | June 4 |
| Dixi | April 8 | July 16 |
| Jersey | April 13 | July 16 |
| Rancocas | April 3 | July 16 |
| Sharpblue | March 23 | May 5 |
| Spartan | March 24 | June 21 |
| Sunrise | April 13 | June 21 |

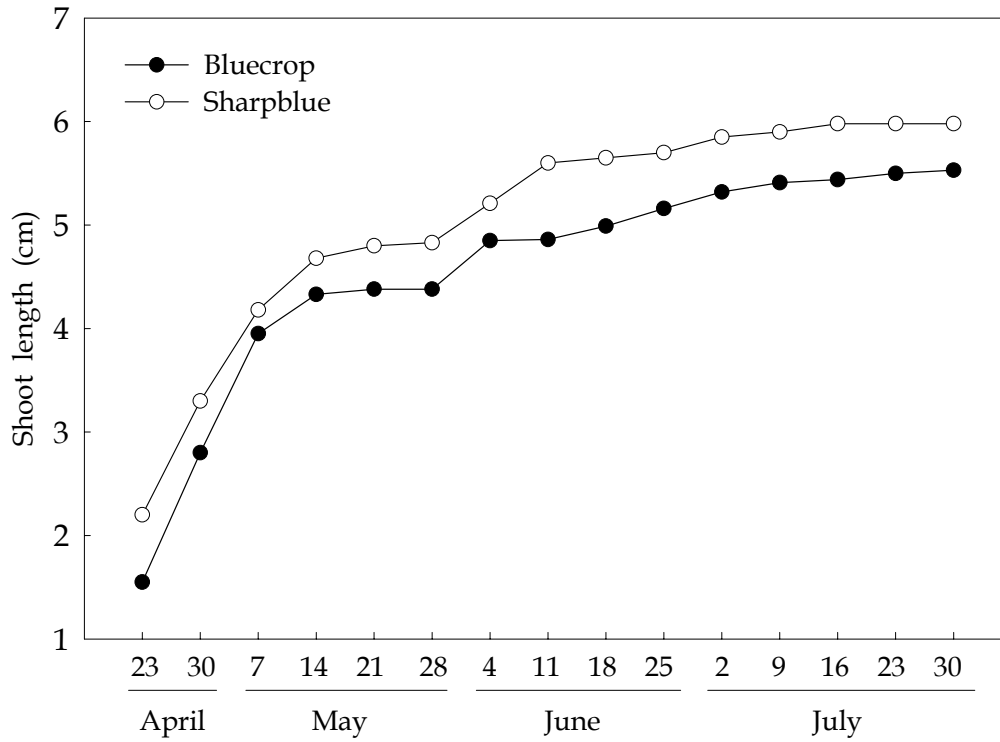


Fig. 1. Shoot growth of 'Bluecrop' and 'Sharpblue' blueberry cultivars.

블루베리 신초의 생장 습성은 Fig. 2와 같이 경정부에 형성된 잎이 전개되지 않은 채로 고사하며 생장이 정지되어(Fig. 2A), 포도, 감 등의 장과류의 생장 습성과 동일하게 정단부의 액아가 정아로 되는 위정아를 형성하였다(Gough 등, 1978; Westwood, 1993). 발육지나 결과지 끝에 있는 세력이 강한 신초, 수관 하부에서 발생한 도장성 신초 및 흡지의 위정아는 대부분 2차 또는 3차 생장을 하였다(Fig. 2B).

발육지나 결과지의 액아에서 발생한 신초는 대부분 1차 생장 후 생장이 정지되었으며, 정단에서 발생한 신초는 7월 하순경에 생장이 정지되었다. 수관하부에서 도장성으로 자란 가지는 화아 분화기 이후까지 생장을 계속하여 발육지로 되었다. 생장이 멈춘 위정아 및 그 아래쪽 눈은 화아로 발달하였으며(Fig. 2B), 화아는 가지의 선단부에 생기는 정액생 화아이며 엽아를 포함하지 않는 순정 화아였다(Eck와 Childers, 1966).

품종별로 수형과 발육지의 끝눈에서 자란 신초와 수관 하부에서 발생한 도장지의 길이를 측정하였다(Table 2). 'Bluejay', 'Rancocas', 'Spartan' 및 'Sunrise'가 직립성을 보였으며 'Dixi'가 개장성이었다. 'Dixi', 'Jersey', 'Rancocas' 및 'Sharpblue'는 수세가 강한 품종이었다. 발육지 끝눈의 신초장은 9.4~15.2cm로 품종 간에 차이가 컸다. 이는 블루베리 품종의 수세와 관련이 있었으며(Gough, 1994; JBA, 1997), 수세가 중 정도인 'Bluecrop'와 'Sunrise'의 신초장이 각각 11.6cm와 9.4cm로 작았고, 수세가 강한 'Dixi', 'Jersey' 및 'Rancocas'는 14.9~15.2cm로 컸다. 직립 또는 개장성과 같은 수형과 신초장과는 관련성이 적었다. 도장지는 33.1~64.1cm로 품종 간 차이가 컸지만 수세나 수형과의 관련성은 없었다.



Fig. 2. Shoots showing apical abortion (A), and development of second flush of vegetative growth (B) in blueberry. BT, black tip; FB, flower bud; LB, leaf bud; SF, second flush.

Table 2. Tree shape and vigor, growth of terminal shoot and water shoot in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Tree | | Terminal shoot (cm) | Water shoot (cm) |
|-----------|-----------|----------|--------------------------|---------------------|
| | Shape | Vigor | | |
| Bluecrop | medium | medium | 11.6 ± 5.37 ^z | 46.6 ± 24.56 |
| Bluejay | upright | medium | 11.8 ± 3.23 | 38.7 ± 16.89 |
| Dixi | spreading | vigorous | 15.2 ± 5.15 | 47.1 ± 18.59 |
| Rancocas | upright | vigorous | 14.9 ± 3.08 | 38.0 ± 27.88 |
| Sharpblue | medium | vigorous | 13.6 ± 5.07 | 49.7 ± 23.02 |
| Spartan | upright | medium | 12.2 ± 3.83 | 33.1 ± 6.05 |
| Sunrise | upright | medium | 9.4 ± 1.88 | 53.9 ± 16.68 |
| Jersey | medium | vigorous | 14.9 ± 5.96 | 64.1 ± 23.33 |

^zMean ± SD.

발육지 중간의 눈에서 자란 신초는 2차 성장하는 경우가 적어 신초장이 5~6cm로 작았지만(Fig. 2), 정단에서 발생한 신초는 2차 또는 3차까지 성장하였으며, 대부분이 7월 하순경이면 생장이 정지되었다.

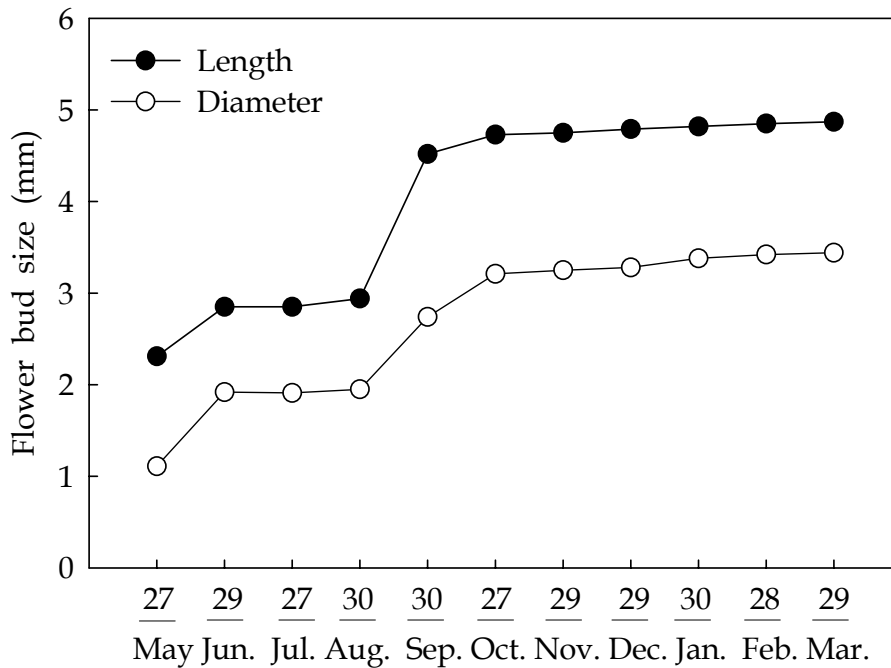


Fig. 3. Growth of flower bud of 'Bluecrop' blueberry cultivar.

'Bluecrop'를 대상으로 생장이 정지된 신초의 위정아의 크기를 시기별로 조사하였다(Fig. 3). 신초의 생장이 멈춘 직후인 5월 하순의 위정아는 종경이 2.3mm, 그리고 횡경이 1.1mm 정도로 작았지만 6월 하순까지 다소 비대되었다. 그러나 신초의 2차 및 3차 생장기인 7월 초부터 8월 하순까지는 위정아의 크기에 변화가 없었다.

또한 8월 하순의 위정아를 현미경으로 관찰한 결과(Fig. 4A), 분화된 소화를 관찰할 수 없었다. 8월 하순부터 위정아가 급격히 비대하여 9월 하순에는 종경과 횡경이 4.7mm 및 3.2mm였으며, 9월 하순에 위정아 내에 다수의 소화가 형성된 것을 관찰할 수 있었다(Figs. 4B, C, D).

9월 하순부터 다음해 3월 하순까지는 위정아의 크기에는 큰 변화가 없었지만 내부에는 형태적으로 변화가 일어나고 있었다(Figs. 4E, F). 8월 하순부터 비대해지면서 구정적으로 소화가 형성되었지만, 소화의 약벽 조직은 분화되지 않은 상태였으며, 월동 전인 11월에는 수술과 배주가 형태를 갖추었다(Fig. 4E). 개화 2주 전인 3월 하순에는 소포자 모세포가 감수 분열되어 4분자 화분이 관찰되었다(Fig. 4F).

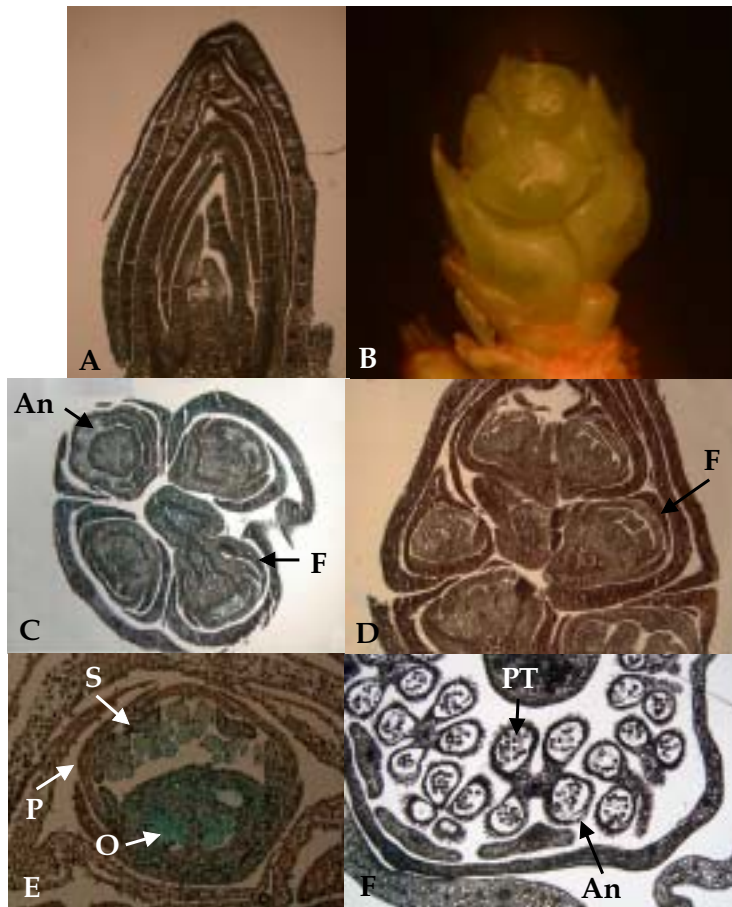


Fig. 4. Process of flower bud differentiation in 'Bluecrop' blueberry cultivar ($\times 10$). A, longitudinal section of flower bud on August 30; B, flower bud with florets on September 30; C, cross section of flower bud on September 30; D, longitudinal section of flower bud on September 30; E, anther of formation on November 17; F, pollen tetrad formation on March 30. An, anther; F, floret; O, ovule; P, petal; PT, pollen tetrad.

낙엽 과수의 화아 분화는 신초 생장이 멈추고 잎이 완전히 전개된 시기에 일어나지만(Westwood, 1993), 하이부시 블루베리는 신초 발생 위치에 따라 2차 생장이 일어나므로 화아 분화 시기를 특정의 시기로 정하기가 어렵다. Gough(1994)는 블루베리의 화아 분화기를 7월 상순부터 9월 상순이라 하였지만, 익산 지역의 화아 분화기는 8월 하순경으로 생각되었다.

품종별로 꽃눈이 착생된 휴면지의 길이별 꽃눈 수를 조사한 결과는 Table 3과 같

다. 결과지나 발육지의 중간 부위에서 발생한 10cm 이하로 짧은 휴면지와, 정단에서 발생한 10~30cm 길이의 휴면지에는 꽃눈이 각각 1.2~2.5개와 1.7~3.3개였다. 'Dixi'는 가지 길이별로 꽃눈수가 각각 2.5개와 3.3개 착생하여 다른 품종에 비하여 풍산성의 특성을 갖추었다(Gough, 1994). 'Rancocas'와 'Spartan'은 꽃눈 수가 1.6~1.7 및 1.2~1.3개로 다른 품종에 비해 적은 편이었다.

블루베리는 감나무와 화아 분화 특성이 유사하며(Harada, 1984), 신초 신장이 정지되면 정부가 고사되어 탈락하고 그 바로 아래에 있는 액아가 정아의 역할을 하는 위정아가 된다. 꽃눈은 위정아를 포함하여 그 아래쪽 눈인 정액생 화아이며(Gough, 1994), 짧은 가지의 경우 위정아를 포함하여 그 아래 2~3번째에 생겼으며, 긴 가지에는 3~4번째까지 형성되지만 'Dixi'는 7번째 마디까지 형성되었다. 블루베리는 한 마디에 1개의 눈이 착생되는 단아이며, 꽃눈에는 잎이나 가지가 포함되지 않고 소화만 6~10개 형성되는 순정 화아이다(Ehlenfeldt, 1998; Gough, 1994). 그러나 'Bluecrop'는 화아 옆에 작은 잎눈이 형성되기도 하여 복아의 특성을 보여 더 연구해 볼 필요가 있었다.

Table 3. Number of flower buds by branch length in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | No. of flower buds by branch length | | | | | |
|-----------|-------------------------------------|------|-----------------|------------|------|------|
| | < 10 cm | | | 10 ~ 30 cm | | |
| | Range | Mean | SD ^z | Range | Mean | SD |
| Bluecrop | 1-3 | 1.6 | 0.80 | 1-3 | 1.8 | 0.72 |
| Bluejay | 1-2 | 1.6 | 0.49 | 1-4 | 2.2 | 0.85 |
| Dixi | 1-5 | 2.5 | 1.07 | 1-7 | 3.3 | 1.57 |
| Jersey | 1-3 | 1.9 | 0.67 | 1-4 | 2.7 | 0.72 |
| Rancocas | 1-2 | 1.2 | 0.40 | 1-3 | 1.7 | 0.58 |
| Sharpblue | 1-2 | 1.5 | 0.49 | 1-4 | 2.2 | 0.76 |
| Spartan | 1-2 | 1.3 | 0.45 | 1-4 | 1.6 | 0.76 |
| Sunrise | 1-3 | 1.7 | 0.67 | 1-3 | 1.7 | 0.67 |

^zStandard deviation (n = 20).

3. 개화 특성

품종별 화총당 꽃 수를 조사하였다. 소화의 특성으로는 화경 길이, 꽃받침 수와 길이, 화판의 길이와 폭 등을 조사하였다. 수술 특성으로는 수술 수, 약당 꽃가루 수, 꽃가루 발아 능력을 조사하였다. 꽃가루 수는 광학 현미경 하(4×)에서 슬라이드 글래스 위에 수술을 올려 놓고 커버 글래스를 덮은 다음 약벽을 두드려 꽃가루관으로 빠져 나온 전체 수를 조사하였다. 꽃가루 발아는 10% sucrose와 1% agar 기본 배지에 20mg·L⁻¹ H₃BO₃와 30mg·L⁻¹ Ca(NO₃)₂·4H₂O를 첨가한 배지(Kwack, 1965)에서 3시간 발아시킨 후 발아 정도에 따라 무(-), 소(+), 중(+++), 다(++++) 등으로 구분하였다.

자방 특성으로는 화주 길이와 자방 내 배주 수를 조사하였다. 자방 내 배주 수는 자방벽을 칼로 절단한 후 각 심피당 배주 수를 조사하여 합하였다.

4분자 화분(pollen tetrad)의 발달 과정을 관찰하기 위해 개화 1개월 전인 3월 중순부터 개화 시까지 5일 간격으로 꽃눈을 채취하여 FAA액에 고정시킨 후 위의 방법에 의해 관찰하였다(Berlyn과 Miksche, 1976).

주사 전자 현미경으로 수술과 암술의 형태를 관찰하기 위해 FAA 고정액에 보관한 꽃을 진공 펌프로 내부 공기를 뽑아 낸 후 에탄올(50, 75, 90, 95, 100%)로 탈수시켜 이소아밀 아세테이트로 전처리하였다. 액화 이산화탄소로 임계점에서 건조한 후 0.1mbar에서 180초간 금 코팅한 후 주사 전자 현미경(JSM-5410, Japan)으로 관찰하였다(Bae와 Kim, 2002). 건조된 4분자 꽃가루는 전처리 과정을 거치지 않고 바로 스테르브에 올린 후 위와 동일한 조건으로 금 코팅한 후 주사 전자 현미경으로 관찰하였다.

자가 및 타가 수분 정도를 조사하기 위해 개화된 꽃 수가 많았던 'Sharpblue'와 'Bluejay'를 대상으로 개화 전에 실내에서 미리 개약시킨 두 품종의 꽃가루로 꽃봉오리 상태에서 꽃잎을 제거한 후 두 품종 간에 인위적으로 자가 및 타가 수분시켰다. 인공 수분시킨 과실은 적숙기에 과실 크기와 무게, 종자 수, 당도 등을 조사하였다.

하이부시 대표 품종인 'Bluecrop' 품종의 소화 특성을 기준으로 꽃의 종단면을 입체적으로 그려보면(Fig. 5) 래빗아이 블루베리의 화주는 화관으로부터 많이 돌출되어 있지만 하이부시 블루베리의 화주의 길이는 화관의 길이와 비슷하였다(Lyrene, 1994).

익산 지역에서 하이부시 블루베리 8품종을 대상으로 개화시, 만개기 및 개화 종료 시기 등의 개화기는 Fig 6.에 나타낸 바와 같다. 블루베리의 개화기는 4월 중순부터 5월 중·하순까지로 약 1개월 정도였다. 개화시는 발아가 빨랐던 'Sharpblue'와 'Bluecrop'가 각각 4월 16일과 4월 18일로 빨랐으며, 발아가 늦은 'Sunrise'와 'Jersey'가 각각 4월 23일과 4월 25일로 느린 편이었다. 전체 꽃의 70~80% 정도가 개화한 만개기는 'Bluecrop', 'Spartan' 및 'Sharpblue'가 각각 4월 27일, 4월 26일 및 4월 25일로 빨랐다. 발아가 늦었던 'Dixi', 'Jersey' 및 'Sunrise'는 개화시와 만개기가 늦은 편이었다.

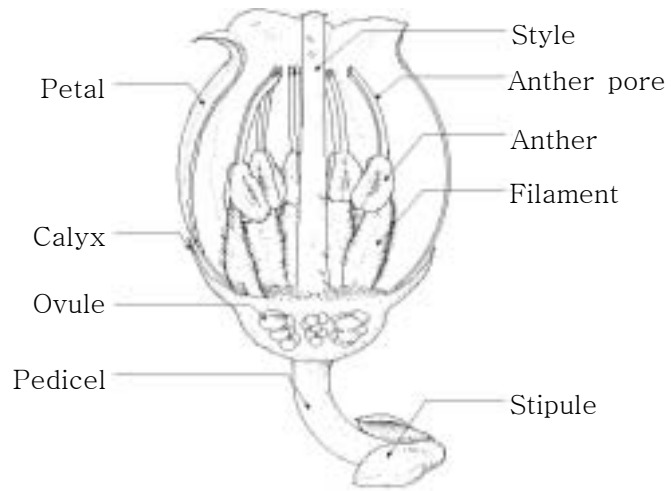


Fig. 5. Schematic representation of longitudinal section of highbush blueberry flower.

블루베리는 자가 및 타가 수분이 모두 가능하지만(Lang와 Danka, 1991), 꽃의 구조상으로 자가 수분이 어렵고 방화 곤충에 의한 타가 수분이 잘 되도록 진화되었다(Lyrene, 1994b). 또한 타가 수정 시 수정률이 높아 종자 수가 많기 때문에(El-Agamy 등, 1981), 각각 수분수 역할을 할 수 있도록 개화 시기가 비슷한 다수의 품종을 선택하여 재식할 필요가 있다.

익산 지역은 늦서리가 4월 10~20일까지이며, 4월과 5월 늦서리 출현일이 5일로 적은 편이다(RDA, 1990). 따라서 개화시가 빠른 일부 품종만 서리 피해의 우려가 있지만 개화기가 길기 때문에 수량 확보에는 문제가 없을 것으로 생각된다.

품종별 꽃눈당 꽃 수를 조사하였다(Table 4). 꽃눈당 꽃 수는 6.8~11.0개로 품종에 따라 차이가 컸으며, 각 품종 내에서도 변이 계수가 10.6~23.2%로 차이가 큰 편이었다. 특히 'Bluecrop'와 'Dixi'는 변이 계수가 각각 23.2%와 22.3%로 변이가 큰 품종에 속하였다. 'Bluecrop'의 꽃눈당 꽃 수는 11.0개로 다른 품종보다 2~4개 많았다. 블루베리 품종 중에서 'Bluecrop'와 'Dixi'가 풍산성인데(Gough, 1994), 'Bluecrop'는 가지당 꽃눈 수(Table 3)는 1.6개로 다른 품종과 비슷하였지만 꽃눈당 꽃 수가 월등히 많기 때문이며, 'Dixi'는 가지당 꽃눈 수가 2.5~3.3개로 많고 꽃눈당 꽃 수도 많기 때문으로 생각되었다.

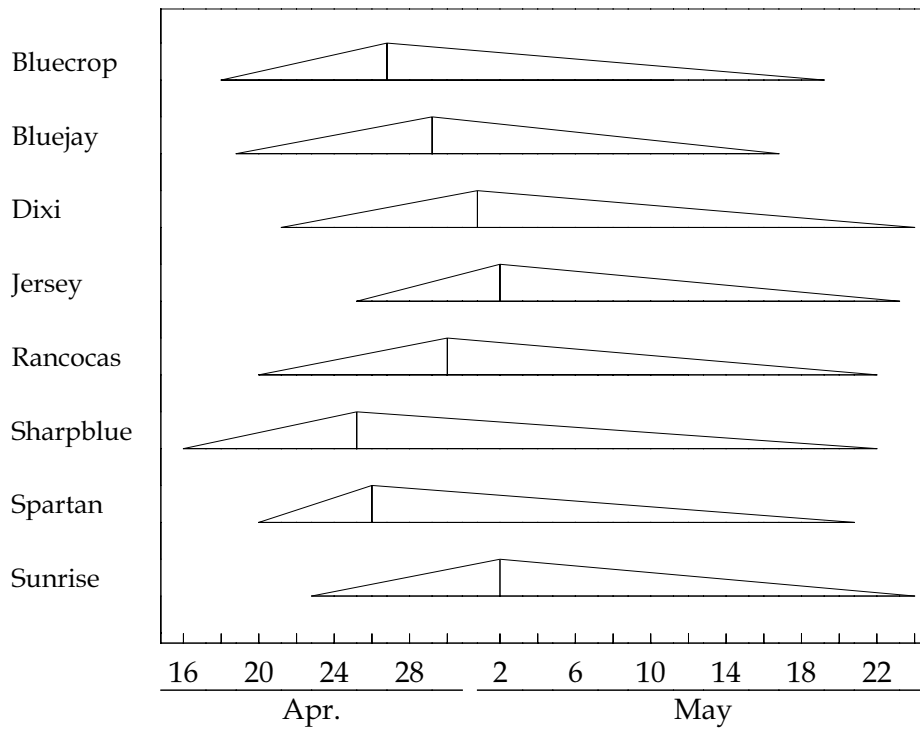


Fig. 6. Blooming period of highbush blueberry cultivars in Iksan, Korea.
 Vertical bar (□□) indicates full blooming date.

Table 4. Flower number per inflorescence in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | No. of flowers per inflorescence | | | CV ^y (%) |
|-----------|----------------------------------|------|-----------------|------------------------|
| | Range | Mean | SD ^z | |
| Bluecrop | 8-16 | 11.0 | 2.55 | 23.2 |
| Sharpblue | 7-16 | 8.9 | 0.98 | 11.0 |
| Sunrise | 6-13 | 7.6 | 0.94 | 12.4 |
| Bluejay | 5-13 | 6.8 | 0.89 | 13.1 |
| Spartan | 6-10 | 7.6 | 0.94 | 12.4 |
| Dixi | 6-15 | 9.0 | 2.01 | 22.3 |
| Jersey | 6-12 | 7.2 | 0.76 | 10.6 |
| Rancocas | 6-13 | 8.6 | 1.21 | 14.1 |

^zStandard deviation (n = 20).

^yCoefficients of variation.

하이부시 블루베리의 품종별 소화의 형태적 특성을 보면(Table 5), 'Spartan'의 꽃이 가장 컸으며, 'Rancocas'의 꽃이 가장 작았다. 꽃의 L/D율은 'Spartan'과 'Sunrise'가 0.98과 1.13로 나타나 꽃의 모양이 원형에 가까웠으나 나머지 품종은 L/D율이 1.22~1.44로 꽃의 모양이 장형이었다. 'Dixi'는 L/D율이 1.44로 꽃 직경에 비해 길이가 긴 특징이 있었다. 블루베리 꽃의 형태는 방화 곤충의 활동 및 수정률과 관련이 있으며(Eck와 Mainland, 1971; Ritzinger과 Lyrene, 1999), 꽃 길이보다 폭이 넓어 L/D율이 작은 편이 수분에 유리하다(Eck와 Mainland, 1971).

화경의 길이는 3.1~8.8mm로 품종 간 차이가 컸으며, 'Jersey'가 8.8mm로 가장 길었고 'Rancocas'가 3.1mm로 가장 짧았다. 소화경의 길이가 짧으면 성숙기에 과충내의 과실이 너무 밀생되어 찌그러진 과실들이 형성되어 과실의 모양에 영향을 주었다.

품종별 꽃받침 수는 대부분 5개였으며, 꽃 중에는 6개인 것도 있었다. *Vaccinium* 속 식물은 종에 따라 심피가 4~10개 모여 과실이 되지만(Austin, 1994) 블루베리는 심피 수가 5개인 것이 정상이다. 그러나 간혹 심피 수가 6개인 꽃도 관찰되었으

며, 이 때 꽃받침 수도 6개였다.

품종별 수술의 수와 길이, 화주의 길이는 Table 6과 같다. 'Dixi'와 'Sharpblue'의 수술 수는 모든 꽃이 10개로 변이가 없었지만, 그 외의 품종은 11개나 12개인 것이 관찰되어 심피수가 6개인 꽃도 발생되었다는 것을 알 수 있었다.

Table 5. Diameter, length, size, and L/D ratio of flower, pedicel length, and number and length of calyx in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Flower | | | | Pedicel length (mm) | Calyx | |
|-----------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|---------------------|----------|-------------|
| | Diameter (mm) | Length (mm) | Size ^z (mm ³) | L/D ratio | | Number | Length (mm) |
| Bluecrop | 7.4±0.14 _y | 9.7±0.11 | 417.2 | 1.31 | 6.5±0.28 | 5.2±0.13 | 4.9±0.15 |
| Bluejay | 7.8±0.14 | 10.1±0.13 | 482.6 | 1.29 | 7.7±0.30 | 5.1±0.10 | 4.4±0.06 |
| Dixi | 7.5±0.20 | 10.8±0.08 | 477.1 | 1.44 | 6.9±0.50 | 5.0±0 | 4.9±0.14 |
| Jersey | 7.8±0.10 | 9.5±0.16 | 453.9 | 1.22 | 8.8±0.14 | 5.1±0.14 | 4.8±0.06 |
| Rancocas | 6.1±0.16 | 7.6±0.13 | 222.1 | 1.25 | 3.1±0.18 | 5.2±0.13 | 3.4±0.09 |
| Sharpblue | 6.9±0.08 | 9.2±0.15 | 344.0 | 1.33 | 7.0±0.33 | 5.0±0 | 4.4±0.14 |
| Spartan | 9.6±0.21 | 9.4±0.18 | 680.4 | 0.98 | 7.5±0.50 | 5.1±0.10 | 4.8±0.13 |
| Sunrise | 8.3±0.11 | 9.4±0.14 | 508.6 | 1.13 | 7.8±0.37 | 5.0±0 | 5.9±0.11 |

^zSize calculated by $\frac{1}{4}\pi(\text{diameter})^2 \times \text{length}$.

^yMean vaule ± SE (n =20).

Table 6. Stamen number and length, style length in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Stamen | | Style length (mm) | Distance ^z |
|-----------|--------------------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| | Number | Length (mm) | | |
| Bluecrop | 10.8 ± 0.20 ^y | 6.6 ± 0.13 | 9.0 ± 0.13 | 2.4 |
| Bluejay | 10.2 ± 0.13 | 7.0 ± 0.12 | 9.8 ± 0.17 | 2.8 |
| Dixi | 10.0 ± 0 | 5.8 ± 0.14 | 9.0 ± 0.14 | 3.2 |
| Jersey | 10.1 ± 0.34 | 7.3 ± 0.09 | 9.2 ± 0.08 | 1.9 |
| Rancocas | 10.3 ± 0.26 | 6.2 ± 0.09 | 7.5 ± 0.13 | 2.3 |
| Sharpblue | 10.0 ± 0 | 6.5 ± 0.09 | 8.1 ± 0.19 | 1.6 |
| Spartan | 10.1 ± 0.10 | 5.5 ± 0.22 | 9.1 ± 0.16 | 3.6 |
| Sunrise | 10.3 ± 0.21 | 6.7 ± 0.11 | 9.2 ± 0.12 | 2.5 |

^zStyle length - stamen length.

^yMean value ± SE (n = 10).

수술의 길이는 5.5~7.3mm 범위였으며, 'Bluejay'와 'Jersey'가 각각 7.0mm와 7.3mm로 길었고, 'Dixi'와 'Spartan'이 각각 5.8mm와 5.5mm로 짧았다. 화주 길이는 7.5~9.8mm 범위였으며, 'Bluejay'가 가장 길었고, 'Rancocas'가 가장 짧았다. 'Rancocas'는 다른 품종에 비하여 꽃의 크기가 매우 작아(Table 5) 수술과 화주의 길이가 짧은 것으로 생각되었다. 꽃가루가 배출되는 공열개의 끝부분과 주두와의 거리가 멀수록 착과율이 낮다는 점으로 보면(Eck와 Mainland, 1971; Suzuki와 Kawata, 2001), 'Dixi'와 'Spartan'이 3.2mm와 3.6mm로 가장 멀어 수분 및 수정에 불리할 것으로 생각되었다.

수술의 형태를 현미경 상으로 관찰한 결과(Fig. 7), 화사(filament)는 관형이었고 모용이 잘 발달되어 있으며, 약은 2엽(lobe) 4실(locule)이었고, 각 엽에 공열개가 관으로 이루어져 있었다(Fig. 9A). 블루베리의 꽃가루는 개약 시 약벽이 터지면서 화분들이 나오는 것이 아니라 벌이나 나비와 같은 곤충들이 약을 건들어 생기는 압

력에 의해 돌출된 두 개의 관으로 꽃가루가 배출되는 독특한 특징을 지니고 있었다. 화분은 점성이 없어 공열개 관을 타고 쉽게 흘러내리지만 주두에는 점성이 있어 방화 곤충의 몸에 부착되었던 화분은 잘 부착된다(Parrie와 Lang, 1992).

블루베리의 사분자 화분의 발달 과정을 관찰하였다(Fig. 8). 블루베리의 화분은 3월 하순경에 감수 분열된 후에 분리되지 않은 채로 성숙한 사분자 화분이었다(Bhojwani와 Bhathagar, 1974). 각각의 화분은 발아가 3개인 3구형 화분(tricolpate pollen)이며(Bold 등, 1980), 발아 시에도 4개의 화분립이 분리되지 않고 모두 발아하였다(Fig. 8D).

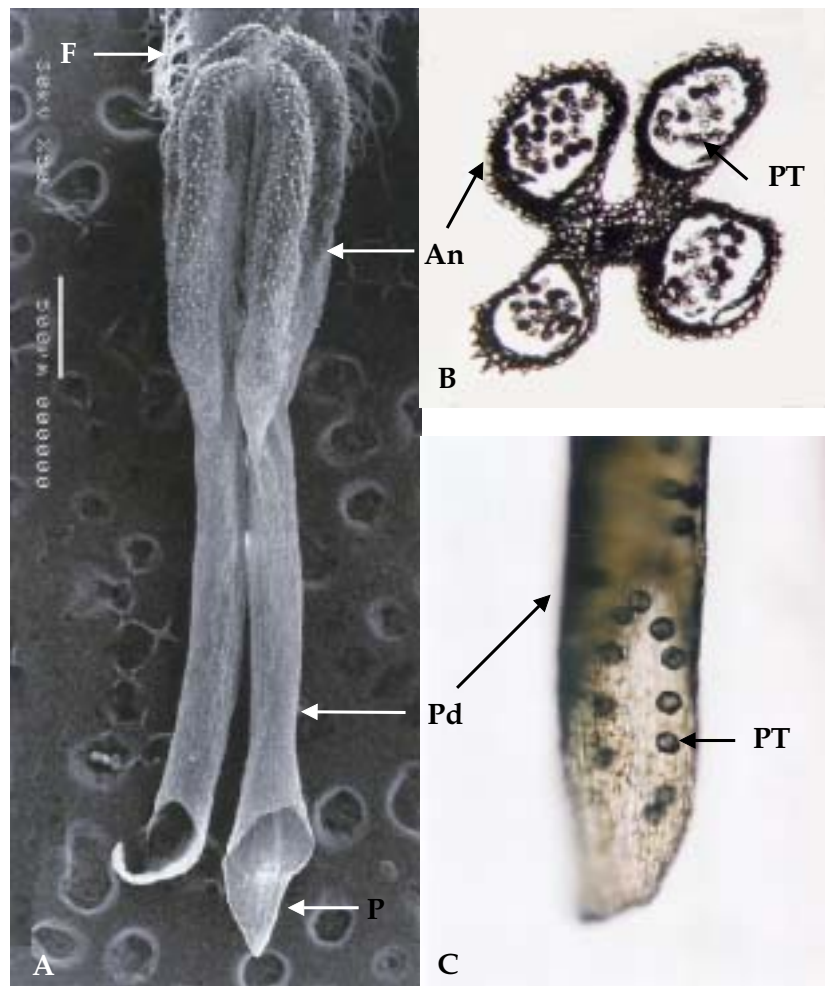


Fig. 7. Highbush blueberry stamen (A), anther (B), and tetrad pollen (C)

observed under a scanning electron microscope. An, anther; F, filament; P, pore; Pd, poricidal dehiscence; PT, pollen tetrad.

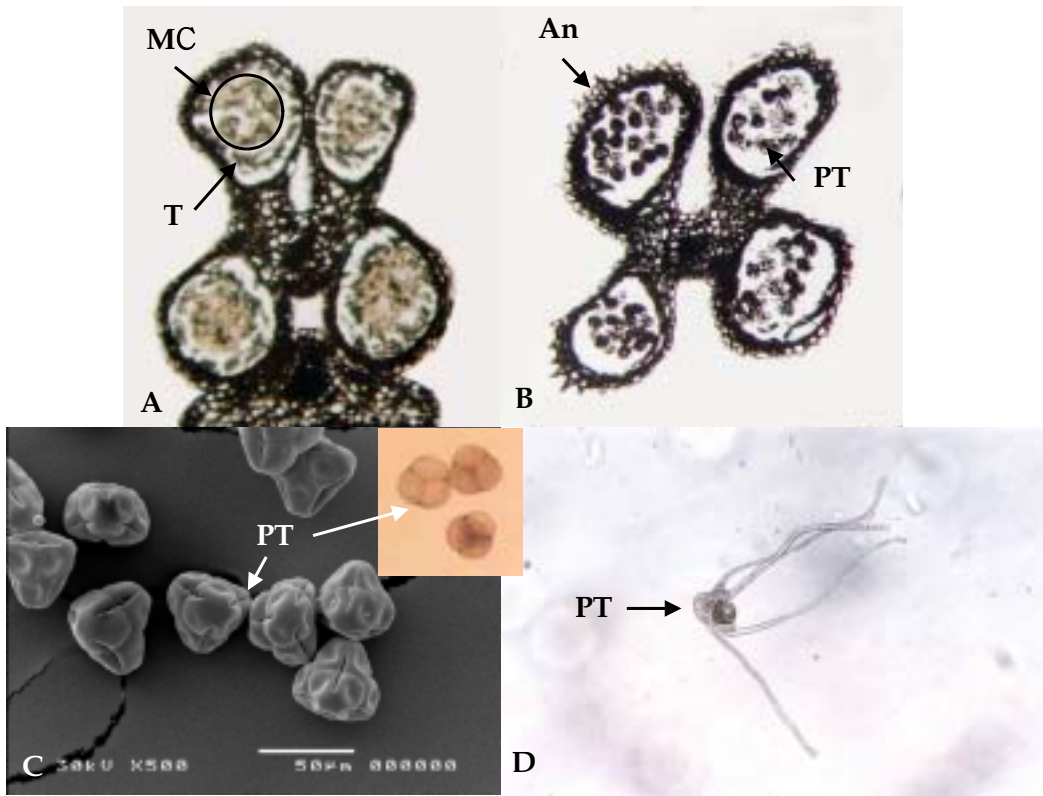


Fig. 8. Pollen tetrad of highbush blueberry before meiosis (A), after meiosis (B), under a scanning electron microscope (C), and during germination (D). An, anther; MC, microspore mother cell; PT, pollen tetrad; T, tapetum.

블루베리 품종별 약당 사분자 화분 수와 발아력을 조사하였다(Table 7). 품종별 약당 사분자 화분의 수는 400~1,300개로 차이가 컸다. ‘Bluecrop’, ‘Bluejay’, ‘Dixi’ 및 ‘Sharpblue’는 사분자 화분 수가 1,000개 이상으로 화분 수가 많은 품종에 속하였고, ‘Jersey’와 ‘Rancocas’는 400개 정도로 적은 편이었다. 발아 능력은 ‘Bluecrop’와 화분립이 적었던 ‘Rancocas’가 가장 높았으며, 그 다음으로 화분이 1,000개 이상인 ‘Bluejay’, ‘Dixi’, ‘Sharpblue’가 비교적 높았다. 그러나 화분 수가 800개 정도인 ‘Spartan’과 ‘Sunrise’와 화분 수가 400개 정도로 적은 ‘Jersey’의 발

아율이 낮았다.

Table 7. Number of pollen tetrad per anther and pollen germination in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | No. of pollen tetrads per anther | Pollen germination ^z |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------|
| Bluecrop | 1,264 ± 61 ^y | ++++ |
| Bluejay | 1,007 ± 57 | +++ |
| Dixi | 1,023 ± 64 | +++ |
| Jersey | 410 ± 54 | + |
| Rancocas | 475 ± 41 | ++++ |
| Sharpblue | 1,363 ± 45 | +++ |
| Spartan | 840 ± 26 | + |
| Sunrise | 848 ± 48 | + |

^z+, low; +++, slightly high; +++++, high.

^yMean ± SE (n = 10).

하이부시 블루베리는 4배체 품종으로 그 기원이 북미에 자생하고 있던 종들이 생
태 및 지리적 격리에 의해 분화된 많은 2배체 *Vaccinium*속 종들이 염색체 배가나
중간 잡종에 의해 만들어졌기 때문에 동질 4배체들(autotetraploid)인 경우가 많다
(Cockerham과 Galletta, 1976). 자연적 염색체 배가에 의해 만들어진 동질 4배체
품종은 임성이 낮고, 중간 교잡에 의해 만들어진 이질 4배체(allotetraploid) 품종은
임성이 높다(Megalos와 Ballington, 1987; Ortiz 등, 1999). 따라서 사분자 화분
수와 발아력으로 볼 때, 'Jersey', 'Spartan' 및 'Sunrise'는 이질 배수체보다는 동질
배수체 품종에 가깝다고 생각되었으며, 앞으로 게놈 분석 등으로 확인할 필요가 있
다.

블루베리의 암술 형태(Fig. 11)는 5개의 심피(carpel)가 융합되어 하나의 암술을
형성하는 융합 다심피 자예(syncarpous gynocium)이다(Easu, 1977). 5개의 자방

(Figs. 9A, B)은 화탁에 둘러싸여 있는 점은 인과류와 유사하였지만(Stern, 1994), 5개의 화주와 주두가 융합된 채로 길게 돌출된 점은 인과류인 배나무와는 다른 형태였다(Bae와 Kim, 2002).

화주 내부(Figs. 9C, D)는 부정형으로 중앙부가 비어 있었으며, 그 안쪽 벽에 화분관 전달 조직(conducting tissue)이 5개 형성되어 있었다(Bhojwani와 Bhathagar, 1974).

주두의 정단(Figs. 9E, F)은 돌출된 가운데 부분이 갈매기를 뒤집어 놓은 모양으로 다소 함몰된 형태였다. 따라서 공열개 관으로 배출된 사분자 화분이 주두에 부착되지 않고 흘러내려 자가 수분을 방해하는 형태이다(Eck와 Mainland, 1971; Lyrene, 1994b).

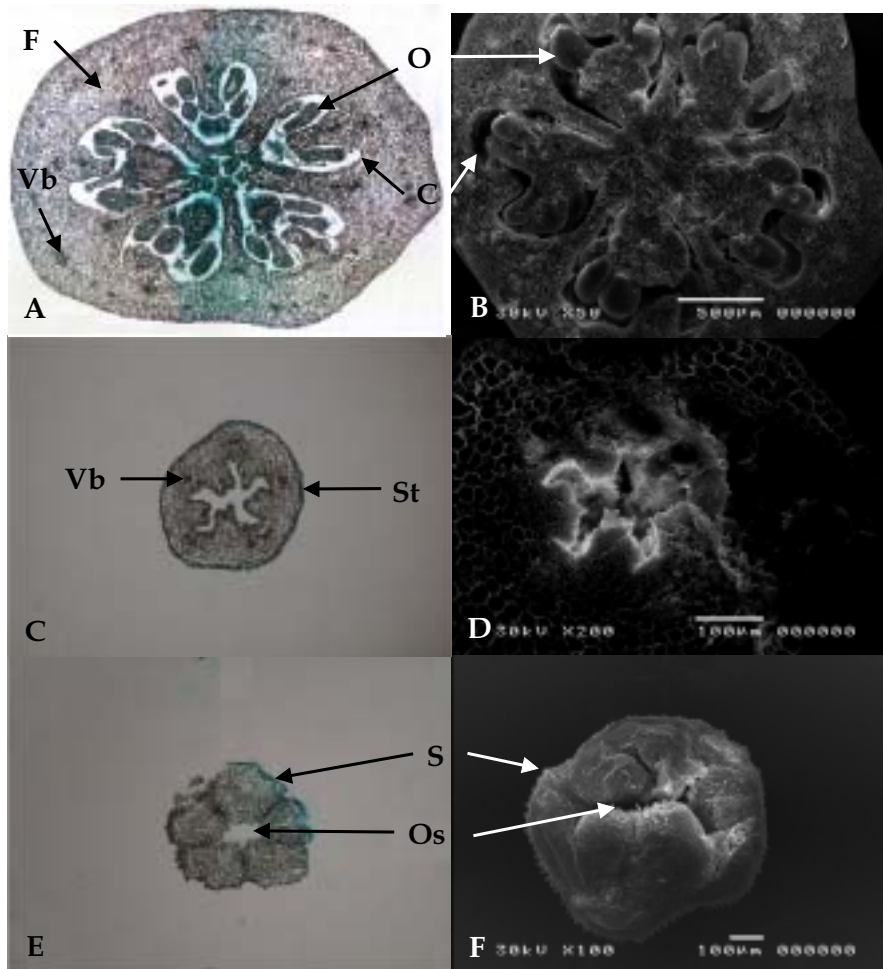


Fig. 9. Photomicrograph of cross section ($\times 4$) and viewing under a scanning electron microscope after cross section of ovary (A, B), proximal style (C,

D), and stigma (E, F) in 'Bluecrop' blueberry cultivar. C, carpel; F, fruit fresh; O, ovule; Os, open space; S, stigma; St, style; Vb, vascular bundle.

품종별 자방당 배주 수(Table 8)는 39~67개 범위였으며, 'Sunrise'가 67개로 가장 많았고, 'Dixi', 'Jersey', 'Rancocas', 'Spartan' 등이 39~41개로 적은 편이었다. 블루베리는 품종 간에 배주 수의 변이가 크다고 알려져 있지만(Vorsa 등, 1987), 품종 내에서도 변이 계수가 11.6~31.0% 정도로 변이 폭이 큰 편이었다. 일반적으로 일찍 수확하거나 크기가 큰 과실일수록 수정된 종자 수가 많다는 보고(Lang와 Danka, 1991; Moore 등, 1972; Ritzinger과 Lyrene, 1998)가 있어, 자방 내의 배주 수와 성숙 일수 및 과실 크기와 관련이 있을 것으로 생각되었다.

꽃가루 수가 많은 품종이 발아율이 높아 'Bluejay'와 'Sharpblue'를 대상으로 자가 수분과 타가 수분을 시킨 후 적숙기에 종자 수와 과실 특성을 조사하였다(Table 9). 'Bluejay'와 'Sharpblue' 모두 자가 교배 시 종자 수가 각각 8개와 6개로 매우 적었다. 그리고 타가 교배 시에는 'Sharpblue'에 'Bluejay'를 교배할 경우 종자 수가 41개였으며, 'Bluejay'에 'Sharpblue'를 교배할 경우에는 종자 수가 18개로 자가 교배보다 많았다. 이처럼 'Bluejay'와 'Sharpblue'는 자가 교배보다 타가 교배에서 종자 형성률이 높았다(El-Agamy 등, 1981; Lang와 Danka, 1991). 그러나 약당 사분자 화분 수 및 발아력(Table 7)과 배주 수(Table 8) 등이 비슷한 두 품종 간에 정역 교배 시 종자 수에 큰 차이를 보인 것은 앞으로 더 검토할 필요가 있다.

과중은 'Sharpblue'를 타가 교배시킨 것이 2.5g으로 자가 교배시킨 것보다 컸으며 'Bluejay'를 자가 또는 타가 교배시킨 것과 차이가 있었다. 그러나 자가 및 타가 교배에 따른 각 품종에서의 당도 차이는 보이지 않았다. 'Sharpblue'에서 자가 교배시킨 과실이 타가 교배시킨 과실보다 작았던 것은 종자 수가 적었기 때문으로 생각되었다(Brewer과 Dobson, 1969; El-Agamy 등, 1981).

Table 8. Ovule number per ovary in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Ovule number per ovary | | | CV ^y |
|-----------|------------------------|------|-----------------|-----------------|
| | Range | Mean | SD ^z | (%) |
| Bluecrop | 39-88 | 58 | 12.7 | 21.9 |
| Bluejay | 43-62 | 54 | 8.2 | 15.2 |
| Dixi | 32-47 | 41 | 5.3 | 12.9 |
| Jersey | 26-50 | 39 | 12.1 | 31.0 |
| Rancocas | 32-52 | 40 | 8.1 | 20.3 |
| Sharpblue | 30-81 | 56 | 15.6 | 27.9 |
| Spartan | 27-50 | 41 | 8.2 | 20.0 |
| Sunrise | 58-77 | 67 | 7.8 | 11.6 |

^zStandard deviation (n = 10)

^yCoefficients of variation.

Table 9. Number of seeds per fruit, fruit weight, size, and soluble solids contents in self- and cross-pollinated 'Bluejay' and 'Sharpblue' blueberry cultivars.

| Pollination | No. of seeds per fruit | Fruit weight (g) | Fruit size (mm) | | Soluble solids (°Bx) |
|-----------------------|------------------------|------------------|-----------------|--------|----------------------|
| | | | Diameter | Length | |
| Bluejay × Bluejay | 8 c ^z | 1.2 b | 13.1 b | 10.7 b | 11.7 b |
| Bluejay × Sharpblue | 18 bc | 1.5 b | 14.3 b | 11.6 b | 12.3 ab |
| Sharpblue × Bluejay | 41 a | 2.5 a | 17.2 a | 13.8 a | 13.3 a |
| Sharpblue × Sharpblue | 6 c | 1.4 b | 13.6 b | 11.4 b | 12.9 ab |

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

4. 과실 특성

시기별 과실 성장 특성을 조사하기 위해 'Bluecrop'를 대상으로 개화 후 착과된 과실의 횡경을 1주 간격으로 측정하였다.

공시한 8품종의 숙기, 성숙 일수, 수확 기간 등을 조사하였다. 숙기는 전체 과실 중에서 70~80%의 과실을 수확한 시기로 하였으며, 성숙 일수는 만개기부터 숙기까지의 만개 후 일수로 조사하였다. 수확 기간은 첫 번째 수확기부터 마지막 수확기까지의 일수로 계산하였다.

수확한 과실을 대상으로 과중, 과실 크기, 종자 수, 당도, 산 함량, 과피와 과육의 경도, 과피색 등을 측정하였다. 과중은 과립의 무게를 측정하였으며, 과실의 크기는 횡경(diameter)과 종경(length)을 측정하고 L/D율을 구하였다. 종자 수는 과실 내에 연한 갈색을 띠는 것은 미숙 종자, 진한 갈색을 띠는 것은 정상 종자로 간주하여 조사하였다. 당도는 디지털 굴절 당도계(PR-100, Atago Co., Ltd., Japan)로 측정하였으며, 산 함량은 과즙 5mL을 증류수 20mL로 희석하여 지시약(1% phenolphthalein)을 1~2방울 첨가하고 0.1N NaOH로 핑크색으로 변할 때까지 적정한 후 구연산 값으로 환산하였다. 과피색은 chromameter

(CR-200, Minolta Co., Ltd., Japan)을 사용하여 과피면에 있는 분을 제거한 후 L*, a*, b* 값을 측정하였다. Hue angle(h°) 값은 $\tan^{-1}(b^*/a^*)$, chroma(C*) 값은 $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ 로 계산하였다(McGuire, 1992). 경도는 종합 물성 측정기(SUN Rheo Meter, COMPA C-100)로 직경 1mm 어댑터의 진입도를 측정하여 과피와 과육 부분의 경도 값으로 환산하였다.

과실의 유리당과 유기산 분석을 위해 과피를 제거하고 과육 10g을 취하여 80% 메탄올 20mL을 넣어 마쇄 후 시험관에 담아 30분간 3,000rpm으로 원심분리한 후 0.45 μ m membrane 필터로 여과시켜 냉동고에 보관하였다. 보관된 시료를 3mL씩 추출하여 HPLC(Model 62C, Waters, USA)를 이용하여 분석하였다.

과실 성장에 따른 과피 색과 경도 변화의 관계를 조사하기 위해 'Sharpblue'를 대상으로 성숙 14일 전(mature green), 성숙 7일 전(green pink), 성숙 4일 전(blue pink), 성숙 2일 전(blue), 성숙기(ripe), 성숙 10일 후(over ripe) 등 6단계로 구분하여(Shimura 등, 1986; Shutak 등, 1980), chromameter와 종합 물성 측정기로 측정하였다.

수확 시기별 과실 특성을 조사하기 위해 'Bluecrop'와 'Sharpblue'를 4회로 구분하여 수확한 후 과중, 종자 수, 당도, 산 함량, 경도, 과피색 등을 조사하였다.

과실 크기별 과실 특성을 조사하기 위해 'Bluecrop'와 'Sharpblue'를 대상으로 과실 크기를 대(3~4g), 중(2~3g), 소(1~2g) 등 3가지로 구분하여 과중, 종자 수, 당도, 경도 등을 조사하였다.

'Bluecrop'를 대상으로 과실 성장 특성을 조사하였는데(Fig. 10), 만개 후 35일경까지 과실이 급격히 성장하였으며 약 2주 정도 생장이 완만하다가 성숙기인 만개 후 70일까지 다시 성장하여 전형적인 이중 S자 성장 곡선을 나타내었다(Kim 등, 1996; Westwood, 1993).

익산 지역에서 'Bluecrop'는 3월 27일에 발아하여 5월 14일까지 급격히 성장한 후 정지하였으며(Fig. 1), 과실은 신초 생장이 정지한 이후부터 급격히 신장하였다. 또한 과실 생장이 완만한 시기는 신초가 2차 성장하는 시기와 일치하였다.

품종별로 성숙 일수, 숙기 및 수확 기간을 조사한 결과는 Table 10과 같다. 품종별 성숙 일수는 58~72일로 변이가 작았다. 'Spartan'은 성숙 일수가 58일로 가장 짧았고, 'Bluejay', 'Rancocas' 및 'Sunrise'가 각각 64일, 63일, 61일이었다. 'Dixi'와 'Jersey'는 각각 71일과 72일로 성숙 일수가 가장 길어 만숙성 품종이었다. 그러나 수확기는 'Spartan'이 6월 23일로 가장 빨랐고, 'Bluecrop', 'Rancocas', 'Sharpblue', 'Sunrise' 등은 7월 2일로 동일하였으며, 'Dixi'와 'Jersey'의 성숙기가 7월 12일로 가장 늦었다. 개화가 빠른 품종일수록 과실의 성숙기도 빨라지는 경향이 있으나(Suzuki와 Kawata, 2001), 'Sunrise'는 개화기가 늦었지만(Fig. 6) 숙기가 빠른 편이었으며, 개화기가 가장 빨랐던 'Sharpblue'는 성숙기가 69일로 긴 편이었다.

수확 기간은 'Bluecrop', 'Bluejay', 'Sharpblue'가 6월 23일부터 7월 22일까지 한 달 정도였으며, 'Rancocas'와 'Sunrise'는 6월 23일부터 7월 12일까지 20일 정도였다. Suzuki와 Kawata(2001)에 의하면 'Jersey'의 성숙 일수는 70일이며 6월 중순이면 과실의 96%가 수확된다고 하였으나 본 연구에서는 성숙 일수가 71일로 비슷하였지만 적숙기가 7월 12일로 1개월 정도 차이가 있었던 것은 재배 지역의 차이로 생각된다. 'Spartan'은 개화 시기는 다소 늦었지만 만개기가 빠르고(Fig. 8), 수확기가 빠른 전형적인 조생종 특성을 나타내었다(Gough, 1994; Suzuki 등, 1998).

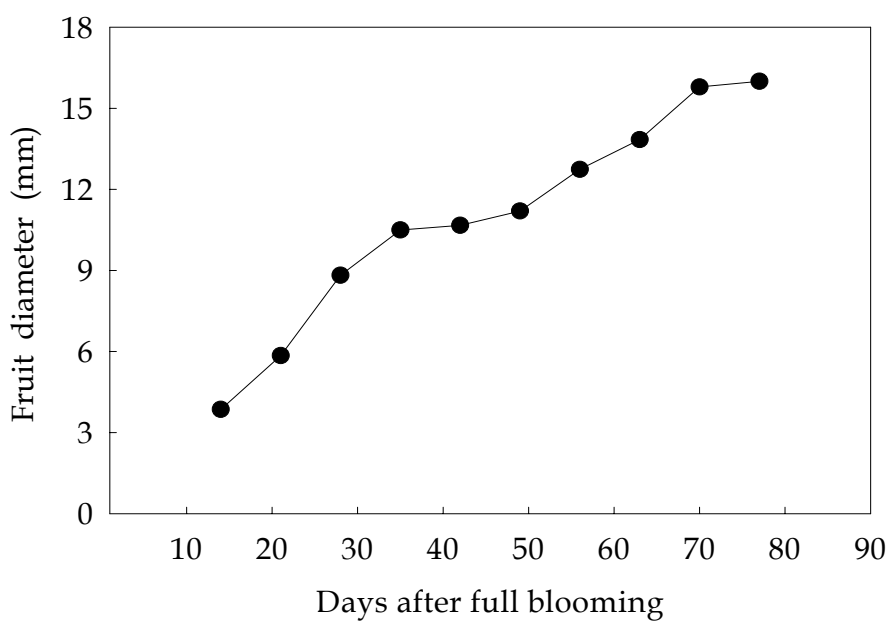


Fig. 10. Fruit growth in 'Bluecrop' blueberry cultivar.

Table 10. Growth period and maturation and harvesting date in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Growth period (days) | Maturation date | Harvesting date |
|-----------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Bluecrop | 67 | July 02 | June 23-July 22 |
| Bluejay | 64 | July 02 | June 23-July 22 |
| Dixi | 72 | July 12 | June 30-July 22 |
| Jersey | 71 | July 12 | June 30-July 22 |
| Rancocas | 63 | July 02 | June 23-July 12 |
| Sharpblue | 69 | July 02 | June 23-July 22 |
| Spartan | 58 | June 23 | June 18-July 12 |
| Sunrise | 61 | July 02 | June 23-July 12 |

품종별 과총당 착과 수 및 착과율을 조사한 결과(Table 11), 과총당 착과 수는 6.1~9.8개로 품종 간에 차이가 컸다. 각 품종의 변이 계수는 21.9~34.3으로 과총당 과실 수의 변이 정도가 큰 편이었다. 품종별 착과율은 86~97%로 매우 높은 편이었다. 'Spartan'과 'Sunrise'의 착과율은 97%로 매우 높았고 'Dixi'의 착과율이 86%로 다소 낮았다. 꽃눈당 꽃 수의 변이 계수(Table 4)가 10.6~23.2%이었던 것에 비해 과총당 착과 수의 변이 계수가 큰 것은 과총당 착과율이 균일하지 않았기 때문이라고 생각한다.

블루베리는 꽃이 피면 대부분이 착과되어 결실률이 매우 높아, 같은 장과류이면서 과방을 형성하는 포도에서 나타나는 꽃떨이 현상은 나타나지 않았다(Kim 등, 1996). 일반적으로 하이부시 블루베리는 과총당 10개 정도의 과실이 착생되지만(Suzuki와 Kwata, 2001), 공시 품종 중에는 'Bluecrop'만 9.8개로 유사하였고, 대부분의 품종이 2~4개로 적었다. 그러나 착과율이 매우 높았던 점으로 보아, 결실량이 적었던 원인은 시험 수가 3년생 유목으로 품종 고유의 특성을 나타내지 못했기 때문으로 생각된다.

품종별로 1차 수확한 과실의 과중과 과형을 보면(Table 12), 'Dixi', 'Sharpblue', 'Spartan' 및 'Sunrise'가 2.3~2.6g으로 대과종이었고, 'Jersey'와 'Rancocas'가 각각 1.9g과 1.7g으로 소과종이었다(JBA, 1997). 과형 지수는 0.68~0.84로 편원형이었으며, 'Bluejay'가 L/D율이 0.84로 가장 원형에 가까웠고 과실이 컸던 'Spartan'은 L/D율이 0.68로 가장 납작하였다.

Table 11. Number of fruits per cluster and fruit set percentage in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | No. of fruits per cluster | | | CV ^z (%) | Fruit set ^y (%) |
|-----------|---------------------------|------|-----------------|------------------------|-------------------------------|
| | Range | Mean | SD ^x | | |
| Bluecrop | 6-16 | 9.8 | 2.67 | 27.2 | 89 |
| Bluejay | 5-11 | 6.1 | 1.43 | 23.4 | 90 |
| Dixi | 5-15 | 7.7 | 2.64 | 34.3 | 86 |
| Jersey | 5-12 | 6.5 | 1.64 | 25.2 | 90 |
| Rancocas | 5-13 | 7.7 | 2.39 | 31.0 | 90 |
| Sharpblue | 5-16 | 8.4 | 2.23 | 26.5 | 94 |
| Spartan | 5-10 | 7.4 | 1.62 | 21.9 | 97 |
| Sunrise | 5-13 | 7.4 | 1.85 | 25.0 | 97 |

^zCoefficients of variation.

^y(Number of fruit per cluster/number of flower per cluster) × 100.

^xStandard deviation (n = 10).

Table 12. Fruit weight and size, and L/D ratio at harvest in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Fruit weight (g) | Fruit size (mm) | | L/D ratio |
|-----------|----------------------|-----------------|---------|--------------|
| | | Diameter | Length | |
| Bluecrop | 2.1 bcd ^z | 16.5 cd | 11.9 c | 0.72 |
| Bluejay | 2.0 cde | 16.2 d | 13.5 ab | 0.84 |
| Dixi | 2.6 a | 18.5 ab | 12.8 b | 0.71 |
| Jersey | 1.9 de | 16.3 d | 11.9 c | 0.72 |
| Rancocas | 1.7 e | 16.2 d | 11.5 c | 0.71 |
| Sharpblue | 2.3 abc | 17.3 cd | 13.7 a | 0.79 |
| Spartan | 2.4 ab | 19.0 a | 13.3 ab | 0.68 |
| Sunrise | 2.3 abc | 17.5 bc | 13.2 ab | 0.76 |

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

품종별로 1차 수확한 과실의 종자 수와 수정률을 조사한 바(Table 13), 품종별 종자 수는 22~34개로 품종 간에는 큰 차이가 없었다. 그러나 각 품종의 변이 계수는 33.8~68.2%로 변이 정도가 매우 컸다. 변이 계수가 68.2%로 가장 컸던 'Sharpblue'의 종자 수의 범위는 5~83개로 과실 간 변이가 가장 심하였다.

품종별 수정률은 34.3~82.9%로 품종 간에 차이가 컸다. 'Sunrise'는 배주 수가 67개로 가장 많았지만(Table 7), 종자 수가 23개로 적어 수정률이 34.3%로 가장 낮았다. 반면에 'Rancocas'는 배주 수가 40개로 적었지만(Table 7), 종자 수가 34개로 가장 많이 형성되어 수정률이 89.2%로 매우 높았다.

Table 13. Number of brown seeds and fertilization percentage in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | No. of brown seeds | | | CV ^z (%) | Fertilization ^y (%) |
|-----------|--------------------|------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|
| | Range | Mean | SD ^x | | |
| Bluecrop | 4-51 | 28 | 15.9 | 56.8 | 48.3 |
| Bluejay | 14-55 | 34 | 12.0 | 35.3 | 63.0 |
| Dixi | 4-41 | 22 | 10.8 | 49.1 | 51.2 |
| Jersey | 9-46 | 24 | 10.8 | 45.0 | 69.2 |
| Rancocas | 15-51 | 34 | 11.6 | 34.1 | 82.9 |
| Sharpblue | 5-83 | 34 | 23.2 | 68.2 | 60.7 |
| Spartan | 9-35 | 24 | 8.1 | 33.8 | 58.5 |
| Sunrise | 6-59 | 23 | 13.9 | 60.4 | 34.3 |

^zCoefficients of variation.

^y(Number of brown seeds/number of ovules (see table 7)) × 100.

^xStandard deviation (n = 10).

블루베리는 화기의 형태에 따라 수정률에 영향을 미쳐, 화관의 폭이 큰 품종일수록 수정률이 높았으며, 공열개의 정단부와 주두까지의 거리가 멀수록 그리고 화관이 길수록 수정률이 떨어진다고(Eck와 Mainland, 1971).

블루베리는 과실당 배주 수가 60개 정도이며 수정 정도에 따라 종자 형성률은 차이가 있지만 착과율에는 영향을 미치지 않는 것으로 보고하고 있다(Eck, 1989; Eck

와 Childers, 1966; El-Agamy 등, 1981; Lang와 Danka, 1991; Suzuki 등, 1998). 따라서 과실 내의 종자 수는 변이 정도가 매우 컸지만(Ritzinger과 Lyrene, 1998), Table 11과 같이 착과율이 높게 나타난 것으로 생각되었다.

‘Bluecrop’와 ‘Sharpblue’의 과중과 종자 수의 관계를 조사한 결과(Fig. 13), 두 품종 모두 과실 내 종자 수에 따른 과중은 회귀식 $y = 0.02x + 1.86$, $y = 0.02x + 1.69$ 에 적합하여 종자가 많을수록 과중이 증가하는 경향이였다(Kushima와 Austin, 1979; Suzuki 등, 1998; Vander Kloet, 1983). 결정 계수(r^2)는 ‘Sharpblue’가 0.42로 ‘Bluecrop’의 0.21 보다 높아 종자 수가 과중에 미치는 영향이 ‘Sharpblue’가 더 컸다. 두 회귀식의 기울기가 $b = 0.02$ 로 종자 1개당 과중이 0.02g씩 증가되는 것을 알 수 있었다.

따라서 블루베리는 수분·수정이 착과율에는 큰 영향을 미치지 않았지만 수정률에 영향을 미쳐 과실 내 종자 수에 차이가 났으며, 종자 수가 적은 과실은 소과로 되었기 때문에 고품질 과실 생산을 위해서는 수정률을 높여 과실내 종자 수를 많게 할 필요가 있다(Brewer과 Dobson, 1969; El-Agamy 등, 1981; Lang와 Danka, 1991).

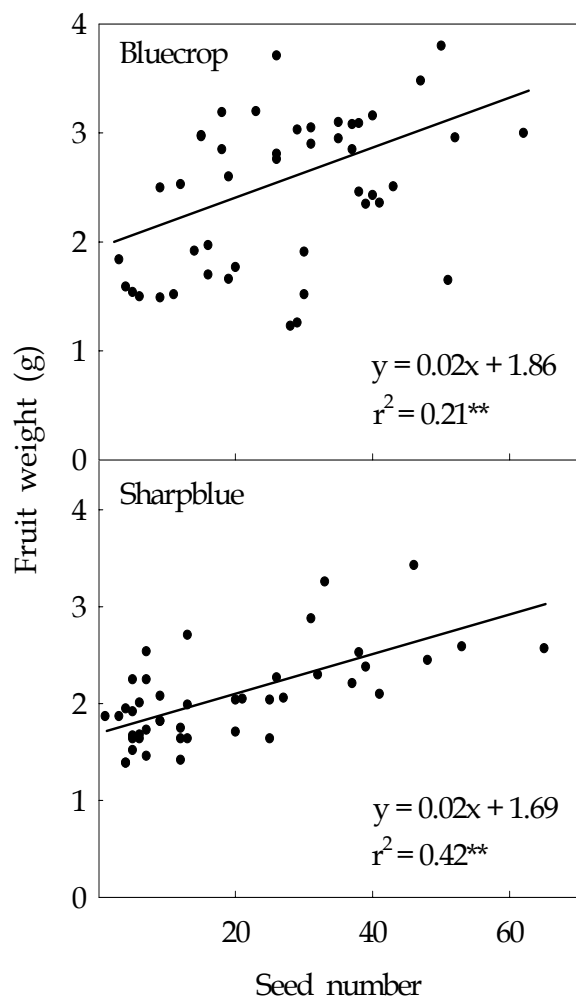


Fig. 11. Relationship between number of brown seeds in a berry and berry weight. ******Significant at 1% level.

품종별 당도를 조사한 결과(Table 14), 가용성 고형물 함량은 12~13°Bx 정도였으며, ‘Spartan’이 14.2°Bx로 가장 높았고, ‘Sunrise’가 9.5°Bx로 가장 낮았다. 유리당을 분석한 결과 환원당인 포도당, 과당, 당 알코올인 만니톨이 검출되었으나 자당과 소르비톨은 검출되지 않았다. 포도당과 과당은 ‘Rancocas’와 ‘Sunrise’가 각각 20mg·g⁻¹ FW와 23mg·g⁻¹ FW 정도로 높았다. 일반적으로 블루베리에서는 포도당과 과당이 검출되지만, 오히려 만니톨이 58mg·g⁻¹FW 정도로 포도당과 과당보다 2~3배 정도 높게 나타난 점이 특이하였다.

블루베리 성숙과의 주요 당은 과당과 포도당으로 그 비율이 대략 1.0~1.2로 전당의 90%이상을 차지한다고 하였으나(Kader 등, 1993) 당 알코올인 만니톨이 과당과 포도당보다 월등히 높게 나타나 좀 더 정밀하게 연구할 필요가 있다.

Table 14. Soluble solids and free sugar content at harvest in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Soluble solids (°Bx) | Free sugar content (mg·g ⁻¹ FW) | | |
|-----------|-------------------------|--|----------|----------|
| | | Glucose | Fructose | Mannitol |
| Bluecrop | 12.1 c ^z | 18.8 bc | 18.2 bc | 57.9 a |
| Bluejay | 12.6 bc | 19.0 bc | 17.9 bc | 58.2 a |
| Dixi | 12.4 bc | 17.7 bc | 18.2 bc | 57.8 a |
| Jersey | 13.6 ab | 18.5 bc | 18.1 bc | 58.5 a |
| Rancocas | 12.7 bc | 20.9 ab | 20.3 ab | 59.5 a |
| Sharpblue | 12.8 bc | 18.6 bc | 17.4 bc | 57.4 a |
| Spartan | 14.2 a | 15.2 c | 14.8 c | 58.9 a |
| Sunrise | 9.5 d | 23.9 a | 23.2 a | 52.3 a |

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

품종별 유기산을 조사한 결과(Table 15), 적정 산도는 0.7~1.13% 정도이었으며, ‘Dixi’와 ‘Sunrise’가 1.06~1.13%로 가장 많았고, ‘Jersey’가 0.70%로 가장 적었다. 과실 내의 유기산은 구연산과 사과산 두 종류가 검출되었고, 주요 유기산은 구연산이었다. 구연산은 ‘Sharpblue’와 ‘Spartan’이 10.2mg·g⁻¹ FW 정도로 많았으며, ‘Rancocas’와 ‘Sunrise’가 7.00mg·g⁻¹ FW 정도로 적었다. 사과산은 ‘Sunrise’가

1.02mg·g⁻¹ FW 정도로 많았으며, 'Bluecrop'와 'Jersey'가 0.18mg·g⁻¹ FW, 및 0.23mg·g⁻¹ FW로 가장 적었다.

블루베리의 성숙과의 주요 유기산으로는 구연산이 83~93%정도로 대부분을 차지 하며, 퀴산과 사과산이 10% 전후를 함유한다고 하였으나(Kalt와 McDonald, 1996; Koike 등, 1992) 하이부시 블루베리 과실 내의 유기산은 구연산과 사과산이 검출되 었으며 사과산보다 구연산이 7~10배 정도 많았다. 과실의 성숙기별로 유기산 함량 이 차이가 있으며 미숙과는 유기산 함량이 높게 유지되다가 착색 초기(mature green)부터 완숙기(ripe)까지 급격히 감소한다는 보고가 있어(Shimura 등, 1986) 시 기별 과실 내의 유기산 함량에 관하여 앞으로 더 연구할 필요가 있다.

Table 15. Titratable acidity and organic acid contents at harvest in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Titratable acidity (% citric acid) | Organic acid (mg·g ⁻¹ FW) | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | Citric acid | Malic acid |
| Bluecrop | 0.87 ab ^z | 7.41 ab | 0.18 c |
| Bluejay | 0.88 ab | 9.96 ab | 0.29 bc |
| Dixi | 1.06 ab | 7.53 ab | 0.25 bc |
| Jersey | 0.70 b | 8.76 ab | 0.23 c |
| Rancocas | 0.88 ab | 7.08 b | 0.32 bc |
| Sharpblue | 0.76 ab | 10.20 a | 0.26 bc |
| Spartan | 0.98 ab | 10.23 a | 0.54 b |
| Sunrise | 1.13 a | 7.00 b | 1.02 a |

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Shutak 등(1980)이 제시한 기준으로 과피색을 구분하여 'Sharpblue'를 대상으로 시기별로 Hunter의 색도값을 조사하였다(Table 16). 적숙기 14일 전에는 과피 전체 가 연녹색인 mature green(MG)으로 Hunter 값이 L* = 67.04, a* = -17.08, b* = 39.45였다. 적숙기 7일 전에는 꽃받침 부분이 분홍색을 50%정도 나타낸 green pink(GP)로 L* = 42.27, a* = 30.14, b* = 14.00이었다. 적숙기 4일 전에는 꽃받침 부분이 청색이 50%정도 착색된 blue pink(BP)로 L* = 31.57, a* = 18.72, b* =

3.82이었다. 적숙기 2일 전에는 과경쪽에 약간의 pink색이 남아 있는 blue(B)로 $L^* = 26.87$, $a^* = 7.05$, $b^* = 0.30$ 이었다. 적숙기의 과피는 전체가 청색을 띤 ripe(R)로 $L^* = 24.15$, $a^* = 1.42$, $b^* = -0.18$ 이었다. 적숙 10일 후의 과피색은 적숙기와 마찬가지로 외관상 차이가 없었으며 over ripe(OR)로 나타내었다.

Table 16. Hunter value by maturity in 'Sharpblue' blueberry cultivar.

| Maturity (date) | Fruit color stage | Hunter value ^z | | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------------|--------------|-------------|-------|------|
| | | L* | a* | b* | h° | C* |
| June 21 | Mature green | 67.0 ± 0.65 ^y | -17.1 ± 0.33 | 39.5 ± 0.80 | 113.4 | 43.0 |
| June 28 | Green pink | 42.3 ± 1.29 | 30.1 ± 1.75 | 14.0 ± 1.03 | 24.9 | 33.2 |
| July 01 | Blue pink | 31.6 ± 0.57 | 18.7 ± 0.70 | 3.8 ± 0.61 | 11.5 | 19.1 |
| July 03 | Blue | 26.9 ± 0.31 | 7.1 ± 0.80 | 0.3 ± 0.13 | 2.4 | 7.1 |
| July 05 | Ripe | 24.2 ± 0.12 | 1.4 ± 0.07 | -0.2 ± 0.16 | -7.2 | 1.4 |
| July 15 | Over ripe | 26.5 ± 0.42 | 0.2 ± 0.14 | -1.2 ± 0.09 | -18.3 | 1.2 |

^zL* = lightness; a* = bluish-green/red-purple hue component; b* = yellow / blue hue component; h° (from arctangent b*/a*) = hue angle (0° = red-purple; 90° = yellow; 180° = bluish-green; 270° = blue); C* [(a*²+b*²)^{1/2}] = chroma.

^yMean value ± SE.

블루베리는 과실이 성숙 단계로 진행될수록 색상(hue) 각도가 2사분면(90~180°)에 있다가 점점 좁아져서 1사분면(0~90°)으로 진입하며, 완전히 성숙한 과실은 4사분면(270~360°)에 위치하게 되었다. 또한 채도(chroma)는 성숙 전에 40이상으로 컸다가 성숙기에 들어서면서 점점 작아지며 적숙기에는 0에 가까워졌다.

적숙기 전후에 'Sharpblue'의 과피와 과육의 경도 변화를 조사한 결과(Fig. 12), 과피가 연녹색을 띠기 시작한 MG 상태인 성숙 14일 전에는 과피와 과육의 경도가 각각 124.2g/1mm ϕ 과 104.8g/1mm ϕ 로 높아 손가락으로 느끼는 감촉도 단단하였다. 착색 초기의 GP 상태인 성숙 7일 전에는 과피와 과육의 경도가 각각 42.4g/1mm ϕ 과 16.2g/1mm ϕ 으로 급격히 낮아졌다. 과실의 과경부에 약간의 적색

이 남아 있는 B 상태인 성숙 2일 전에는 경도가 19.4g/1mm ϕ 과 6.8g/1mm ϕ 로 가장 낮은 상태였으며, 적숙기인 R 상태나 R 단계에서 10일 후(OR)의 과실 경도는 더 이상 변화가 없었다.

성숙 2일 전인 B 상태의 과실은 과육이 충분히 연화되었고 당도가 높았지만 신맛이 강하여 생과용으로 적당하지 않았으며(결과 미제시), 과피 전체가 착색이 된 R 상태 이후에는 산미가 적어 먹기 좋은 상태가 되었다.

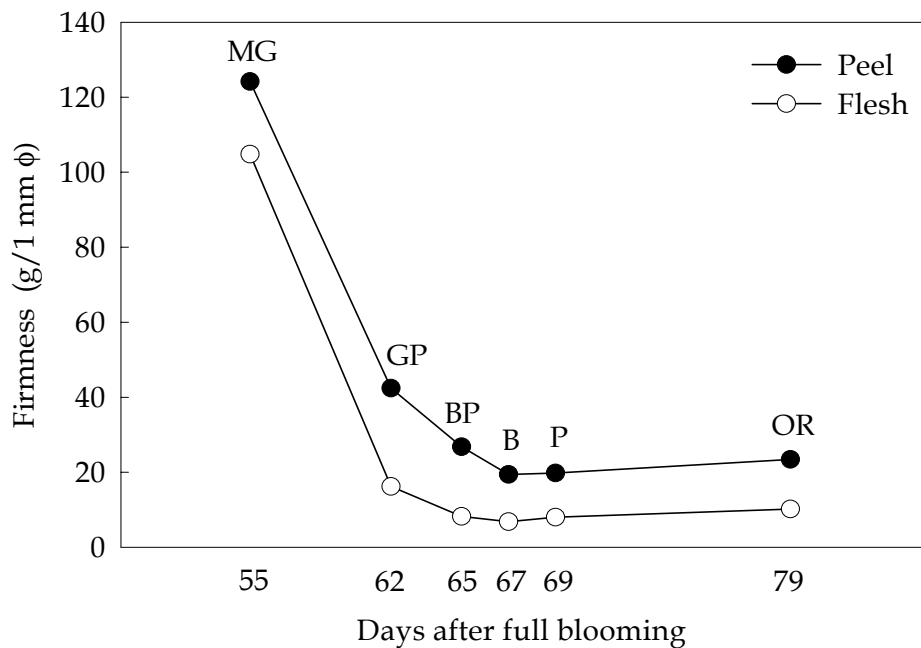


Fig. 12. Peel and flesh firmness by maturity in 'Sharpblue' blueberry cultivar. B, blue; BP, blue pink; GP, green pink; MG, mature green; OR, over ripe; R, ripe.

이처럼 블루베리는 착색이 진행되면서 과실 경도가 급격히 떨어지는 장과류의 특성을 보였지만(Kim 등, 1996; Westwood, 1993), 과실의 연화가 일어나는 시점에서 호흡량이 증가할 것으로 생각되므로(Shimura 등, 1986; Shutak 등, 1980) 클라이맥터릭형 과실에서처럼 성숙 직전에 에틸렌 생성량이 증가하면서 호흡량이 증가하는지 더 정밀하게 연구할 필요가 있다.

품종별 적숙기에 과피색과 과피와 과육의 경도를 조사하였다(Table 17). 'Bluejay'

의 과피색은 L*값이 27.5로 8품종 중 가장 높았고 'Jersey'와 'Rancocas'는 24.5와 24.8로 가장 낮았다. 과피의 경도는 'Jersey'와 'Rancocas'가 각각 24.8g/1mm ϕ 와 28.0g/1mm ϕ 으로 가장 단단하였고, 'Sharpblue'가 20.6g/1mm ϕ 이었으며 'Bluecrop', 'Sunrise', 'Spartan'이 각각 16.6g/1mm ϕ , 15.6g/1mm ϕ , 14.5g/1mm ϕ 으로 연하였다. 과육의 경도는 'Jersey'가 12.0g/1mm ϕ 으로 가장 단단하였고 'Bluecrop', 'Sharpblue', 'Sunrise', 'Bluejay'가 연하였다. 성숙한 블루베리 과실은 경도가 단단할수록 보구력이 증가한다는 보고(Allan-Wojtas 등, 2001)가 있어 앞으로 저장력과 관련하여 검토할 필요가 있다.

Table 17. Hunter value and peel and flesh firmness at harvest in highbush blueberry cultivars.

| Cultivar | Hunter value | | | Firmness (g/1 mm ϕ) | |
|-----------|---------------------|---------|---------|---------------------------|---------|
| | L* | a* | b* | Peel | Flesh |
| Bluecrop | 25.5 c ^z | 1.2 ab | -0.7 cd | 16.6 c | 8.0 c |
| Bluejay | 27.5 a | 0.9 abc | -1.4 e | 20.0 b | 7.9 c |
| Dixi | 25.9 c | 0.9 abc | -0.4 bc | 17.8 bc | 10.3 ab |
| Jersey | 24.5 d | 0.8 bc | -0.2 ab | 24.8 a | 12.0 a |
| Rancocas | 24.8 d | 0.9 abc | +0.0 a | 28.0 a | 10.7 ab |
| Sharpblue | 25.6 c | 1.3 a | -0.8 d | 20.6 b | 7.3 c |
| Spartan | 26.9 b | 0.6 c | -0.4 b | 14.5 c | 8.8 bc |
| Sunrise | 25.4 c | 1.0 abc | -0.2 b | 15.6 c | 6.7 c |

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

'Bluecrop'와 'Sharpblue'를 대상으로 과실의 성숙 초기부터 1주 간격으로 4회 수확하여 과중, 종자 수 및 과실 특성을 조사하였다(Table 18). 'Bluecrop'의 과중은 1차와 4차에 수확한 과실이 각각 1.9g과 2.1g으로 2차와 3차에 수확한 과실 2.6g에 비해 매우 작았다. 'Sharpblue'는 1차에 수확한 과실이 2.4g으로 가장 컸으며, 수확 시기가 늦어질수록 감소하는 경향이였다. 'Bluecrop'의 종자 수는 처리 간에 차이가 없었으나 'Sharpblue'의 종자 수는 수확 시기가 늦을수록 적어지는 경향이였다

(Moore 등, 1972).

Table 18. Fruit weight, number of seeds per fruit, soluble solids, titratable acidity, and peel and flesh firmness at harvest in 'Bluecrop' and 'Sharpblue' blueberry cultivars.

| Harvest | Fruit weight (g) | No. of seeds per fruit | Soluble solids (°Bx) | Titratable acidity (% citric acid) | Firmness (g/1 mm ϕ) | |
|-------------|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|--------|
| | | | | | Peel | Flesh |
| 'Bluecrop' | | | | | | |
| First | 2.1 b ^z | 30 a | 12.4 a | 0.99 | 16.8 a | 8.2 b |
| Second | 2.6 a | 24 a | 11.7 a | 0.97 | 17.5 a | 9.8 ab |
| Thrid | 2.6 a | 31 a | 11.3 a | 0.65 | 16.9 a | 8.8 b |
| Fourth | 1.9 b | 19 a | 12.9 a | 0.61 | 18.3 a | 10.8 a |
| 'Sharpblue' | | | | | | |
| First | 2.4 a | 40 a | 13.1 a | 0.76 | 20.8 a | 7.5 a |
| Second | 2.0 ab | 20 b | 13.3 a | 0.88 | 21.6 a | 9.0 a |
| Thrid | 1.7 bc | 6 b | 13.1 a | 0.65 | 21.9 a | 9.2 a |
| Fourth | 1.5 c | 10 b | 12.0 a | 0.54 | 22.0 a | 9.0 a |

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

포도는 블루베리보다 과방에 더 많은 과실이 착생되지만 착색 시기가 일정하여 과방채로 수확이 가능하지만 블루베리는 한 과총에 5~16개(Table 4) 정도로 적은 편임에도 불구하고 과총 내에서도 과실에 따라 착색 시기가 달라 일시에 수확 하는 것이 불가능하며 적어도 3~4회에 걸쳐 나누어 수확해야 한다(Suzuki와 Kawata, 2001).

품종별 당도와 과피 경도는 수확 시기에 따른 차이가 없었다. 수확 시기별 적정산도는 두 품종 모두 수확을 늦게 할수록 낮아지는 경향이었으나 반복 수가 적어 앞으로 정밀 검토가 필요하다. 품종 간 수확 시기별 과실 특성은 Table 12, 13 및 14의 품종별로 비교한 결과와 같은 경향이였다.

'Bluecrop'와 'Sharpblue'의 과실 크기별 과실 특성을 조사하였다(Table 19). 과실

크기에 따른 과형 지수의 변화는 없었다(Table 12). 'Bluecrop'는 종자가 28개 정도 형성되었는데(Table 13), 평균 과중 이상 크기인 2~3g과 3~4g의 과실은 33~37개로 많았으며, 평균 과중 이하인 1~2g의 소과는 16개로 적은 편이었다. 'Sharpblue'도 'Bluecrop'와 유사한 경향이었으나, 1~2g의 소과에는 종자 수가 9개로 평균 종자 수 34개(Table 13)보다 매우 적었다. 과실 크기별 당도 및 경도는 뚜렷한 경향이 없었다.

Table 19. Diameter, length, and L/D ratio of fruit, number of seeds per fruit, soluble solids, and firmness of peel and flesh by fruit weight in 'Bluecrop' and 'Sharpblue' blueberry cultivars.

| Fruit weight (g) | Fruit (mm) | | L/D ratio | No. of seeds per fruit | Soluble solids (°Bx) | Firmness (g/1 mm ϕ) | |
|------------------|---------------------|--------|-----------|------------------------|----------------------|---------------------------|--------|
| | Diameter | Length | | | | Peel | Flesh |
| 'Bluecrop' | | | | | | | |
| 3~4g | 19.6 a ² | 14.1 a | 0.71 | 37 a | 11.9 a | 16.3 a | 9.1 a |
| 2~3g | 17.6 b | 12.7 b | 0.72 | 33 a | 12.8 a | 16.8 a | 7.6 a |
| 1~2g | 15.0 c | 10.9 c | 0.73 | 16 b | 10.9 a | 17.4 a | 8.4 a |
| 'Sharpblue' | | | | | | | |
| 3~4g | 19.4 a | 14.9 a | 0.77 | 54 a | 14.3 a | 24.7a | 9.7 a |
| 2~3g | 17.1 b | 13.8 b | 0.81 | 43 a | 12.5 a | 18.5b | 6.3 b |
| 1~2g | 14.9 c | 11.6 c | 0.78 | 9 b | 12.1 a | 21.5ab | 7.8 ab |

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

따라서 블루베리는 품종 간에 개화 시기, 사분자 화분 수 및 발아력 등에 차이가 있고, 자가 수분보다 타가 수분에 의해 수정률을 높일 수 있으며, 종자가 많은 과실 일수록 일찍 성숙하고, 과중이 무거웠기 때문에(El-Agamy 등, 1981; Lang와 Danko, 1991) 같은 재배 포장에는 적어도 3품종 이상을 재식해야만 생산량이 증가하고 품질이 높은 과실을 생산할 수 있다.

5. 전정 유무 및 정도에 따른 과실 및 신초 발생 특성

원광대학교 시험 포장에서 자라고 있는 5년생 블루베리 8품종 중 과실 및 수체 생장이 좋은 ‘Sharpblue’와 ‘Bluejay’를 대상으로 전정 유무 및 정도에 따른 과실 특성, 흡지 및 수체 하부 도장성 신초 발생 수를 조사하였다. 전정 정도는 무처리, 약전정 및 강전정으로 약전정은 원줄기는 그대로 두고 위치상 그늘을 지게 할 우려가 있는 부주지, 생육이 좋지 않은 묵은 가지를 솜음 전정하였고 결과지당 꽃눈은 3개 미만으로 남기고 제거하였다. 강전정은 일부 원줄기 및 전년에 발생한 흡지 중 불필요한 것 등을 솜음 전정하였고 나머지는 약전정과 동일하게 실시하였다(Fig. 13).

흡지 및 수체 하부 도장성 신초의 전정에서 꽃눈 유무가 신초 발생에 미치는 영향을 알아보기 위해 전년도에 발생한 흡지 또는 수체 하부 도장성 가지 중 정아가 형성된 것과 그렇지 않은 것을 각각 10개씩 선택하여 모두 꽃눈을 포함한 정단부를 절단전정한 후 신초 발생 수 및 신장 정도를 조사하였다.



Fig. 13. Photo of tree gotten pruning. A and B, non-pruning; C, light pruning; D, heavy pruning.

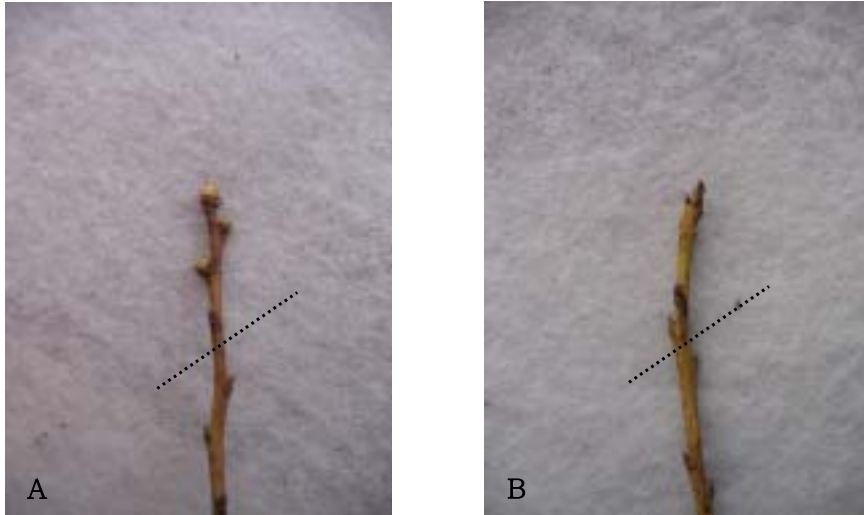


Fig. 14. Suckers or succulent branch with (A) or without (B) flower bud. Dotted line is cutting part on pruning.

원광대학교 시험 포장에서 자라고 있는 5년생 블루베리 8품종 중 과실 및 수체생장이 좋은 ‘Sharpblue’와 ‘Bluejay’를 대상으로 전정 유무 및 정도에 따른 과실, 흡지 및 도장성 신초 발생 특성을 조사한 결과(Table 20), 과실 특성 중 과충당 과실수에서 ‘Sharpblue’는 전정 유무 간에 유의한 차이를 보이지 않았지만, ‘Bluejay’는 약전정 시 가장 많았고 모든 처리 간에 유의한 차이를 나타내었다. 과중에서 ‘Sharpblue’는 강전정 시 가장 높았고 전정 정도 간에 유의한 차이를 나타냈고 ‘Bluejay’는 전정 유무 간에 차이를 뚜렷히 나타냈지만 정도 간에는 차이를 나타내지 않았다. 당도에서 ‘Sharpblue’는 강전정 시 가장 높게 나타났지만 전정 유무 및 정도에 따른 유의한 차이를 나타내지는 않았고, ‘Bluejay’는 강전정 시 월등히 높았고 전정 유무 간에 뚜렷한 차이를 나타냈다. 종자수에서 ‘Sharpblue’는 강전정 시 아주 적게 나타났고 전정 유무 및 정도 간에 차이를 나타내었지만, ‘Bluejay’에서는 전정 유무 및 정도 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 과피 및 과육 경도에서 ‘Sharpblue’는 과피와 과육 모두 전정 유무 및 정도 간에 차이를 나타내지 않았지만, ‘Bluejay’는 과피 경도에서 전정 정도 간에 유의한 차이를 나타냈지만 과육 경도

에서는 차이를 보이지 않았다. 흡지 및 수체 하부 도장성 신초 발생수에서 두 품종 모두 강전정 시 월등히 많이 발생하였고 전정 유무 및 정도 간에 큰 차이를 보였지만, ‘Sharpblue’는 모두 도장성 신초만 발생하였고 ‘Bluejay’는 모두 흡지만 발생하였고, 약전정시 일부 수체에서는 주지의 중간 부위에서 도장지가 다수 발생하기도 하였다(Fig. 15 right). 그러나 ‘Sharpblue’는 작년도에 흡지가 다수가 발생하였으나 ‘Bluejay’는 거의 발생하지 않았던 것으로 보아 수체 상태에 따른 근부의 흡지 발생 능력의 한계가 있는 것으로 생각되며 흡지와 도장성 신초의 발생 경향 간에 어떠한 관계가 있는지 관찰할 필요가 있었다. 이로써 어린 묘를 재식하여 3-4년생이 되면 강전정을 실시하여 흡지 및 도장성 신초를 많이 발생시키고 이후 수체 특성에 따라 전정 정도를 조절한다면 크고 당도가 높은 고품질 과실을 생산할 것으로 생각된다.

Table 20. Fruit characteristic and number of suckers and succulent shoots by pruning severity in ‘Sharpblue’ and ‘Bluejay’ blueberry cultivars.

| Pruning severity | No. of fruits per cluster | Fruit weight (g) | Soluble solids (°Bx) | No. of brown seeds | Fruit hardness (g/1 mm ϕ) | | No. of suckers and succulent shoots |
|------------------|---------------------------|------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|-------|-------------------------------------|
| | | | | | Peel | Flesh | |
| Sharpblue | | | | | | | |
| Control | 7.1 a ^z | 1.8 a | 11.9 a | 24.3 b | 23.2 a | 7.5 a | 0.3 a |
| Light | 7.1 a | 1.9 a | 11.8 a | 22.8 b | 21.3 a | 7.2 a | 1.7 a |
| Heavy | 6.8 a | 2.3 b | 12.2 a | 11.2 a | 22.6 a | 7.8 a | 5.3 b |
| Bluejay | | | | | | | |
| Control | 5.2 a | 1.5 a | 12.3 a | 20.0 a | 26.4 | 9.6 a | 0.0 a |
| Light | 7.9 c | 1.7 b | 13.1 | 26.7 a | 27.7 b | 9.7 a | 0.3 a |
| Heavy | 6.8 b | 1.8 b | 13.7 b | 25.7 a | 25.3 a | 9.3 a | 9.3 b |

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 15. Suckers produced by heavy pruning treatment (left) and succulent shoots on middle of branches produced by light pruning treatment (right).

전정 정도에 따른 수체 내 과실 분포를 살펴보면(Fig. 16), 전정을 하지 않은 수체에서 과실들은 수체의 중간 밑과 내부로 대부분 밀집 착과되어 있었고(Fig. 16A) 얇은 단과지가 대부분이고 잎이 작고 짧은 신초가 많이 발생하였다. 이는 차후 동해 및 화아분화 등에 영향을 주어 과실 품질이 저하되고 결과지 당 생산량이 감소할 것으로 생각된다. 그러나 약전정과 강전정을 실시한 수체의 과실들은 수체 외부쪽으로 전체적으로 잘 분산되어 착과되었고 굵고 긴 신초들이 잘 발생하였다(Figs. 16B, C). 하지만 강전정을 처리한 일부 수체에서는 꽃눈 수의 부족으로 인한 과충수가 적어 수확량에 다소 문제가 될 것으로 생각된다(Fig. 17).



Fig. 16. Fruit setting according to pruning severity. A, non-pruning; B, light pruning; C, heavy pruning.



Fig. 17. Lack of set fruits in heavy pruning treatment.

1년생 흡지 또는 수체 하부 도장성 가지에 대한 전정 시 꽃눈 유무가 신초 발생에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 21), 신초수에서는 전정 유무 간에는 유의한 큰 차이를 나타내었지만 꽃눈 유무 간에는 차이를 나타내지 않았다. 전정을 하지 않은 것은 기부 가까이부터 신초가 많이 발생하였고, 전정을 한 것은 중간부위부터 다수가 발생하는 경향을 보였다(Fig. 18). 신초길이에서도 전정 유무 간에는 큰 차이를 보였지만 꽃눈 유무 간에는 차이를 보이지 않았다. 전정을 하지 않은 것은 짧은 신초가 많이 발생하였고(Fig. 18 left) 전정을 한 것은 중간 이상 길이의 굵은 신초가 발생하였다(Fig. 18 right). 전정을 하지 않은 흡지 및 도장성 가지의 정아는 대부분 고사되었고(Fig. 19A), 일부는 고사된 정아 밑의 화아에서 과실이 맺히는 것이 발견되었다(Fig. 19B). 그리고 간혹 정아가 고사되지 않은 가지가 나타났지만 과충을 정상적으로 이루지 못하였고 크기가 적고 착색이 늦은 비정상과실이 착과하였다(Fig. 19C). 이에 전정 관리에서 흡지나 도장성지는 이듬해 동계전정을 통해 선단부 절단 전정이 필요할 것으로 판단된다.

Table 21. Number of shoot and the shoot length by heading back pruning of the tip of suckers or succulent branches in highbush blueberry.

| Suckers or succulent branches | No. of shoots | Shoot length (cm) |
|-------------------------------|---------------|-------------------|
| Control | 18 a | 10.1 a |
| with flower bud | 7 b | 20.9 b |
| without flower bud | 6 b | 21.9 b |

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 18. Shoots produced by non-pruning treatment (A) and pruning treatment (B).



Fig. 19. Died flower buds (A) and fruit set at 3rd or 4th from terminal bud (B) or at terminal bud (C) on succulent branches in non-pruning treatment.

6. 재배 시 내외적 요인에 의한 수체, 과실 및 잎 피해

연구 기간 동안 연구 계획에 의해 병충해 방제를 하지 않고 블루베리에서 발생할 수 있는 병충해를 관찰하였다. 익산 원광대학교 노지 포장에서는 병해는 많지 않았지만 충해는 많이 나타났다. 과실 피해는 바람에 의한 과실 간 충돌, 가지와 과실의 충돌 및 재배자와 과실의 충돌에 의한 상처도 있었지만 대부분의 피해는 노린재에 의한 피해였다(Fig. 20). 노린재는 과즙을 먹기 위해 과실에 상처를 주었고, 이 상처 부위에 개미, 타 노린재, 무당벌레, 파리, 벌 등에 의해 과실 피해 부위가 확대되어 이용이 대부분 불가능하였다(Figs. 20A, B, C). 그리고 피해가 한 과실에 그치지 않고 그 주위 과실에서도 나타나 피해가 확산되는 것으로 보인다. 잎 피해는 장마기 전과 후에 모두 나타났고 유충에 의한 피해가 대부분이었다. 2005년도에 품종별로 잎 피해를 조사해 본 결과, 'Spartan'이 가장 피해가 심했지만(Fig. 20D; Table 22), 2006년도에는 대부분의 품종들이 피해정도가 비슷하였다. 따라서 노린재 방제는 반

드시 필요하며 상처 과실을 발견할 시 빨리 제거하고 월동 후 적절한 살충제 방제가 필요할 것으로 보인다.

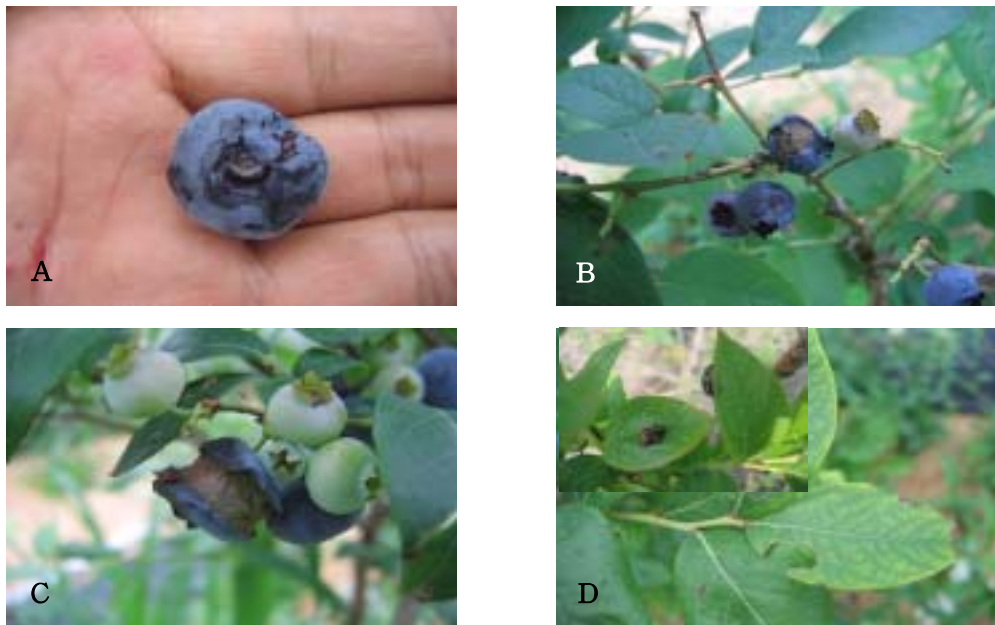


Fig. 20. Fruits injured (A, B, C) by insect pests and leaf injured (D) by larvae.

Table 22. Injured degree of leaf in highbush blueberry cultivars (2005).

| Cultivar | Degree ^z |
|-----------|---------------------|
| Bluecrop | + |
| Dixi | + |
| Sunrise | ++ |
| Bluejay | ++ |
| Spartan | +++ |
| Sharpblue | + |
| Jersey | ++ |
| Rancocas | ++ |

^z+ ; few, +++ ; many

원광대학교 노지 포장에서 발견된 충은 다양하였다(Fig. 21). 가장 많이 발견되는 곤충은 노린재로 위에서 말한 바와 같이 과실에 가장 많은 피해를 주었다. 이 외에도 과실에 직접적인 피해를 주는 충들은 다양하게 발견되었고 일부 토양 동물도 피해를 주었다. 하지만 노린재류의 일부는 육식성으로 다른 곤충의 애벌레를 잡아먹는 등 유익하다고도 알려져 있기도 하다. 그리고 수체 관찰시 많이 발견되는 것이 거미줄로 거미는 해보다는 이로움을 주는 동물로 알려져 있지만 과실 수확 시 잎이나 과총 등에 거미줄로 인한 번거로움이 있었다.



Fig. 21. Insect pests found in growing field of highbush blueberry.

곤충의 알은 여러 종류가 발견되었고(Fig. 22), 수확 초기 관찰 시 부화를 이미 끝낸 흔적들이 보였고 7월 초까지 부화하지 않은 알도 관찰되었다. 이에 잎의 피해는 수확전부터 수확종료 후까지 장기간에 걸쳐 나타날 것으로 예상된다. 알은 추후 잎에 직접적인 피해를 주는 유충의 근원이므로 발견 즉시 제거해주어야 한다.



Fig. 22. Eggs of insect pests found in growing field of highbush blueberry.

알에서 나온 유충은 여러 종류가 발견되었다(Fig. 23). 유충은 잎에 직접적인 피해를 주고 있었고 수확 시 수확자에게 혐오감을 주기도 하였다. 그리고 해충의 서식처도 일부 발견할 수 있었다(Fig. 24). 피해를 감소 시키기 위해서는 재배 시 유충이나 서식처를 발견한 즉시 직접 제거하거나 붙어 있는 잎을 제거해야 한다.



Fig. 23. Nits found in growing field of highbush blueberry.



Fig. 24. Habitat of insect pests found in growing field of highbush blueberry.

병에 의한 피해는 과수 주요 재배 과종(사과, 배, 포도, 복숭아 등)에 비해 아주 적은 편이었다. 병의 피해 양상은 과실 무름병, (젓빛)곰팡이병, 탄저병 및 잎마름병으로 보이는 증상들이 나타났다. 그러나 수확 기간 중 과실 및 잎의 피해량이 그리 많지 않아 농약 방제는 필요하지 않았지만 대량 재배에서는 고려해 보아야 할 것으로 판단된다.



Fig. 25. Damages of disease found in growing field of highbush blueberry.

열매자루 쪽이 뾰족한 변형과(Fig. 26A)와 과피가 찢어진 과실(Fig. 26B)을 발견할 수 있었다. 열매자루 쪽이 뾰족하게 변한 과실은 과총들을 관찰한 결과, 위치상 양 옆의 과실이 가운데이며 앞에 위치한 과실을 과실 부피가 커지며 밀어 내기 때문으로 생각된다. 또한 과피가 찢어진 과실은 과실이 충분히 성숙되지 않았을 때 충에 의한 상처가 과실 부피가 커지며 과피가 찢어진 것으로 보인다.

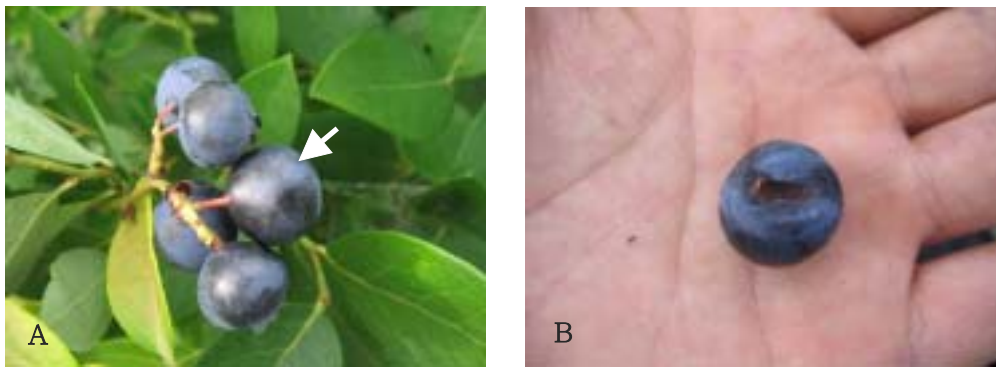


Fig. 26. Change of fruit shape (A) and tear of fruit peel (B) in highbush blueberry.

시험 포장에 재배되고 있는 8품종 중 ‘Sunrise’는 그루 전체가 다른 품종에 비해 수체 생육이 아주 저조하였고 착과량도 적었으며 잎에 색깔이 옅은 황색으로 변하는 증상이 나타났다(Fig. 27A). 하지만 동일 포장에 다른 품종들은 그러지 않은 것과 ‘Sunrise’ 전체 그루가 이런 현상을 나타내는 것을 고려하면 익산 지역에 부적합한 품종으로 생각된다. 그리고 일부에서는 미량 원소 결핍 증상으로 예상되는 황백화 현상이 나타났고, 2차로 성장한 많은 신초의 선단부 잎이 말라 죽어가는 증상(Fig. 27B)을 나타나기도 하였다.

점질성 토양으로 인한 배수 불량에 의한 뿌리 발육 및 생육 불량, 이로 인한 조기 단풍이 일부 나타났다(Fig. 27C). 동일 품종, 동일 연령이면서도 수고가 다른 수체에 비해 절반정도 되었고 흡지 및 도장성 신초 발생이 없었다. 또한 이에 따른 화아형성 불량으로 신초 선단부에 꽃눈이 거의 형성되지 않았고 또한 일부 수체는 겨울 동해로 수체 고사가 나타나기도 하였다. 블루베리는 내한성이 다소 약한 것으로 알려져 있다(Austin, 1994; Gough, 1994; Westwood, 1993).



Fig. 27. 'Sunrise' supposed as non-suitability cultivar in Iksan area (A), drying and dying young leaf of shoot tip (B), early red-colored leaf (C) in highbush blueberry.

재배 중 과숙 과실은 낙과하는 현상을 나타내었다(Fig. 28). 정상 수확시보다 약 3일 이상 지나면 낙과 현상이 나타났고 수확 시에도 과숙과는 작은 흔들림에도 떨어져 주의가 필요하였다. 자연적 과숙에 의한, 또는 바람에 의한 과숙과 낙과가 많아 대량 재배 시 농가 소득에 영향을 줄 것으로 보여 적숙기 수확이 꼭 필요할 것으로 보인다.



Fig. 28. Fruit dropt by overripening or wind in highbush blueberry.

조류의 피해는 1년차 연구 시 자료 부족에 의해 방조망 시설을 과실이 착색이 된 후 설치하였다. 이때 과실 착색과 함께 많은 조류들이 몰려 과실을 따먹거나 상처를 주는 등 피해가 많았다. 그러나 방조망 설치 후 과실 피해는 전혀 나타나지 않아 블루베리 재배 시 방조망 설치는 필수조건이라 할 수 있다. 그리고 설치류에 의한 피해는 전혀 없었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

| 연구 내용 | 연구 책임자 | 추진 일정 | | | | | | | | | | | | 연구개발비 (천원) |
|---------------------------------------|-----------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| ○ 블루베리의 환경 반응 연구와 농가 실증 시험(서울대) | 이희재 | | | | | | | | | | | | | 50,000 |
| - 도입 품종의 연간 수체 생장 조사 | | | | | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | | | |
| - 주요 품종의 차광 환경 반응 연구 | | | | | | | -- | -- | -- | -- | | | | |
| - 주요 품종의 수분 환경 반응 연구 | | | | | | | -- | -- | -- | -- | | | | |
| - 지역별 시험 포장 선정 및 조성 | | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | | | |
| - 지역별 생육 특성 조사 | | | | | | | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| - 기능성에 대한 자료 조사 | | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| ○ 블루베리 결실 조절 연구(원광대) | 김태훈 | | | | | | | | | | | | 20,000 | |
| - 수분 방법에 따른 종자 형성과 과실 품질 구 명 | | | | | | | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| - 결과지 발생 위치별 결 실 특성 조사 | | | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 사업 진도(%) | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | | | |

제 5 장 연구개발결과의 활용 계획

1. 학술지 발표

- ① Bae, K.S., H.C. Kim, T.C. Kim, H.J. Lee, and B.Y. Lee. 2003. Characteristics of floral organ of highbush blueberry. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21(Suppl. 2): 74.
- ② Kim, S.J., D.J. Yu, J.H. Kim, H.J. Lee, B.Y. Lee, and T.C. Kim. 2003. Changes of photosynthetic characteristics in water stressed blueberry leaves. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21(Suppl. 2): 74.
- ③ Lee, H.J., S.J. Kim, D.J. Yu, B.Y. Lee, and T.C. Kim. 2004. Changes of photosynthetic characteristics in water-stressed 'Rancocas' blueberry leaves. Proc. 8th Intl. Symp. on Vaccinium Culture. P4.
- ④ Kim, S.J., D.J. Yu., J.H. Kim, T.C. Kim, B.Y. Lee, and H.J. Lee. 2004. Comparative photosynthetic characteristics of well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberry leaves. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 45:143-148.
- ⑤ Bae KS, Kim HC, Kim TC, Lee HJ, Lee BY. 2004. Fruit maturation characteristics of "Sharpblue" blueberry (*Vaccinium corymbosum*), Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22(Supl. 1)
- ⑥ Kim SJ, D.J. Yu, J.H. Kim, T.C. Kim, B.Y. Lee, and H.J. Lee. 2005. Photosynthetic response and growth characteristics in shaded blueberry (*Vaccinium coryborosum* cv. 'Bluecrop'). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23(Suppl. 1): 74.
- ⑦ 고품질 블루베리 재배 (소책자, 30쪽)
- ⑧ 블루베리 병충해 leaflet 제작(500부) 및 배포 중
- ⑨ 새소득과수 - 블루베리의 재배기술(1), 2006. 5.6월호 과수농가를 위한 길잡이 한국과수, 한국과수협회
- ⑩ 새소득과수 - 블루베리의 재배기술(2), 2006. 3.4월호 과수농가를 위한 길잡이 한

국과수, 한국과수협회



2. 블루베리 협회 조직 및 특강

- ① 한국 블루베리 협회 창립 총회 개최
 - 2006년 3월 29일 원예연구소 강당
 - 이병일 교수님 초대 회장 취임
- ② 한국 블루베리 협회 창립 총회 특강
 - 「블루베리의 도입과 재배」 -이병일
 - 「블루베리의 기능성과 이용」 -이희재





3. 특강 및 세미나 발표

- ① 블루베리의 도입과 재배 - 제주대, 전남대, 강릉대 등

제 6 장 참고문헌

- Allan-Wojtas, P.M., C.F. Forney, S.E. Carbyn, and K.Y.K.G. Nicholas. 2001. Microstructural indicators of quality-related characteristics of blueberries: An integrated approach. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 34:23-32.
- Arditti, J. 1992. *Fundamentals of orchid biology*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA. pp.152-192.
- Arora, R., L.J. Rowland, J.S. Lehman, C.C. Lim, G.R. Panta, and N. Vorsa. 2000. Genetic analysis of freezing tolerance in blueberry (*Vaccinium* section *Cyanococcus*). *Theor. Appl. Genet.* 100:690-696.
- Ashworth, E.N. and G.A. Davis. 1986. Ice formation in woody plants under field conditions. *HortScience* 21:1233-1234.
- Ausin, M.E. and K. Bondari. 1992. Soil pH effect on yield and fruit size of two rabbiteye blueberry cultivars. *J. Hort. Sci.* 67:779-785.
- Austin, M.E. 1994. Potentials of blueberry production in Northeast Asia. *Horticulture in Northeast Asia. J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 35(Suppl.):22-32.
- Bae, K.S. and T.C. Kim. 2002. Effect of the number of pollinated styles on the pollen tube growth and fertilization in 'Niitaka' pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43(5):613-616.
- Ballington, J.R., W.E. Ballinger, C.M. Mainland, W.H. Swallow, E.P. Maness, G.J. Galletta, and L.J. Kushman. 1984a. Ripening period of *Vaccinium* species in southeastern North Carolina. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:392-396.
- Ballington, J.R., W.E. Ballinger, W.H. Swallow, G.J. Galletta, and L.J. Kushman. 1984b. Fruit quality characterization of 11 *Vaccinium* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:684-689.
- Balok, C.A. and R. St. Hilaire. 2002. Drought responses among seven southwestern landscape tree taxa. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:211-218.
- Berlyn, G.P. and J.P. Miksche. 1976. *Botanical microtechnique and*

- cytochemistry. Iowa State Univ. Press, Ames, IA, USA.
- Bhojwani, S.S. and S.P. Bhatnagar. 1974. The embryology of angiosperms. Vikas Publ. House, New Delhi, India.
- Björkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. In: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, and H. Ziegler [eds.], Encuclopedia of Plant Physiology (NS), 12A, 57-107. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 28:355-377.
- Björkman, O. and S.B. Powles. 1984. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: Interaction with light level. Planta 161:490-504.
- Bold, H.C., C.J. Alexopoulos, and T. Delevoryas. 1980. Morphology of plants and fungi. Harper & Row Publ., New York, NY, USA.
- Brewer, J.W. and R.C. Dobson. 1969. Seed count and berry size in relation to pollinator level and harvest date for the highbush blueberry. *Vaccinium corymbosum*. J. Econ. Entomol. 62:1353-1355.
- Brodribb, T.J. and R.S. Hill. 2000. Increases in water potential gradient reduce xylem conductivity in whole plants: Evidence from a low-pressure conductivity method. Plant Physiol. 123:1021-1028.
- Cano-Medrano, R. and R.L. Darnell. 1998. Effect of GA₃ and pollination on fruit set and development in rabbiteye blueberry. HortScience 33:632-635.
- Cartechini, A. and A. Pallioti. 1995. Effect of shading on vine morphology and productivity and leaf gas exchange characteristics in grapevine in the field. Amer. J. Enol. Viticult. 46:227-234.
- Chae, S., K., Son, and J. Yun. 1998. Photosynthetic patterns of *Dendrobium nobile* cultivars and their photosynthetic abilities as affected by temperature, light intensity, and CO₂ concentration. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:756-760.
- Chae, S.C. 2002. A scanning electron microscope observation of flower bud

- initiation and development of *Dendrobium nobile*. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(4):356-359.
- Chen, Y., J.M. Smagula, W. Litten, and S. Dunham. 1998. Effect of boron and calcium foliar sprays on pollen germination and development, fruit set, seed development, and berry yield and quality in lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:524-531.
- Choi, H.I., J.Y. Kang, H.K. Sohn, and S.Y. Kim. 2002. Development of stress-tolerant crop plants. J. Plant Biotechnol. 4:53-58.
- Cockerham, L.E. and G.J. Galletta. 1976. A survey of pollen characteristics in certain *Vaccinium* species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101:671-676.
- Dammig-Adams, B. and W.W. Adams. 1996. The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. Trends Plant Sci. 1:21-26.
- Darrow, G.M. and D.H. Scott. 1966. Varieties and their characteristics, p. 94-110. In: P. Eck and N.F. Childers (eds.). Blueberry culture. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ, USA.
- Dean, T.J., S.G. Pallardy, and G.S. Cox. 1982. Photosynthetic responses of black walnut (*Juglans nigra*) to shading. Can. J. For. Res. 12:725-730.
- Deltoro, V.I., A. Calatayud, F. Morales, A. Abadia, and E. Barreno. 1999. Changes in net photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and xanthophyll cycle interconversions during freeze-thaw cycles in the Mediterranean moss *Leucodon sciuroides*. Oecologia 120:499-505.
- Demmig, B. and O. Böjrkman. 1987. Comparison of the effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77K) and photon yield of O₂ evolution in leaves of higher plants. Planta 171:171-184.
- Demmig-Adams, B. and W.W. Adams III. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43:599-626.
- Easu, K. 1977. Anatomy of seed plants. John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y, USA.

- Eck, P. 1989. Fruit development. p. 66-90. In: Blueberry science. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ, USA.
- Eck, P. and C.M. Mainland. 1971. Highbush blueberry fruit set in relation to flower morphology. HortScience 6:494-495.
- Eck, P. and N.F. Childers. 1988. Blueberry culture. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ, USA.
- Ehlenfeldt, M.K. 1998. Enhanced bud production in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) in response to paclobutrazol. HortScience 33:75-77.
- El-Agamy, S.Z.A., W.B. Sherman, and P.M. Lyrene. 1981. Fruit set and seed number from self- and cross-pollinated highbush (4X) and rabbiteye (6X) blueberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:443-445.
- Epron, D. and E. Dreyer. 1993. Compared effects of drought on photosynthesis of adult oak trees (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl. and *Quercus robur* L.) in a natural stand. New Phytol. 125:381-389.
- Eran, R., N. Avinoam, and M. Yosef. 1998. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. Sci. Hort. 73:151-164.
- Escalona, J.M., J. Flexas, and H. Medrano. 1999. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. Austral. J. Plant Physiol. 26:421-433.
- Fear, C.D., F.I. Lauer, J.J. Luby, R.L. Stucker, and C. Stushnoff. 1985. Genetic components of variance for winter injury, fall growth cessation, and off-season flowering in blueberry progenies. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:262-266.
- Flagella, Z., R.G. Campanile, M.C. Stoppelli, A. De Caro, and N. Di Fonzo. 1998. Drought tolerance of photosynthetic electron transport under CO₂-enriched and normal air in cereal species. Physiol. Plant. 104:753-759.
- Flexas, J., J.M. Escalona, and H. Medrano. 1999. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in

- grapevines. *Plant Cell Environ.* 22:39-48.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2004. Statistics of food and agriculture in 2003.
- Foyer, C.H., M. Lelandais, and K.J. Kunert. 1994. Photooxidative stress in plants. *Physiol. Plant.* 92:696-717.
- Gamon, J.A. and R.W. Pearcy. 1990. Photoinhibition in *Vitis californica*: The role of temperature during high-light treatment. *Plant Physiol.* 92:487-494.
- Givnish, T. J. 1988. Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Austral. J. Plant Physiol.* 15:63-92.
- Gough, R.E. 1980. Root distribution of 'Coville' and 'Lateblue' highbush blueberry under sawdust mulch. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:576-578.
- Gough, R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. p. 93-107. Food Products Press, New York, NY, USA.
- Gough, R.E., V.G. Shutak, and R.L. Hauke. 1978. Growth and development of highbush blueberry. I. Vegetative growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:94-97.
- Gross, J. 1987. Pigments in fruits, p. 138-198. Academic Press, Inc., San Diego, CA, USA.
- Gupton, C.L. and J.M. Spiers. 1996. High zinc concentrations in the growing medium contribute to chlorosis in blueberry. *HortScience* 31:955-956.
- Hakam, N., S. Khanizadeh, J.R. DeEll, and C. Richer. 2000. Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence. *HortScience* 35:184-186.
- Harada, H. 1984. Relation between shoot growth, axillary bud development, and flower initiation in Japanese persimmon. *J. Jp. Soc. Hort. Sci.* 53:271-277.
- Hicklenton, P.R., J.Y. Reekie, R.J. Gordon, and D.C. Percival. 2000. Seasonal patterns of photosynthesis and stomatal conductance in lowbush blueberry plants managed in a two-year production cycles. *HortScience* 35:55-59.
- Himelrick, D.G. 1991. Cryoprotectants influence freezing resistance of

- grapevine bud and leaf tissue. HortScience 26:406-407.
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water-culture method of growing plants without soil. California Agr. Expt. Stn. Circ. 347.
- Huang, Y. and C.E. Johnson. 1996. A convenient and reliable method to evaluate blueberry pollen viability. HortScience 31:1235.
- Isutsa, D.K., M.P. Pritts, and K.W. Mudge. 1994. Rapid propagation of blueberry plants using ex vitro rooting and controlled acclimatization of micropropagules. HortScience 29:1124-1126.
- Japanese Blueberry Association. 1997. Blueberry. Shomorisha, Tokyo.
- Jones, H.G. 1985. Partitioning stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis. Plant Cell Environ. 8:95-104.
- Kader, F., B. Rovel, and M. Metche. 1993. Role of invertase in sugar content in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 26:593-595.
- Kader, F., B. Rovel, M. Girardin, and M. Metche. 1996. Fractionation and identification of the phenolic compounds of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). Food Chem. 55:35-40.
- Kadlecova, Z., M. Faltus, and I. Prasil. 2000. Relationship between abscisic acid content, dry weight and freezing tolerance in barley cv. Lunet. J. Plant Physiol. 157:291-297.
- Kalt, W. and J.E. McDonald. 1996. Chemical composition of lowbush blueberry cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:142-146.
- Kang, S.K., H. Motosugi, K. Yonemori, and A. Sugiura. 1997. Exothermic characteristics of dormant buds of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) in relation to cold hardiness. HortScience 32:840-843.
- Kasuga, M., Q. Liu, S. Miura, K. Yamaguchi-Shinozaki, and K. Shinozaki. 1999. Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single stress-inducible transcription factor. Nature Biotechnol. 17:287-291.
- Kender, W.J. and W.T. Brightwell. 1966. Environmental relationships, p.

- 75-93. In: P. Eck and N.F. Childers (eds.). Blueberry culture. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ, USA.
- Kho, Y.O. and J. Baer. 1968. Observing pollen tubes by means of fluorescence. *Euphytica* 17:298-302.
- Kim, J.H., J.C. Kim, K.C. Ko, K.R. Kim, and J.C. Lee. 1996. An introduction to pomology. Hyangmoonsa, Seoul, Korea.
- Kim, S.J., D.J. Yu, J.H. Kim, T.C. Kim, B.Y. Lee, and H.J. Lee. 2004. Comparative photosynthetic characteristics of well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberry leaves. *J. Kor. Hort. Sci.* 45:143-148.
- Kim, S.K., Y.S. Nam, J.H. Oh, D.Y. Choi, and J.C. Park. 1998. Seasonal changes in concentrations of sugar, organic acid, and anthocyanin in grapes (*Vitis* spp.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:412-416.
- Koike, K., S. Ishikawa, and M. Hashiki. 1992. Blueberry, In: An outline of agricultural techniques, fruit tree book 7. A Society of Farming, Forestry and Fishing Village Cultivation, Tokyo, Japan.
- Kozaki, A. and G. Takeba. 1996. Photorespiration protects C3 plants from photooxidation. *Nature* 384:557-560.
- Kubiske, M.E., M.D. Abrams, and S.A. Mosstoller. 1996. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis in relation to the drought and shade tolerance of tree species in open and understory environments. *Trees* 11:76-82.
- Kushima, T. and M.E. Austin. 1979. Seed number and size in rabbiteye blueberry fruit. *HortScience* 14:721-723.
- Kwack, B.H. 1965. The effect of calcium on pollen germination. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 87:818-823.
- Kwack, S.N. and K. Fujieda. 1985. Pollen tube growth and embryo development in interspecific crosses of *Cucurbita*. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 30:1-8.
- Kyle, D.J. 1987. The biochemical basis for photoinhibition of photosystem II, p.

- 197-226. In: D.J. Kyle, C.B. Osmond, and C.J. Arntzen (eds.). Topics in photosynthesis. Vol. 9. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Lang, G.A. and R.G. Danka. 1991. Honey-bee-mediated cross- versus self-pollination of 'Sharpblue' blueberry increases fruit size and hastens ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:770-773.
- Lee, B.Y. and J.G. Lee. 2001. Introduction of blueberry plants and establishment of cutting propagation method. *Collection of Treatises in Daesan* 9:87-102.
- Lee, C.B. 1989. A pictorial book of the Korea plant. Hyangmoonsa, Seoul, Korea. p. 603-604.
- Levi, A., G.R. Panta, C.M. Parmentier, M.M. Muthalif, R. Arora, S. Shanker, and L.J. Rowland. 1999. Complementary DNA cloning, sequencing and expression of an unusual dehydrin from blueberry floral buds. *Physiol. Plant.* 107:98-109.
- Linden, L. 2002. Measuring cold hardiness in woody plants. *Appl. Biol. Public.* 10: 1-57.
- Loach, K. 1967. Shade tolerance in tree seedlings. 1. Leaf photosynthesis and respiration in plants raised under artificial shade. *New Phytol.* 66:607-621.
- Lund, A.E. and W.H. Livingston. 1998. Freezing cycles enhance winter injury in *Picea rubens*. *Tree Physiol.* 19:65-69.
- Lyrene, P.M. 1989. Pollen source influences fruiting of 'Sharpblue' blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:995-999.
- Lyrene, P.M. 1991. Fertile derivatives from sparkleberry x blueberry crosses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:899-902.
- Lyrene, P.M. 1994a. Environmental effects on blueberry flower size and shape are minor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1043-1045.
- Lyrene, P.M. 1994b. Variation within and among blueberry taxa in flower size and shape. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1039-1042.
- Lyrene, P.M. and W.B. Sherman. 1980. Horticultural characteristics of native

- Vaccinium darrowi*, *V. elliotii*, *V. fuscatum*, and *V. myrsinites* in Alachua County, Fla. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:393-396.
- Lyrene, P.M. and W.B. Sherman. 1983. Mitotic instability and 2n gamete production in *Vaccinium corymbosum* × *V. elliotii* hybrids. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:339-342.
- Mantyla, E., V. Lang, and E.T. Palva. 1995. Role of abscisic acid in drought-induced freezing tolerance, cold acclimation, and accumulation of LTI78 and RAB18 proteins in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiol. 107:141-148.
- Mauro, C., F. Loreto, A. Massacci, F. Pietrini, M.C.V. and M. Zacchini. 2000. Improved growth and water use efficiency of cherry saplings under reduced light intensity. Ecol. Res. 15:385-392.
- McDonald, A.J.S. and W.J. Davies. 1996. Keeping in touch: Responses of the whole plant to deficits in water and nitrogen supply. Adv. Bot. Res. 22:228-300.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27:1254-1255.
- Medrano, H., M.A.J. Parry, X. Socas, and D.W. Lawlor. 1997. Long term water stress inactivates Rubisco in subterranean clover. Ann. Appl. Biol. 131:491-501.
- Megalos, B.S. and J.R. Ballington. 1987. Pollen viability in five Southeastern United States diploid species of *Vaccinium*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:1009-1012.
- Mercik, S. and K. Smolarz. 1995. Influence of fertilization and mulching on the growth, fruiting, and chemical composition of soil and leaves of highbush blueberry. Acta Hort. 383:323-327.
- Mingeau, M., C. Perrie, and T. Ameglio. 2001. Evidence of drought-sensitive periods from flowering to maturity on highbush blueberry. Sci. Hort. 89:23-40.
- Moon, J.W., J.A. Flore, and J.F. Hancock. 1987. A comparison of carbon and

- water vapor gas exchange characteristics between a diploid and highbush blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:134-138.
- Moore, J.N. 1965. Improving highbush blueberries by breeding and selection. *Euphytica* 14:39-48.
- Moore, J.N. 1993. Blueberry cultivars of north America. *HortTechnology* 3:370-374.
- Moore, J.N., B.D. Reynolds, and G.R. Brown. 1972. Effects of seed number, size and development on fruit size of cultivated blueberries. *HortScience* 7:268-269.
- Müller, P., X.P. Li, and K.K. Niyogi. 2001. Non-photochemical quenching: A response to excess light energy. *Plant Physiol.* 125:1558-1560.
- Muthalif, M.M. and L.J. Rowland. 1994. Identification of dehydrin-like proteins responsive to chilling in floral buds of blueberry (*Vaccinium*, section *cyanococcus*). *Plant Physiol.* 104:1439-1447.
- Nakao, Y., K. Kawase, S. Shiozaki, T. Ogata, and S. Horiuchi. 2001. The growth of pollen and female reproductive organs of ginkgo between pollination and fertilization. *J. Jp. Soc. Hort. Sci.* 70:21-27.
- National Plant Quarantine Services. 2004. Annual report of plant quarantine (imported) in 2003.
- Nesbitt, M.L. 2002. Assays to assess freeze injury of Satsuma mandarin. *HortScience* 37:871-877.
- NeSmith, D.S. and G. Krewer. 1992. Flower bud stage and chill hours influence the activity of GA₃ applied to rabbiteye blueberry. *HortScience* 27:316-318.
- NeSmith, D.S. and G. Krewer. 1999. Effect of bee pollination and GA₃ on fruit size and maturity of three rabbiteye blueberry cultivars with similar fruit densities. *HortScience* 34:1106-1107.
- Neuner, G., and P. Bannister. 1995. Frost resistance and susceptibility to ice formation during natural hardening in relation to leaf anatomy in three evergreen tree species from New Zealand. *Tree Physiol.* 15:371-377.

- Niyogi, K.K. 1999. Photoprotection revisited: Genetic and molecular approaches. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50:333-359.
- O'Brien, T.P. and M.E. McCully. 1981. The study of plant structure: Principles and selected methods. Termarcarphi Pty. Ltd., Melbourne Australia.
- Ögren, E. 2003. Premature dehardening in *Vaccinium myrtillus* during a mild winter: A cause for winter dieback? *Func. Ecol.* 10:724-732.
- Oh, S., D. Choi, and C. Cho. 1997. Effect of different light conditions within canopy on growth and photosynthesis in apple tree. 1997. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:391-395.
- Ortiz, R., N. Vorsa, L.P. Bruederle, and T. Laverty. 1999. Pollen viability in natural populations of three North American diploid species of blueberry (*Vaccinium*, section *Cyanococcus*). *Sci. Hort.* 80:39-48.
- Parmentier, C.M., L.J. Rowland, and M.J. Line. 1998. Water status in relation to maintenance and release from dormancy in blueberry flower buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:762-769.
- Parrie, E.J. and G.A. Lang. 1992. Self- and cross-pollination affect stigmatic pollen saturation in blueberry. *HortScience* 27:1105-1107.
- Pastenes, C., E. Santa-Maria, R. Infante, and N. Frank. 2003. Domestication of the Chilean guava (*Ugmi molinae* Turcz.), a forest understory shrub, must consider light intensity. 2003. *Sci. Hort.* 98:71-84.
- Pearce, R.S. 2001. Plant freezing and damage. *Ann. Bot.* 87:417-424.
- Peng, S.A. and S. Iwahori. 1994a. Morphological and cytological changes in apical meristem during flower bud differentiation of Japanese pear, *Pyrus pyrifolia* Nakai. *J. Jp. Soc. Hort. Sci.* 63:313-321.
- Powles, S.B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 35:15-44.
- Ritzinger, R. and P.M. Lyrene. 1998. Comparison of seed number and mass of southern highbush blueberries vs. those of their F₁ hybrids with *V. simulatum* after open pollination. *HortScience* 33:887-888.

- Ritzinger, R. and P.M. Lyrene. 1999. Flower morphology in blueberry species and hybrids. *HortScience* 34:130-131.
- Rural Development Administration. 1990. Climate characteristics.
- Schulze, E.D. 1986. Carbon dioxide and water vapor response to drought in the atmosphere and in the soil. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 37:247-274.
- Sharpe, R.H. and W.B. Sherman. 1971. Breeding blueberries for low chilling requirement. *HortScience* 6:145-147.
- Sharpe, R.H. and W.B. Sherman. 1976. 'Sharpblue' blueberry. *HortScience* 11:65.
- Shimura, I., M. Kobayashi, and S. Ishikawa. 1986. Characteristics of fruit growth and development in highbush and rabbiteye blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. and *V. ashei* Reade) and the differences among their cultivars. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 55:46-50.
- Shutak, V.G. and R.E. Gough. 1982. Grow the best blueberries. A Storey Country Wisdom Bulletin.
- Shutak, V.G., R.E. Gough, and N.D. Windus. 1980. The cultivated highbush blueberry; twenty years of research. Rhode Island Agricultural Experiment Station Bulliten p. 428.
- Song, C.Y. and J.S. Lee. 2003. Process of flower bud differentiation of *Rhododendron mucronulatum*, *Rhododendron schlippenbachii*, *Forsythia koreana*, and *Syringa dilatata* native to Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:373-380.
- Spiers, J.M. 1978. Effect of stage of bud development on cold injury in rabbiteye blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:452-455.
- Spiers, J.M. 1986. Root distribution of 'Tifblue' rabbiteye blueberry as influenced by irrigation, incorporated peatmoss, and mulch. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:877-880.
- Stattin, E. and A. Lindstrom. 1999. Influence of soil temperature on root freezing tolerance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Plant Soil* 217:173-181.

- Stern, K.R. 1994. Introductory plant biology. p. 111-112. Wm. C. Brown Publ., Dubuque, IA, USA.
- Suzuki, A. and N. Kawata. 2001. Relationship between anthesis and harvest date in highbush blueberry. *J. Jp. Soc. Hort. Sci.* 70:60-62.
- Suzuki, A., T. Shimizu, and K. Aoba. 1998. Effects of leaf/fruit ratio and pollen density on highbush blueberry fruit quality and maturation. *J. Jp. Soc. Hort. Sci.* 67:739-743.
- Teramura, A.H., F.S. Davies, and D.W. Buchanan. 1979. Comparative photosynthesis and transpiration in excised shoots of rabbiteye blueberry. *HortScience* 14:723-724.
- Tolvanen, A. 1997. Recovery of the bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) from artificial spring and summer frost. *Plant Ecol.* 130:35-39.
- Trehane, J. 2004. Blueberries, cranberries and other *Vacciniums*. Royal Horticultural Society. pp. 99-190.
- USDA. 1982. Food composition table of united states department of agriculture.
- Valladares, F. and R.W. Pearcy. 1997. Interactions between water stress, sun-shade acclimation, heat tolerance, and photoinhibition in the sclerophyll *Heteromeles arbutifolia*. *Plant Cell Environ.* 20:25-36.
- Vandenbussche, B., S. Leuridan, V. Verdoodt, M. Gysemberg and M. De Proft. 1999. Changes in sugar content and fatty acid composition of in vitro sugar beet shoots after cold acclimation: Influence on survival after cryopreservation. *Plant Growth Regul.* 28:157-163.
- Vander Kloet, S.P. 1983. The relationship between seed number and pollen viability in *Vaccinium corymbosum* L. *HortScience* 18:225-226.
- Vorsa, N. and J.R. Ballington. 1991. Fertility of triploid highbush blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:336-341.
- Vorsa, N., G. Jelenkovic, A.D. Draper, and W.V. Welker. 1987. Fertility of 4X × 5X and 5X × 4X progenies derived from *Vaccinium ashei/corymbosum* pentaploid hybrids. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:993-997.

- Westwood, M.N. 1993. Temperate-zone pomology. p. 100-101. Timber Press, Portland, OR, USA.
- Wetzstein, H.Y. and D. Sparks. 1989. Stigma-pollen interactions in pecan. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:355-359.
- Zhang, M.I.N. and J.H.M. Willison. 1987. An improved conductivity method for the measurement of frost hardiness. Can. J. Bot. 65:710-715.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.