

블루베리의 내한성 평가 및 목재수분계측기를 이용한 동해피해 진단

김기덕^{1*} · 이준구² · 류명상² · 유동림¹ · 권영석¹ · 이종남¹
¹국립식량과학원 고령지농업연구센터, ²국립원예특작과학원 원예작물부

Evaluation of Cold Tolerance of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) and Diagnosis of Freezing Injury Using Timber Moisture Meter

Ki-Deog Kim^{1*}, Jun-Gu Lee², Myeong-Sang Ryu², Dong-Lim Yoo¹,
Young-Seok Kwon¹, and Jong-Nam Lee¹

¹Highland Agriculture Research Center, NICS, RDA, Pyeongchang 232-955, Korea

²Department of Horticultural Crop Research, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea

Abstract. This study was conducted to evaluate on the freezing tolerance of introduced blueberry cultivars in Korea and to investigate availability of portable timber moisture meter for simple and rapid diagnosis of blueberry-shoot damage by freezing during wintering. Frost tolerance of blueberry cultivars showed big difference that rates of blueberry-shoot death were widely distributed from about 0% to 100% after wintering. Optical density in TTC reduction of blueberry twig treated low temperature was low in order of $-40^{\circ}\text{C} < -21^{\circ}\text{C} < 4^{\circ}\text{C}$. Hardiness evaluation of visible injury in the cross-sectional surface color did not agree with that of rates of blueberry-shoot death during wintering. Lowest water content of blueberry stem measured by timber moisture tester during wintering was about 15%. During wintering, water contents of blueberry stems were higher at lower part of tree, but were low at end part of stems, and then when the blueberry grew again for spring, the water content gradually increased to 20~40%. Water content of blueberry stem with freezing injury during wintering decreased to under 5% by desiccation. Therefore it is assumed that the moisture content of blueberry stem injured by freezing during wintering was about under 14%, and it is expected that portable timber moisture meter could be available for rapid diagnosis of blueberry freezing injury in field.

Key words : rate of shoot death, TTC test, *Vaccinium*, water content, wintering

서 론

최근 블루베리는 세계 10대 우수식품으로 그 가능성이 널리 알려지면서 소비자들에게 집중적인 각광을 받고 있는 소과류이다. 블루베리는 캐나다, 미국 등 주로 외국품종이 도입되어 재배되고 있다. 현재 전세계적으로 재배되고 있는 블루베리에는 북부하이부시, 남부하이부시, 반수고 하이부시, 래빗아이, 로우부시 등이 있으며 이중 과실이 다소 커 생과로 이용되는 하이부시 블루베리가 주로 재배되고 있다(Lee 등, 2009). 그러나 외국에서 육성된 여러 가지 품종들은 생태형에 따

라 내한성의 차이가 커서 우리나라 재배환경조건에 품종들이 적응성이 확인되지 않아 재배지역에 따라서는 여러 곳에서 겨울철을 지나면서 동해피해를 받는 경우가 많다. 내한성은 품종선발의 주요한 선택 기준 중의 하나이다. 내한성이 비교적 강한 품종을 선택하더라도 지역에 따라서 월동 후 줄기가 고사하는 현상이 많이 발생하고 있다. 일반적으로 고사는 겨울철의 지나친 저온과 초봄의 건조피해로 인해 고사하는 것으로 알려져 있으나(Lee 등, 2008) 아직 구체적으로 주요 원인이 무엇인지 뚜렷하게 밝혀지지 않았다. 캐나다에서는 해에 따른 동해 피해정도가 겨울철 적설량 차이를 한가지 원인으로 분석하고 있으며(Capiello와 Dunham, 1994), 바닷바람에 따라 유입되는 소금의 영향으로 건조피해가 더 심하다고 보고하였다(Eaton 등, 2004).

*Corresponding author: kkd1414@korea.kr
Received September 19, 2012; Revised September 28, 2012;
Accepted October 17, 2012

블루베리의 내한성 평가 및 목재수분계측기를 이용한 동해피해 진단

블루베리의 동해 피해는 수량감소의 원인 중의 하나로 내한성 품종의 선택 뿐 아니라 동해피해 대책을 수립하기 위해서는 신속한 동해피해의 조기진단이 필요하다. 지금까지의 동해피해 진단방법으로는 저온에 접한 후 가지가 다시 살아나는지 관찰하는 것(Basil과 Howell, 1973), 육안 관찰(Choi와 Lee, 1988), 세포 염색에 의한 활력측정(Sakai, 1982; Steponkus와 Lanpear, 1967), 조직의 비전도도 측정법(Dexter 등, 1930; Basil과 Howell, 1973), multiple freezing point 분석(McLeester 등, 1968) 등이 알려져 있다. 이와 같은 방법들은 많은 시간이 소요되고, 측정결과와 생존율이 일치하지 않거나 식물별로 가장 정확한 척도 방법이 다르거나 나타나 올바르게 판단하기가 어려웠다. 특히 육안검정은 개인의 주관이 개입되어 오류 가능성이 높으며(Brown 등, 1974), 앞에서 언급된 다른 방법들도 현장에서 직접 적용하기에는 곤란한 점이 많았다. 과수의 질소영양 진단에 휴대용 클로로필측정기의 활용에 관한 연구(Park 등, 2007)에서 보여주듯이 휴대용 계측기는 현장에서 신속하고도 간편하게 진단할 수 있는데, 아직까지 동해진단에 휴대용 계측기의 활용에 관한 연구는 없다. 작물의 동해피해로는 저온으로 인한 식물체내에 얼음결정이 생기는 피해와 블루베리 가지가 월동한 후, 가지가 말라버리는 현상이 있는데, 전자는 세포의 결빙이 세포수분을 탈수시키는 과정을 통하여 나타나며(Guy, 1990), 후자를 통해서는 동해피해가 가지의 수분함량의 변화와 관계가 깊을 것으로 판단된다(Lee 등, 2008). 따라서 목재의 수분측정에 쓰이는 휴대용 계측기를 활용하여 월동 중 블루베리 가지의 수분함량의 변화를 계측함으로써 동해피해 유무를 신속하게 진단 할 수 있을 것으로 판단하였다.

이에 본 연구는 외국에서 도입한 품종들의 내한성을 평가하고, 아울러 동해피해를 현장에서 조기에 신속하게 진단을 할 수 있는 방법을 모색하여 목재수분계측기의 활용가능성을 검토하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 블루베리의 내한성 평가

해외에서 도입한 블루베리의 품종별 내한성을 검토하여 고랭지에서 재배가 가능한 품종을 선별할 목적으로, 해발 800m인 대관령에 식재하여 3년간 재배해 온

Duke 등 70종의 블루베리 품종에 대하여 Strang 등 (2007)의 방법으로 월동 후 가지의 고사율을 측정하였다. 가지의 고사율은 가지의 눈이 발아한 시기인 2009년 4월에 조사하였으며, 신초가지의 전체길이에 대하여 고사한 가지길이의 백분율로 환산하였다.

품종별 가지의 내동성검정은 TTC(Steponkus와 Lanpear, 1967)방법을 보완하여 수행하였다. 시료의 조제는 2008년에 성장하여 월동 중인 40품종의 블루베리에 대하여 2차 가지의 중간부위에서 10cm씩을 채취하여 알루미늄 호일에 싸서 4°C, -20°C 및 -40°C의 냉장고에 12시간 두었다가 -20°C 및 -40°C의 시료는 4°C의 냉장고에서 다시 3일간 해빙한 후 꺼내어 상온에 7일간 두었다. 이와 같이 조제한 시료를 1cm 보다 짧게 자른 시료 100 ± 10mg(FW, 생체중)을 시험관에 넣고 0.05M Na₂HPO₄-KH₂PO₄ 완충용액(pH 7.4)으로 만든 0.6%의 TTC용액 3ml를 넣은 후 vacuum으로 5분 동안 탈기시킨 다음 30°C 압상태에 24시간 동안 두었다. 소량의 증류수로 세척하면서 TTC 용액을 따라 내고 95%의 7ml 에탄올을 넣은 후 10분 간 끓는 수조에서 불수용성 formazan을 추출하였다. 수조에서 꺼내어 냉각시키고 95% 에탄올로 10ml로 맞춘 액을 530nm에서 흡광도(Minolta JP/CM-3500d, Japan)를 측정하였다. 내동성은 대조(4°C에서 처리한 것) 흡광도에 대한 처리온도별 흡광도의 백분율로 환산하여 평가하였다. 또한 앞서와 동일한 온도에서 처리한 54품종의 가지를 절단하여 해부현미경하에서 검경하고, 갈변정도로 내한성을 평가한 연구(Moon과 Lee, 1986)를 기초로 녹색에서 갈색까지 6단계로 나누어 상대적으로 분류하였으며, 녹색을 유지한 것은 내한성이 강한 것으로, 갈변한 것은 내한성이 약한 것으로 평가하였다.

2. 수분계측에 의한 동해진단

동해피해는 블루베리 가지의 수분함량의 변화로부터 진단하고자 하였다. 블루베리 가지의 수분함량의 측정에는 간이 목재수분계측기(Protimeter timbermaster, GE, England)을 이용하였으며, 계측기의 두 핀을 가지의 수피에 삽입시키고 수치가 고정된 다음 수치를 기록하였다. 목재수분계측기는 전극의 전도율과 목재의 중량 수분함량의 관계로부터 수분함량을 측정하므로 목재의 종류에 따라 수치를 보정하도록 되어 있다(GE, 2006).

목재수분계측기의 블루베리 가지에 대한 수분 측정의 정도를 검토하기 위하여 목재수분측정값과 중량수분의 변화를 조사하였다. 2009년 3월 29일에 Duke, Rubel, Jersey 등 3품종의 블루베리 가지를 채취하여 50°C의 건조기에서 서서히 건조시키면서 중량수분의 값이 0%에 도달한 200시간 동안 경시적으로 중량수분함량과 동시에 목재수분계측기로 수분함량을 측정하였다. 월동 중 가지의 부위별 수분함량 측정은 2008년 12월 16일 Duke 품종에서 측정하였으며, 생육이 왕성하게 시작된 시기의 수분함량은 2009년 4월 3일 강릉에 식재되어 있는 Coville, Bluecrop 및 Polaris 품종에서 측정하였다. 한편 동해피해 유무에 따른 가지의 수분함량의 변화를 알아보기 위하여 2009년 2월 23일부터 2009년 4월 6일까지 동해피해가 있었던 Bluecrop 품종에서 경시적으로 수분함량을 측정하였으며, 아울러 월동중인 Duke 등 6개 품종의 가지를 채취하여 실내

에서 물이 담겨있는 시험관에 가지의 하부가 잠기도록 꽂아두고 경시적으로 수분함량을 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 가지 고사율에 의한 내한성 평가

과수에 있어서 적지 선정은 재배의 성패를 좌우하는 중요한 요인이다. 이 중에서 생태형에 따라 내한성이 다른 특성을 가지고 있는 블루베리는 더욱 더 재배품종 선택에 신중을 기해야 한다. 해외에서 도입한 블루베리 품종들에 있어서 동해피해는 몇가지로 대별됨을 확인할 수 있었다. 같은 품종의 경우에도 동해피해의 정도에 다르게 나타났다. 거의 동해피해가 없는 그루, 하부는 피해가 없고 상부가지의 피해만 있는 그루 및 대부분 고사한 그루 등의 형태로 나타나 개체간의 생육상태에 따라서 월동성의 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 1).

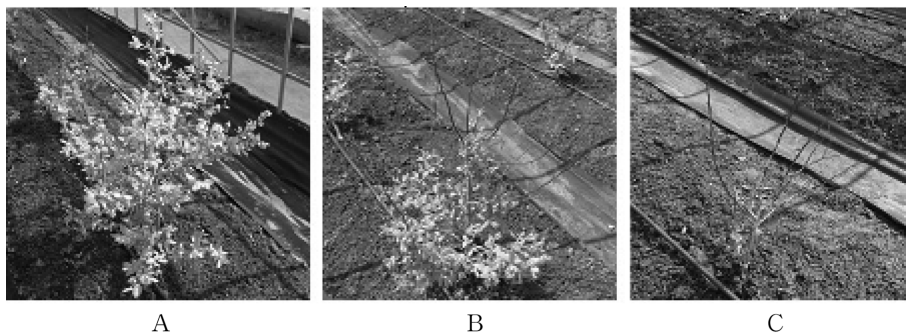


Fig. 1. Differences of freezing damage degree after wintering in the blueberries 'Collins' in Daegwallyeong. A: Tree without freezing damage, B: Tree with freezing damage in the upper part of twigs, C: Tree with severe freezing damage.

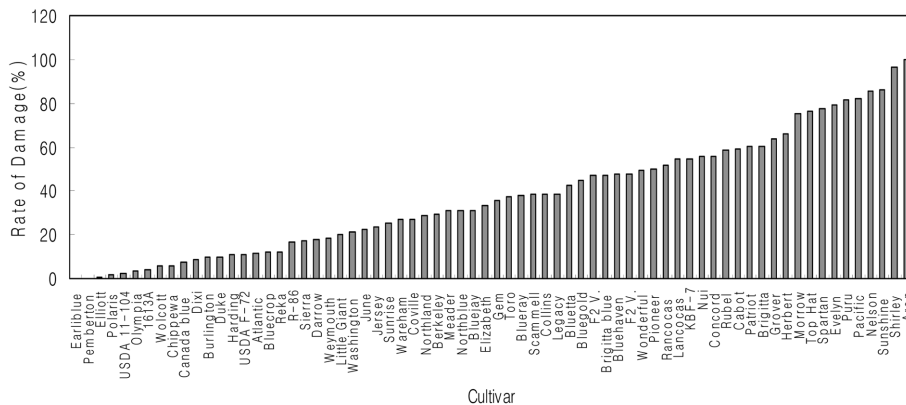


Fig. 2. Rate of freezing damage by 70 blueberry cultivars after wintering in Daegwallyeong. Rate of freezing damage was calculated by percentage of damage part against 2nd branch of blueberry.

블루베리의 내한성 평가 및 목재수분계측기를 이용한 동해피해 진단

Fig. 2는 신초의 고사율을 측정하여 측창이 개방된 대관령의 비가림에서 월동한 블루베리의 품종별 내한성을 평가한 결과이다. Earliblue와 Pemperton의 가지는 전혀 고사하지 않은 반면 Aron의 신초가지는 모두 고사하는 등 품종에 따라 내한성의 차이가 컸다.

Lee 등(2008)의 선행 연구에서도 블루베리 가지 고사율에 품종간의 차이가 컸다고 보고하였다. 2008년에서 2009년에 걸치는 겨울동안 대관령의 최저기온이 -21°C로 나타나 대관령지역 30년 기후의 평균 최저온도와 동일한 수준으로 낮았기 때문에 다른 해보다 품종간 피해가 더 나타났을 것으로 판단된다.

2. TTC 검정에 의한 내한성 평가

TTC 검정은 과수의 동해피해를 화학적으로 검정하는 방법으로 잘 알려져 있다. Fig. 3은 노지포장에서

월동중인 블루베리 품종의 상부 가지를 채취하여 4°C, -20°C 및 -40°C의 온도에 처리한 후 TTC 방법으로 활력을 검정하고 그 결과를 흡광도로 나타낸 것이다. 4°C에 저장한 가지의 흡광도가 가장 높게 나타났고 최저온인 -40°C에서 가장 낮은 결과를 보였다. 각각의 품종을 고랭지 지역 겨울철 평균적 최저온도인 -20°C의 흡광도를 기준으로 정렬하였을 때 Blueray나 Bluejay 품종이 가장 높게 나타났으며, -40°C의 저온에서도 Coville, Elliott, Blueray 품종은 흡광도가 상당히 높은 결과를 보였다. 내한성이 비교적 높다고 알려진 품종군들은 -20°C에 처리한 가지의 흡광도가 대체로 0.8 수준 이상을 보였다.

3. 가지 절단면 색에 의한 내한성 평가

과수의 가지 동해피해정도는 줄기를 절단하여 줄기

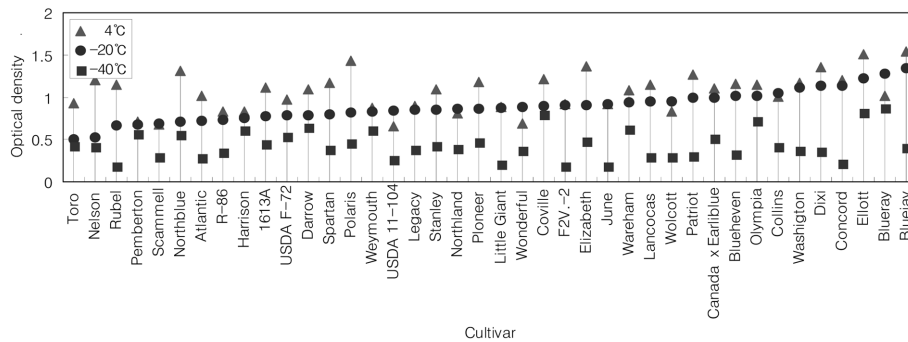


Fig. 3. The Absorbance of TTC reduction by stem segments of 40 blueberry cultivars stored for 12 hours at 4°C, -20°C, and -40°C. Cultivars were ordered by the absorbance of TTC reduction at -20°C, which was the lowest temperature during winter at Daegwallyeong.

Table 1. Grouping by cross-sectional surface color^z of twig of 54 blueberry cultivars after low temperature (-40°C) treatment.

Green	Yellowish green	Green and light brown	Light brown	Brown	Deep brown
F2V-1, Morrow, Wonderful, Wareham	Little giant, Darrow, Reka, Bluecrop, Olympia, USDA-F73, Gem, Jersey, June, Coville	Legacy, Nelson, Briggita blue, Sierra, Wolcott, Nui, Evelyn, Puru, Pemberton, Early blue, Berkely, Harrison, Nothland, USDA 11-104, Cobat, Meader, Weymouth, Grover	Polaris, Blueheaven, Northblue, Sunshine blue, Collins, Elizabeth, Washington, Atlantic, Stanley, Scammell, Burlington	Herbert, Chippewa, F2V-2, Canada blue, Pacific, Bluejay, Dixi, Lanconcas	Bluetta, Concord, R-60

z: Degree of relative cold tolerance; green > yellowish green > green and light brown > light brown > brown > deep brown.

의 색을 육안으로 관찰하여 평가할 수 있다(Moon과 Lee, 1986). 가지의 절단면이 갈변 정도로부터 가지의 활력을 판단할 수 있다는 보고(Lee 등, 1997)에 근거하여, 저온처리한 가지의 절단면의 색에 따라 품종별로 분류하였다. -20°C에서 처리한 가지 절단면의 색은 표에 나타내지는 않았지만 대부분 녹색을 유지하고 있어서 -20°C 정도의 온도에서는 공시한 품종의 가지가 대부분 동해피해를 거의 받지 않은 것으로 판단할 수도 있다. 그런데 블루베리의 내한성 한계온도보다 낮으며, 대관령지역 겨울철 최저기온보다 현저히 낮은 온도(-40°C)에서 처리된 가지의 절단면을 살펴보면, 대체로 가지 고사율이 낮아 내한성이 강하게 분류되었던 Polaris는 -20°C 처리에서 녹색을 유지하였으나 -40°C에서는 갈변하였다. 또한 가지 고사율 조사에서 내한성이 낮은 것으로 분류되었던 Herbert 품종도 가지의 절단면이 모두 진하게 갈변하였다. 반면 Coville 품종은 -40°C에서도 녹색을 잘 유지하는 것으로 나타나 내한성이 강한 품종인 것으로 판단할 수 있다(Table 1). 그러나 앞의 블루베리 가지의 고사율 조사결과에서 보여주듯이 많은 품종의 가지가 동해피해를 받은 것으로 나타났으므로, 절단면 색검정에 의한 내한성 검정 결과와 완전히 일치하지는 않았다. 따라서 가지 절단면의 색 변화에 의해 동해피해를 정확하게 진단하는데 한계가 있는 것으로 생각된다.

4. 수분계측에 의한 동해진단

동해피해를 검정하는 앞에서의 3가지 방법 중에서 가지 고사율 조사는 이듬해 봄에 눈이 자라는 것을 확인하여 조사한 것으로 가장 확실하고도 구체적인 방법이지만 시간이 지연되는 단점이 있다. 재배현장에서 가지를 직접 절단하여 갈변정도를 눈으로 확인하는 방법도 어느 정도 가능한 것으로 보인다(Choi와 Lee, 1988). 그러나 신초가지의 경우에는 그루의 일부분이므로 절단하여 진단할 수 있을지라도 성목의 지체부가 동해를 입었는지를 절단하여 판단하기는 곤란하다. 따라서 동해에 의한 피해가 가지에서 물 흐름이 차단되어 고사하는 메카니즘과 동일하게 나타난다는 보고(Corners와 Leuschner, 2005)를 바탕으로 월동한 블루베리 가지의 수분함량 변화로부터 블루베리가 동해피해를 유무를 알아보고자 목재수분계측기를 활용하여 가지의 수분을 측정하였다. 우선 블루베리 가지의 중량수

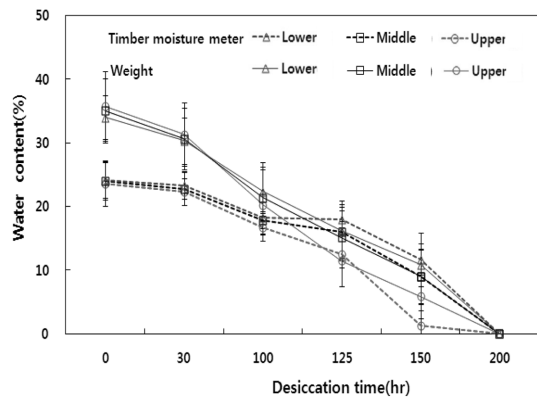


Fig. 4. Water contents of blueberry twigs measured by weighing machine and timber moisture meter when the twigs were seasoned at 50°C dry oven. Moisture contents were measured at upper, middle, and lower part of 2nd branch of three blueberry cultivars (Duke, Rubel, Jersey).

분함량과 목재수분계측기에 의한 수분함량의 경시적 변화로부터 목재수분계측기에 수분함량의 정도를 알아보고자 조사한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 가지 채취시 목재수분계측기로 측정된 수분함량은 측정위치에 상관없이 모두 중량수분함량에 비해 약 10% 정도 다소 높았지만 가지가 완전히 건조되어 수분이 측정되지 않는 200시간이 경과된 시점까지 두 측정값은 일정한 경향으로 감소하였다. 100시간이 경과된 시점에서부터 가지 상부에 비해 가지 하부의 수분함량이 높아진 것은 하부의 가지가 굵어서 마르는 속도가 느렸기 때문으로 판단된다. 중량수분함량은 가지 전체의 수분함량을 중량으로 측정된 것이고, 목재수분계측기 측정값은 표피에서 목질부 사이의 사부와 형성층의 수분함량이 측정된 것으로, 측정 방법이 달라 두 측정값이 완전히 일치하지는 않더라도 목재수분계측기 측정값(y)과 중량수분함량(x) 사이에는 일정한 관계($y = 0.6852x + 1.9821, r^2 = 0.9248^{***}$)가 있는 것을 나타냈다. 따라서 블루베리 가지의 수분함량을 목재수분계측기로 측정할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 5는 월동중인 블루베리(Duke) 가지의 부위별 수분함량을 측정한 것으로 2차가지에서 다소 낮은 뿐 주축지와 가지 등 측정부위 간에는 큰 차이가 없이 24% 내외로 나타났다. 한편, 생육이 왕성하게 시작되어 눈이 트기 시작된 시기인 2009년 4월 3일에 품종에 따라 부위별로 수분함량을 측정하였는데(Fig. 6), 주축지에서 다소 높게 나타났고 모든 부위에서 40%

블루베리의 내한성 평가 및 목재수분계측기를 이용한 동해피해 진단

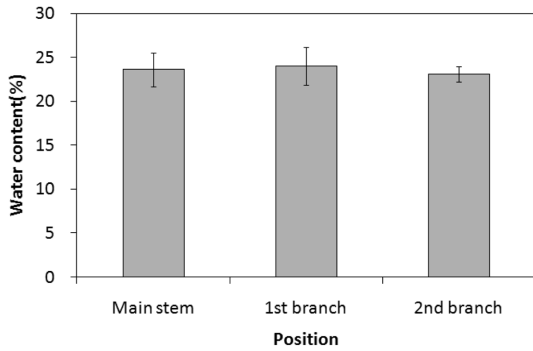


Fig. 5. Water contents of mainstem, 1st branch and 2nd branch of blueberry (Duke) measured by timber moisture meter during wintering on 16th December, 2008.

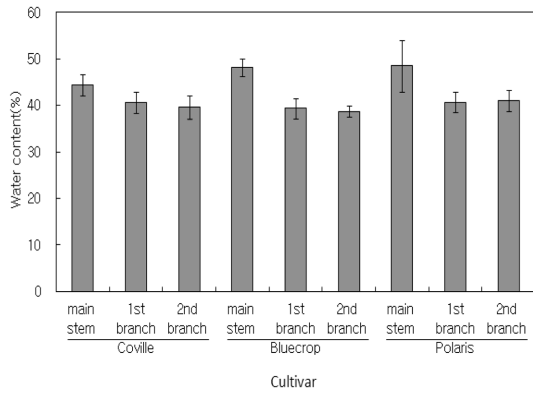


Fig. 6. Water contents of mainstem, 1st branch and 2nd branch measured by timber moisture meter on 3rd Apr., 2009 when the blueberry grew again for spring.

이상의 높은 수치를 보였다. 따라서 이와 같은 결과로부터 수분함량은 부위보다는 생육시기에 따라 차이가 현저히 크다는 것을 알 수 있다. Song 등(2002)은 감의 품종별 내한성 평가에서 내한성이 강한 품종에서 수체 내 수분함량이 적다고 보고하였으며, Burke 등(1976)에 의하면 목질부를 어느 정도 건조시키므로써 내한성을 증가시킨다고 한 반면, 수목조직의 함수율 자체는 내한성과 직접적인 관계가 없는 등(Hong, 1985), 서로 내용은 다르지만 수분이 내한성과 관련하고 있음을 보고하고 있다. 동해피해가 가지가 건조되는 것과 밀접한 관계가 있으므로(Corners와 Leuschner, 2005), 육안으로 동해를 받지 않은 것으로 판단되는 가지의 수분함량이 24% 이상이므로, 동해피해 가지의 수분측정값은 적어도 이들 측정값보다는 낮은 범위에

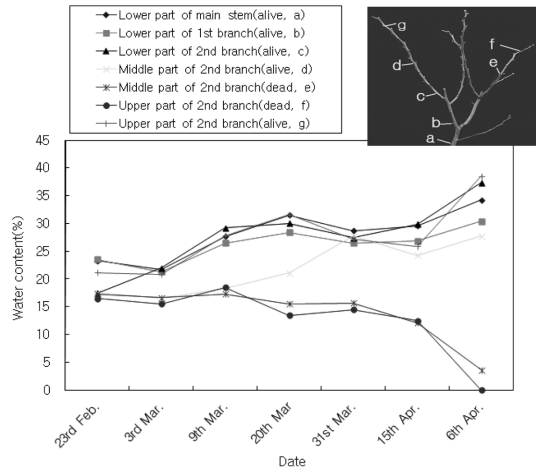


Fig. 7. The changes of water content of various parts of blueberry (Bluecrop) measured by timber moisture meter from 23rd Feb. to 6th Apr., 2009. *Photograph of various measuring parts of blueberry.

있을 것으로 판단된다.

Fig. 7는 월동중인 블루베리 가지의 동해피해 유무에 따른 수분함량의 변화를 알아보기 위하여 목재수분계측기로 측정된 결과이다. 대체로 겨울을 지나 봄에 새싹이 돋아나는 시기에 수분함량이 증가하는 추세를 보였다. 2월말경의 수분함량에서는 나무의 하부일수록 수분함량이 높고 가지 끝으로 갈수록 수분함량이 낮은 경향이었으며 살아있는 가지는 시간이 경과할수록 수분함량이 계속 증가하는 경향을 나타냈다. 또한 2차가 지의 중간부위에서의 변화를 살펴보면 2월 23일에는 17% 내외로 낮게 유지되다가 3월 중순부터 높아진 반면, 2차가 지 하부에서는 2월말부터 수분함량이 상승하는 등 위치에 따라 수분함량의 변화양상이 달랐다. 3월 중순 이후 수분함량이 낮아진 가지는 동해를 받아 시간이 지남에 따라 점점 말라가고 있는 것으로 판단된다. Moon과 Lee(1986)의 사과 동해 피해에 관한 연구에서 동해피해는 1차 가지보다는 2차가 지에서 심하게 나타났다고 보고하였는데, 블루베리에서도 같은 결과를 나타낸 것으로 판단된다. 육안으로 살아있을 것으로 예측되었던 가지의 측정부위의 측정값(Fig. 7의 a, b, c, g)은 시간이 경과함에 따라 계속 증가하였고, 2차 가지의 측정부위 중 한 곳의 측정값(Fig. 7의 d)은 약 15% 범위에서 유지되다가 3월 9일 이후부터 높아졌다. 한편 동해피해를 받았을 것으로 예측되었던

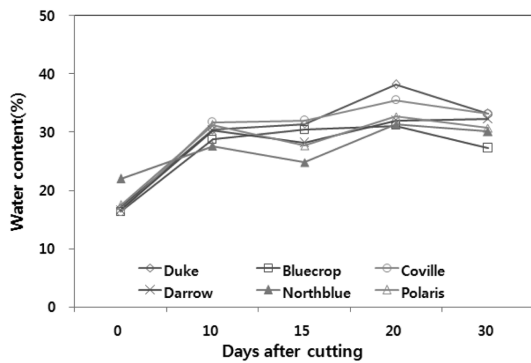


Fig. 8. The changes of water content of blueberry stems measured by timber moisture meter when the blueberry cuttings which were collected in the open field during wintering were put in test tube filled with water at room temperature.

가지의 측정부위의 측정값(Fig. 7의 e, f)은 처음 측정값 17%에서 점점 낮아져 5%이하로 낮아졌다. 한편 포장에서 월동중인 Duke 등 6개 품종을 실내에 두고 수분함량을 측정하였다(Fig. 8). 포장에서 채취한 당시의 수분함량은 포장에서 측정한 수분함량중 최저수준인 15%를 나타냈지만, 실내에서 삼목하여 10일이 경과하여 잎눈이 정상적으로 발아하였을 때의 수분함량이 30~40% 수준으로 나타나, 적어도 수분함량 15% 수준에서 점점 증가되는 경우에는 동해피해를 받지 않았을 것으로 판단된다. 이와 같은 결과로부터 블루베리 가지의 수분함량이 14% 정도가 동해피해를 받아 고사하고 있는지 판단할 수 있는 수분함량 범위로 추정된다. 특히 온도가 점점 높아져 생장하는 시기에 몇 일 간격으로 연속측정하여 14%에서 점점 낮아지는 결과를 나타낸다면 더 정확하게 판단할 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 결과로 볼 때, 목재수분계측기가 현장에서 블루베리의 동해피해를 신속하게 진단하는데 잘 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 앞으로 연구가 더 수행된다면 절단면을 확인하기 곤란한 수체하부의 부분적 동해피해 진단에도 이용될 수 있지 않을까 판단된다.

적 요

외국에서 도입한 블루베리의 내한성을 평가하고, 목재수분계측기가 월동 중 블루베리 가지의 동해피해를

간편하고 신속하게 진단하는데 활용할 수 있는지를 알아보기 위하여 수행되었다. 월동 중 블루베리의 가지의 고사율은 0~100%로 다양하게 나타나 품종별 내한성의 차이가 컸다. 블루베리 가지의 저온처리에 따른 TTC 검정에서 품종별 OD값은 $-40^{\circ}\text{C} < -21^{\circ}\text{C} < 4^{\circ}\text{C}$ 순으로 처리온도가 낮을수록 낮게 나타났다. 블루베리 가지의 저온처리에 따른 가지절단면의 색의 검정은 가지고 사율에 의한 내한성과 다른 결과와 차이가 있었다. 목재수분계측기에 의해 측정된 살아있는 블루베리 가지의 월동 중 최저 수분함량은 약 15%였으며, 월동 중 블루베리 가지의 위치별 수분함량은 나무 아랫부분일수록 높고 가지 끝으로 갈수록 낮았으나, 봄으로 접어들면서 가지 끝의 수분함량이 점점 높아져 20~40% 범위로 측정되었다. 월동 중 동해피해를 받은 가지는 점점 건조되어 수분함량이 5% 이하로 낮아졌다. 동해를 받은 블루베리 가지의 수분함량은 14% 수준 이하일 것으로 추정되며, 목재수분계측기가 블루베리 가지의 동해피해를 현장에서 신속하게 진단하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 가지 고사율, 산앵도나무속, 수분함량, 월동, TTC 시험

인 용 문 헌

1. Basil, G.S. and G.S. Howell. Jr. 1973. Evaluation of viability tests for cold stressed plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98:325-330.
2. Brown, M.S., E.S.B. Pereira, and B.J. Finkle. 1974. Freezing of non-woody plant tissues. II. Cell damage and the fine structure of freezing curves. Plant Physiol. 53:709-711.
3. Burke, M.J., L.V. Gusta, C.J. Weiser, and P.H. Li. 1976. Freezing and injury in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 27:507-528.
4. Capiello, P.E. and W.W. Dunham. 1994. Seasonal variation in low-temperature tolerance of *Vaccinium angustifolium* Ait. HortScience 29:302-304.
5. Choi, J.K. and J.S. Lee. 1988. Studies on some principal factors involved in cold hardiness of *Hibiscus syriacus* L. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 29(2):114-125 (in Korean).
6. Coners, H. and C. Leuschner. 2005. In situ measurement of fine root water absorption in three temperature tree species -Temporal variability and control by soil and atmospheric factors. Basic and Applied Ecol-

- ogy. 6:395-405.
7. Dexter, S.T., W.E. Tottingham, and L.F. Graber. 1930. Preliminary results in measuring the hardiness of plants. *Plant Physiol.* 5:215-223.
 8. Eaton, J.L., K.R. Sanderson, and J. Hoyle. 2004. Effects of salt deposition from salt water spray on low-bush blueberry shoots. *Proceedings of the Ninth North American Blueberry Research.* p. 95-103.
 9. GE. 2006. Timbermaster instruction manual.
 10. Guy, C.L. 1990. Cold acclimation and freezing stress tolerance: Role of protein metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 41:187-223.
 11. Lee, H.S., J.S. Lee, and B.H. Kwack. 1997. Cold hardiness of *Hibiscus syriacus* cultivars and evaluation of assay methods in determination of cold hardiness. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38(5):541-545 (in Korean).
 12. Lee, J.G., J.N. Lee, E.H. Lee, and H.Y. Zoo. 2008. Development of highbush blueberry cultivation technology in highland. *NICS Annual Report.* p. 582-599 (in Korean).
 13. Lee, J.G., H.Y. Zoo, K.D. Kim, and S.J. Hong. 2009. Handbook of well defined highbush blueberry cultivation technology (in Korean).
 14. McLeester, R.Co., C.J. Weister, and T.C. Hall. 1968. Multiple freezing points and a test for viability of plant stems in the determination of frost hardiness. *Plant Physiol.* 44:37-44.
 15. Moon, J.Y. and J.M. Lee. 1986. Studies on the occurrence of cold injury in several fruit trees and factors affecting cold hardiness. II. Analysis of some factors related to cold hardiness in apple trees. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 27(2):157-166 (in Korean).
 16. Park, J.M., J.G. Park, and I.B. Lee. 2007. Seasonal diagnosis of nitrogen status of 'Fuji'/M.26 apple leaves using chlorophyll meter. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(3):59-62.
 17. Sakai, A. 1982. Freezing resistance of ornamental trees and shrubs. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:572-581.
 18. Song, I.G., D.H. Cho, and M.S. Huh. 2002. Evaluation of cold tolerance by persimon varieties. *Annual Research Report of Gyeongbuk-Do Agricultural Research and Extension Services.* pp.487-493.
 19. Steponkus, P.L. and G.D. Lanphear. 1967. Refinement of triphenyl tetrazolium chloride method of determining cold injury. *Plant Physiol.* 42:1423-1426.
 20. Strang, J., K. Bale, J. Snyder, C. Smigell, and D. Slone. 2007. Evaluation of blueberry freeze injury. 2007 *Fruit and Vegetable Crops Research Report.* p.40-41.