

묘포동해와 예방책

건국대학교 농과대학교수

농학박사 홍 성 각

묘목은 큰 나무에 비하여 생육기간이 길기 때문에 동해(凍害)를 받기 쉽다. 또한 그 크기가 작기때문에 지면(地面) 가까이에서 일어나는 고온과 저온의 격심한 온도변화와 그외 여러 국소기후의 영향으로 피해를 받기 쉽다. 그리고 묘목은 뿌리가 깊지 못해서 토양의 동결(凍結)과 해빙(解氷)의 결과로 일어나는 상주(霜柱)의 물리적인 피해를 많이 받으며, 겨울동안에 토양의 동결과 건조하고 한랭한 바람때문에 한풍해(寒風害)를 받기도 쉽다.

이와같이 묘목은 큰 나무에 비해 동해를 받기도 쉽지만, 한편 몇가지 간단한 조치만으로도 동해를 방지할 수 있으며, 이러한 동해방지는 묘포운영상 경제적으로도 가능하다는 이점이 있다.

묘목이 동해를 받는 원리나 또는 내한성을 증진시키는 원리는 몇몇 경우를 제외하고는 큰 나무와 다를 바 없다.

1. 동해의 발생

가. 동해의 원리

① 동 해

저온에 의한 피해는 크게 냉해(冷害)와 동해(凍害)로 나뉜다. 냉해는 0℃ 부근의 온도에 의하여 식물체내에 얼음결정이 형성되지 않은 상태에서 광합성, 호흡등의 물질대사가 원활히 이루어지지 않기 때문에 발생한다. 온, 한대 수목들은 냉해에 강하지만 난대나 열대 수목들은 원산지에서도 냉해를 받는 일이 있으며, 특히 이들 수종이 온대지방에 식재될때 자주 냉해를 받는다.

동해는 영하의 온도조건에서 세포내에 수분이 결빙될때 일어난다. 세포 밖에 형성되는 얼음결정은 대부분의 식물에 있어서는 유해하지 않은 것으로 알려지고 있다. 세포밖에 형성되는 얼음은 큰 나무의 수간을 파열시켜 소위 상렬(霜裂)의 피해를 주나 이러한 현상은 유모나 큰 나무의 가지에는 일어나지 않는다.

세포안에 얼음결정이 형성되면, 세포막 또 세포내 효소물질들이 기능을 잃게되어 치명적이다. 세포내 얼음이 어떤 원리로 세포를 죽이는지는 확실히 알려져 있지 않다. 얼음결정이 팽창하여 기계적으로 세포막 및 세포내 기관을 파괴한다는 기계적 파괴설과 얼음결정에 의하여 세포내에서 탈수되므로서 세포내 단백질과 같은 고분자 물질들이 분자단 위에서 비가역적으로 변화한다는 설등이 있다.

② 한풍해(寒風害)

상록침엽수 유묘에는 한풍해라고 하는 특유한 동해가 많이 일어난다. 한풍해와 동해를 구분하는 이유는 한풍해가 겨울동안에 일어나고 건조에 의한 피해이기 때문이다.

토양이 동결된 정도로 추운 기후에서, 묘목의 뿌리는 수분흡수의 기능을 잃어 버린다. 토양이 아주 낮은 온도로 되면 묘목의 뿌리는 체내수분을 잃어버리게도 된다. 상록침엽수 묘목의 수간부는 증산면적이 많아서 겨울동안에 건조하고 차거운 바람에 의하여 수분이 탈수된다. 그 후 탈수현상이 극한점(極限點)에 이르면 식물들은 고사하게 된다.

아직도 한풍해의 주요 원인이 건조자체 때문인지 또는 건조에 의하여 내한성이 낮아져서 동

사하게 되는 것인지는 확실히 밝혀지지 않고 있다. 다만 기후 조건에 따라 두가지 다 동시에 일어날수 있으며, 우리나라 기후조건에서 어느 경우가 더 많은 지는 앞으로의 연구과제이다.

③. 상주(霜柱)

묘목에 특유하게 일어나는 상주의 발생은 토양표면의 결빙과 해빙에 의한 물리적인 현상에서 비롯되는 것이므로 세포내 결빙에 의한 동해와는 원래 관계가 없는 것이나 편의상 동해에 포함시켜 고찰키로 한다.

상주가 생기는 원리는 겨울동안 저온에 의하여 지표면의 온도가 영하로 떨어지면서 상부의 토양수분이 먼저 결빙되기 시작한다. 이때 이 얼음결정의 증기압은 토양하부에 액체상태로 있는 토양수분의 증기압보다 더 낮기때문에, 하부의 토양수분은 토양입자의 모세관을 따라 상부로 이동하여 결빙하고, 상부의 얼음결정은 점점 커지면서 토양입자를 위로 밀어낸다. 기온이 따뜻해지면 지표면의 얼음이 녹아 토양하부로 내려가고 위로 올라온 토양입자중 일부는 그대로 남아 있게 된다. 다시 기온이 떨어지면 위와 같은 현상이 반복되고, 결과적으로 얼음결정에 의하여 토양표층이 전체적으로 위로올라 오게 된다. 이때 부상하는 토양에 밀려 묘목의 가는 뿌리는 끊어지고 뿌리중 일부가 대기중에 노출되어 건조하게 된다. 따라서 증산량이 수분공급량보다 많아져 건조가 심하게 되면 묘목은 고사하게 된다.

나. 동해의 시기와 피해부위

동해는 시기별로 초상(初霜), 한 겨울의 동해, 만상(晩霜)으로 구분한다. 늦겨울 또는 초겨울에 수목들이 내동성을 충분히 발달시키지 못했을때 수중에 따라서는 $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 의 저온으로도 초상의 피해를 입는다. 초상피해는 그 시기가 이룰수록 당년지의 나무눈(休眠芽), 수피, 형성층에 주로 많이 일어나고, 늦겨울수록 재부유조직에도 같은 정도로 피해를 나타낸다. 한겨울이 되면 동해에 가장 약한 부위는 재부유조직(材部柔組織)이 된다. 내동성(耐凍性)이 약한

수종일수록 한겨울이 되어도 休眠芽(동아), 수피, 형성층 등은 재부유조직과 같은 정도로 동해에 약한 경향이 있다. 내동성이 낮은 난대 상록활엽수는 잎, 휴민아, 형성층 부위의 내동성이 재부유조직의 내동성보다 낮다.

늦겨울 또는 초봄에 따뜻한 기온이 되면 수목의 내동성은 점차 낮아진다. 따뜻한 기온이 계속될때, 특히 야간 온도도 높은 상태로 지속될때 수목의 내동성도는 매우 빠르게 저하된다. 이때 이상저온(異常低溫)이 닥치면 수목들은 만상의 피해를 받는다. 특히 묘포의 지면온도는 대기온도보다 낮에는 더 높고, 밤에는 더 낮으므로 적절한 조치를 취하지 않으면 묘목들은 만상의 피해를 큰 나무보다 많이 받는다. 늦서리의 피해를 받는 부위는 초상과 같이 동아, 수피, 형성층이다.

내한성이 약한 삼나무, 밤나무같은 품종에서 동해를 많이 받는 부위가 지면에 가깝게 접한 줄기부분인 것도 밤낮의 온도차가 심하기 때문이다. 특히 남면, 또는 남서면에 향한 줄기는 낮 동안에 日射에 의하여 온도가 높아지므로 피해가 크다.

한풍해의 피해시기는 토양이 동결하는 한 겨울에 많다. 피해 부위는 주로 잎이며 심한 경우는 줄기까지 고사하게 된다.

상주의 피해도 주로 한겨울에 일어나며 묘목 전체가 고사하는 것이 보통이다. 층층나무 오동나무 같이 수피가 얇은 수종은 한낮이나 오후에 日射의 영향으로 남향 또는 남서향으로 향한 수피가 온도가 높아져 내한성이 낮아지게 된다. 다시 밤에 저온이 되면 동해를 받아 皮癢의 피해를 받는다. 피소의 피해는 한여름에도 일어날수 있으나, 대부분의 경우 겨울동안 주간의 일사와 야간의 저온이 겹쳐서 일어나는 것이 보통이다. 밤나무, 삼나무, 편백등과 같이 내한성이 약한 나무는 지면에 접한 줄기 부분에서 동해가 많이 일어나는 것도 피소의 원리와 비슷하다.

수목의 내한성이 기후조건에 따라 변확하기 때문에 동해는 어느 시기에나 일어날수 있다. 또 내한성을 발달시키는 원리는 각 부위마다, 각시

기마다 다르기 때문에 초상에 강한 품종이 한겨울의 동해나 초봄의 만상에 반드시 강하지는 않다. 따라서 내한성은 시기별, 부위별로 내한성이 측정되고 고려되어야 한다. 그리고 어떤 한 시기에 내한성이 가장 약한 부위가 한 수목의 생존을 결정하므로 한 나무에서 가장 내한성이 약한 부위가 고려되어야 한다. 즉 수피의 내한성이 -50°C 정도로 높다고 해도 만일 재부유조직의 내한성이 -20°C 라면, 수피의 내한성이 -50°C 라는 것은 겨울동안에 생존 하는데 아무런 의미가 없다.

다. 동해 발생지역

보통 동해는 북위도 지방 또는 고산지역에서만 일어난다고 생각하는 경향이 있다. 그러나 상당량의 피해가 우리나라 남부지방에서 일어나고 있으며, 우리나라 남부지방보다 더 따뜻한 일본 및 난대지역에서도 동해가 발생하여 때로는 심각한 피해를 주고 있다.

평년보다 고온이 계속된후 급격히 기온이 저하된 1979년 11월 14일 경우 -12°C 정도의 저온에 의하여 경기도나 충북 내륙지 지방에서는 많은 수종들이 동해를 입었고, 심지어는 남쪽 진해에서도 $-6^{\circ}\text{C} \sim -8^{\circ}\text{C}$ 정도의 저온에 의하여 삼나무, 편백나무가 동해를 받았다.

동해 발생에 있어서 중요한 인자는 최저온도만이 문제가 아니고, 그 최저온도를 받기전에 어느 정도의 고온이 얼마동안 지속되었느냐가 크게 작용한다.

이러한 온도변화는 앞서 설명한 바와같이 동해시기, 즉 계절적인 기후에 크게 영향을 받지만 같은 시기, 같은 기후조건하에서도 국소지형에 따라 크게 영향을 받는다. 1979년도 초상피해의 경우, 경기도 양평, 청운의 좁잎산오리나무 피해도 남서향 면이 75%인데 비하여 200m정도 떨어진 북면의 경우는 2%로 기록되고 있다. 또 산정부와 계곡부의 피해비교에서 산정부는 46% 이었고 50m정도 떨어진 계곡부에서는 11%이었다. 이와같은 국소지역의 효과는 한나무내에서도 일어난다. 편백의 경우 남향의 나무가지와 잎은 55%, 북향의 잎은 39%로 더큰 초상의

피해를 받았다. 이와 같은 피해는 동해처럼 남서면에 많이 일어나지만, 한겨울의 한풍해는 북면이나 북서면의 상풍(常風)지에서 더 많이 일어난다.

우리나라 기후는 크게는 대륙과 해양의 영향을 받아 온도변화가 크고, 수직적으로는 매우 복잡한 지형때문에 국소기후의 차이도 또한 매우 크다. 묘포의 경우는 대부분이 평지이긴 하지만, 지형학적으로 어떤 위치에 있느냐에 따라 동해의 양상 크게 달라질 수 있다. 즉 같은 평지의 묘포가 조그마한 야산이라고 하더라도 북쪽에 위치한 경우와 남쪽에 위치한 경우가 다르고, 동쪽과 서쪽의 경우가 다르다. 5° 이하의 경사지라고 하더라도 그 경사가 동서남북의 向에 따라 동해의 양상이 크게 달라진다.

라. 토양조건; 土性, 토양수분, 토양양분.

토양조건은 묘목의 生長과 내한성 발달에 영향을 미치기 때문에 동해와 관련이 깊다. 묘포장의 토양으로 관수가 용이한 砂質壤土를 가장 좋다고 하는 이유는 묘목의 뿌리발달과 관계되기 때문이다. 점토질의 토양에서는 묘목의 지상부 발달은 잘 이루어 지지만 지하부의 발달이 미진하여 T/R율이 커지게 되고, 묘목의 조직이 연약하게 되기 쉽다. 모래만으로 이루어진 토양에서는 가는 뿌리의 발달은 잘 이루어지지만 건조하기 쉽고, 무기양료의 부족으로 묘목의 조직은 단단하지만, 크기가 작다. 대체로 사질토에서 자란 묘목이 점질토의 묘목보다 동해에 강한 이유는 뿌리의 발달과 조직의 硬化와 관련이 깊은 것 같다. 토성이 뿌리 생장에 영향하는 것은 주로 토양수분과 토양공기에 관련되기 때문이다.

토양수분이 너무 많으면 뿌리가 줄기에 비해 잘 발달되지 못하며, 뿌리, 줄기에 조직의 연화가 일어난다. 한편 수분이 너무 적으면 초겨울의 내한성의 발달속도가 느리다. 앞으로 토양수분과 묘목의 내한성과의 관계는 더 깊이 연구되어야 할 것이다.

점질토양에서는 토양수분이 많고 모세관이 잘 연결되어 있어 상주의 현상이 많이 일어난다. 점

질토양에서 상주의 피해가 큰 또 한가지 이유는 묘목의 뿌리발달과도 관련이 된다. 왜냐하면 상주의 피해는 토양수분의 결빙과 해빙에 의한 물리적인 피해이기 때문이다.

동해와 시비와의 관계는 그 한계를 확정짓기가 어렵다. 지나친 시비에 의하여 특히 과도한 질소질 비료에 의하여 묘목이 도장(徒長) 되면 조직이 연약해져서 동해를 많이 받는다. 또한 적당한 량의 시비가 되지않아 무기양료의 부족으로 묘목이 정상적인 생장을 하지 못했을때도 동해는 많이 일어난다.

위의 토양조건과 묘목의 생장과의 관계에서 얻어진 결론은 '건강한 묘목은 동해에 강하다.' 라는 지극히 상식적인 명제로 귀착한다. 여기에서 건강한 묘목의 정의중에 가장 중요한 것은 '뿌리도 줄기와 똑같이 건강한 묘목이어야 한다'는 것이다.

마. 수종과 품종

내한성은 각 수종마다 유전적으로 다르다.

어떤 수종의 내한성이 몇 도라고 말하는 것은 큰 의미가 없다. 왜냐하면 내한성도는 각 지역 및 시기마다 달라지기 때문이다. 내한성도는 어떤 한지역에서, 한 시기에 수종간의 상대적인 비교만 가능하다. 따라서 어떤 수종이 동해에 어느 정도 강한가를 결정하는 것은 매우 어렵다.

일반적으로 종자산지가 북쪽인 나무는 남쪽인 나무보다 동해를 적게 받는다. 또 고산지대에서 자라는 나무가 야산지대에서 자라는 나무보다 동해를 적게 받는 것이 보통이다. 그러나 고위도 지역 또는 고산지대에서 동해를 받지않고 자라는 나무가 따뜻한 야산지대나 모포장에서 절대로 동해를 받지않고 자랄수 있다는 보장은 없다. 층층나무는 원래 고산지대의 계곡부에서 잘 자라는 내한성이 비교적 강한 수종이다. 그러나 야산지대에서는 심한 피소의 피해를 받는다. 비슷한 원리로 북쪽 원산지에서는 내한성이 강한 나무들도 따뜻한 남쪽지방에서 동해를 받는 수가 있다.

가을에 일찍 단풍이 들고, 낙엽이 지는 수종

들이 늦게까지 잎을 푸르게 가진 식물보다 반드시 내한성이 강하지 않다. 아열대가 원산지인 몇몇의 버드나무류는 진화과정상 적어도 몇천 년동안 영하의 온도에서 자연도태가 일어나지 않았으나, 고위도 지방에서 -30°C 의 추위를 견디는 능력이 있다. 우리나라 버드나무는 서리가 내린 후도 잎을 가지고 있지만 낙엽이 일찍 지는 밤나무나 호도나무보다 훨씬 내한성이 강하다.

한 수종내에서도 형태학적으로는 비슷하지만 내한성이 다른 품종들이 있다. 우리나라에서는 내한성 품종에 대한 연구는 그렇게 많이 이루어지지 못하고 있다. 지금까지 삼나무, 밤나무 그리고 감나무의 품종간의 차이가 연구 되었으나 이러한 연구가 1~3년 정도에서 이루어진 것이므로 실제에 이용한다는 것은 아직 확실하지 않다.

밤나무중 내한성이 강한 품종들은 재래종 밤나무, 利平, 山大, 玉光, 大和등이며, 내한성이 특히 약한 품종들은 上林, 銀鈴, 銀窰, 有磨, 鹿瓜, 赤中, 千大田, 多鵬등이다. 현재 우리나라에 육묘 보급되고 있는 품종들 대부분이 내한성이 약한 품종들이 많으므로 중부지방에 식재될 묘목들은 양묘과정에서 내한성 품종들이 고려되어야 할 것이다.

2. 내한성의 원리

수목이 내한성을 발달하는 과정과 그 원리를 파악한다는 것은 동해를 예방하고, 내한성 품종을 개발하는데 크게 도움이 될 것이다. 그러나 내한성 학계에서도 수목의 내한성 원리가 아직까지 확실히 밝혀지고 있지 않으며, 수목이 얼어죽는 원리에서도 조차 학자들 간에 이론이 각 각 다르다.

포화된 22%의 소금물도 -20°C 에서 얼어 버리는데 어떻게 수목들은 -40°C 에서 세포내 액체의 물을 보존할 수 있는가? 또 모든 물은 -50°C 이하면 다 얼어 버리는데 몇몇 수목들은 액체질소의 온도인 -196°C 에서 체내에 모든 물이 얼어버린 후에도 살아남는가? 대부분의 건

조한 종자는 -50°C 또는 -235°C 에서도 살아 남는데, 일단 수분이 흡수되면 발아하지 않아도 -2°C 나 -5°C 에서 동해를 받는다. 건조종자는 어떠한 원리로 극한 저온에서도 견디는 것일까? 이상과 같은 의문들은 아직도 해결되지 않고 있으며 내한성 학계에서 연구의 초점이 되고 있다.

본지에서는 묘포관리에 필요한 부분을 취하여 지금까지 연구되어온 일반적인 원리만을 기술하기로 한다.

수목들이 추위를 견디는 능력을 크게 두가지로 나눈다. 동결회피형(凍結回避型)과 진성내동형(眞性耐凍型)이 그것이다. 동결회피능력이란 수목이 체내수분을 얼지 않도록 하여 생존할 수 있는 능력을 말한다. 가능한 한 더 낮은 온도에서 세포내 수분이 얼도록 하여 저온에서도 물을 액체상태로 보존한다. 첫째로 가장 간단한 방법은 수피를 두껍게 발달시켜 수체내에 수분을 보존(保温)하는 방법이 있고, 둘째로 염류나 당분을 많이 축적시켜 빙점강하(氷点降下)의 원리를 이용하여 더 낮은 온도에서 결빙이 되도록 하는 방법과, 셋째로 저온과냉각(低温過冷却)의 원리로 낮은 온도에서도 세포내 물을 액체상태로 보존하는 방법이 있다. 아주 두꺼운 수피라고 하더라도 극한 저온을 차단하는 데는 한계가 있다. 즉 0°C 에서 있던 수목을 -20°C 에 방치했을때, 약 30분동안 외부온도보다 훨씬 높은 온도를 유지하지만 그후에는 수피내의 온도는 -18°C 정도로 떨어지고 그후에 다시 외부온도가 높아져도 수피내 온도는 외부온도보다 더 낮아지게 된다. 따라서 겨울철에 몇시간씩 계속되는 저온상태에서 보존효과는 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 정도일 것이다. 수목들이 당분이나 염류를 축적시켜 얻을 수 있는 최고의 빙점강하 온도는 약 -4°C 정도이다. 즉 -4°C 이하의 온도에서는 당분이나 염류의 빙점강하는 효과가 없어져 버린다.

위와같은 방법으로는 수목들이 $-30^{\circ}\text{C}\sim -40^{\circ}\text{C}$ 의 저온에서 견딜 수가 없다. 그러나 수목들은 세번째 방법인 저온과냉각의 원리로 최고 -45°C 까지 세포내의 물을 액체상태로 보존할 수

있다는 사실이 최근에 학계에서 밝혀지고 있다. 저온과냉각의 기작(機作)은 아직 확실히 밝혀지고 있지 않다. 세포막의 특성 또는 해부학적, 구조적 특성 때문이라고 추측되고 있으나 확실한 원리는 아직 모르고 있다. 거의 대부분의 수목의 재부유조직(材部柔組織)들은 이러한 과냉각원리로 내한성을 발달시킨다. 많은 수목에 있어서 한겨울에 내한성이 가장 약한 부위가 재부유조직이므로 가장 약한 부위의 내한성을 결정하는 과냉각의 원리는 매우 중요하다. 몇몇 수목의 꽃눈 또는 침엽수의 잎들도 이러한 과냉각의 원리로 극한저온에서 세포안에 물이 동결되는 것을 회피한다.

저온과냉각의 원리로 내한성을 발달시키는데는 한계가 있다. 즉 $-40^{\circ}\text{C}\sim -50^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도에서는 세포내의 물이 액체상태로 존재할 수 없고 결빙된다. 몇몇 활엽수의 재부유조직, 온대지방 대부분의 침엽수들이 수피, 겨울눈(冬芽), 수(髓) 조직들과 한대지방 침엽수들의 침엽, 수피, 겨울눈, 재부유조직들은 -50°C 이하의 온도 또는 액체질소의 온도인 -196°C 에서도 생존할 수 있을만큼 내한성을 발달시킨다. 이러한 식물들은 진성내동성의 원리를 이용한다. 진성내동성이란 세포내에 물이 동결되는 것을 방지하기 위하여 세포안에 있는 물은 모두 세포밖으로 이동시켜 세포밖에서 얼도록 하는 원리이다. 내한성 수목들은 외부의 온도가 $-3^{\circ}\text{C}\sim -7^{\circ}\text{C}$ 가 되면, 세포벽이나 세포와 세포사이에 있는 수분은 삼투압이 낮기 때문에 가장 먼저 결빙하기 시작한다. 가장 먼저 형성된 얼음결정의 표면의 증기압은 세포내에 있는 액체상의 물의 증기압보다, 낮기때문에 세포밖의 얼음결정 표면위로 수분이 계속 이동하면서 더 큰 얼음결정이 형성되고 따라서 세포안에 있는 수분은 세포밖으로 점진적으로 제거되어 결국은 세포안에 결빙할 수 있는 수분은 없어지므로 -50°C 이하의 온도에서도 세포안에는 얼음결정이 형성되지 않는다. 대부분의 수목에 있어서 세포밖에 형성되는 얼음은 수목에 유해하지 않다. 위와같은 진성내동성은 동결회피형·내동성보다 더 효과적이며 더 낮은 극한온도에서 견딜수 있

는 이점이 있다.

한겨울에 -196°C 에 견디는 수목들도 한여름에는 내한성이 $-3^{\circ}\text{C} \sim -6^{\circ}\text{C}$ 에 불과하다. 늦은 여름부터 낮의 길이가 짧아지고 밤의 길이가 길어지면서 수목들은 서서히 내한성을 발달시킨다. 이러한 단일조건에서는 대개 기온이 점차 낮아지는데 수목들은 낮은 기온에서 더 빨리 내한성을 발달시킨다. 영상의 저온이라도 내한성을 발달시키는 효과는 상당히 커서 수목들은 인위적으로 장일처리를 해주어도 저온조건에서는 늦은 속도가긴 하지만 내한성을 발달시킨다. 수목들이 단일, 저온조건에서 어떻게 내한성을 발달시키는지는 잘 알려져 있지 않다. 이러한 단일, 저온조건에서 수목들은 체내에 새로운 핵산, 단백질, 인지질, 탄수화물을 생성하는 물질대사의 변화가 일어나는 사실들이 밝혀지고 있다.

수목들은 단일, 저온조건후에 계속되는 빙하의 저온에 의하여 내동성을 더 낮은 온도에 까지 발달시킨다. 일단 내한성이 발달된 수목들도 다시 기온이 높아지면 내동성도는 다시 저해된다. 이와같이 내한성도는 기온에 따라 변화하며 시기에 따라서는 그 변화하는 속도가 매우 빨라서 하루중에도 밤과 낮의 내동성도가 달라질 수도 있다. 같은 수목내에서도 사용하는 내한성의 원리나 내한성을 발달하는 속도 또는 최고내한성도의 크기등이 다르다. 늦가을에는 겨울눈, 형성층 또는 수피가 재부유조직보다 내한성이 약하지만, 내한성을 발달시키는 속도가 빨라서 한겨울이 되면 최고내한성도는 겨울눈, 수피, 형성층, 재부유조직의 순위로 재부유조직이 가장 약하게 된다.

3. 묘포의 동해예방책

가. 묘목시기에 있어 동해의 중요성

동해는 사실 매년 일어나는 것이 아니라 몇년 또는 몇십년만에 한번씩 심한 동해가 발생하는 것이 보통이다. 농작물의 경우는 이상기후와 동해를 받을 경우 그 피해는 그 해에 국한된다. 따라서 동해가 일어났을때는 매우 치명 적이지만

장기적으로 보면 평균손해량은 크지 않을 수도 있다.

그러나 수목은 영년생 식물이므로 동해를 받으면 그 피해는 오랜 동안의 성장량을 앗아갈 뿐만 아니라, 일부 피해를 받았을지라도 그 다음해의 생장이 감소되고 동해로 다른 재해, 즉 병충해가 유발되어 그 손실량이 크다. 물론 묘포장에서 묘목들에 일어나는 동해는 1년생 묘목의 경우 이론적으로는 피해가 농작물과 같이 그 해에 국한된다. 그러나 실제로는 일부만 동해를 받는 묘목들을 계속 식재하는 경우 그후 이식묘포장에서 또는 조림된 후에도 묘목시기의 동해는 상당히 오랫동안 그 묘목의 성장에 영향을 준다. 첫째 묘목시기의 동해는 그 다음해의 성장을 지연시킨다. 특히 주지(主枝)의 정아나 초단부가 피해를 받았을때, 다음해 빨리 측아 또는 측지가 새로운 정아나 주지로 대체되지 않을 경우 그 피해는 상당히 크다. 정아우세의 현상은 수종과 수령에 따라 다르다. 수령이 어릴수록 정아우세 현상은 강하다. 또 정아우세 복귀능력도 강하다.

수종에 따라서는 측아의 정아우세 복귀능력도 다르다. 예를들면 삼나무의 경우 동해에 가장 약한 부위는 겨울눈이며 특히 정아는 매우 약하다. 그러나 정아가 동해를 받았을 경우, 측아의 정아우세 복귀현상은 비교적 빨라서 큰 문제가 없다. 또 모든 동아가 동해를 받아도 액아 또는 잠아의 재생능력이 강하여 삼나무는 다시 정상적인 수형으로 복귀하는데 다른 수종보다 짧은 시간이 걸린다. 삼나무보다 내한성이 강한 편백이나, 더 강한 화백, 잣나무, 잣나무는 정아가 동해를 받았을 경우 다시 새로운 정아를 가진 정상적인 주지를 만들기까지 상당히 오랜 시간 이 걸린다. 심한 경우는 쌍간성(雙幹性) 수목으로 벌채기까지 그 동해의 영향을 받게 된다. 이러한 점에서 대부분의 활엽수 묘목들은 정아우세로 복귀하는데 일반적으로 침엽수보다 쉽다. 그러나 몇몇 활엽수들은 정아우세 복귀능력이 적다. 후박나무, 가래나무, 호도나무는 좋은 예이다.

유묘시기의 동해가 성목시기까지 악영향을 미치는 예는 활엽수에 많이 일어난다. 줄기동고현상이란 일차적인 원인이 동해로 비롯되는 것으로서 밤나무 동고병은 대표적인 예이다. 또 오동나무나 참나무류에서 많이 발생하는 심재부의 동고현상은 치명적은 아니지만 재목의 가치를 저하시킨다. 오동나무, 층층나무와 같이 수피가 얇은 수종들의 피소현상도 재목의 질을 격하시킨다.

위와같이 묘목에서 일어나는 동해는 후기생장에 까지 크게 영향을 미치므로 묘목일부가 동해를 받는 것이 어떤 점에서는 묘목하나가 완전히 동사하는 것보다 더 큰 손해를 끼칠 수도 있다.

건강한 묘목은 큰 나무만큼 귀중한 것이다.

나. 조림지에서 묘목의 동해

조림지에서 일어나는 동해에 관하여 고찰하는 이유는 첫째, 묘목의 생육상태가 조림지에서 발생하는 동해와 관련이 깊고, 둘째로 조림지에서 일어나는 동해의 원리나 예방책들은 묘포에서 발생하는 동해를 이해하고 예방하는데 적용할 수 있기 때문이다. 조림지에서 묘목이 동해를 받는 근본원인은 적지적수의 선정이 잘못된 것이며 이 문제는 양묘상의 문제가 아니므로 본장에서는 제외한다.

그 다음으로 중요한 원인은 식재후 활착의 성공여부이다. 우리는 보통 조림지에서 묘목이 고사하지 않았다는 것만으로 활착되었다고 생각한다. 사실 진정한 의미의 활착은 적어도 2~3년동안 동해나 다른 재해에 견딜수 있을만큼 활착되어야 한다.

조림지에서 이식된 묘목의 동해는 주로 뿌리의 발달과 관계된다. 조림된 묘목의 뿌리의 발달을 좌우하는 것은 식재상의 문제점도 있지만 처음부터 그 묘목이 묘포장에서 어느만큼 충실하게 자랐는 가에 달려있다. 조림지의 지형에 따라 동해의 양상이 달라지는 점은 이미 앞에서 소개되었다.

조림지에서의 동해문제는 매우 복잡하며 따라서 본란에서는 묘포장의 동해와 관련부분만을

예를들어 설명하도록 한다. 조림지에서 국소기상을 이용하여 동해예방에 성공한 예는 삼나무나, 편백나무의 수하식재(樹下植栽)이다. 유묘시기에 내한성이 특히 약한 수종을 침엽수의 아래에 또는 부근에 식재함으로써 일광차단의 효과에 의하여 내한성을 일찍 발달시키고 또한 일사에 의한 고온으로 내한성이 저하되는 것을 방지한다. 이러한 이유때문에 수하식재의 효과는 활엽수림 하에서는 거의 없다. 침엽수림에서의 수하식재 효과는 상당히 넓은 면적에 까지 이른다. 수하식재라고 해서 반드시 침엽수림의 바로 밑에서만 그 효과가 나는 것은 아니다. 수하식재의 효과는 서향 또는 서남향의 일광을 일부 차단하여 얻어질 수 있으므로 큰 침엽수라면 그 나무 수고의 2~3 배되는 거리에 까지 미칠 수 있다.

이러한 수하식재의 원리는 곧 묘포장에서의 동해예방에 적용될 수 있다. 수하식재의 원리는 내한성이약한 나무에 해가림을 해주는 원리나 또는 서향, 서남향 방향에 방풍림을 조성하는 원리와 같은 것이다. 조림지에서 山頂部 수목들이 심한 한풍해를 입는 원리와의도 비슷하다. 묘포장에서 방풍림은 겨울동안 서북향쪽 바람을 막아 묘목에 한풍을 감소시켜줄 뿐만아니라, 서쪽방향의 일사(日射)를 막아줌으로서 피소의 피해나 묘목의 내한성이 저하되는 것을 막는다.

다. 동해 요인별 예방책 비교

본란에서는 묘포 동해를 크게 동해, 한풍해, 상주의 피해로 나누고, 각각의 예방책을 검토하기로 하겠다. 위와같은 피해가 일어나는 원리나 요인에 대하여는 이미 설명되었다.

동해가 일어나는 것은 묘목이 내한성을 발달시키는 것이 늦었을 경우와 이미 발달된 내한성이 이상고온에 의하여 저하되어 일어나는 경우 두가지이다. 후자의 경우는 예년보다 따뜻한 겨울인데도 예상치 않게 일어나는 동해를 설명할 수 있다. 동해를 방지하기 위해서는 첫째로 내한성을 일찍 발달시키는 조치, 즉 해가림, 이식, 뿌리전정등을 해줌으로서 어느정도 피해를 감소시킬 수 있다. 둘째, 발달된 내한성을 유지

시켜주는 조치, 즉 광선차단, 줄기부분의 고온방지를 위한 짚덮기등이 고려되어야 한다.

한풍해는 동해와 달리 겨울동안 건조에 의한 피해이므로 건조를 방지할 수 있는 조치가 취해져야 한다. 한냉하고 건조한 북서풍을 막을 수 있는 방풍림이라든가 묘목의 뿌리를 발달시켜 겨울동안에 수분공급이 되도록 하며, 묘목의 뿌리가 수분을 많이 흡수할 수 있도록 토양표면을 짚이나 톱밥으로 덮어 토양동결을 방지하는 것이 중요하다. 묘목의 식재밀도가 높으면 뿌리의 발달이 적어 한풍해를 받기 쉽다.

상주 피해의 일차적인 원인은 토양의 결빙과 해빙에 따른 물리적 현상이므로 토양에서 상주 현상이 나타나지 않도록 하는 예방책이 가장 효과적인 방법이다. 사질토양은 점질토양보다 상주현상이 적다. 점질토양이라고 하더라도 토양표면의 결빙을 방지하기 위하여 짚이나 톱밥으로 덮어주면 상당한 효과가 있다. 짚이나 톱밥은 토양표면의 결빙을 지연시키며 토양입자와 표면의 얼음결정 사이에 모세관을 끊어주며 또한 기온이 높아져 해빙이 되는 것도 천천히 일어나게 한다. 상주피해의 이차적인 원인은 묘목의 뿌리가 지상으로 일부 또는 전체가 노출된 후에 일어나는 건조 때문이다.

건조의 정도는 한풍해의 경우보다 더 심하다. 따라서 식물체의 뿌리를 구조적으로나 기능적으로 튼튼히 키워주는 것이 필요하다.

라. 묘포 동해방지의 실제

① 묘포지의 지형

동해를 방지하기 위하여 묘포지의 지형은 서향 또는 북서향이 막힌 동남향이 가장 이상적이다. 만일 자연적인 지형이 이와같이 없을 때는 서쪽에 큰 나무를 심어 방풍효과와 서쪽 또는 남서쪽에서의 일사를 막아줌으로서 이중의 효과를 가지게 된다.

방풍효과는 한풍해를, 서향의 일사차단은 피소나 지제부(地際部)의 동해를 막아준다.

② 토성, 토양수분, 비료

현재 우리나라에서 많은 묘목들이 차지(借地)

된 토양에서 생산된다. 借地된 토양들은 영구적인 관수시설을 할수 없기 때문에 주로 자연관수가 편리한 논토양이 많다. 이러한 점토질의 논토양에서는 입고병의 발생도 심할 뿐만아니라 유기질의 양이 많고 수분이 많아서 건전한 뿌리의 생장을 기대하기 어렵다. 빈약한 뿌리에 줄기의 생장은 빨라 줄기의 조직이 연약하다. 줄기와 뿌리의 불균형한 생장은 곧 수분의 수요와 공급에서 불균형이 나타나고 토양이 동결되면 이러한 불균형은 한풍해, 동해, 상주의 피해를 일으키는 원인이 된다. 삼나무나 편백나무같이 내한성이 약하고 겨울동안에도 계속 수분을 증산하는 상록활엽수 묘목들에 있어서는 뿌리를 건강하게 키울수 있는 적절한 토성이 선택되어야 한다. 이러한 나무들은 겨울동안에는 매우 적은 양이지만, 계속적인 수분공급이 이루어질 수 있어야 한다.

건강한 묘목은 동해가 적다. 따라서 균형된 시비를 주어 건강하게 자란 묘목은 동해를 방지하는 가장 효과적인 방법이다. 질소질 비료를 과다하게 주어 지나친 생장으로 조직이 연화되었을 때는 물론 동해가 많다. 뿌리생장에 영향을 많이 주는 인산질 비료의 시비는 매우 중요하다.

③ 해가림, 짚덮기

내음성이 강한 수종에는 해가림을 해주어 수고생장을 촉진시킨다. 비록 양수일지라도 수피가 얇은 수종들의 피소의 피해를 막기 위해서는 해가림이 필요하다. 층층나무와 같이 유묘시기에 음수이면서 수피가 얇은 수종들은 해가림이 반드시 필요하다. 해가림의 효과는 앞서 설명한 바와 같이 방풍림을 이용하여 서향에서 오는 일사를 막아주어도 얻을 수 있다. 동해를 방지하기위한 해가림은 내한성을 좀더 일찍 발달시키고, 발달된 내한성을 일사에 의한 고온처리로 다시 저하시키지 않는데 있다는 점을 유의해야 한다.

묘상의 짚덮기 또는 톱밥덮기는 지면에 접한 묘목의 줄기부분을 보호하고, 토양의 동결 및

해빙을 막아주며, 토양수분을 오랫동안 유지시킴으로서 동해, 한풍해, 상주의 피해를 막아주는 등 이중 삼중의 효과가 있다.

④ 가식, 움가식

내한성이 아주 약한 수종들에 있어서는 가을에 굴취하여 가식하므로써 월동을 시킬수 있다. 낙엽활엽수의 경우는 줄기의 일부를 밖으로 내어 공기를 공급한다. 그러나 상록침엽수는 줄기의 일부를 밖으로 내어놓으면 증산이 계속되기 때문에 고사하거나, 또는 내한성이 약한 수종들은 밖으로 나온 부분만 동해를 입는 경우가 있다. 따라서 움을 파고 묘목의 반정도를 흙으로 덮고 줄기부위는 공간에 노출시킨채 비닐로 덮어주면 습도가 높아 증산량은 적지만 호흡은 계속할 수 있다. 지나친 일광 또는 저온을 차단하기 위해 비닐위에 거적을 덮어 주어야 한다.

이러한 방법으로 수행된 임업시험장 연구결과는 삼나무의 경우 만족할만한 것으로 알려지고 있다.

⑤ 이식, 단근작업

이식은 건강한 뿌리를 발달시키기 위하여 좋은 방법이다. 이식묘는 조림지에서 활착율이 좋을 뿐만아니라 동해도 적다. 묘사이 인건비의 상승때문에 이식묘 생산이 어려워지고 있다. 이에 대처할 수 있는 방법은 단근작업인데 아직도 능률적인 방법이 개발되지 않고 있다. 단근작업이 원활히 수행되려면 묘포토양은 사질양토가 유리하다. 우리나라 묘포토양은 근본적인 해결이 중요하다고 생각한다.

⑥ 묘목의 짚싸기

내한성이 약한 수목, 특히 관상수들은 짚을 싸주어 월동시키는 경우가 있다. 짚싸기는 피소의 피해를 막는데는 효과적인 방법이나, 극한저온의 피해를 방지하는데는 큰 효과가 없다. 장시간 계속되는 저온에서 짚을 싸준 속부분의 온도와 겉부분의 온도는 거의 비슷하기 때문이다. 짚을 싸주면 낮에 일사에 의해 묘목이 고온이 되는 것을 막아주고, 따라서 내한성이 저하되는 것을 막아주는 효과는 있으나, 최대 내한성

도가 낮은 수목의 경우 짚을 싸주어도, 극한저온이 오면 얼어죽게 된다.

⑦ 묘목의 선별

이식이나 산지에 조림하기 전에 불량묘목을 선별하여 기각해 버리는 것은 장기적인 기상재해나 또는 앞으로의 불량한 생장을 미연에 방지하는데 매우 중요한 작업이다. 불량묘목은 묘포의 생육조건이 좋지않아서 뿐만이 아니고, 좋은 조건에서도 유전적인 원인때문에 생산될 수 있다. 초기에 생육조건이 나빠서 불량묘가 된것은 이식과정이나 조림후 관리를 좋게하여 다시 정상적인 나무로 만들수 있으나, 유전적으로 나빠서 생산되는 불량묘는 좋은 관리를 해주어도 생장이 좋지않은 나무로 남게된다. 이와같이 유전적으로 나쁜 묘목의 비율은 평균적으로 2~7%, 최고 27%까지 이를 수가 있다. 한나무에서 단 종자 사이에도 이와같은 비율의 불량묘가 생산될수 있다. 이것은 주로 자식약세 현상에서 나오는 결과이나, 그러한 묘목이 자라서 다시 그 나무에서 단 종자로 묘목을 생산할 경우 더 많은 불량묘가 생산된다.

규격묘의 규정을 두어 묘목을 선별하는 중요한 이유는 이와같은 유전적인 불량묘의 선별이 일차적이며, 조림지에서의 활착이나 생장을 위해 생리적인 불량묘의 선별은 이차적인 목적이다. 이식묘에서 불량묘의 경우는 다시 이식하여 조림묘목으로 사용될 것이 아니라 기각해버리는 것이 조림지에서의 생장을 위해 좋을 것이다.

⑧ 조림후의 사후관리

묘목을 산지에 심은후 사후관리를 철저히 하지 않으면 동해를 받기 쉽다. 잘 식재되어 활착된 묘목의 내한성은 이미 식재되어 뿌리를 내린 묘목보다 강하다. 그러나 하예작업이 불충분하여 충분한 광합성을 하지 못한경우 수체내 양분 부족으로 동해를 더 많이 받는다. 몇몇 수피가 얇은 수목들은 전면 하예작업을 해주므로써 피소의 해를 입을 수가 있다. 이럴때는 조예(條刈)로서 하예작업을 하는 것이 좋으며 조예의 방향은 남서향의 일사를 막을수 있도록 남북으

로 하는 것이 좋다. 피소를 받은 상록침엽수에 있어서는 지나친 가지치기는 피해야 한다.

라. 동해후 묘목관리

묘목중에 일부만이 피해를 받았을때 적절한 조치를 해주면 다시 건강한 묘목으로 키울수가 있다. 지제부는 일부만 피해를 받아도 다시 정상적인 묘목으로 치유할수 없고 대부분의 경우 장기간에 걸쳐 서서히 고사한다. 조림지에서 가끔 나타나는 현상으로 지제부의 북부유조직이나, 형성층의 일부가 동해를 입은 묘목을 조림지에 식재하면, 식재후 활착되어 잎이나고 상당량의 줄기 생장이 되고있는 7~8월에, 동해가 심하지 않은 경우는 9~10월에 고사 현상이 나타날 때가 있다. 삼나무, 편백나무, 밤나무에서 이러한 고사현상이 자주 나타난다. 이러한 고사현상이 일어나는 것은 일부동해를 받은 재부유조직과 통도조직이 동해를 받은후에도 수관부의 증산량이 적을때는 어느정도 수분 통도역할을 지속하다가 잎이 많아지고 대기의 습도가 건조해지면 증산량이 많이 늘어날때 일부피해를 받은 지제부의 통도조직이 막혀 다량의 수분을 운반할수 없으므로 고사현상이 일어난다.

이러한 묘목은 조립하는 비용만 들므로 처음부터 기각해 버려야 한다.

지제부에 부분적으로 동해를 받은 묘목을 육안으로 선별하는 방법은 상당히 어렵다. 실험실에서는 지제부를 10cm정도로 잘라서 습지에 적신후 습지와 함께 100% 상대습도 20℃의 조건에서 10일정도 방치한후 단면을 잘라서 관찰하면 동해를 받은 묘목의 횡단면은 갈색으로 변화한다. 몇몇 수종은 동해를 입지않아도 갈변화된 부분이 있으므로 선별하는데 상당한 기술을 요한다.

몇몇수종에 있어서 정아나 줄기의 정단부만이 동해를 입은 묘목을 다시 정상적인 나무로 성장할수가 있다. 그러나 정아우세 현상이 잘 복귀되지않는 수종들은 적절한 조치를 취해 주어야 한다. 가래나무의 정아가 피해를 받았을 경우는 두개의 가지가 나와 주지(主枝)가 없는 묘목이 된다. 이때 두개나 세개의 가지를 끈이

나 테이프로 묶어 일년동안 성장시켜 조직이 경화된 후에 그중 가장 끈고 수직인 가지를 남겨두고 다른가지를 쳐주면 정상적인 묘목으로 된다.

4. 결 론

묘포의 동해는 동해를 받은 묘목 그 자체만의 손실 이상으로 손해가 크다. 동해는 매년 발생하는것은 아니지만, 동해의 발생을 예측할수 없으므로 항상 동해 예방책이 강구되어야 한다.

동해의 예방책중 가장 효과적인 방법이 묘목을 건전하게 키우는 것이다. 또한 동해 발생과는 상관없이 건전한 묘목의 생산을 위해 투자된 노력은 그 묘목의 값어치로 충분히 보상 받을수 있다고 생각된다.

앞으로 건전한 묘목의 선별이 보다 강화되어야 하고, 한편 선별된 건전묘목에 대하여는 그 생산비를 높게 책정하여 투자된 만큼의 보상을 받을 수 있는 제도적 개선이 필요하다.

점차 노동력에 드는 비용이 과중하므로 묘목 생산에 있어 기계화, 또한 운영체제에 있어 혁신은 앞으로 10년이내에 반드시 거쳐야 할 과정이라고 생각한다. 이러한 전환기에서 동해나 다른 묘포재해에 대한 보다 근본적인 예방책이 고려되어야 할 것이다.

묘포지의 지역, 지형, 토양등의 선정은 앞으로 묘포장에 기계화 및 집약화 될 설비가 장기적인 투자라는 점에 염두를 두고 신중히 검토되어야 한다. 생산성및 묘포운영상 다각적인 면에서 분석되어 새로운 묘포생산체제가 개혁될 것이지만 자칫 잊기쉬운 기상재해에 대하여도 재삼 검토되어야만 장기적인 투자에 대하여 큰 손실이 없을 것이다.

묘목생산방법의 개혁에 앞서 새로운 방법을 개발하고 평가하는데 반드시 기초연구나 시험이 선행되어야 할 것이다.

기초연구 시험이라고 해서 국, 공시험기관에만 의존할 것이 아니고, 경우에 따라서는 묘포 경영자 자신이 수행하여 더 큰 효과를 얻을 수 있다고 생각된다. 특히 지역적 특수성을 가지

고 있는 묘포장에서 묘목생산기술을 개발하기 위해서는 그러 할 것이다. 그러나 이와같은 연구사업을 위하여는 국가 시험기관과 긴밀한 협력이 이루어져야만 한다고 생각된다.

또한 묘포경영자들 간에도 협력체제속에 기초연구가 수행되고 정보가 교환되므로써 큰 성과를 얻을 수 있을 것이다.

재해는 함께 협력하므로써만 극복될수 있다고 생각한다.