

수목의 휴면과 관리

김 종 원 / 임업연구원 산림생물부장

1. 서 론

자연상태의 수목은 생장기와 휴지기를 반복하면서 생장을 계속한다. 일년 내내 기온이 높고 비가 자주 오는 열대지방에서는 휴지기가 없이 계속 자라는 곳도 있지만 건기와 우기가 있는 열대지방이나 온대와 한대에서는 건조기와 겨울에 생장을 일시 정지해서 동아(冬芽)를 형성하고 휴면기로 들어간다.

휴면 형성을 생리적으로 보면 추위나 건조기에 들어가기 전에 여러 가지 저항성이 높아지는데 특히 내동성은 수종과 시기에 따라 차이가 있으나 가을부터 초겨울에 높아진다. 내동성이 높아지기 전인 초가을이나, 내동성이 약해진 초봄에 기온이 갑자기 내려가면 수목이나 농작물에 큰 피해를 주는 경우가 종종 있다.

내동성은 세포 내에 수분이 감소하고 당류농도가 증가되어 침투압을 높이는 등 식물체 세포의 원형질에 변화를 가져와 여러 가지 피해에 대한 저항성이 높아지는 현상이다. 그러다가 기온이 높아지고 비가 오면 추위에 대한 저항성이 약해지고 체내의 효소활성이 높아지며 영양물질의 이동이 활발해져서 생장을 시작하게 되는데, 휴면기에 들어가고 휴면이 깨져서 생장을 시작하는 조건을 아는 것은 수목을 관

리하고 키우는데 매우 중요하다.

2. 휴면 구조

온대 이북에 분포하는 참나무, 벗나무, 칠엽수 등의 수목은 봄에 일정수의 잎과 다음해 눈이 형성되고 가지의 생장을 정지하면서 줄기나 가지의 끝에 많은 인편(鱗片)으로 덮여진 동아를 형성해서 월동한다. 온대지방보다 남쪽에 분포하는 남방계의 수목인 벽오동, 아카시아와 같은 수종은 초가을까지도 잎이 피어서 겨울눈을 만들지 않는다.

휴면은 종에 따라서 차이가 있는데 같은 종 내에서도 개체별로 차이가 있다. 또한 동일 개체라도 지상부는 휴면에 들어가도 지하부의 뿌리 조직은 활동하기도하고 한 나무의 가지라도 휴면과 생장이 동시에 일어나는 경우가 있다. 휴면을 엄밀히 말하면 한 개체 단위보다도 한 조직이 환경요인이나 내적 요인에 의해서 생장을 일시적으로 정지하고 있는 상태라고 말할 수 있다. 휴면은 휴면을 일으키는 원인에 의해서 크게 두 가지로 나눈다.

가. 타발휴면(他發休眠)

수목자체는 생장할 수 있는 능력을 가지고

있어도 온도, 일장(日長), 수분 등의 환경요인이 맞지 않으면 휴면에 들어가는데 환경요인이 좋아지면 휴면에서 깨어나 생장을 시작한다. 이와 같은 종의 휴면을 일반적으로 타발휴면 또는 강제휴면이라고 한다. 붉은병꽃나무를 短日조건에 두면 휴면하는데 16시간 이상의 長日조건에 두면 휴면에서 깨어난다. 소나무 어린 나무를 12월에 온실에 넣으면 겨울눈은 쉽게 깨어나지 않으나, 다음해 1월 중순에 같은 온실에 넣으면 1주일 이내에 눈이 터서 급격한 생장을 한다.

이와 같은 현상은 일장요인이 휴면 타파를 억제하고 있으므로 일종의 타발휴면이다. 겨울이 지나서 휴면에서 깨어날 때가 되어도 온도나 수분이 맞지 않아서 휴면을 계속하는 경우도 일종의 타발휴면인데 後休眠이라고 한다.

나. 자발휴면(自發休眠)

환경요인이 좋아도 수목자체나 눈에 존재하는 요인에 의해서 일어나는 성장정지를 자발휴면이라고 하는데 夏休眠과 冬休眠으로 나누기도 한다.

休眠芽를 형성한 직후 수목이 폭풍우나 태풍으로 잎이 떨어지는 경우와 곤충이 잎을 모두 먹었을 경우 다시 생장을 시작한다. 이 경우 환경조건은 이상이 없는데도 休眠芽 이외의 기관인 잎의 존재에 의해서 생장이 억제되고 있는 것으로 생각된다.

夏休眠을 지나서 다음의 冬休眠에 들어간 눈은 최적온도조건에서도 잎을 제거해도, 장일처리를 해도 눈을 트지 않는 것은 自發休眠 상태에 들어갔기 때문이다. 이 기간은 타발휴면기에 비해서 아주 짧지만 종류에 따라서 다르다. 개나리의 꽃눈휴면은 12월에 끝나고 가시나무, 물푸레나무, 너도밤나무 등은 4월까지 휴면한다.

3. 휴면의 유도

휴면을 유도하는 중요한 환경요인의 하나는 일장(日長)이다. 북반구에서는 하지 때 가장 길고 동지 때 가장 짧다. 식물이 빛을 감지하는 밝기는 해뜨기 전 30분부터 해가 진 후 30분까지이므로 천문일장보다는 1시간이 길다. 식물의 발육반응은 주간과 야간의 상대적 비율, 즉 광주기에 영향을 받으며 이것을 광주반응 또는 광주성이라고 한다. 광주성은 수종이나 품종에 따라 차이가 있는데 낮의 길이가 점점 길어지는 봄에 꽃이 피는 장일식물, 낮의 길이가 점점 짧아지는 가을에 꽃이 피는 단일식물, 일장과 관계없이 피는 중성식물, 일정한 일장에서만 개화하는 정일식물, 장일을 거쳐 단일로 바뀔 때 개화하는 장단일식물, 단일에서 장일로 바뀔 때 개화하는 단장일식물 등으로 나누어진다.

최근에는 일장을 조절할 수 있는 온실에서 광주기를 이용하여 사계절 꽃을 피우기 때문에 시장에 나오는 꽃을 보고는 계절감을 느낄 수 없게 되었다. 일장은 은어나 닭의 산란, 포유동물의 발정에도 이용되고 있으며 곤충에서도 흥미 있는 연구결과가 다수 나오고 있다. 수목의 개화현상에 미치는 광주반응의 연구는 초본식물에 비해 아주 적지만 영양생장에 미치는 영향은 큰 것으로 나타났다.

표 I. 수목의 생장에 미치는 각종 일장의 영향

단위 : cm(주축장)

수종 \ 일장	8시간	12시간	14시간	16시간
가막살나무	34	45	85	117
붉은병꽃나무	2	7	25	48
홍단풍	4	10	34	37
미국개오동	2	12	32	35
꽃개오동	1	2	9	23
백합나무	1	2	4	21
오동나무	5	7	12	17
좁잎자작나무	20	38	85	140
풍나무	1	3	12	18
구주적송	2	16	37	38
낙엽송	-	21	27	117
세코이아	-	60	73	78

수목의 광주반응의 경우 영양생장에 미치는 영향은 표1과 같이 1일 14시간 이상의 장일 처리를 할 경우 주축의 생장을 촉진시키나 1일 10시간이하의 단일조건에서는 영양생장을 억제하고 동아 형성을 촉진하는 것으로 나타났다.

단일처리에 의한 최초의 반응은 침엽수나 활엽수 공히 잎의 색이 짙어지고 주축 또는 줄기의 생장이 쇠퇴해져서 절간이 짧아지고 동아를 형성해서 결국은 생장이 정지된다. 정단분열 조직의 변화에 따라서 다음과 같이 몇 가지 형으로 나누어 진다.

- 가. 선단 생장점이 꽃도 또는 화서로 변하는 것 무궁화등
- 나. 선단 생장점이 고사해서 떨어지는 것 옷나무, 회나무등
- 다. 선단 생장점의 잎원기가 인편으로 변하는 것 포푸라, 층층나무등
- 라. 선단 생장점이 동아를 형성하는 것 소나무, 해송, 전나무등
- 마. 선단 생장점이 말라죽는 것 프라타나스, 피나무등

일장에 대한 감수성은 종에 따라 큰 차이가 있는데 동아를 형성하는 일정의 한계일장을 넘어서도 최적의 온도조건하에서는 백합나무, 아카시아 같은 수종은 18개월 생장을 계속한다. 한편 구주적송 황벽나무등은 연속광에서도 일정기간 후에는 휴면을 한다. 1생장기간에 수회

의 생장과 휴면을 반복해서 계단적 생장(flush)을 하는데 로버참나무는 1생장기간에 8회의 계단적 생장을 한다. 년1회 생장하는 소나무 종류 중에는 장일처리하면 수회의 계단적 생장을 한다. 또한 마가목, 물푸레나무, 장미 등은 일장에 반응을 하지 않는다.

4. 일장의 감수부위

많은 수목은 일장의 영향을 받아 휴면에 들어가는데 어느 기관에서 빛을 감지하는가는 수종에 따라 차이가 있다.

동아는 온도나 일장, 기타 환경요인이 충분할 때인 낙엽 전에 형성되고 휴면준비를 하기 때문에 당연히 잎이 문제가 된다. 그러나 광주 자극을 받는 곳은 대부분 잎이지만 그 감수 부위는 성장점 주변의 어린잎이 되기도 하고 휴면하고 있는 눈이 되기도 하고 개엽은 되었으나 아직 불완전한 잎이 되기도 하고 성숙한 잎이

위에 설명한 바와 같이 자작나무는 성장점이 일장을 민감하게 감수하지만 아카시아는 잎이 감수한다. 그러나 성장점을 장일처리하고 잎을 단일처리 하면 급격히 휴면한다. 단풍나무는 성장점을 단일에, 잎을 장일에 두면 휴면은 촉진되지 않으나 절간은 짧아진다. 이와 같이 수종에 따라 일장의 감수부위는 차이가 있다.

5. 수종에 따른 휴면형

수목의 휴면에 미치는 광주반응은 종에 따라 다르나 장일조건에서는 영양생장을 계속하고

I. 장일이 휴면개시를 방해한다 (장일에서 휴면하지 않는다)

1. 단일에서 휴면한다.

a. 장일에서 연속 성장한다 ----- A 골병꽃나무속

b. 장일에서 주기적 성장을 한다 ----- B 참나무속

2. 단일에서 휴면하지 않는다 ----- C 향나무속

II. 장일이 휴면 개시를 방해하지 않는다 (장일에서 휴면한다)----- D 돌개회나무속

되기도 한다. 유럽너도밤나무는 눈을 검은 천으로 싸주고 가지에 연속광처리를 해도 휴면은 타파되지 않으나 천과 인편을 벗기고 직접 눈에 빛을 쬐이면 생장을 시작한다.

너도밤나무는 눈의 인편을 통해서 0.7%의 광이 투과되면 빛을 감지하여 반응을 일으킨다. 자작나무의 휴면아에 단일처리하면 휴면을 계속하지만 연속광처리를 하면 잎의 유무에 관계없이 성장한다. 한편 잎만을 연속광처리하고 눈을 가려 놓으면 생장은 시작되지 않는다. 그리고 단일처리하면 눈의 발육은 하지 않는다. 이와 같은 결과는 단일하에서는 잎이 눈의 발육을 억제하는 것으로 생각할 수 있다.

단일조건은 생장을 정지시키는데 휴면과 일장의 관계를 다음의 4형으로 분류한다.

장일처리하에서 연속적으로 성장하는 A그룹에는 백합나무, 아카시아, 붉은병꽃 등으로 15시간 이상의 일장에서는 연속생장을 하지만 12시간 이하의 일장에서는 완전히 성장하는 B그룹은 가시나무(*Quercus borealis*)가 있으며 20시간 이상의 장일하에서는 생육기간 중에 3~4회의 주기 성장을 하고 단일하에서는 생장을 정지한다. 3~4회의 주기생장을 하고 단일하에서는 생장을 정지한다. 장일에서도 단일에서도 생장을 계속하는 C그룹은 미국 노간주나무(*Juniperus horizontalis*)가 있다. 그러나

단일보다는 장일에서 생장이 빠르다. 장일이 휴면의 시작을 방해하지 않는 D그룹에는 들개회나무가 있다. 장일이 단일에 비해 생장기간이 길지만 일장에 관계없이 일정기간 후에 휴면을 형성한다.

6. 휴면의 타파

수목의 눈 휴면은 온도, 일장 등 환경요인과 호르몬 등의 내적 요인, 또는 이들 요인의 상호작용에 의해서 깨어나지만 그 반응은 눈이 자발휴면인지 타발휴면인지 저온에 있었는지 여부, 눈이 정아인지 측아인지에 따라서 다르다. 구주적송, 유럽참나무의 여름휴면은 연속광처리에 의해서 쉽게 깨어나지만 가을 이후에 겨울 휴면에 들어가면 휴면타파가 어렵고 신초의 생장은 극히 제한된다. 소나무 어린 묘의 경우 휴면의 시기에 따라서 깨어나는 모습이 다르다. 생장을 정지해서 휴면에 들어간 어린 묘를 12월에 30℃의 온실에 넣어도 휴면에서 깨어나지 않으나 연속광처리를 하면 1주일 후에 휴면에서 깨어난다. 그러나 1월 이후에는 온도만 높혀주면 생장을 시작한다. 이와같은 현상은 휴면의 깊이가 다르기 때문인 것으로 생각된다. 1월에 처리한 어린 묘는 야외 저온(약 1℃)에 있었기 때문에 광처리 없이도 생장을 시작한 것으로 볼 수 있다. 휴면타파에 유효한 저온은 5~8℃로 보는 것이 보통이므로 1월 중순까지 야외에 있었고 어린 묘는 충분히 저온처리가 된 셈이다.

휴면타파를 육묘기간을 단축하는데 이용하기도 하는데 6월 상순에 생장이 완전히 정지된 소나무 1년생 묘를 8~9월에 연속 광처리를 하면 동아가 터져서 주축과 가지의 생장이 왕성해져서 새 잎이 나온다. 연속광처리로 생장을

촉진시킨 묘목은 첫서리나 늦서리도 충분히 견디고 다음해 봄에 자연 일장구의 묘목과 같이 생장을 하게 된다. 이 결과는 양묘기간이 긴 전나무류에도 적용하면 양묘기간을 단축시킬 수 있을 것으로 기대된다.

7. 휴면의 조건

일장에 의한 휴면의 유도는 일정의 온도범위 내에서 이루어 진다. 포푸라의 휴면은 5℃에서는 9시간의 단일 조건하에서는 유도되지 않으나 보다 높은 온도에서는 단일하에서 휴면에 들어간다. 휴면과 관련된 내동성 문제도 남방산 아카시아는 북러시아에서 조기에 동해를 받지만 적기에 20일간의 단일처리해서 내동성을 높힌 예가 있다. 미국 노간주나무는 야간온도 21℃에서 최대 생장할 수 있는 일장은 18시간인데 10℃이하에서는 24시간 일장이 필요하다고 한다. 이와 같은 실험은 골병꽃속, 개오동속, 오동나무속, 백합나무속, 자작나무속 등에 대해서도 조사되어 있다. 휴면타파에 요하는 저온처리 기간은 종간, 품종간, 그리고 한 나무에서도 부위에 따라서 다른 경우가 있다.

위도적으로 산지를 달리한 홍단풍에 대해서 미국 플로리다주에서 저온처리한 시험결과에 의하면 흑한지역 산의 나무는 휴면타파에 상당한 저온을 요하지만 따뜻한 지장산의 나무는 저온처리가 필요없었다고 한다.

같은 나무의 동아라도 휴면타파에 요하는 저온요구도는 눈의 성질에 따라 차이가 있는데 꽃눈은 잎눈보다, 끝눈은 결눈보다 낮은 온도에서 타파되는 것으로 밝혀졌다. 또한 북방 수종을 온대지방에서 도입하게 되면 휴면타파에 요하는 저온의 부족으로 제한을 받는데 특히 과수의 경우 이와 같은 사례가 많다. 예를 들면

송아의 개화가 늦어져서 과실이 작아지기도 하고, 앞이 꽃보다 늦기 때문에 과실의 성숙이 지장을 받기도 하고, 다음해의 과실수가 적어지기도 하고, 나무자체의 성장을 방해하기도 한다.

그러므로 수종을 도입할 때는 휴면을 타파하는데 요구되는 저온에 대해서도 검토가 되어야 한다.