

골프장,

## 솔잎혹파리 전쟁 끝나지 않아

김호준 박사 / 그린과학기술원 원장

### 1. 솔잎혹파리 발생사

#### ■ 골프장, 솔잎혹파리 피해 ... 이래도 될까?

우리나라에서 솔잎혹파리 피해는 1929년부터 시작되었다. 그 후 해를 거듭하면서 점점 증가하다가 1960년대 후반에서 1970년대에 이르러 걷잡을 수 없는 대 창궐로 전국의 소나무림이 폐허가 되는 듯 했다. 다행히도 관계자들의 피나는 방제노력과 천적(天敵, natural enemy)의 자연 억제력으로 솔잎혹파리 피해는 감소하였고 최근에는 잇을 정도로 미미하다.

그러나 골프장 소나무는 그렇지 못하다. 의외로 솔잎혹파리 피해가 아직도 잔존하고 방제가 시급함에도 이를 간과하는 골프장이 많다. 그 이유 중의 하나가 소나무는 상록수로서 피해를 받아도 그해 가을~초겨울까지 녹색을 유지하다가 이듬해 2~3월이 돼서야 붉게 말라 눈에 띄기 때문이다. 말라가는 소나무를 보고 그때서야 잠시 심각하게 생각하지만, 2~3개월 후 5~6월이 되면 위약하나마 새순이 돋고 잎이 나와 푸른빛을 되찾게 된다. 이때가 되면 금세 또 잊어버린다. 이 건망증(?) 때문에 골프장 소나무는 솔잎혹파리 공격에 시름시름 앓고 있다.

이래도 되는 건가?

특히 강원도와 경기도 북부, 경상북도 북부지역 삼림과 골프장의 소나무는 아직도 피해가 상당하다. 골프장 소나무는 산림에서와 달리 경관가치의 중요도가 높다. 그러므로 솔잎혹파리 피해를 받을 경우 경관가치는 물론 자산손실 또한 크다. 골프장 소나무가 솔잎혹파리 피해를 받지 않기 위해서는 철저한 예찰과 적기방제가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 방제기술과 솔잎혹파리에 대한 이론적 지식이 필요하다.

## ■ 최초 피해는 1929년 창경궁 후원 소나무

우리나라에서 솔잎혹파리 피해가 최초로 문제된 것은 1929년 4월 서울 창경궁 후원 솔밭이다. 후원에는 아릅드리 소나무가 많았는데, 원인모를 피해로 붉게 말라죽고 있었다. 왕궁 후원의 소나무가 붉게 마르자 당황해진 담당관들이 피해의 정확한 진단을 위하여 일본임업시험장(日本林業試驗場)에 조회하였다. 그 결과 일본에서 창궐하고 있는 솔잎혹파리 피해임을 확인했다. 당시 그 피해가 얼마나 심각하였는지 어린나무에서부터 수령 100년이 넘는 노송(老松)에까지 만연하였다고 한다.

방제법 연구가 활발하지 못하였던 때라 피해목을 모두 벌채하는 수준이어서 1931년 직경 30~50cm에 이르는 고궁(古宮)의 노송 300여 본이 잘렸다고 한다. 참으로 안타까운 일이다. 이 시기는 지금보다 훨씬 더 소나무를 아끼는 정서가 깊은 때였다.

그 후 서울의 솔잎혹파리 피해는 점차 확산되어 1936년 동대문구 청량리 동 현 국립산림과학원 구내, 1948년에는 남산, 1954년에는 우이동에서 피해가 발생하였다. 이로써 서울의 솔잎혹파리는 인접 지역인 경기도와 강원도 일원으로 확산되었다.

## ■ 1929년 목포 제1수원지에서도 발생

1929년 4월 서울 창경궁 후원 솔밭 피해에 이어, 같은 해 5월에는 전남 무안군 소재 목포 제1수원지의 30~40년생 소나무와 조림된 해송(곰솔)에도 발생하였다.

목포 제1수원지에서 발생한 솔잎혹파리는 1932년에 해남, 함평, 나주, 영암, 강진군으로, 1939년에는 진도, 장흥, 영광, 완도군으로 확산되었다. 1942년에는 화순군, 1948년에는 장성군으로 확산되었고 1951년에는 순천, 광양, 구례, 곡성군을 제외한 전라남도 전역으로 확산되었다. 이어서 1968년에는 전라북도 전역과 인접한 충청남도과 충청북도 그리고 경상남도과 경상북도 일부지역으로 확산되었다.

## ■ 1934년에는 부산에도

서울과 목포의 피해발생 5년 후 1934년 부산 구덕산 수원지의 소나무림에도 솔잎혹파리가 발생하였다. 이곳의 피해도 해를 거듭하면서 면적이 확산되어 1952년에는 동래구 소재 범어사(梵魚寺) 소나무림을 비롯하여 경상북도 전역으로 확산되었다.

## ■ 건설경기와 조경사업 번창으로 솔잎혹파리 확산

서울과 목포 그리고 부산을 발원지로 확산된 솔잎혹파리 피해와는 달리 인위적으로 전파되기도 하였다. 1964에는 충북 단양, 1974년에는 충남 아산 현충사 경내, 1981년에는 강릉시 오죽헌, 1982년에는 속초시 설악산 입구 소나무에서 발생하는 등 피해 청정지역 내에서 섬처럼 고립된 지역형태로 나타났다. 이처럼 솔잎혹파리가 전국의 주요 조경지에 섬처럼 발생된 원인은 건설경기 호황에 따라 조경사업도 활발하여 피해지역의 소나무와 잔디가 옮겨져 식재되었기 때문으로 보고 있다.

그 후 1990년에는 제주도 서귀포시와 경북 울릉도에서도 발생하는 등 솔잎혹파리는 우리나라의 남한 전역으로 확산되었고 1999년에는 북한의 금강산 일원에도 발생된 것으로 보고되었다.

## 2. 솔잎혹파리, 피해양상

### ■ 분류학적 위치(가계)

솔잎혹파리는 성충의 생명이 하루 남짓한 모기보다 작은 소형 파리의 일종인데 다음과 같은 가계를 구성한다.

- 동물계(Animal kingdom) ----- 界(Kingdom)
- 절지동물문(Arthropoda) ----- 門(Pylum)
- 곤충강(Insecta) ----- 綱(Class)
- 파리목(Diptera) ----- 目(Order)
- 장각아목(Nematocera) ----- 亞目(Suborder)
- 혹파리과(Cecidomyiidae) ----- 科(Family)
- 콘타리니아족(Contarinini) -- 族(Tribe)
- Thecodiplosis속 ----- 屬(Genus)
- japonensis종 ----- 種(species)으로서 다음의 학

명과 일반명(영명)을 갖는다.

- 학명 : *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye
- 영명 : Pine needle gall midge, Pine leaf gall midge

## ■ 피해수종

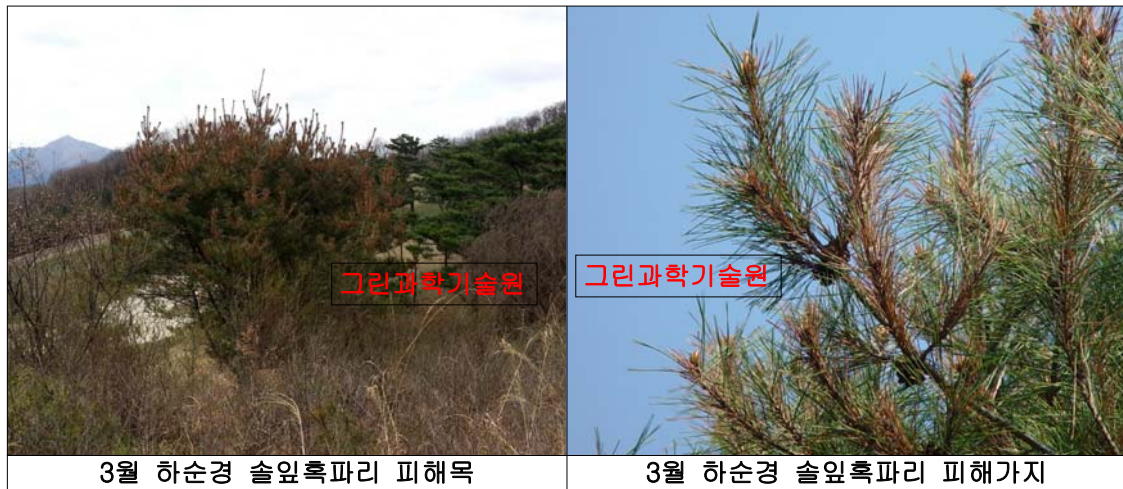
솔잎혹파리는 소나무(육송)와 곰솔(해송)의 잎에 기생 가해하는 해충이다. 유충이 엽초(葉鞘, leaf sheath)에 감싸인 솔잎 기부(基部)에 잠입, 조직을 갉아 흡즙함으로써 벌레혹(蟲癭, gall)이 형성되고 생장이 정지되면서 조기에 황변하여 말라죽는다. 피해목은 침엽이 감소함에 따라 생장이 감퇴되면서 쇠약하고 피해가 2~3년 계속되면 나무종류 등의 천공해충(穿孔害蟲) 공격으로 고사하고 만다.

## ■ 수고·직경생장 감소, 고사

솔잎혹파리는 솔잎 기부에 기생하면서 탄소동화물질을 흡수하여 피해목은 신초(新梢, shoot) 성장과 직경생장이 현저히 감소한다. 피해목의 성장저하는 발생연수와 관계가 있다. 솔잎혹파리가 처음 침입하여 약 6세대(6년)를 거치는 동안 충영 형성률은 계속 증가하여 7년차에 최고에 달하고 그 후 급격히 감소하는 양상을 보인다. 이러한 지역에서의 수고생장 저해는 6~7년부터 시작되어 7~8년차부터는 70% 이상의 저해를 받으며, 9~10년부터는 회복되는 경향을 보인다. 직경생장 감소현상도 수고생장과 유사하게 30~80%의 성장감소를 나타낸다.

솔잎혹파리 피해엽의 충영 형성률은 ㉠ 수관상부에서 수관하부보다 높고 ㉡ 수고가 높은 나무일수록 낮은 나무보다 높다고 한다. 이는 다른 해충에서처럼 나무의 꼭대기나 돌출한 가지에서 산란 선호도가 높기 때문일 것이다. 또 ㉢ 수령(樹齡)이 높은 나무가 낮은 나무보다 충영 형성률이 높다고 한다. 일반적으로 수령이 높을수록 수고가 높기 때문인 것으로 추정된다.





### 3. 솔잎혹파리 형태와 생태

#### (1) 형태

##### ■ 성충

성충은 2.0~2.5mm의 밝은 황색으로서 머리의 등면과 측면은 흑갈색의 겹눈으로 덮여있다. 더듬이는 연한 황색의 채찍모양이며 암컷 더듬이는 14마디, 수컷은 26마디며 끝 쪽의 4마디가 황갈색~연한 갈색이다.

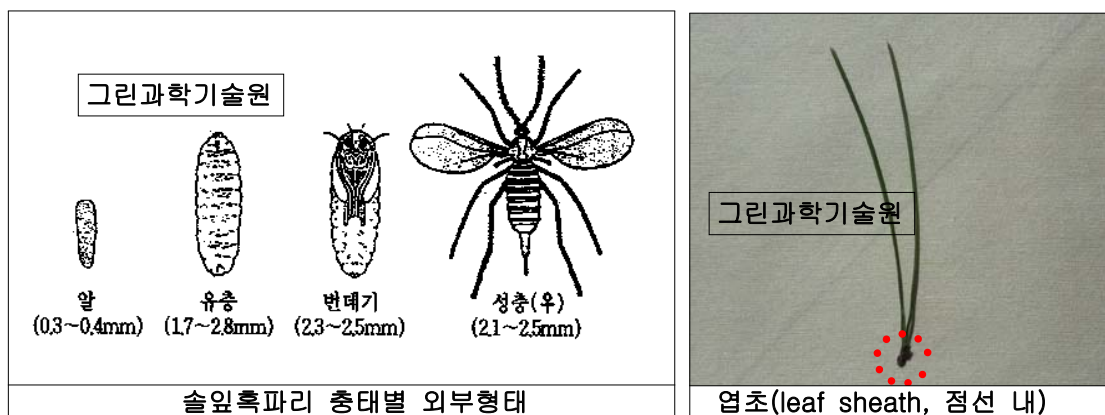
날개는 암컷이 길고 암갈색의 반투명이다. 수컷은 무색투명한데 전체에 짧은 털이 있고 작은 반점이 많다. 평균곤(平均棍, halter, balancer)은 짙은 갈색의 털이 밀생한다. 다리는 연한 황색이다. 배는 방추형으로서 황색인데, 암컷은 다갈색(茶褐色)의 털이 밀생하고 끝에 긴 산란관이 있다. 수컷의 배 끝에는 생식기인 1쌍의 파악기(把握器, clasper)가 있다.

##### ■ 난(알), 유충(애벌레), 용(번데기)

알(卵)은 길이 0.3~0.4mm, 폭 0.1mm로 길쭉하고 중앙부가 굽어 바나나 모양이다. 표면은 광택이 있고 산란 직후에는 무색투명하지만 발육함에 따라 황색으로 변한다.

유충(幼蟲)은 길이 1.7~2.8mm, 폭 0.6~0.8mm로 황백색~황색이며 등면에 갈색의 Y자 모양 흉골(胸骨, breast bone)이 있다.

번데기(蛹)는 길이 2.3~2.5mm, 폭 0.6~0.8mm로 황색이다. 배는 황색이며 머리가 검고 더듬이와 날개가 보인다. 고치는 길이 0.9~2.2mm 정도로서 누에고치 실처럼 얇은 막으로 감싸여 있고 표면에 흠과 티끌이 붙어있다.



## (2) 생태

### ■ 월동과 우화

솔잎혹파리는 연 1회 발생한다. 땅속 1~2cm 또는 낙엽 밑이나 부식층에서 유충으로 월동하다가 5월 상순부터 고치를 짓고 번데기가 되는데, 기간은 1개월 정도다.

5월 중순~7월 상순경 번데기는 지표면에 몸을 반쯤 내밀고 우화(羽化)한다. 경남 진해를 기준으로 남부지방에서는 4월 중순, 충남 보령을 기준한 중남부지방은 5월 중순, 서울을 기준한 중북부지방은 5월 하순경에 시작되며 우화 최성기는 6월 초순~중순경이다.

우화 최성기의 빠르고 늦음은 4월 이후의 온도와 상관이 있으며, 지방이나 연도에 따라 다르고 동일 임분(林分)에서도 방위, 표고(해발고)에 따라 차이가 있다. 하루 중에는 오후 3~5시 사이에 가장 많고 비오는 날에는 우화하지 않으며, 비가 온 뒤 맑은 날 오후와 다음날에 우화율이 가장 높다.

### ■ 아까시나무 꽃 만발할 때 우화 최대

연구에 의하면, 솔잎혹파리 우화시기와 아까시나무 개화기가 일치한다고 한다. 즉, 그 지방 아까시나무의 개화가 시작되면 솔잎혹파리 우화도 시작되고, 꽃이 만개(滿開)할 때 우화 최성기가 시작되어 꽃이 시들 때까지 지속된다는 것이다.

아까시나무는 뿌리혹박테리아를 가지는 콩과식물로서 생명력이 강해 척박지에서도 잘 자란다. 민둥산 녹화와 땃감용으로 1900년대에 들어온 나무로서 우리 귀에 익숙하다. 향기로운 꽃이 피어 동요 「과수원길」로도 유명하고 중요 밀원자원(蜜源資源)으로서 국민건강에 기여하는 바가 크다. 정말 고마운 나무인데, 솔잎혹파리 방제시기까지 알려줄 줄이야 ...

아까시나무 외에도 솔잎혹파리 우화 최성기에 꽃이 만발하는 나무는 백당나무, 찔레나무, 꽃창포 등이 있다. 그러므로 이들 식물의 꽃피는 시기를 기준하여 솔잎혹파리 방제작업을 한다면 적기방제에 가까울 것이다.

### ■ 산란과 부화

우화한 암컷은 주로 하층식생의 잎에 앉아 있고 수컷은 하층식생 주위를 활발히 날아다니면서 암컷을 찾아 짝짓기를 한다. 짝짓기 한 암컷은 소나무로 날아가 새잎의 두 침엽 사이에 산란관을 꽂고 6~7개의 알이 들어있는 난괴(卵塊, 알주머니)를 낳는다. 암컷 1마리당 평균 140개의 알을 품고 있거나 100여 개를 산란하고 죽는다. 즉, 우화당일 짝짓기하고 산란한 다음 폐사한다.

산란된 알은 5~7일이 지나 6월 하순경 부화한다. 부화한 유충은 엽초에 감싸인 솔잎 기부를 향하여 이동한다. 잎의 기부에 도착한 유충은 그곳에서 식하면서 내부 벽면조직을 갉아 즙액(광합성 물질)을 흡즙한다. 이때부터 솔잎의 기부가 혹처럼 볼록하게 팽창한다.

### ■ 먹이활동과 솔잎고사

유충이 먹이활동을 시작하면서 기부는 서로 합쳐지고 미미한 벌레 혹(蟲癭)이 생기면서 생장이 지연된다. 피해엽은 7월경부터 생장이 정지되고 8월경 건전엽 길이의 1/3~1/2 이하가 되며 혹이 자라 쉽게 구별된다. 9월이면 혹 속의 유충이 성숙하여 육안으로도 구별할 수 있고, 하순경에는 엽초에 싸인 기부의 혹 전체가 갈색으로 변한다. 유충의 성장이 완료되는 10월의 3령기에는 왕성한 섭식 때문에 충영 내부조직이 완전히 파괴된다.

남부지방에서는 기상조건에 따라 이듬해 2월까지 충영 속에 유충이 남아있기도 하지만, 대체로 10월 하순~11월이면 충영 내부는 완전히 파괴되어 비어있고 피해엽은 황록색으로 퇴색하면서 시든다. 충영 바로 위에는 도랑과 같은 공간이 생기고 유충은 이 도랑을 이용하여 침엽을 탈출한다. 비가 오거나 이슬 또는 서리가 있어 충영내부에 물기가 생기면 활동이 자유로워지기 때문에 비가 올 때 또는 비 온 다음에 가장 많이 떨어지는데, 낙하 최성기는

11월 중순~12월 상순이다. 이듬해 봄 유충이 탈출한 피해엽은 적갈색으로 말라 떨어진다.

낙하한 유충은 흙골을 이용하여 도약 이동하다가 토양수분이 촉촉한 적습지(適濕地)의 땅속 1~2cm 또는 지피물 속에 잠입하여 월동한다. 건조에는 매우 약하지만 저온에는 강하여 땅이 얼어도 죽지 않는다. 그래서 겨울 가뭄이 심한 해에는 건조한 남향에서의 발생률이 떨어진다.

## ■ 솔잎혹파리 생활사

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
유충	○○○	○○○	○○○	○○○	○	●●●	●●●	●●●	●●●	●○○	○○○	○○○
번데기					△△△	△△△						
성충					‡‡	‡‡‡						
알					■	■ ■ ■						

주) ● : 가해 유충기

## 4. 솔잎혹파리 방제

### (1) 방제 개요

#### ■ 피해 조기발견

솔잎혹파리 방제 성공여부는 조기발견, 피해도 파악 및 적기방제다. 소나무는 잎이 2년간 녹색을 유지하는 상록수로서 일부 피해엽이 황화 고사하더라도 전체적으로는 녹색을 유지하기 때문에 초기예찰이 어렵다. 또한 발생초기에는 충영 발견이 어렵고 피해엽을 쉽게 발견하기까지는 3~5년이 지나야 할 정도다. 그러므로 초기·적기방제가 어렵고 방제에 장기간이 소요되는, 이른바 방제에 많은 정성이 요구되는 해충이다.

솔잎혹파리는 수명이 짧은 하루살이고 개개의 충체는 연약하지만 전 개체의 우화는 30여 일에 걸쳐 지속적으로 일어난다. 그러므로 일부가 죽더라도 전체 밀도 저하에는 큰 영향을 주지 못한다. 그래서 솔잎혹파리 방제는 지역에 따라 차이나는 생활사를 파악하고 피해도를 조사한 다음 방제여부와 방법을 정해야 효과가 있다.



## ■ 피해도, 소속 골프장 피해측정과 과학관리

솔잎혹파리 피해도는 벌레혹 형성률(虫癭形成率)로 산정한다. 즉, 피해가지에 붙은 전체 잎의 수와 충영을 형성한 잎의 수를 100으로 나눈 수치다. 충영 형성률이 10% 이하면 피해도 『미』로서 외관상 단목(개체목)의 피해가 나타나지 않아 자세히 살펴보아야 피해엽을 발견할 정도다. 이는 솔잎혹파리가 처음 침입한 선단지역, 피해가 회복된 지역, 지피물이 적고 지표가 건조한 곳에서 볼 수 있다.

충영 형성률 11~30% 이하면 피해도 『경』으로서 피해엽을 쉽게 발견할 수 있는 정도다. 늦가을 멀리서 보아도 피해목 수관부의 상층이 황록색을 띠고 수관부가 엉성하다.

$$\bullet \text{ 솔잎혹파리 피해도} = \text{충영형성 침엽의 수} / \text{총 침엽의 수} \times 100$$

## ■ 솔잎혹파리 피해도와 충영 형성률 및 수관부 증상

피해도	충영 형성률	수관부 증상
미	10% 이하	외관상 단목(개체목)의 피해가 나타나지 않아 자세히 살펴보아야 피해엽을 발견할 정도임.
경	11~30% 이하	늦가을 멀리서 보아도 피해목 수관부의 상층이 황록색을 띠고 수관부가 엉성함.
심	31~50%	멀리서 보아도 피해림과 개체목 수관부가 갈색을 띠고 엉성함.
극심	51% 이상	당년생 가지에 붙은 거의 모든 잎에서 충영이 보임.

충영 형성률 31~50%는 피해도 『심』으로서 멀리서 보아도 피해림과 개체목 수관부가 갈색을 띠고 엉성하다.

충영 형성률 51% 이상은 피해도 『극심』으로서 당년생 가지에 붙은 거의 모든 잎에서 충영이 보인다. 피해도 극심의 상태를 2년 이상 받은 나무는 거의 고사하여 멀리서 보면 회백색으로 보인다. 이 현상은 솔잎혹파리 발생 5~8년이 지난 임지에서 흔히 나타나는 증상이다.

그러므로 관리자는 솔잎혹파리 충영 형성률을 조사하면 각자의 소속 골프장 피해도가 어디에 해당하는지를 알 수 있다. 이렇게 조사된 자료를 바탕으로 방제여부를 결정하고 방제법을 선택하는, 이른바 과학관리가 필요하다.

## ■ 피해 진행, 소속 골프장 피해 진행도 추정

피해엽 혹(충영) 속에 서식하는 유충의 수는 ㉠ 피해가 심한 지역에는 평균 6~7마리, 피해가 회복기인 임분(林分)에서는 3~4마리였다는 보고가 있다. 이는 고밀도에서 회복기인 저밀도로 향하고 있는 임분의 소나무일수록 충영 내 유충의 수가 적음을 나타낸다.

그렇다면 우리는 각자가 소속된 골프장의 솔잎혹파리 피해 진행도를 알아볼 수 있다. 즉, 자기가 소속된 골프장이 솔잎혹파리 피해가 심한 고밀도 군에 속하는지, 아니면 회복기인 저밀도 군에 속하는지를 충영 속 유충의 수 조사로 추정할 수 있다.

그런데, 충영(蟲癭) 속 유충의 수는 ㉡ 피해가 누적되어 쇠약해진 나무에서는 적고 수세가 왕성한 나무에서 오히려 많은 수의 유충이 서식한다는 보고가 있다. 쇠약한 나무에서 충영 내 유충의 수가 적은 것은 먹이 부족으로 어린 유충기에 이미 폐사하였기 때문이라고 하였다.

그러므로 관리자는 소속 골프장의 솔잎혹파리 피해목을 조사하여 충영 속 유충의 수가 평균 3~4마리에 불과하였을 경우, 약제방제와 더불어 시비(施肥)하면 빠른 수세(樹勢) 회복을 기대할 수 있다.

## (2) 화학적 방제

화학적 방제는 농약을 사용하여 해충을 방제하는 직접적인 방법으로서 효과가 빠르고 정확하며, 해충 밀도가 위험수준에 달하였을 때 더욱 효과적이다. 그러나 환경오염, 천적이나 유용 동·식물에 대한 악영향 등의 부작용이 많아 적절한 사용이 요구된다.

솔잎혹파리 방제를 위한 화학적 방제법으로는 ㉢ 수상(樹上) 유충기의 수간주입과 근부 처리법 ㉣ 지중 유충기의 지면살포법 ㉤ 성충 우화기의 수관살포법이 있다.

## ■ 수간주입, 약해방지 적정약량 주입

수간주입 또는 수간주사(樹幹注入, 樹幹注射)는 직경 10cm 이상 되는 나무에 드릴(Drill)로 직경 0.6~1cm 내외, 깊이 5~10cm 내외의 구멍을 45도 각도로 중심부를 비껴서 뚫고 약제를 주입한다. 주입된 약액은 줄기를 따라 잎에까지 도달하여 유충이 엽조직을 갉아 흡즙할 때 함께 흡수되어 죽는다.

수간주입은 5월 중순~6월경 성충 우화기(산란기)에 전년도의 충영 형성률

20% 이상이었던 삼림이나 조경지를 대상으로 실시한다. 방제대상이 유충이고 천적에는 악영향이 없다는 장점이 있다.

그러나 이들 약제는 모두 약해(藥害, 농도장해) 우려가 높은 단점이 있어 나무마다의 적정량 주입이 중요하다. 특히 경관가치가 중요한 골프장이나 기타 조경수에서는 약해로 인하여 1~2개 가지가 고사할 경우 미적가치의 손실이 크다. 약해를 막으려면 정확한 흉고직경 측정과 나무의 건강상태를 감안한 적정 약량주입이 필요하다. 그런데, 작업자의 가장 큰 실수는 직경 테이프 또는 윤척(輪尺, calliper)을 사용하지 않고 눈짐작으로 나무의 직경을 어림잡아 투약함으로써 농도장해가 일어나는 것이다.

### ■ 솔잎혹파리 방제 수간주입용 약제

농약명	상표명	사용방법	
		시기, 용법	약량
디노테퓨란(액)	술탄	성충우화기 수간주사	원액 0.3ml/흉경cm
아세타미프리트(액) 10%	마스그린,	성충우화기 수간주사	원액 0.3ml/흉경cm
아세타미프리트(액) 20%	스와튼	성충우화기 수간주사	원액 0.3ml/흉경cm
아세페이트(캡)	아스캡	발생초기 수간주사	1캡술/흉경cm
이미다클로프리트(분 액)	살무사, 제토어디션	성충 발생기 수간주사	원액 0.3ml/흉경cm
클로티아니딘(액)	볼케이노	성충 우화기 수간주사	원액 0.3ml/흉경cm
티아메톡삼(분액)	아타라	성충 우화기 수간주사	원액 0.2ml/흉경cm
티아메톡삼(액)	어트렉	성충 우화기 수간주사	원액 0.3ml/흉경cm
포스파미돈(액)	다무르, 동부포스팜, 삼공포스팜, 영일포 스팜, 선문포스팜	부화유충기(6월중) 수간주사	원액 0.3ml/흉경cm

※ (액) : 액제. (분액) : 분산성액제. (캡) : 캡슐. 흉경 : 흉고직경

## ■ 솔잎혹파리 방제 수간주입 광경



## ■ 토양관주, 토양유충과 충영유충 동시 살충

토양관주는 솔잎혹파리 우화기에 뿌리권 토양에 15cm 깊이의 구멍이나 구멍 또는 고랑을 50cm 간격으로 파고 카보퓨란(카보텔, 큐라텔, 후라단 - 골프장 잔류검사대상) 또는 이미다클로프리드(코니도)를 넣거나 뿌려준다. 땅에 묻힌 약은 토양수분에 확산되어 월동 유충이나 번데기를 살충하고 일부는 뿌리에 흡수되어 지상부 충영 내의 유충을 죽인다. 토양관주는 솔잎혹파리 방제뿐만 아니라 응애, 깍지벌레, 진딧물 등의 흡즙해충 모두에 적용 가능한 방법이다.

약제처리 시기는 처리한 약제가 뿌리를 통하여 흡수되어 수관부 전체에 이행되는 데에 약 7일 정도 소요되므로 4월 하순~5월 하순경 성충 우화기 전후가 된다. 약제를 흉고직경 cm 당 처리하는 단목(單木) 처리법으로서 독립수로 식재된 조경수에 적합하다. 또한 토양 전면처리가 아니라는 점이 지면 살포에 비하여 생태계 교란이 적다. 그러나 구멍이나 도랑에 시약함으로써 처리면적이 제한적이다.

■ 솔잎혹파리 방제 토양처리용 약제

농약명	상표명	사용방법	
		시기, 용법	약량
다이아지논(입)	다이하금, 다이아톤, 시니나, 다이진	11월 하순 토양 전면처리	15kg/1,000m <sup>2</sup> (15g/m <sup>2</sup> )
에토프로포스(입)	모캡, 젠토캡, 필사충, 원톱	월동 유충기 토양처리	15kg/1,000m <sup>2</sup> (15g/m <sup>2</sup> )
이미다클로프로리드 (미탁)	크로스	4월 하순~5월 하순 (유충기~용기) 토양처리	20g/흉경cm
이 미 다 클 로 프 리 드 (입)	코모도, 래피드킬, 호리도, 비법	4월 하순~5월 하순 (유충기~용기) 토양처리	20g/흉경cm
카보퓨란(입)	이비엠물바사리, 카보텔, 큐라텔, 후라단, 황제카보, 동방카보	4월 하순~5월 하순 (유충기~용기) 토양처리	50g/흉경cm

※ (입) : 입제. (미탁) : 미탁제. 흉경 : 흉고직경

■ 이미다클로프로리드 토양관주



### ■ 지면살포, 많은 약량소모 비용증대 초래

지면살포법은 솔잎혹파리의 토양 잠복기인 월동 유충과 번데기를 대상으로 토양표면에 약제를 살포하는 방제법이다. 11월 하순~12월 상순 월동유충 낙하기, 5월 하순~6월 초순 월동유충 및 번데기를 대상으로 다이아지논(다이진), 에토프로포스(모캡, 에스캡) 등을 지면에 살포한다. 전년도 피해를 20% 이상인 지역으로서 수간주입이 불가능한 어린나무, 상수원이나 하천 또는 양어장 등으로 약액유입 우려가 없는 곳에서 실시한다.

지면살포는 낙엽층이 두꺼운 곳에서는 실효성이 적다. 충분한 양의 약을 살포하여 방제대상이 있는 지면이나 부엽토에까지 닿아야 하고 휘발되거나 유실되지 않아야 한다. 그러므로 많은 약량 살포에 따른 비용증대와 토양 동물에의 악영향 등 생태계 교란우려가 있다.

소나무와 낙엽수가 혼생하는 산림에서 지면살포 효과를 높이기 위해서는 우선적으로 낙엽 등의 지피물 제거가 필요하다. 또한 50~60mm 이상의 충분한 강우가 있어 살포한 약이 두꺼운 낙엽층 아래로 스며들어 살충효과를 나타낼 수 있어야 한다. 그러므로 방제대상인 솔잎혹파리 유충이나 번데기가 지표면에 가장 가까이 있을 때를 예측하여 살포하는 것이 중요하다.

### ■ 수관살포, 효과 미미 농도장해 주의

수관살포(樹冠撒布)는 6월 상순경 우화성충을 대상으로 페니트로티온(메프치온, 스미치온) 등을 수관에 살포하는 방제법이다. 수관살포는 대발생시에 고려할 가치가 있다. 그러나 성충 발생시기의 정확한 예측이 필요하고 방제대상인 성충의 우화 지속기간(30여 일)이 길다는 것이 문제다. 즉, 수관살포는 살포당일 또는 다음날까지 우화한 성충은 방제되더라도 2~3일이 지나 약이 휘발된 이후에 우화한 개체들은 방제하지 못한다. 그러므로 방제효과를 높이기 위해서는 우화기간 동안 여러 번 살포해야만 하는 비경제적인 방법이다.

수관살포 시 가장 주의해야 할 것은 살포한 농약에 의한 농도장해다. 나무의 건강과 잎의 구조, 살포 당일의 기상, 살포 약량 및 농도에 따라 장해여부가 따른다. 농도장해는 잎이 타서 말라죽게 하며, 겨울눈이 장해를 받으면 이듬해 새 가지와 잎이 발생하지 못하고 나무가 말라죽는다. 또한 수관부에 서식하는 천적이나 다른 동물에도 악영향을 미치는 등의 생태계 교란우려가 높기 때문에 권장할만한 방법이 아니다.



## ■ 솔잎혹파리 방제 수관살포용 약제

농약명	상표명	사용방법	
		시기, 용법	약량
페니트로티온(유)	메프치온, 스미치온, 새메프, 핵탄, 페니치온	산란직후부터(6월 상순) 수관살포	20ml/물 20ℓ

※ (유) : 유제.

## (2) 임업적 방제

임업적 방제는 간벌, 시비 등의 육림기술로 솔잎혹파리 발생을 예방하고 밀도를 저하시키는 간접적인 방제법이다.

### ■ 간벌, 유충 서식환경 교란

간벌(間伐)은 솔잎혹파리 피해림에서 수확기에 가까운 소나무와 어린 나무(稚樹)를 포함하여 벌채하는 방제방법이다. 간벌은 3년이 경과하면 충영 형성률이 낮고 소나무 생장 감소율 및 피해목 고사율 또한 낮았다는 연구결과가 있다. 즉, 간벌은 ㉠ 나무에 생육공간을 제공하고 ㉡ 임내(林內) 광 투입으로 낙엽분해가 촉진되며 ㉢ 임지를 건조시켜 솔잎혹파리 유충 서식환경을 악화시킴으로써 밀도억제와 피해회복을 촉진한다.

### ■ 시비, 피해회복 촉진

시비(施肥) 그 자체는 솔잎혹파리 피해 억제력이 없다. 그러나 시비는 신초생장 효과가 있어 솔잎혹파리 피해회복을 촉진시킨다. 신초생장이 촉진되면 수세회복이 빨라지고 충영 형성엽의 변색기를 늦추며 낙엽시기도 늦어지는 효과가 있다.

방법은 3~4월경에 복합비료(17-21-17) 350kg/ha 또는 단목별 시비, 5~6월 새잎이 나온 다음 질소질 비료(요소비료) 2% 용액을 10일 간격으로 2~3회 엽면시비 하면 수세가 회복된다. 일반적으로 시비는 화학적 방제와 병행할 경우 효과가 있다. 즉, 4~5월 토양에 시비하고 6월에 수간주입 할 경우 효과가 높다.

### ■ 비닐피복, 소 면적 독립수에 적용가능

기타 방제법의 하나로서 솔잎혹파리 우화성충 비산 차단 및 낙하 월동유충

지중잠복 차단을 목적으로 나무 밑에 비닐을 깔아 방제하는 방법이다.

4월말 이전에 나무 밑 관목이나 장애물을 제거하여 지면을 정리하고 비닐을 깔아 우화성충의 비산을 차단한다. 또 9월 말 이전에도 비닐을 깔아 낙하 월동유충을 수거하여 태운다. 넓은 면적을 대상으로 하기에는 단위면적 당 비용이 너무 많이 들어 비경제적이다. 그러나 소 면적 또는 단목으로 식재된 소공원이나 조경수에서는 적용 가능하다.

### (3) 생물적 방제

생물적 방제는 이미 발생한 솔잎혹파리 피해를 기생봉과 같은 천적곤충이나 거미, 새 등의 동물과 미생물을 이용하여 방제하는 방법이다. 천적을 이용한 해충방제는 성공하면 ㉠ 효과가 영구적으로 지속되며 ㉡ 해충의 밀도가 낮아도 효과가 있고 ㉢ 자연증식하기 때문에 방제비용을 요구하지 않는 자연생태계의 순응방법이다.

#### ■ 천적 구분

솔잎혹파리 천적으로는 포식성 천적, 기생성 천적, 병원성 미생물 등으로 구분한다. ㉠ 포식성 천적으로는 지표(땅속)에서 월동하는 유충과 번데기를 포식하는 개미와 딱정벌레(먼지벌레류) 그리고 지표를 돌아다니는 배회성 거미가 있다. ㉡ 풀잎에 앉아있는 성충을 공격하는 포식성 응애와 날아다니는 성충을 포획하는 거미줄 거미 ㉢ 잎의 충영 내 유충과 낙하한 월동 유충을 잡아먹는 새(박새, 산솔새)가 있다. 병원성 미생물로는 ㉣ 월동 유충에 병을 감염시켜 폐사시키는 토양 미생물(*Bacillus* sp.)이 있다.

#### ■ 천적 기생봉

솔잎혹파리의 유력한 천적으로 이용되고 있는 기생봉으로는 솔잎혹파리 유충의 몸에 기생하는 솔잎혹파리먹좀벌(*Inostemma seoulis*)과 혹파리살이먹좀벌(*Platygaster matsutama*) 2종이다.

천적 기생봉 이용은 기생봉을 대량 사육하여 천적이 분포하지 않거나 기생률이 낮은 피해임지에 방사하여 피해허용밀도 이하로 낮추는 방법이다. 기생봉 방사는 ha당 20,000 마리가 가장 효과적이라고 한다. 기생봉은 솔잎혹파리 알에 산란하고 부화한 유충이 솔잎혹파리 유충 몸속에서 체액을 먹이로 하면서 발육한다. 이듬해 5~6월경 기생봉은 기주 몸속에서 번데기가 되고



20여일 후 우화 탈출하는데, 이때 솔잎혹파리 유충은 죽는다.

솔잎혹파리 밀도 증감은 기생봉 밀도 증감과 관계가 있다. 즉, 솔잎혹파리는 피해가 시작되어 5~7년이 경과하면 피해 극심기에 달한다. 7여년이 지나면 기생봉 기생률 또한 높아져 피해율은 감소하게 되고 솔잎혹파리와 기생봉 밀도는 자연평형을 유지하여 피해가 회복된다.

#### ■ 조류 보호

솔잎혹파리 유충의 포식성 천적 조류에는 박새, 진박새, 쇠박새, 쭈새, 곤줄박이, 오목눈이, 솔새 등의 소형 조류들이다. 이들 조류는 하루에 20~100여 마리를 포식한다. 그러므로 조류의 서식환경을 조성 보호함으로써 솔잎혹파리 피해 자연 억제력이 높아지도록 한다.