

제5장

인삼의 생리

- 
1. 종자 생리
 2. 수분 생리
 3. 영양 생리
 4. 광합성과 호흡



제5장 인삼의 생리

1. 종자 생리

가. 개화

인삼은 일반적으로 3년생에서 부터 꽃이 피기 시작하나 때로는 생육상태에 따라서 2년생에서 개화하는 경우도 있다. 보통 개화 전년도의 6월 중순 이후부터 주아 내부의 중앙분열조직에서 화기의 분화가 시작되고 8월 중순경에는 암술과 수술이 형성되며 9월 하순경에는 화경 및 소화경을 포함하는 화기 구조의 모든 형성이 완료된다. 인삼의 꽂은 암술(雌藥)과 수술(雄藥)을 모두 갖춘 자옹동주로 다섯 갈래로 갈라진 연한 녹색의 꽃받침과 연한 황록색을 띠는 5매의 꽃잎 그리고 5개의 수술과 1개의 암술로 구성되어 있다〈그림 5-1〉. 암술머리는 둘로 나누어져 있고 씨방은 2실로 되어있다. 꽂이 화경의 정단에 산형화서를 이루며 배열되어 있다.



〈그림 5-1〉 인삼 꽂 형태

개화 과정은 4월 중순경 출아시에 이미 주아내에 형성되어 있던 화기도 줄기와 잎과 함께 지상부에 출현되며, 줄기의 신장과 동시에 화경도 신장하여 줄기 신장과 전엽이 끝나는 시기에는 화경의 신장과 전개도 완료된다. 개화기는 5월 중순 경으로 산형화서의 주변에 있는 꽃봉오리부터 개화하기 시작하여 중앙부로 개화가 진행되며, 전체 화서의 개화에는 약 6~13 일이 소요되고 화서내의 개화최성기는 개화기간 중간의 2~3일이다(그림 5-2). 개화시간은 보통 오전 8~10시 사이지만 흐린 날은 1시간 정도 늦어지고 맑은 날 개화는 시작에서 종료까지 소요되는 시간은 1시간 이내이다. 개약(開藥)시간은 개화 후 2~3시간이 경과된 오전 11~12시부터 시작하여 3~5시간 후에는 5개의 약이 모두 터지게 되나, 화분은 날리지 않고 1일간 약(藥) 속에 남아 있다가 개약된 다음 날 오전에 비산(飛散)된다.



〈그림 5-2〉 인삼의 열매(좌; 자경종, 우; 황숙종)

나. 수정

인삼은 자가 수정작물이나, 화분의 비산이 1일간 지연되고 암술이 먼저 성숙하는 자예성숙이므로 충매 또는 풍매에 의하여 자연교잡이 일어나며 자연교잡율은 11~27%에 달한다. 수정이 매우 잘 되어 자가 수정이나 타가 수정의 경우 모두 80%이상이 수정된다.

수정이 되면 꽃잎이 떨어지고 장과류(漿果類)에 속하는 과실의 발육이

시작된다. 장과(漿果)는 처음에는 암록색을 띠나 성숙이 진행됨에 따라 부분적으로 암갈색을 띠게 되며 그후 자홍색으로 변색되고 성숙이 완료되면 전체가 선홍색으로 된다. 황숙종과 등황숙종은 장과가 암록색에서 황색 또는 등황색으로 변색된다(그림 5-3).

장과의 과육은 황색을 띠며 수분이 많은 장육으로 되어 있고, 종피는 15열의 돌세포(石細胞)로 구성된 두께 0.2mm 정도의 단단한 목질로서 표면에는 주름이 있고, 연한 황색을 띠며 두께는 3~4 μ 으로 아주 얇다. 4년생에서 채종한 종자의 일반적인 크기는 길이가 5.6mm, 폭은 4.8mm 그리고 두께는 3.0mm 내외이며, 100립중은 약 4.5g 정도이다. 개체 당 열매의 갯수는 년생과 생육상태, 기상조건 등에 따라 다르지만, 내체로 3년생은 약 10개, 4년생은 20개 내외, 5년생은 35개 내외 그리고 6년생은 50개 내외이다. 일반적으로 하나의 열매에 2립(粒)의 종자가 들어 있고, 때로는 1~3개의 종자가 들어 있는 경우도 있다. 내체로 화서 주변에 있는 열매가 충실하고, 종자도 크며 화서 중앙부로 갈수록 꽃봉오리가 작고 개화시기도 늦으며 장과와 종자는 크기가 작아진다.



〈그림 5-3〉 인삼의 다양한 화서

다. 개갑

인삼은 7월 하순~8월 초순경에는 장과가 선홍색을 띠고 성숙이 완료되므로 채종한다. 이 시기에는 종자는 외관만 성숙되었고, 종자 내의 배(胚)는 미숙한 상태이므로 채종된 종자는 다시 적절한 환경에서 배의 생장을 계속하여 배의 후숙이 완료된 후에 발아가 가능하게 된다. 자연 상태에서 7월 하순경의 종자를 8월 초순에 해가림을 가설한 묘상에 파종하고 적습을 유지할 경우 일부의 종자는 다음해 4월에 발아하게 되나, 나머지 종자는 휴면상태가 되어 1년 후에 배의 생장이 재개되어 약 21개월 후에 발아하게 된다. 따라서 일반 인삼 종자의 발아에 소요되는 기간을 단축하고 발아율을 높이기 위하여 채종 후 미숙 상태의 배 생장을 유도하고 촉진할 수 있는 환경을 인위적으로 조성하여 배의 성숙을 도모하는데, 이러한 처리 과정을 개갑(開匣)이라 한다.

라. 종자 휴면

인삼 종자의 배(胚)가 성숙되는 과정은 수정~장과성숙, 채종~개갑완료, 파종~발아의 3기로 나눌 수 있다.

1) 배(胚)성숙 전기

수정(受精) 후 장과가 성숙하여 수화하기까지의 기간으로서 이 기간 중에는 종자의 형태적 발육과 저장물질의 축적은 완료되나 종자의 배는 생장을 시작하는 단계이다. 7월 중순에는 점차 자방의 내부에 물질이 축적되어 가득 차게 된다. 장과가 선홍색을 띠고 성숙할 즈음에는 내배유(內胚乳)의 한쪽 끝에 생긴 공간 속에 배(胚)가 발생되며 이때 배의 크기는 $0.19 \times 0.17\text{mm}$ 정도이다. 7월 하순~8월 상순에 이르면 배의 길이는 $0.32 \sim 0.43\text{mm}$ 내외가 되며 배율(胚率 : 胚長/胚乳長 $\times 100$)은 7~8%로서 미성숙

인 형태이다.

2) 배(胚)성숙 중기

채종 후 배율 10%미만인 미숙상태의 배가 생장을 계속하여 배율이 약 70%에 이르게 되는 기간이다. 미숙 상태인 배는 온도 20°C 내외와 토양수분 10~15%와 원활한 산소공급, 토양내 미생물 등 생장에 적합한 생태가 유지되면 생장을 계속한다. 8~9월 사이에는 배의 생장이 다소 완만하며, 9월 하순~10월 상순경에 배의 길이가 1.3mm에 달하게 되는 데 이 때 배의 팽암(膨脹)으로 인하여 종자의 하단에 있는 발아구(發芽口)를 중심으로 내과피는 봉화선을 따라 벌어지는 바 이러한 현상을 개갑(開匣)이라고 한다(그림 5-4).



〈그림 5-4〉 개갑된 인삼 종자의 단면

개갑 전에는 종자의 내과피에 의하여 수분과 산소의 종자 내부로의 유입이 억제되나, 개갑이 완료된 후에는 수분과 산소의 유입이 원활하게 되므로 배의 생장이 활발히 진행되어 11월 상순경에는 배장이 3.0~4.5mm에 이르고 배율은 70%에 달하여 배의 형태도 완성된다.

그러나 수화 후 종자내의 미숙배(未熟胚)는 섭씨 25°C 이상의 고온이나 10°C 이하의 저온, 건조 또는 호흡이 억제되는 환경에서는 배의 생장이 정지되고 휴면이 유발되어 1년간 휴면상태로 지나며 1년 후 배의 생장에 적



합한 환경조건이 구비되면 배는 다시 생장을 시작한다.

3) 배(胚)성숙 후기

개갑이 완료된 종자의 파종 이후 발아까지의 기간이다. 개갑과정을 통하여 배의 형태적 휴면은 타파되고, 0~5°C에서 100일 이상 저온처리를 통하여 생리적 휴면을 타파하게 된다. 이때 인삼 종자는 저온처리를 통하여 휴면이 타파되면서 배 생장이 다시 계속되어 5.0~5.5mm내외로 신장하고 배율이 100%에 달하게 되면 발아한다.

마. 발아

종자가 발아하기 위해서는 수분, 온도, 산소, 광 조건이 적합해야 하나 인삼은 암발아 종자이기 때문에 광은 많이 필요하지 않다. 인삼이 빌아할 때 수분이 가장 중요한데 종피 내의 수분 함량보다 유근이 종피 밖으로 나올 때 토양 중 수분이 부족하면 유근이 고사되고 종자의 기능이 상실된다. 파종 후 벗짚 부초를 하고 동면기를 거쳐 견조기인 4월 중순에 발아가 시작되는데 발아율을 증대시키고 균일성을 유지시키기 위해서는 묘포 주변에 방풍막을 설치하여 상내 온도 및 수분을 가능한 유지시키고 부초 위로 지상부가 20~30% 정도 보일 때 피복물(이엉, 꺼치)을 제거하여 일복위에 피복물을 설치한다. 특히 월동기간 중 묘포의 피복관리가 중요하다. 가을에 파종 후에 월동기간 중 가뭄이 들 경우 종자의 건조 피해로 발아율의 급격한 감소를 가져와 묘삼의 생육에 큰 피해를 줄 수 있다. 따라서 벗짚+비닐로 피복하여 월동 기간 중에 적정 수분함량을 유지하여 발아율과 상품 수량을 높이는 것이 좋다.

<표 5-1>과 같이 벗짚 단독 처리 보다, 벗짚+비닐 이중 피복으로 피복할 때 월동기간 중 평균 수분함량이 벗짚보다 토양 수분함량이 증가하여 전체 식재가능묘삼률과 수량이 증대하는 효과가 있다.

<표 5-1> 인삼종자 파종 후 월동기간 중 피복재료에 따른 발아율 및 수량성

| 구 분 | 수분함량 (%) ^a | 발아율 (%) | 식재가능묘삼률 (%) | 상품수량(kg/10a) |
|---------|-----------------------|---------|-------------|--------------|
| 벗짚(관행) | 11.5 | 63.1 | 72.1 | 114.8 |
| 벗짚+투명비닐 | 13.2 | 68.7 | 77.1 | 125.3 |

^a: 건도증량 수분함량

2. 수분 생리

가. 모포

모포관리에서 제일 중요한 것이 수분관리이다. 4~6월은 묘삼의 뿌리가 길게 자라는 신장기(伸長期)이며, 7~9월은 뿌리가 굽어지는 비대기이다. 신장기인 4~6월에 관수를 철저히 못하거나 강우가 적은 해에는 유지 근의 발생이 적어져 양분 및 수분을 제대로 흡수하지 못하여 불량 묘삼이 많이 나온다. 뿌리의 신장은 토양 수분만 적당하면 4~6월중에 거의 이루어지고 뿌리의 비대기인 7~9월에는 신장속도가 완만하다. 그러므로 신장기에 수분관리를 철저히 하여 뿌리가 충분히 신장되도록 하는 것이 무엇보다도 중요하다. 관수 시작 및 관수량은 묘포의 토양조건 및 기후 등에 포장용수량의 60%(사질양토 20kPa)내외로 뇌게 관수 횟수 및 관수량을 조절해야 한다. 보다 정확한 묘포의 관수를 위해서는 토양 수분 센서 등을 이용하면 유리하다.

나. 시설하우스

기존의 인삼 양작묘는 직접 살수법으로 노동력 집중과 정밀한 관수가 어렵다. 또한 낮은 묘포 해가림 내에서 작업을 하기 때문에 불편하고 일, 줄기 에 기계적 상해를 입힐 수 있는 문제점이 있다. 시설 하우스를 이용한 인삼



육묘는 이러한 단점을 보완할 수 있는 기술이다. 인삼 육묘시에 효율적인 관수 방법은 지중관수가 관행 직접살수법보다 묘소질이 우수하여 효과적인 관수방법이며, 수확량에 있어서도 지중관수는 관행보다 증수되는 효과가 있다.

지중관수법에 의한 관수 시작 시기는 묘소질이 좋고, 수량이 가장 높고 불량묘살률이 가장 낮은 200mbar(20kPa)내외이다. 묘삼의 생육시기별 적정 관수 방법은 초기에는 약간 과습하게 후기에는 적습하게 관리하는 것이 올바른 방법이다(표 5-2)。

(표 5-2) 인삼 육묘시 관수 방법별 수량과 등급(2006, 풍기인삼시험장)

| 관수 방법 | 관수 간격 (cm) | 수량 (L/m ²) | 감삼률 (%) | 을삼률 (%) | 불량묘살률 (%) |
|-----------|------------|------------------------|---------|---------|-----------|
| 관행(직접살수법) | 478 | 100 | 0.0 | 89.0 | 11.0 |
| 지중관수 | 606 | 127 | 26.0 | 64.0 | 8.0 |

* 관수 방법: 관수 개시점 200mbar, 1회 관수량 25ℓ /간

다. 본포

인삼의 생육은 해가림 밑의 미세 환경에 크게 영향 받는다. 수삼의 75% 가 물인 것을 생각한다면 물이 가장 중요한 구성 성분이다. 따라서 조류만 부족하여도 생육에 지장이 있다. 인삼의 위조수분 한계는 토양수분이 13% 내외이고, 포장용수량의 60%에서 지장부 생육이 가장 좋으며, 30~40%에서는 근의 신장 발육이 억제된다. 인삼의 최적 수분함량은 질네수분함량으로 17~21%이다. 토성에 따른 적정 토양수분함량은 점질양토에서 22.1%, 사양토에서 13.9% 내외이다.

인삼 잎에서 수분이 부족하면 기공이 닫히고 탄산가스의 유입이 안 되므로 광합성을 할 수 없게 된다. 수분 증산을 해서 엽온을 떨어뜨려 광합성을 지속시켜야 하는데 수분이 부족하면 엽온이 계속 오르게 되어 잎이 치명적

피해를 입게 되고 조기 낙엽이 쉽게 온다. 인삼의 잎은 고온이 되면서 토양 수분이 적을 때 기공을 닫는 기작이 콩에 비하여 상당히 느린다. 따라서 본포 기간 동안 장시간 강우가 없고 비가 새지 않는 비누수 차광자재로 피복을 할 경우에는 관수가 꼭 필요하다. 특히 4년생 이상의 인삼은 수분요구량이 2~3년생 보다 많아 현저히 더 소모된다. 인삼의 생육기간 동안 고랑에 관수하여 토양수분을 18~20%로 유지할 경우와 자연강우에 의존할 경우를 비교하면(〈표 5-3〉 참조), 3년생 및 6년생의 생육에서 수분 관리를 한 방법이 자연 강우에 비해 출아율, 전엽 및 상대생장율을 포함하는 모든 생육량이 증가하고, 3년생의 10a당 수량이 자연 강우보다 50% 정도 증수되고, 6년생은 60% 이상 증수된다. 또한 6년생 수삼 품질은 고랑 관수방법이 1, 2등급 비율이 30.0%로 대조구의 22.6%에 비해 증가되고, 홍삼품질에 있어서 고급홍삼인 천지삼 비율은 고랑관수구가 43.0%로 대조구의 30.6%에 비해 현저히 증가되어, 홍삼품질에 영향을 주는 백피, 내공, 내백이 감소하는 반면 균열은 증가하는 경향을 보인다고 하였다.

이상의 결과를 통해 홍삼의 품질을 향상시키고 생산수량을 증가시키기 위해서 생육기간에 관수를 통해 토양수분을 적정수준으로 유지시켜 주어 생육을 중대시키고 인삼 잎에 수분을 충분히 공급하여 광합성을 원활하게

(표 5-3) 토양 수분 관리방법에 따른 지장부 생육과 수량(2008, 한국인삼공사)

| 연 생 | 처 리 | 영록소함량(SPAD) | | 광합성량 | | | 생 육 자 수 | 수 량 (kg/10a) |
|--------|--------------------|------------------|------------------|-------|-------|------------------|------------------|--------------------|
| | | 초기 ¹⁾ | 중기 ²⁾ | 초기 | 중기 | 후기 ³⁾ | | |
| 3 | 관 행 ⁴⁾ | 33.3 | 24.6 | 0.320 | 0.287 | 0.249 | 100 | 100 (284) |
| | 고랑관수 ⁵⁾ | 35.2 | 28.1 | 0.420 | 0.316 | 0.274 | 116 | 154 (436) |
| 6 | 관 행 | 38.9 | 26.7 | 0.480 | 0.220 | 0.138 | 100 | 100 (480) |
| | 고랑관수 | 38.8 | 28.9 | 0.520 | 0.282 | 0.259 | 130 | 163 (780) |

1) 초기 생육(6월 초순), 2) 중기 생육(8월 초순), 3) 후기 생육(9월 하순)

4) 자연 강우에 의한 수분 공급, 5) 포장 용수량 18 ~ 22% 유지

하여야 한다. 적절한 토양수분의 관리는 수량 및 흥삼품질을 향상시킬 수 있다. 따라서 앞으로는 인삼재배지의 토양특성, 기후특성 및 지형 등의 조건에 부합하는 수분의 공급방법에 관한 연구가 필요하다.

3. 영양 생리

인삼은 뿌리를 이용하는 작물 중 가장 긴 재배 기간이 요구되는 작물로 영양관리가 중요하다. 인삼재배 기간 중 양분의 흡수는 대부분 저년근 보다는 4~6년근 시기에 50%이상이 흡수가 되므로 고년근의 영양관리가 매우 중요하다고 할 수 있다. 인삼의 뿌리는 특성상 염분에 약하여 속효성 비료에 의한 피해가 발생될 수도 있다. 특히 인삼산업에서도 화학비료의 사용을 규제하고 있으며 인삼의 영양원은 주로 서서히 양분이 공급될 수 있는 염분학량이 낮고, 잘 부숙된 유기질원의 퇴비를 사용하는 것이 좋다.

인삼의 무기영양 흡수에 관한 연구는 1975년 한국인삼공사의 전신인 전매기술연구소에서 처음 시작되었다.

당시 연구결과로는 10a당 N:P₂O₅:K₂O 흡수량이 10.24:2.31:14.86kg으로 조사되었다. 최근의 연구결과를 종합한 결과 6년 동안 인삼의 양분요구량은 10a당 질소 18.7kg, 인산 5.6kg, 칼륨 19.4kg 정도로 타 작물의 1/3~1/4 수준이다.

가) 무기양분의 이해

인삼을 비롯한 모든 식물은 생존을 위해 외부로부터 양분을 흡수하는데 필요한 영양분은 유기양분과 무기양분으로 나눌 수 있다. 유기양분은 체내에서 합성되는 탄수화물, 단백질, 지방 등의 유기화합물을 말한다. 무기양분은 체외의 토양 등에서 흡수하는 무기염류를 말한다. 식물체에서 발견되

는 원소는 약 60여 종인데 탄소(C), 수소(H), 산소(O)가 96%이상이 되고 나머지는 질소(N), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 인(P), 마그네슘(Mg), 황(S) 등 다양한 성분이 나머지 4%를 차지하고 있다.

식물에서 확인된 필수원소는 총 17종이며 다량원소 9종과 미량원소 8종으로 구분되어진다. 필수원소가 부족하거나 없으면 생육이 불량해지고 생활사를 완성할 수 없다. 또 기능과 효과 면에서 다른 원소로 대체불가한 원소를 일컫는다. 필수원소 중 다량원소 9종은 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인산(P), 칼리(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 황(S)이고, 미량원소 8종은 염소(Cl), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 몰리브덴(Mo) 등이다.

비광물성 원소인 탄소(C), 수소(H), 산소(O)는 기공을 통해 들어오는 이산화탄소(CO₂)와 뿌리에서 흡수하는 물(H₂O)에서 얻어지며, 나머지 광물성 원소는 토양에서 물과 함께 흡수된다.

필수원소 외에 특정 식물의 생육에 유익한 작용을 하는 원소를 유익원소(Beneficial element)라고 한다. 현재까지 알려진 나트륨(Na), 규소(Si), 셀렌(Se), 코발트(Co) 등 4종이 있다.

1) 필수 다량원소

필수원소 중 비광물성 원소인 탄소(C), 수소(H), 산소(O)는 광합성과 호흡작용에 이용되고 유기화합물의 기본적인 구성성분이 된다. 나머지 광물성 원소들도 종류별로 다음과 같은 다양한 생리적 기능이 있다.

가) 질소

질소(N)는 질산이온(NO₃⁻)이나 암모늄이온(NH₄⁺)의 형태로 식물에 흡수된다. 질소는 식물체 내에서 이동이 쉬워 부족하면 노엽의 질소가 생장 중의 유엽으로 이동하여 이용된다. 흡수된 질소는 단백질 합성에 80~85%가 이용되고 핵산, 염록소 등의 구성원소이다. 질소가 과다 흡수되면 광합성 산물이 모두 단백질로 합성되어 식물체가 연약해지며 질소의 부족 시에는



잎에 황화가 발생되고 생육이 저하된다.

나) 인

인(P)은 $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} 의 형태로 흡수되고 토양의 pH에 따라서 흡수 양상이 다른데 중성에서는 $H_2PO_4^-$, 염기성에서는 HPO_4^{2-} 의 흡수가 높다. 식물은 주로 $H_2PO_4^-$ 를 많이 흡수한다. 인은 식물체내에서 이동이 쉽고 재분배가 질소처럼 용이하고 새로운 조직에 많이 분포한다. 영양생장 중에는 줄기나 잎에 많이 분포하지만 생식생장기에는 종자나 과실 등이 많이 분포하게 된다. 인이 과잉 흡수되면 아연, 철, 구리 등의 흡수와 전류를 방해하고 결핍되면 핵산의 합성이 억제되어 단백질이 감소하고 세포분열이 저해된다. 줄기는 가늘고 딱딱해지며 과실은 작고 성숙이 늦어진다. 잎의 색깔은 암녹색을 띠거나 안토시안의 발현으로 녹자색을 띠게 된다.

다) 칼륨

칼륨(K)은 K^+ 의 형태로 흡수되는데, 흡수속도가 빠르고 체내이동과 재분배가 용이하다. 대부분의 식물은 무기원소 가운데 칼륨을 가장 많이 함유하고 있다. 광합성이 활발한 잎이나 세포분열이旺盛한 생장점 부위에 주로 많이 분포하고 있다. 칼륨의 역할은 효소의 활성화, 단백질의 합성, 광합성과 그 산물의 수송, 삼투압조절, 공변세포의 팽암조절 등의 역할을 하고 과다 시에는 생장저하와 과실의 품질저하를 가져오고 부족 시에는 잎의 가장자리 황색, 도복, 뿌리의 생장저해, 종자의 성숙저해 등이 발생한다.

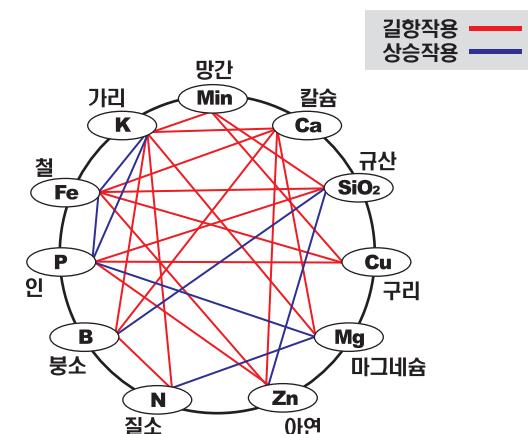
라) 칼슘

칼슘(Ca)은 Ca^{2+} 의 형태로 흡수된다. 칼슘은 이동성이 낮아서 식물의 흡수율이 낮다. 흡수된 칼슘은 잎에 많이 분포하고 세포벽의 구성성분으로 중층을 형성한다. 칼슘이 부족하면 세포벽 형성이 저해되어 뿌리가 짧고 굽어지며 끝이 죽는다. 지상부에서는 어린잎의 정단이나 가장자리, 과실,

저장조직 등에 황화, 괴사 또는 세포벽이 용해되어 연해지고 흑갈색으로 변한다.

마) 마그네슘

마그네슘(Mg)은 Mg^{2+} 의 형태로 흡수되는 데 다른 양이온과 길항작용이 심하다(그림 5-5). 특히 K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , Mn^{2+} 등의 이온과는 서로 흡수를 방해하는 특성이 있다. 이동성이 좋아 노엽에서 유엽으로 쉽게 이동할 수 있다. 마그네슘은 염독소를 구성하는 유일한 광물원소이고, 효소의 활성제로 작용한다. 마그네슘은 10~20%가 염독체에 존재한다. 마그네슘이 결핍되면 광합성이 저하되고, 잎이 황백화 되며 주로 노엽에서 먼저 시작하고 염매사이에 나타난다.



〈그림 5-5〉 식물 무기양분의 길항, 상승(상조)작용

바) 황

황(S)은 뿌리에서 SO_4^{2-} 의 형태로 흡수된다. 체내로 이동한 황은 황산이온으로 환원되어 $=S=O$, $-S-$, $-S-S-$, $-SH$, $-N=C=S$ 등으로 결합되어 핵황유기화합물을 형성하고 이동성은 낮다. 필수아미노산 가운데 시스틴,

메티오닌은 하황아미노산이다. 황은 폐레독신과 같이 철-황 단백질을 형성하므로 광합성과 질소고정의 전자전달 반응에 중요한 역할을 한다. 부족 시에는 단백질합성을 저해하고 잎에 황백화 증상이 유엽에서 먼저 나타난다.

2) 필수 미량원소

가) 철

철(Iron)은 Fe^{2+} , Fe^{3+} 의 형태로 흡수되며 미량원소 가운데 흡수량이 가장 많은 원소이다. 철은 Fe^{2+} 형태가 용해도가 높아 흡수가 더 잘된다. 철이온은 토양에서 쉽게 불용성이 되어 흡수가 어려운 것이 특징이다. pH가 높으면 흡수가 잘 안되고 K^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} 등과 길항관계이다. 철은 아질산환원효소, 질산환원효소, 질소고정효소 등의 구성성분이며 엽록소 형성에 관여하는 효소의 생합성에 작용한다. 철이 결핍되면 엽록체의 구조가 파괴되어 엽록소가 소실된다. 그래서 잎이 황백화되며 심하면 전체가 백색이 되기도 한다(그림 5-6)。



〈그림 5-6〉 인삼의 미량원소(철, 망간) 결핍

나) 염소

염소(Cl)는 Cl^- 의 형태로 흡수된다. 염소의 기능은 물의 광분해로 생기는 전자를 제2광계의 엽록소에 전달하는 기능이 있다. 세포의 삼투압과 pH 조절 등의 역할을 한다. 일반적으로 토양에 풍부하게 분포하고 과잉이나 결핍으로 생기는 장해는 잘 나타나지 않는다.

다) 봉소

봉소(B)는 이온화되지 않은 봉산(H_3BO_3)의 형태로 흡수되는 것이 특징이다. 식물체 내에서는 이동이 어렵고 식물에서 화분생산, 화분관 신장촉진, 콩과 작물의 균류균 형성과 질소고정 촉진, 뿌리의 사이토카닌 합성 촉진 등의 역할을 한다. 봉소가 결핍되면 동화물질의 전류가 억제되고 옥신이 지나치게 생성된다. 또 생장점 부근과 유엽이 겹게 괴사하고 질산대 질소의 축적이 나타난다. 괴사는 기형이 발생하거나 갈변, 균열, 괴사, 코르크화 등의 증상이 나타난다.

라) 망간

망간(Mn)은 Mn^{2+} 의 형태로 흡수되는데 분열조직으로 먼저 이동하며, 무기태로 존재하거나 효소단백질과 결합한다. 광합성 효소계를 비롯하여 각종 효소의 활성제로 작용한다. 결핍이 되면 엽록소 형성이 억제되어 잎의 황백화가 일어난다. 황백화는 잎의 유엽에서 먼저 나타나고 쌍떡잎 식물에서는 어린잎 엽맥사이에 황백화, 외떡잎 식물에서는 아랫잎 회록색, 중기 황록색 등의 증상이 나타나기도 한다.

마) 아연

아연(Zn)은 Zn^{2+} 의 형태로 흡수되며 유기물과 결합된 형태로 이동을 한다. 2가의 양이온과 길항관계에 있는데 특히 Cu^{2+} 와는 길항작용이 크다. 이동성이 좋지 않아서 지상부 보다 뿌리에 많이 분포한다. 아연은 여러 가지 효소의 활성제로 다양한 내사작용을 조절한다. 아연이 결핍되면 생육이 억제되어 바디사이가 짧아지고 잎이 왜소해지면서 주변이 오그라들고 로제트형의 생장습성이 나타난다. 옥수수, 콩, 사탕수수 등에서는 엽록소합



성이 저해되어 엽맥 사이에 황백화현상이 나타나기도 한다.

바) 구리

구리(Cu)는 Cu^+ , Cu^{2+} 형태로 흡수되며 주로 Cu^{2+} 가 많이 흡수 된다. 아연과는 심한 길항관계에 있고 체내에서는 이동이 잘 안 되는 편이다. 아연과 비슷하게 뿌리에 많이 분포하고 있다. 구리는 전자전달계 및 효소의 구성성분으로 결핍시 잎이 암녹색으로 변하고, 유엽의 정단부여 괴사하며 뒤틀리거나 기형이 되기도 한다. 또 수정장해, 질소고정억제 등이 나타나기도 한다. 과잉이 되면 잎의 황백화와 뿌리생장 억제 등이 나타난다.

사) 니켈

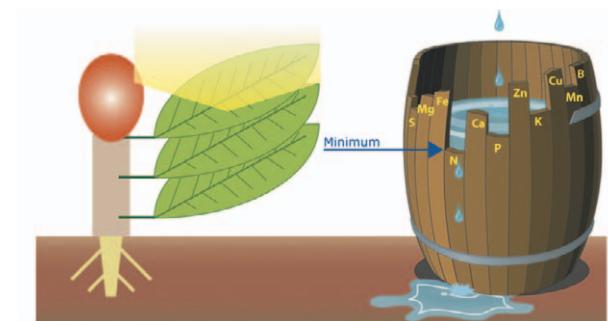
니켈(Ni)은 최근에 필수원소로 포함된 원소이다. 토양에 풍부하고 Ni^{2+} 로 흡수된다. 식물의 요소분해효소, 수소화효소의 구성성분으로 알려져 있다. 식물에서 요구도는 낮은 편이나 니켈이 없으면 요소가 축적되고 정단부위에 괴사현상이 나타난다.

아) 몰리브덴

몰리브덴(Mo)은 MoO_4^{2-} 의 형태로 흡수된다. SO_4^{2-} 와는 길항적으로 반응하며 인산이온과는 상조적으로 작용한다. 몰리브덴은 질산의 환원과 공중질소의 고정에 관여를 한다. 결핍되면 질산염이 축적되어 단백질의 합성이 줄어든다. 또 개화가 잘되지 않고 화분생산력이 저하된다.

나. 최소량의 법칙(Liebig's law of minimum)

식물의 생산량은 가장 소량으로 존재하는 무기성분에 의해 지배받는다는 법칙으로 1843년 독일의 J. 리비히가 제창한 법칙이다. 식물이 정상적인 생육을 하기 위해서는 여러 종류의 무기성분이 적당한 비율로 공급되어야 하는데 이들 성분 중 한 가지 성분이 부족하면 식물의 생육은 그 부족한 성분량에 의해 지배되며 다른 성분이 아무리 많아도 수량이 증대 될 수 없다는 법칙이다. 작물의 생산과 관련하여 다량의 영양원 투입 보다는 영양소의 균형 있는 관리가 중요하는 것이다.



〈그림 5-7〉 최소량의 법칙 모식도

다. 인삼의 무기성분

1) 인삼의 부위별 무기성분 함량

인삼의 부위별 무기성분의 함량(표 5-4)은 질소는 잎에서 가장 높고, 인산은 뿌리, 칼리는 엽병과 줄기에서 높다. 칼슘과 마그네슘은 잎과 엽병에서 가장 높고, 철은 지근에서 가장 높으며 다음으로 잎에서 높다. 망간은

〈표 5-4〉 인삼의 기관별(부위별) 무기성분 함량 (1996, 한국인삼연초연구원)

| 부위 | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn |
|----|------|------|------|------|------|-------|-----|----|
| | % | | | | | mg/kg | | |
| 잎 | 2.46 | 0.16 | 1.95 | 0.93 | 0.31 | 268 | 204 | 72 |
| 엽병 | 1.77 | 0.12 | 2.94 | 0.82 | 0.27 | 98 | 68 | 92 |
| 줄기 | 1.46 | 0.18 | 2.58 | 0.53 | 0.19 | 106 | 47 | 70 |
| 동체 | 2.23 | 0.29 | 1.45 | 0.23 | 0.16 | 121 | 67 | 39 |
| 지근 | 2.36 | 0.28 | 2.09 | 0.19 | 0.21 | 331 | 113 | 84 |

*잎, 엽병, 줄기: 7월7일 채취, 동체, 지근: 9월29일 채취

잎에서 가장 높다. 질소와 칼리의 함량이 모든 부위에서 가장 높고 칼슘, 인산, 마그네슘, 철, 망간, 아연 순이다.

2) 인삼의 생육시기별 무기양분의 함량 및 흡수량 변화

인삼은 지역과 기상에 따라 다소 차이는 있지만 4월 중하순부터 출현이 시작되어 5월 중하순에 전엽이 완료되고 6월 초경이면 지상부의 생장이 완료된다. 이때 지상부의 생장과 동시에 뿌리의 저장 양분이 이동하면서 뿌리의 무게가 약 45%정도 감소가 된다. 성분으로는 전당이 약 40%, 조단백질이 55%, 무기성분 중에는 인산, 칼륨이 5월 말경 60%까지 감소한다.

즉, 인삼은 생육초기에 지하부의 양분을 2/3정도 소모를 하며 생장을 하고 이후에 지상부의 생육이 진행되면서 뿌리의 세균이 발달하고 지상부의 생육이 완료된 후 부터는 뿌리의 비대생장이 진행된다. 동체의 주요 무기성분 중 다량원소인 질소, 인산 및 칼륨은 4~5월 지상부의 생장기에는 함량이 낮아졌다가 지상부의 생육이 완료되는 6월부터 함량이 증대 된다(표 5-5).

미량원소인 철은 생육후기에는 감소하는 경향이고 망간은 생육초기에 감소하다가 8월부터 다소 증가한다. 아연의 함량은 큰 변화가 없었다. 지근에서는 질소와 칼륨의 함량은 생육초기부터 점점 감소하다가 8월부터 증가하기 시작하며 인산, 칼슘 및 마그네슘은 생육초기 및 후기 모두 함량이 비슷하다. 미량원소인 철, 망간, 아연은 생육초기에 함량이 증가하다가 후기로 갈수록 감소하는 경향이 있다. 철은 동체 보다 지근에서 높은 함량을 나타내었다(표 5-5).

잎과 줄기의 무기성분(표 5-6) 중 다량원소인 질소, 인산, 칼륨의 함량은 생육초기에는 높았다가 후기로 갈수록 감소하였다. 칼슘은 이와는 반대로 후기로 갈수록 함량이 증대하였다 줄기에서 미량원소인 철, 망간, 아연은 생육초기 함량이 높았고 중기에는 낮아졌다가 후기에 다소 증가하였다. 잎에서 철과 아연은 줄기와 바찬가지로 초기에 높았다가 중기에는 낮아지

며 후기에는 다소 증가하였고 망간은 생육초기에는 낮았다가 지상부의 생육이 완료되는 6월 초부터 함량이 증가하였는데 이것은 이 시기에 광합성이 활발하게 진행되면서 잎에서의 소모량이 증가하여 흡수를 많이 하였기 때문으로 보인다.

3) 인삼의 연생 및 부위별 무기성분의 함량

인삼의 연생 및 부위별 무기성분의 함량(표 5-7)에서는 다량원소인 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등의 함량은 질소가 1~6년근 평균적으로 잎에서 가장 높았고 다음으로 뿌리, 줄기 순이다.

인산은 뿌리에서 가장 높고, 다음으로 엽, 줄기 순이었으나 엽과 줄기의

(표 5-5) 생육시기별 동체 및 지근의 무기성분 변화(4년근) (1996, 한국인삼연초연구원)

| 부위 | 성분 | 4/4 | 4/28 | 5/12 | 5/26 | 6/9 | 6/23 | 7/7 | 7/21 | 8/4 | 8/18 | 9/1 | 9/15 | 9/29 |
|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 동체 | N | 2.34 | 2.32 | 1.98 | 1.84 | 1.79 | 1.82 | 1.85 | 1.98 | 2.00 | 2.13 | 2.21 | 2.32 | 2.40 |
| | P | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.28 | 0.27 | 0.29 | 0.30 |
| | K | 1.46 | 1.34 | 1.19 | 1.12 | 1.13 | 1.08 | 1.18 | 1.18 | 1.20 | 1.22 | 1.26 | 1.26 | 1.35 |
| | Ca | 0.24 | 0.25 | 0.35 | 0.35 | 0.29 | 0.28 | 0.29 | 0.27 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 0.25 | 0.24 |
| | Mg | 0.15 | 0.18 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.13 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.15 |
| | Fe | 106 | 125 | 125 | 105 | 96 | 104 | 89 | 79 | 85 | 85 | 86 | 87 | 93 |
| | Mn | 67 | 55 | 53 | 43 | 37 | 40 | 42 | 47 | 49 | 60 | 63 | 65 | 65 |
| | Zn | 32 | 27 | 26 | 28 | 24 | 25 | 27 | 25 | 22 | 23 | 24 | 25 | 28 |
| 지근 | N | 2.53 | 2.52 | 2.43 | 2.15 | 2.01 | 1.91 | 1.95 | 1.82 | 1.93 | 1.98 | 1.99 | 2.15 | 2.39 |
| | P | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.27 | 0.27 | 0.25 | 0.25 |
| | K | 2.39 | 2.50 | 2.54 | 2.10 | 2.07 | 1.54 | 1.76 | 1.78 | 1.79 | 1.85 | 1.81 | 1.86 | 1.99 |
| | Ca | 0.18 | 0.20 | 0.19 | 0.27 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.19 |
| | Mg | 0.23 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| | Fe | 380 | 511 | 792 | 665 | 534 | 506 | 422 | 411 | 416 | 369 | 378 | 350 | 363 |
| | Mn | 132 | 148 | 227 | 227 | 117 | 133 | 143 | 152 | 164 | 141 | 143 | 137 | 125 |
| | Zn | 71 | 89 | 136 | 121 | 85 | 81 | 86 | 82 | 77 | 76 | 79 | 73 | 79 |



인산 함량은 0.01% 차이로 비슷한 경향이었다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 함량은 줄기, 옆, 뿌리 순으로 높았다.

미량원소인 Fe과 Mn의 함량은 잎에서의 함량이 가장 높았다. Fe과 Mn은 염록소의 형성에 이용되는 주성분으로 미량원소이지만 광합성에 필수적인 원소이기 때문에 잎에서 높았다.

4) 인삼재배 토양의 산도와 양분흡수와의 관계

식물의 양분흡수는 주로 토양 내에서 물을 흡수하면서 토양 용액 내에 용해되어 있는 양분을 흡수하게 된다. 양분의 용해도는 토양의 산도(pH)에 많은 영향을 받게 된다. 다량원소인 질소, 인산, 칼리, 마그네슘, 황 등은 산성에서 알칼리 토양에 까지 넓은 범위의 유효도를 가지고 있다.

〈표 5-6〉 생육시기별 줄기 및 잎의 무기성분 변화(4년근) (1996, 한국인삼연초연구원)

| 부위 | 성분 | 4/4 | 4/28 | 5/12 | 5/26 | 6/9 | 6/23 | 7/7 | 7/21 | 8/4 | 8/18 | 9/1 | 9/15 | 9/29 |
|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 줄기 | N | 3.78 | 3.67 | 2.46 | 1.61 | 1.43 | 1.41 | 1.47 | 1.42 | 1.46 | 1.41 | 1.25 | 1.11 | 0.95 |
| | P | 0.60 | 0.50 | 0.34 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.21 | 0.19 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.14 | 0.10 |
| | K | 3.43 | 4.09 | 3.42 | 2.84 | 2.80 | 2.80 | 2.82 | 2.75 | 2.73 | 2.75 | 2.17 | 2.14 | 1.68 |
| | Ca | 0.16 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.35 | 0.37 | 0.41 | 0.40 | 0.46 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.55 |
| | Mg | 0.20 | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.15 | 0.16 |
| | Fe | 146 | 117 | 92 | 50 | 64 | 73 | 74 | 77 | 69 | 62 | 85 | 79 | 77 |
| | Mn | 59 | 48 | 31 | 23 | 27 | 26 | 29 | 31 | 32 | 31 | 24 | 38 | 46 |
| | Zn | 87 | 45 | 35 | 28 | 34 | 31 | 30 | 33 | 34 | 36 | 37 | 32 | 37 |
| 잎 | N | 5.38 | 4.23 | 3.21 | 2.87 | 2.66 | 2.59 | 2.53 | 2.42 | 2.21 | 2.15 | 2.08 | 1.96 | |
| | P | 0.71 | 0.41 | 0.24 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | |
| | K | 2.75 | 2.40 | 2.49 | 2.49 | 2.23 | 2.24 | 2.12 | 1.86 | 1.80 | 1.42 | 1.46 | 1.34 | |
| | Ca | 0.36 | 0.21 | 0.37 | 0.65 | 0.72 | 0.86 | 0.93 | 1.04 | 1.14 | 1.19 | 1.20 | 1.25 | |
| | Mg | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 0.20 | 0.20 | 0.22 | |
| | Fe | 352 | 332 | 187 | 190 | 187 | 188 | 177 | 178 | 193 | 195 | 201 | 197 | |
| | Mn | 56 | 81 | 74 | 215 | 184 | 184 | 186 | 173 | 169 | 167 | 212 | 226 | |
| | Zn | 75 | 37 | 30 | 40 | 55 | 52 | 52 | 55 | 60 | 69 | 55 | 69 | |

다량원소이지만 칼슘은 알칼리 범위에서 높은 유효도를 나타낸다. 토양의 pH가 4~5로 강산성이 되면 일반적으로 식물에 독성이 되는 Al, Mn 등의 농도가 높아진다. pH 6 이하가 되면 대부분의 영양원소들의 유효도가 낮아지고, 미량원소인 B, Zn, Fe, Cu 등은 pH가 높아짐에 따라 유효도가

〈표 5-7〉 인삼의 년생 및 부위별 무기성분 함량 (1996, 한국인삼연초연구원)

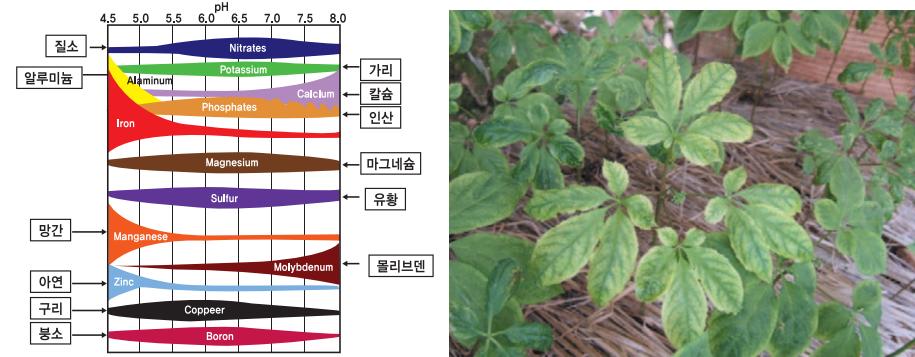
| 부위 | 년생 | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Cu | Mn | Zn |
|----|----|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | | % mg/kg | | | | | | | | |
| 잎 | 1 | 2.20a ^b | 0.22a | 2.21a | 1.27c | 0.31bcd | 960.9a | 5.6c | 215.3bc | 30.1b |
| | 2 | 2.37a | 0.14ab | 1.31b | 2.83a | 0.40ab | 413.7bc | 9.0abc | 275.5b | 28.8bc |
| | 3 | 2.27a | 0.12b | 2.09a | 1.81b | 0.24d | 498.5b | 7.3bc | 121.6d | 15.7d |
| | 4 | 2.35a | 0.11b | 1.78ab | 1.46bc | 0.28cd | 292.2c | 8.2abc | 177.1cd | 20.1bcd |
| | 5 | 2.25a | 0.17ab | 1.51ab | 1.77b | 0.35abc | 593.7b | 12.2a | 195.1c | 17.4cd |
| | 6 | 2.41a | 0.16ab | 1.48ab | 1.67bc | 0.43a | 483.2b | 10.9ab | 504.2a | 54.0a |
| | 평균 | 2.31 | 0.15 | 1.73 | 1.80 | 0.34 | 584.58 | 8.45 | 248.12 | 27.70 |
| 줄기 | 1 | 1.12ab | 0.24a | 3.95a | 2.14b | 0.24a | 134.1a | 7.0ab | 52.8a | 19.8b |
| | 2 | 1.13ab | 0.07b | 3.27ab | 2.89a | 0.24a | 153.2a | 5.4b | 21.8b | 25.8a |
| | 3 | 0.82b | 0.09b | 2.08cd | 1.27c | 0.14c | 107.5a | 8.5ab | 13.5b | 11.7c |
| | 4 | 1.17ab | 0.11b | 2.83bc | 0.64d | 0.13c | 87.0a | 9.7ab | 22.6b | 10.2c |
| | 5 | 0.98ab | 0.15ab | 1.95d | 0.86d | 0.20b | 70.9a | 10.7a2 | 4.3b | 10.9c |
| | 6 | 1.22a | 0.16ab | 1.85d | 0.70d | 0.23a | 106.0a | 11.2a | 41.5a | 10.2c |
| | 평균 | 1.07 | 0.14 | 2.66 | 1.42 | 0.20 | 109.80 | 19.28 | 29.43 | 13.27 |
| 뿌리 | 1 | 2.06bc | 0.22bc | 1.77ab | 0.15b | 0.18ab | 221.8ab | 7.7b | 53.0a | 11.8abc |
| | 2 | 2.21b | 0.31a | 2.02a | 0.28ab | 0.22a | 273.6a | 13.0b | 33.1b | 15.5ab |
| | 3 | 2.74a | 0.29ab | 1.68b | 0.33ab | 0.20ab | 160.2bc | 10.7b | 19.4c | 17.7a |
| | 4 | 1.59de | 0.18c | 1.24c | 0.39a | 0.15b | 114.3c | 12.1b | 27.0bc | 5.7c |
| | 5 | 1.77cd | 0.22bc | 1.01c | 0.38a | 0.16b | 126.3bc | 12.4b | 26.6bc | 3.7c |
| | 6 | 1.43e | 0.19c | 1.00c | 0.42a | 0.18ab | 219.4ab | 29.1a | 24.3bc | 8.6bc |
| | 평균 | 1.97 | 0.23 | 1.45 | 0.32 | 0.18 | 172.04 | 14.17 | 30.57 | 10.23 |

^b:DMRT 5%



낮아져 결핍되기 쉽지만 Mo는 낮은 pH 범위에서 유효도가 낮아지는 특성이 있다.

인삼에서는 pH 5.0이하의 강산성이 되면 잎의 가장 자리가 오그라드는 증상과 잎의 가장 자리에서 황백화 등의 현상이 발생하기도 한다(그림 5-8). 알칼리성이 되면 생리적 건조병이 발생하여 조기낙엽이 되기도 한다. pH의 상승은 미량원소인 망간, 철, 아연 등의 흡수를 저해한다. 인삼 재배 토양의 적정 pH는 5.0~6.0 정도 산성토양에 적응성이 높다.



〈그림 5-8〉 토양 pH에 따른 양분의 유효도 및 인삼의 산성장해

4. 인삼의 광합성과 호흡

인삼은 현존 식물 중에서는 상당히 오래된 것이어서 화석에 나타나는 식물이고 식물학적으로는 푸른 잎을 갖는 평범한 녹색식물이다. 식물이 각기 다른 생물학적 특성이 있는 것과 같이 인삼도 독특한 특성을 갖는다. 인삼의 생리는 인삼의 기능을 이해하는 것이고 기능을 최대로 발휘시킬 수 있도록 환경을 조성해주는 것이 재배인데 이를 위해서는 우선 생리기능을 이해해야 할 것이다. 인삼의 주요 기능을 살펴보면 다음과 같다.

가. 광도와 광합성

인삼도 녹색식물이므로 잎에 있는 엽록을 통하여 뿌리로 올라온 물과 공기 중에서 흡수한 탄산가스를 햇빛 에너지를 이용하여 탄수화물을 만들어내고 이 탄수화물이 기본 물질이 되어 여러 가지 물질을 만들어 인삼이 자란다. 햇빛을 받아서 탄수화물을 만드는 과정을 광합성이라고 한다. 광합성 작용에 의하여 인삼이 자라게 되므로 광합성을 최대로 시켜야 한다. 광합성은 주로 잎에서 일어나며 잎에서 형성된 양분을 줄기를 통하여 뿌리에 보내어 저장함으로써 뿌리가 비대하게 된다. 광합성을 하려면 햇빛이 필요하다. 인삼은 햇빛을 싫어한다고 하는 것은 틀린 말임을 알 수 있다. 인삼포에서 전주와 후주에 인삼이 옆으로 비스듬히 누워서 생장하는 것을 종종 볼 수 있는데 이것은 햇빛이 부족해서 인삼 잎이 햇빛을 더 받으려고 한 노력의 결과로 보아야 한다.

햇빛의 세기(光度)와 광합성량을 3만룩스까지는 광도가 증가할수록 광합성량이 증가한다. 햇빛의 총 광도가 12만~15만룩스(lux)이므로 3만룩스는 20~25%에 해당된다. 벚꽃이 영을 이용한 관행일복에서는 평균 3,000~4,000룩스가 되므로 이것이 적정 광량이라고 해왔으나 관행일복으로는 상대광도가 5%미만으로서 인삼의 재배라는 점에서 이것은 너무 부족한 양이다. 인삼 생육을 제대로 하기 위해서는 적어도 10%는 되도록 해주어야 한다. 광도측정계로 15,000룩스 정도를 기준으로 낮 12시에 인삼 잎의 위치에서 광도를 측정하여 해가령 재료나 해가령 정도를 조정하여 적정광도가 유지되도록 하여야 한다.

나. 온도와 광합성 및 호흡

광합성은 기온에 영향을 받는다. 자동차 엔진이 뜨겁지 않게 냉각수를 넣는 것과 같이 잎이 너무 뜨거워지면 광합성을 못하게 되고 호흡량은 늘

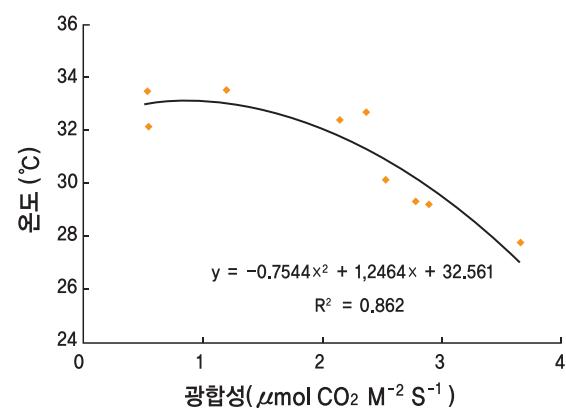


어나서 양분을 저장하는 것보다 소비하는 것이 많게 된다. 앞에서 본 바와 같이 인삼은 서늘한 것을 좋아한다고 했다. 서늘하다고 하는 것은 18~20°C 정도를 말하고, 30°C 이상에서는 전체 광합성이 많아지더라도 호흡소모가 커져서 순광합성이 감소한다. 온도가 높아지면 호흡량은 많아지기 때문이다.

7월 한 달 동안의 인삼 4년근의 광합성 평균을 온도와 연관시켜서 30°C 이상에서는 광합성이 $2\mu\text{mol CO}_2 \text{M}^{-2} \text{S}^{-1}$ 이하로 낮았으며, 온도가 낮아질수록 광합성량은 올라간다(그림 5-9)。

즉, 광량을 3만루스까지 높이면 광합성량이 올라갈 수 있지만, 온도 상승때문에 높일 수가 없는 것이다. 온도가 높아지면 광합성 과정에 무리가 가서 광합성 능률이 떨어지기 때문이며, 한편으로는 호흡량이 많아지기 때문에 순광합성이 떨어진다. 해가 뛰은 광을 많이 높이 되고 온의 피해가 없는 범위면 된다. 광을 넣는 양은 일복내의 기온에 따라 달라지게 되어 지역의 기상특성과 크게 관련된다.

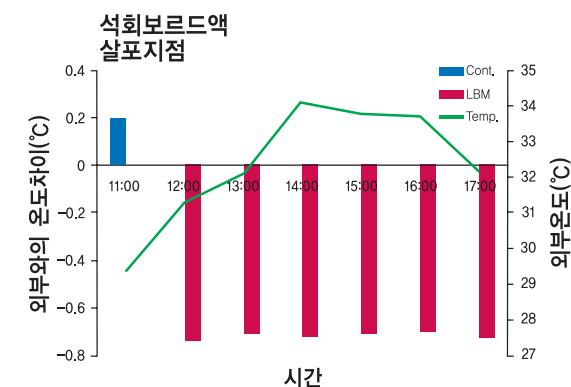
그렇기 때문에 한여름에는 인삼 잎의 온도를 낮추어 주는 것이 중요하다. 석회보르도액을 인삼 잎에 살포하였을 경우 온도가 얼마나 낮아지는지를 보기위하여 오전 11시 30분경에 석회보르도액을 살포하고 12시부터 한시간 간격으로 인삼 잎의 온도변화를 조사한 결과, 석회보르도액 살포 직



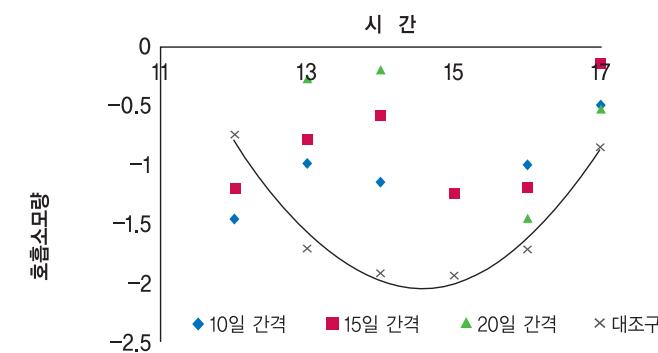
〈그림 5-9〉 인삼 4년근의 광합성과 온도와의 상관관계(2013. 풍기인삼시험장)

후 인삼 잎의 온도가 외부온도보다 약 0.7°C 정도 낮고, 온은 하강 효과는 오후 5시 까지 지속된다(그림 5-10).

인삼 잎의 온도가 낮아지는 것은 고온기 때 호흡으로 인한 소모량을 감소 시켜 인삼이 광합성을 하는데 좀 더 유리한 조건이 될 수 있다. 7월 20일 한여름 고온으로 인한 호흡소모량을 관찰한 결과, 석회보르도액을 살포하지 않은 처리구에서는 호흡소모량이 최대 -2 까지 떨어졌지만, 석회보르도액 처리구에서는 모두 무처리에 비하여 호흡소모량이 줄어든다(그림 5-11)。



〈그림 5-10〉 석회보르도액 살포에 따른 인삼 온도 저하효과(2012. 풍기인삼시험장); 석회보르도액 8-8식 살포, 측정일 : 7월 20일.



〈그림 5-11〉 석회보르도액 살포에 따른 호흡소모량 감소 효과(2012. 풍기인삼시험장); 석회보르도액 8-8식 살포, 측정일 : 7월 20일.

