

영양생리 장애의 진단

장 태 현

(주)대유 연구개발부장

최근에 농업기술의 발달로 작물의 재배환경과 재배기술 또한 날로 개선되어 가고 있으나 농촌 인력의 부족과 재배자의 고령화로 인한 토양 비배 관리의 소홀, 화학 비료의 과다 및 편중 사용, 토양 산도 변화에 따른 작물의 영양 흡수 불균형으로 인한 각종 생리적 장애의 발생과 하우스 재배면적의 증가로 인한 연작장애의 발생이 심각한 문제로 대두되고 있다. 본 강좌에서는 지난 호의 『영양생리 장애의 발생현황과 발생조건』에 이어 작물재배시에 발생하는 각종 『영양생리 장애의 진단』 방법을 소개한다.

외부 증상에 의한 진단법

원소의 결핍 및 과잉의 경우 작물에 나타나는 특수한 증상에 따라서 진단하는 방법으로 원소마다 특이한 증상을 나타내는 경우도 있으므로 이미 알려진 도표를 참조하여 판별하는 것과, 원색도감 등을 이용하여 진단하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다.

● 가리(K) 결핍증상 판별법

* 과잉 증상-고토 결핍을 일으킨다.

	결핍 증상	증상 부위	혼동하기 쉬운 증상
낙엽과수	<ul style="list-style-type: none"> * 극히 작은 점 모양의 황반이 생기고 잎의 선단이나 주변이 황화하며 점차 갈색으로 고사하고 엽연이 타는 것처럼 된다. * 황화 또는 갈변한 부분의 농록색이다. * 복숭아는 잎이 꼬이고 가지가 가늘어진다. * 전체에 낙엽이 심하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 과실이 비대할 무렵부터 과일이 달린 잎에서 나타난다. • 늙은 잎에 나타난다. 	칼리 결핍증상과 고토 결핍증상의 구분 ① 칼리결핍은 홍색부와 녹색부의 대조가 분명하나 고토결핍은 분명하지 않다. ② 칼리결핍은 엽연이 탄 것처럼 된다.
과채류	<ul style="list-style-type: none"> * 전체의 잎이 암록색으로, 하엽의 선단 및 엽연이 황변하거나 이 부분에 작은 황반이 생겨 차차 중륵으로 퍼진다. * 엽선이나 엽연의 황하는 갈색으로 변 	<ul style="list-style-type: none"> • 생육 초기는 나타나지 않고 과실이 비대할 무렵부터 증상이 나타난다. 	고토결핍은 잎전체가 조금 황색이 되나 칼리결핍일 때는 잎전체가 암록색으로서 하엽의 엽판이 황변 또는

	<p>하여 괴사</p> <ul style="list-style-type: none"> * 황화부, 갈변부 엽맥에 가까운 농록부와의 구별이 분명하다. * 오이는 하엽에 작은 반점이 다수 생긴다. * 피망에서는 하엽에 낙엽이 심하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 늙은 잎부터 나타난다. 	<p>갈변하고 그 부위와 엽록부위의 대조가 명료하다.</p>
근채류	<ul style="list-style-type: none"> * 중심엽은 암록색이며 늙은 잎의 선단 및 엽연이 황변 또는 갈변하여 괴사한다. * 순무 등은 하엽에 백반이 생기고 이 부분이 연결되어 고사한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 뿌리가 비대할 무렵부터 나타난다. 	<p>고토결핍증은 엽맥간이 황화하고 녹색부와의 경계가 분명하지 않으나 칼리결핍증은 황색부와 농록색부와의 대조가 분명하다.</p>
결구채소	<ul style="list-style-type: none"> * 전체적으로 엽색이 암록색으로서 주름이 많고 뻣뻣한 감이 있다. * 고엽의 선단이나 엽연이 황변 또는 갈변하여 괴사한다. * 양배추 등에는 이 증상이 나타나기 쉽다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 생육 초기에는 나타나지 않고 결구가 시작되면 증상이 나타난다. 	<p>① 황변부와 녹색부가 분명히 구분된다. ② 황변부는 갈색이 되고 괴사하기 쉽다.</p>

● 칼슘(Ca) 결핍증상 판별법

* 과잉증상 - 망간, 철, 붕소, 아연 등의 결핍증이 나온다.

	결핍증상	증상부위	흔동하기 쉬운 증상
낙엽과수	<ul style="list-style-type: none"> * 정단부의 새잎 선단과 엽연이 마르며 만곡한다. * 새잎이 기형이 되고 신초가 고사한다. * 과피가 코르크화 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 신엽에 주로 발생한다. 	
과채류	<ul style="list-style-type: none"> * 토마토 배꼽썩음병, 오이 갈색부패병, 피망 배꼽썩음병 등 어느 것이라도 꽃이 붙어 있던 부위부터 썩는다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 과실에 나타난다. 	<p>산성 토양에서 일어난다.</p>
근채류	<ul style="list-style-type: none"> * 새잎의 선단이나 엽연이 백색 또는 갈색으로 마른다. * 뿌리 비대가 나빠진다. * 당근은 착색이 없어진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 새잎에만 나타난다. 	
결구채소	<ul style="list-style-type: none"> * 새잎의 선단이나 엽연이 백색 또는 갈색으로 고사한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 새잎의 선단 또는 심엽에 나타난다. 	<p>칼슘결핍증이 일어나는 토양은 산성이고 붕소결핍은 pH 6.5 이상에서 나타난다.</p>

● 고토(Mg) 결핍증상 판별법

	결핍증상	증상부위	혼동하기 쉬운 증상
상록과수	<ul style="list-style-type: none"> * 늙은 잎이나 과실이 달린 부근의 잎에 엽맥간이 황화한다. * 심하게 되면 엽맥만 남기고 황화 낙엽한다. * 과실이 많이 달린 나무나 가지의 잎에 피해가 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 과실 비대기부터 증상이 나타난다. 	<p>망간, 아연결핍증이 늙은 잎에 나타날 때는 구별이 어려우나 고토결핍증은 새잎에는 나타나지 않고 토양이 산성이 되면 나타나기 쉬운 점 등으로 판단한다.</p>
낙엽과수	<ul style="list-style-type: none"> * 늙은 큰잎이나 과실이 열리고 있는 부근의 엽맥간이 황화한다. * 황화는 엽연부부터 시작하여 중늑을 향하여 엽맥간에 퍼지는 것과 엽연부에 녹색이 남고 엽맥간이 황화하는 것이 있다. * 낙엽이 심하고 나중에는 암록색의 선엽만이 남는다. * 포도, 사과, 배가 7~8月 사이에 심하다. * 과일경도 및 착색이 떨어진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 하엽에서 나타난다. 	<ol style="list-style-type: none"> ① 고토결핍은 산성토양에 나타나기 쉽다. ② 장마기 이후 심하게 나타난다.
과채류	<ul style="list-style-type: none"> * 과실이 비대할 무렵부터 그 부근 잎의 엽맥 사이가 황화되기 시작한다. * 엽선부터 황화가 시작되어 엽연, 엽맥간으로 황화해 가는 일도 있으나, 엽연은 녹색인데 엽맥간이 황화하는 일도 있다. 또 과실이 열려 있는 잎부터 시작하여 하엽 전체가 황화하는 일도 있다. * 심하게 되면 황화부가 갈색으로 괴사하여 낙엽한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 과실이 비대할 무렵부터 증상이 나타난다. • 과실이 열리고 있는 부근의 잎에서 나타난다. 	<p>망간결핍이나 아연결핍과 판별하기 어려운 때가 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 고토결핍증은 새잎에는 나타나지 않는다. ② 토양 pH가 낮은 때는 고토결핍일 가능성이 크다.
엽채류	<ul style="list-style-type: none"> * 늙은 잎의 엽연 및 엽맥간이 황화하고 엽맥은 녹색이 남는다. * 심하게 되면 황화한 부분이 백색으로 괴사한다. 또 작물 전체가 황색이 되고 생육이 현저하게 나빠지는 일도 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 하엽에서 발생하여 상엽으로 점차 퍼진다. 	<ol style="list-style-type: none"> ① 황색부와 녹색부분이 분명하지 않거나 또는 전체가 황화한다. ② 산성토양에 나타나기 쉽다.
근채류	<ul style="list-style-type: none"> * 늙은 잎의 엽연 및 엽맥간이 황화하고 엽맥에 녹색이 남는다. * 무는 위축병과 혼동하는 일이 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 뿌리비대기에 상엽에서 나타난다. 	<p>위축병의 황반은 불규칙적이거나 고토결핍의 황반은 엽맥간에 전면적으로 퍼져 나타난다.</p>

결구채소	<ul style="list-style-type: none"> * 늙은 잎의 엽연 및 엽맥간이 황화하고 엽맥에 녹색이 남는다. * 무는 위축병과 혼동하는 일 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 결구시작기에 하엽부 터 나타나기 시작한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 황변부와 녹색부가 분명하지 않다. ② 산성토양에 나타나기 쉽다.
------	---	---	--

● 철(Fe) 결핍증상 판별법

- * 과잉증상 - 1. 망간결핍증에 나온다.
- 2. 인산 결핍이 된다.

	결핍증상	증상부위	혼동하기 쉬운 증상
나엽과수	<ul style="list-style-type: none"> * 신초가 엽맥만 남기고 황백화 한다. * 늙은 잎은 녹색으로 전연 결핍증상이 나타나지 않는 경우도 있으나 심하면 나무전체가 나타난다(복숭아, 포도, 대추 등) * 석회비료와 과다시비나 건조로 인한 결핍증상이 대부분을 차지하고 있다(배). 	<ul style="list-style-type: none"> • 선단엽에서 주로 나타난다. 	<p>새잎이 황백색이 되며 토양은 중성내지 알칼리성인 곳에서 나타나고, 산성토양에서도 건조기에 종종 나타나기도 한다.</p>
과채류	<ul style="list-style-type: none"> * 정아 및 새잎이 황백화하고 어렴풋이 엽맥에 녹색이 남는다. * 갈색으로 괴사하는 일은 없다. * 석회비료의 과다, 하우스내에서 염류고농의 장애를 받았을 때에 일어난다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 맨끝에 나타난다. 	<p>망간결핍증과의 구별이 어렵다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 철결핍증은 엽이 황백색이 된다. ② Fe염으로 살포하여 2~3일로서 녹색이 되면 철결핍으로 판정한다.
엽채류	<ul style="list-style-type: none"> * 새잎이 황백색이 되고 엽맥을 따라 겨우 녹색이 남는다. 		

● 망간(Mn) 결핍과 과잉증상 판별법

- * 과잉증상 - 1. 잎선단에 감색-자색의 소반점이 생긴다.
- 2. 늙은 잎에 나타나기 쉽다.
- 3. 철 결핍증상이 나타나는 일도 있다.

	결핍증상	증상부위	혼동하기 쉬운 증상
	<ul style="list-style-type: none"> * 엽맥간이 담록색이 되고 엽맥에 따라 녹색이 남는다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 새잎부터 나타나나 점차 늙은 잎에도 결 	<p>망간결핍과 아연결핍은 동시 병발하는 일이 많다.</p>

상 록 과 수	<ul style="list-style-type: none"> * 빛에 비추어보면 증상을 알 수 있다. * 차차 늙은 잎에도 증상이 나타나 담록 부분의 판별이 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 꺾임 증상이 퍼진다. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 양자가 단독으로 나타나 있을 때는 엽맥간의 황화 대조(對照)가 강한 것은 아연결핍, 약한 것은 망간결핍이다. ② 망간과 아연을 따로 나무에 살포하여 판정한다.
과 채 류	<ul style="list-style-type: none"> * 새잎의 엽맥사이가 담록색이 되고 엽맥에만 녹색이 남고 황화부는 곧 갈변한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 비교적 늙은 잎에도 퍼진다. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 망간결핍은 새잎이 황화하나 철결핍과 같이 희게되지 않고 황색부가 분명하지 않다. ② 아연결핍은 황반부와 녹색부가 명료한 대조를 나타낸다.
엽 채 류	<ul style="list-style-type: none"> * 새잎이 엽맥을 남겨놓고 담록색으로 되어 비취보면 증상을 잘 알 수 있다. 		<ul style="list-style-type: none"> ① 망간이나 철결핍은 봉소 결핍과 같이 잎이 위축하지 않고 심부현상도 없다. ② 망간결핍은 담록이 되고 철결핍은 백색이 된다.
근 채 류	<ul style="list-style-type: none"> * 엽맥은 녹색이고 맥간은 담록에서 점차 황화되며 마침내 늙은 잎에도 퍼지나 중심엽이 위축 증상을 나타내는 일은 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 새잎부터 나타나기 시작하며 전체에 퍼진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 봉소나 망간결핍증은 토양 pH가 6.5 이상에서 나타난다.

- * 단감 녹반증(綠斑症) : 1. 9월 중순경 과일착색이 발생한다.
 2. 과피에 불규칙 반무늬가 생기고 엽록소가 생긴다.

● 봉소(B) 결핍증상 판별법

	결 결 증 상	증 상 부 위	혼동하기 쉬운 증상
낙 엽 과 수	<ul style="list-style-type: none"> * 신초가 변형하여 황화한다. * 늙은 시들고 진같은 물질이 나오거나 정아부근이 약해진다. * 정아 부근의 가지가 약해지고 가지를 절단하여 보면 중심부가 적갈색 또는 흑색으로 변색해 있다. * 신초 부근의 가지에서는 진 같은 물질이 나타나고 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 새잎에만 나타난다. • 가지에 나타난다. • 과실에 나타난다. • 엽병에 나타난다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 봉소결핍은 ① 진같은 물질이 나온다. ② 정아나 가지가 약해진다. ③ 토양 pH가 6.3 이상에서 나타난다. • 칼슘결핍은 ① 진 같은 물질이 나오지 않는다.

	<ul style="list-style-type: none"> * 화아의 형성이 나쁘다. * 과피가 착색 및 비대가 나쁘다. * 과피가 코르크화 하거나 해면상으로 된다. * 늙은 잎의 엽병에 갈색 코르크층이 생기고 균열이 생기면 엽병이 약해져서 낙엽한다. * 과실비대가 나쁘고 과피부분이 두꺼우며 착색기가 되어도 과실이 굵다. * 과실에 진갈은 물질이나 흑점이 붙는다. * 果心部에 적갈색의 진이 나온다. 		② 토양이 산성일 때 나타난다.
과채류	<ul style="list-style-type: none"> * 정아로부터 황화하여 위조한다. 		중성, 알칼리성토양에 나타나기 쉽다.
엽채류	<ul style="list-style-type: none"> * 셀러피 등은 엽병에 부분적으로 코르크화하고 새로 또는 가로로 균열이 생긴다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 엽병에 코르크가 보인다. 	"
근채류	<ul style="list-style-type: none"> * 중심엽이 황화하고 신장이 멎고 위축 증상을 나타낸다. * 당근에서는 중심엽이 황화하고 근수부에서 별도로 새잎이 나와 총생산으로 되거나, 근두균열, 코르크화가 된다. * 근수부가 흑색이 되거나 코르크화 하거나 균열이 생긴다. * 피부가 거칠어져 상어껍질 모양으로 되거나 흑색의 더러운 피부가 되거나 한다. * 횡단하면 도관부나 중심부가 적갈색 또는 흑색으로 오염되고, 속이 썩거나 공동이 생기거나 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 표피가 거칠거나, 균열, 적심, 코르크화, 심부패, 공동 등이 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 칼슘결핍이 일어나는 토양은 산성이다. ② 중성내지 알칼리성 토양에서 나타나기 쉽다.
결구채소	<ul style="list-style-type: none"> * 심엽이 위축하고 황색이 되나 심한 때는 심부현상이 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 새잎부터 나타난다. 	중성, 알칼리성일 때 나타나기 쉽다.

● 아연(Zn) 결핍증상 판별법

	결핍증상	증상부위	혼동하기 쉬운 증상
낙엽과수	<ul style="list-style-type: none"> * 잎이 작고 가늘며 가지고 가늘고 선단은 절간이 짧고 잎이 밀집해 있다. * 엽맥간이 선명하고 황화하여 점차 새 	<ul style="list-style-type: none"> • 생육초기부터 나타나며 새잎에도 퍼진다. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 황변부와 녹색부가 분명하다. ② 중성 내지 알칼리성 토

	잎에 퍼지고 고엽부터 낙엽진다.		양에 나타나기 쉽다.
상 록 과 수	<ul style="list-style-type: none"> * 엽맥간의 황화가 선명하고 엽맥의 녹색과의 대조가 분명하다. * 새잎부터 나오나 결핍이 심할 때는 나무 전체의 잎에 퍼지고 잎이 소형이 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 새잎부터 나타나 점차 늙은 잎에도 결핍 증상이 퍼진다. 	<p>망간결핍과 아연결핍은 동시 병발이 많다.</p> <p>① 양자가 단독으로 나타나 있을 때는 엽맥간의 황화대조(對照)가 강한 것은 아연결핍, 약한 것은 망간결핍이다.</p> <p>② 망간과 아연을 나무에 살포하여 판정한다.</p>
과 채 류	<ul style="list-style-type: none"> * 새잎에 황반이 생기고 소엽은 총생상(叢生狀)으로 된다. * 황반은 점차 전엽에 퍼진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 비교적 늙은 잎에도 퍼진다. 	<p>① 망간결핍은 새잎이 황화 하나 철결핍과 같이 희게 되지않고 황색부가 분명하지 않다.</p> <p>② 아연결핍은 황반부와 녹색부가 명료한 대조를 나타낸다.</p>

● 몰리브덴(Mo) 결핍증상 판별법

	결핍증상	증상부위	혼동하기 쉬운 증상
과 채 류	<ul style="list-style-type: none"> * 엽맥 사이에 황반이 생기고 엽연이 안쪽으로 감아든다. * 초산태 질소가 많은 때에 나타나기 쉽다. 		<p>① 토양이 산성일때 일어나기 쉽다.</p> <p>② 중성내지 알칼리성이 되면 일어나지 않는다.</p>
엽 채 류	<ul style="list-style-type: none"> * 잎이 안쪽으로 감겨 컵 모양으로 된다. * 점차 새잎에 증상이 나타난다. 		산성토양에 나타나기 쉽다.
결 구 채 소	<ul style="list-style-type: none"> * 엽맥간에 황색 반점이 생기고 잎이 안쪽으로 감아 컵 모양이 된다. * 엽신이 적고 잎 중늑에 엽신이 조금 붙어서 개꼬리와 같이 狀葉이 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 생육 초기부터 나타나며 늙은 잎부터 점차 새잎에 미친다. 	산성토양에 나타나기 쉽다.

원소 살포에 의한 진단법

외부에 나타나는 증상에 의해 진단하는 판별이 어려울 때는 의문이 되는 몇가지 원소를 각각 잎에 살포나, 도포나, 수간 주사 및 뿌리에 관주를 하여 회복상태를 관찰한다. 이 방법은 특히 미량 요소

표 1. 원소 살포에 쓰이는 화공약품

결핍된 원소명	살포에 사용될 화공약품명	살포액 농도(%)	살포량 100 m ² /L	결핍 원소명	살포에 사용될 화공약품명	살포액 농도(%)	살포량 100 m ² /L
N	NaNO ₃	1	80	Fe	EDTA-Fe	0.2	80
P	NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	1	80	Mn	MnSO ₄ · H ₂ O	0.2	80
K	K ₂ SO ₄	1	80	Cu	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.2	80
Ca	CaCl ₂ · 6H ₂ O	0.5	80	Zn	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.2	80
Mg	MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5	80	B	H ₃ BO ₃	0.2	80
				Mo	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.1	40

의 진단에 유효하다.

살포법은 과수에 유효하여 가지별로 여러 원소를 살포하여 판정하고, 관주법은 초본 작물에 유효하게 사용하며 도포법은 한매의 잎으로 검정을 할 수가 있다. 살포법과 도포법은 어느 것이나 어린 잎에 처리하는 것이 효과가 빠르고 판정하기 쉬우면 대체적으로 10-14일이면 결과를 알 수 있다.

미량요소의 경우 살포에는 전착제를 가하여 살포하는 것이 좋으나 복숭아의 철결핍이 유발된 경우는 EDTA Fe를 토양 처리나 수관 주사, 엽면 살포 등 어느 방법이나 모두 좋은 것으로 조사되었으며, 특히 철의 종류로는 황산 철이나, 구연산철, 염화철 보다도 빠른 효과를 나타내었다.

작물체의 분석에 의한 진단법

결핍 증상을 나타내는 작물은 경우에 따라서는 토양 중에는 함량이 많아도 토양의 물리적 조건 등에 의해서 작물 체가 그 성분을 흡수하는데 제한을 받게 되는 경우가 있기 때문에 필히 엽분석을 하는 것이 좋다. 분석을 하는 작물 체의 부분은 잎이 가장 좋다. 이것을 활발하게 대사하며 생장하는 기관이기 때문에 영양 상태가 좋을 것이며 일부를 채취해도 생육에 지장을 주지않기 때문이다. 특히 잎 속에 성분은 엽령, 작물 체의 잎의 위치, 생육 시기에 따라 차이가 난다. 즉 같은 작물 체에서도 어린 잎은 늙은 잎에 비해서 질소 인산의 농도가 높으나 석회 농도는 낮고, 같은 잎이라고 봄부터 가을에 가면 질소, 인산의 농도는 저하되고 반대로 석회 농도는 높아진다. 그래서 정상인 작물 체의 잎과 결핍증의 잎을 비교 분석하는데는 같은 생육기에 각각 대응하는 위치의 잎을 채취하고, 잎을 채취하는데도 보통 10-20매를 채취한다.

과수의 엽 분석의 경우에는 지엽의 신장이 끝나서 성분 함량의 변화가 적은 시기인 7-8월에 균일하게 채취를 하여 엽면을 2%의 초산으로 닦아서 70°로 건조 후 분쇄하여 분석한다. 채소류의 경우는 성숙엽의 엽병을 편칭하여 즙을 내어서 분석하는 방법도 좋다.

표 2. 엽 분석에 의한 과수류의 결핍, 적량, 과잉의 판정기준

과수	함유 정도	건물 100 g 중 g (%)					건물 1000 g 중 mg (ppm)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Mn	Fe	Zn	Cu
온주 밀감	결핍	2.0이하	0.1이하	0.7이상	2.0이하	0.25이하	2.0이하	30이하	35이하	25이하	4이하
	적량	2.5~3.0	0.15~0.18	1.0~2.0	2.5~4.0	0.3~0.6	30~100	50~150	50~150	30~150	5~15
	과잉	3.5 이상	0.30 이상	2.3 이상	7.0 이상	1.2 이상	200이상	250이상	250 이상	200 이상	20이상
사과 (국광)	결핍	2.0이하	0.1이하	1.2이하	0.5이하	0.2이하	20이하	20이하		15이하	
	적량	2.5~3.3	0.13~0.23	1.3~2.2	0.8~1.3	0.27~0.4	30~50				
	과잉							300이상			
복숭아 (대구보)	결핍	2.0이하	0.12이하	0.8이하		0.25이하	25이하	25이하		20이하	
	적량	3.4~3.5	0.20	1.6~2.0		0.27~0.4	30~100				
포도 (텔라)	결핍	0.6이하	0.10이하	0.4이하	0.5이하	0.25이하	15이하	30이하			5이하
	적량	2.5~2.9	0.17~0.19	0.7~0.9	0.7~1.2	0.26~0.5	20~250	30~60			6~15
감 (부유)	결핍	1.5이하	0.05이하	0.5이하			50~100	30이하			
	적량	2.3~2.6	0.12~0.14	1.5				50~2000			

밀감: 8~10월 평균, 복숭아: 6월 중순, 포도: 7상~8상순, 감: 9상순 채취(일본 아오모리, 도우후구농시).

표 3. 엽 분석에 의한 채소류의 결핍, 적량, 과잉의 판정기준

작물	함유 정도	건물 100 g 중 g (%)			건물 1000 g 중 mg (ppm)					
		K ₂ O	CaO	MgO	B	Mn	Fe	Zn	Cu	Mo
오이 (경엽)	결핍	4.0이하	3.0이하	0.5이하	15이하	10이하	50이하	8이하	5이하	0.15이하
	적량	4.5~6.0	3.0~6.0	1.0~1.5	20~50	20~100	100~200	20~30	6~15	0.5~1.0
토마토 (잎)	결핍	3.5이하	1.5이하	0.4이하	10이하	5이하	100이하		3이하	0.5이하
	적량	3.5~4.5	2.7~5.5	0.7~1.0	15~30	20~200	100~300			0.05~1.0
	과잉	7.0이상			150이상	500이상				
양배추 (외엽)	결핍	3.0이하	2.5이하	0.4이하	10이하					
	적량	3.5~5.0	3.0~5.0	0.5~0.8	15~50					
배추 (외엽)	결핍	4.0이하	3.3이하	4.0이하	15이하					
	적량	4.5~6.5	3.5~5.0	0.6~0.8	25~50					
무우	적량				40~70	30~100		40~80	5~15	0.5~1
감자	적량				30~80	100~200		100~250	10~25	0.5~1

황산: 토마토에서 0.1이하 결핍, 0.2~0.3이 적량.

표 4. 사과와 배나무의 엽속에 함유한 원소의 농도

원 소	사 과			원 소	배		
	결핍	정상	독성		결핍	정상	독성
N(%)	< 1.7	2-2.5		N(%)	< 1.8	1.8-2.6	
P(%)	< 0.13	0.15-0.3		P(%)	< 0.11	0.12-0.25	
K(%)	< 1.0	1.2-1.9		K(%)	< 0.7	1-2	
Ca(%)	< 0.7	1.5-2		Ca(%)	< 0.7	1-3.7	
Mg(%)	< 0.2	0.3-0.7		Mg(%)	< 0.25	0.25-0.9	
S(%)	...	0.19-0.27		S(%)	< 0.01	0.1-0.3	
B(ppm)	< 20	20-60		B(ppm)	< 15	20-60	
Cl(ppm)	...	...	> 140	Cl(ppm)	...	...
Cu(ppm)	...	...		Cu(ppm)	< 5	6-20	
Fe(ppm)	...	40-250		Fe(ppm)	...	100-800	
Mn(ppm)	< 25	25-150		Mn(ppm)	< 14	20-170	

Gagnard, Hugué and Shear and Faust의 분석표.

지표식물에 의한 진단법

지표식물에 의한 관찰이란 특정 원소의 결핍이 대단히 일어나기 쉽고 또한 그 증상이 항상 일정하게 나타나는 식물을 재배 관찰함으로써 그 토양에서의 결핍원소의 종류, 결핍 정도를 알아서 그 토양에 재배한 다른 작물의 원소 결핍 진단에 사용한다.

- (1) 질소 결핍증 - 꽃배추, 꽃양배추
- (2) 인산 결핍증 - 유채(생육이 나쁘고 줄기는 가늘고 잎은 둔한 자색을 띤다.)
- (3) 가리 결핍증 - 감자, 대조작물 - 꽃배추
- (4) 칼슘 결핍증 - 꽃배추, 양배추
- (5) 고토 결핍증 - 꽃배추, 대조작물 - 감자
- (6) 철 결핍증 - 꽃배추, 양배추, 대조작물 - 감자
- (7) 망간 결핍증 - 감자
- (8) 붕소 결핍증 - 유채

토양분석에 의한 진단법

토양 검정은 영양 진단의 보조 수단으로서 실시한다. 특히 토양 검정을 하는데 있어서는 필수적으로 토양 산도를 조사함으로써 작물의 영양 진단에 크게 도움이 된다. 즉 철, 망간, 아연, 붕소 결핍은 알칼리성 토양에서 발생하기 쉽고, 칼슘, 고토, 몰리브덴 결핍과 망간 과잉은 산성 토양에서 발생하기 쉽다.

표 5. 작물에 나타나는 결핍·과잉장해시 토양 중의 원소 함유량

원소명/ 토 양	결핍증이 나타나기 쉬운 토양 중의 원소 함유량	전진 토양의 원소 함유량	과잉 피해가 나타나기 쉬운 토양 중 원소 함유량
질소(N)	질산태(NO ₃ -N): 0.5 mg이하 암모니아태(NH ₄ -N): 2.5 mg이하	질산태(NO ₃ -N): 0.5 mg이하 암모니아태(NH ₄ -N): 2.5 mg이하	사질토: 100 mg 점질토: 20 mg이상
인산(P)	유효태: 5 mg이하	유효태: 6~20 mg	유효태: 200 mg이상
가리(K)	치환성: 8 mg이하, 채소: 20 mg이하	치환성: 15~20 mg	치환성: 25 mg이상
칼슘(Ca)	치환성: 100 mg이하	치환성: 200~400 mg	치환성: 500 mg이상
고토(Mg)	치환성: 10 mg이하	치환성: 20~50 mg	
규산(Si)	유효태: 10 mg이하	유효태: 15 mg	
붕소(B)	유효태: 0.3 ppm이하	이환원성: 50 ppm이하	이환원성: 50 ppm이하
망간(Mn)	이환원성: 50 ppm이하	이환원성: 50 ppm이하	이환원성: 50 ppm이하

다량요소 - 건토 100 g 중 mg, 미량요소 - 건토 1000 g 중 mg.

표 6. 토양 pH별 원소와 원소의 유효도

필 수 요 소	원소의 유효를 나타내는 pH 범위	필 수 원 소	원소의 유효를 나타내는 pH 범위
질소(N)	5.8~8.0	황(S)	6.0~10
인산(P)	5.0~6.5	철(Fe)	4.0~6.5
가리(K)	5.0~7.5	붕소(B), 동(Cu), 아연(Zn)	5.0~6.5
칼슘(Ca), 고토(Mg)	6.0~8.0, 5.6~6.5	망간(Mn), 몰리브덴(Mo)	5.5이하, 7.0~1.0

주요 채소류의 적당한 pH 범위: - 오이, 토마토, 수박, 무, 당근의 경우 대략 pH 5.5~6.5.

과수류의 적당한 pH 범위: - 사과, 감귤, 배, 감: pH 5.5~6.5, 포도: pH 6.0~7.5, 복숭아: pH 5.0~6.0.